

**PRATI  
ARMATI®**  
contro la desertificazione  
e l'erosione dei suoli

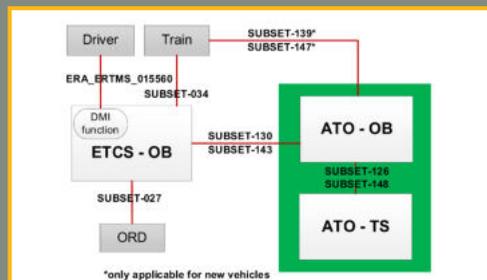
**Rete Ferroviaria Italiana - RFI Piemonte  
Oltre 60.000 m<sup>2</sup> di scarpate protette  
dal dissesto idrogeologico superficiale**



ISSN: 0020 - 0956

INGEGNERIA FERROVIARIA - Aprile 2025  
Poste Italiane S.p.A. - Speciazione in abbonamento postale - d.l. 353/2003 (conv. in l. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma 1 - DCB Roma

**In questo numero  
In this issue**



**Sistemi ERTMS/ATO per un veicolo  
ferroviario a guida autonoma  
ERTMS/ATO systems for an  
autonomous driving railway vehicle**



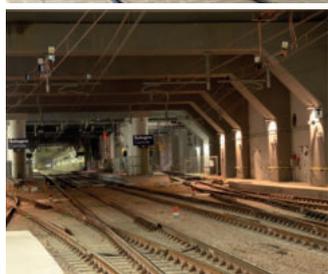
**Giunto isolante innovativo  
per rotaie  
Innovative insulated  
rail joint**



**Costruzioni  
Linee  
Ferroviarie**



**Promofer**  
Safety Services



## 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



## I SOCI COLLETTIVI DEL COLLEGIO INGEGNERI FERROVIARI ITALIANI

A.M.T. - GENOVA  
 A.T.M. S.p.A. - MILANO  
 AET S.r.l. - NAPOLI  
 AI2 S.r.l. - APPLICAZIONI DI INGEGNERIA S.r.l. - BARI  
 AIAS - ASS.NE ITALIANA AMBIENTE E SICUREZZA - SESTO SAN GIOVANNI (MI)  
 AKKODIS ITALY S.r.l. - BOLOGNA  
 ALSTOM FERROVIARIA S.p.A. - SAVIGLIANO (CN)  
 ALTEN ITALIA SPA - MILANO  
 ANCEFERR - ROMA  
 ANGELSTAR S.r.l. - MOLA DI BARI (BA)  
 ANIAF - ASSOCIAZIONE NAZIONALE IMPRESE ARMAMENTO FERROVIARIO - ROMA  
 ANSFISA - FIRENZE  
 ANTIFERR - ASS.NE NAZIONALE TECNOLOG. DEL SETTORE FERROVIARIO - ROMA  
 ARMAFER S.r.l. - LECCE  
 ARST S.p.A. TRASPORTI REGIONALI DELLA SARDEGNA - CAGLIARI  
 ASS.TRA - ASSOCIAZIONE TRASPORTI - ROMA  
 ASSIFER - ASSOCIAZIONE INDUSTRIE FERROVIARIE - MILANO  
 ASSIFIDI S.p.A. - ROMA  
 ASTRAL S.p.A. - ROMA  
 ATAC S.p.A. - ROMA  
 AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE ADRIATICO ORIENTALE - TRIESTE  
 B. & C. PROJECT S.r.l. - SAN DONATO MILANESE (MI)  
 BITECNO S.r.l. - BOLOGNA  
 BONOMI EUGENIO S.p.A. - MONTICHIARI (BS)  
 BOSCH SECURITY SYSTEMS S.p.A. - MILANO  
 BRESCIA INFRASTRUTTURE S.r.l. - BRESCIA  
 BRUNO S.r.l. - BRESCIA  
 BUREAU VERITAS ITALIA S.p.A. - MILANO  
 C.E.F.I. S.r.l. - NAPOLI  
 C.E.M.E.S. S.p.A. - PISA  
 C.L.F. COSTRUZIONI LINEE FERROVIARIE S.p.A. - BOLOGNA  
 CAPTRAIN ITALIA S.r.l. - PIOSSASCO (TO)  
 CARROZZERIA NUOVA S. LEONARDO S.r.l. - SALERNO  
 CAVUOTO INGEGNERIA DELLE STRUTTURE S.p.A. - NAPOLI  
 CEMBRE S.p.A. - BRESCIA  
 CEPRINI COSTRUZIONI S.r.l. - ORVIETO (TR)  
 CIRCET ITALIA S.p.A. - SAN GIOVANNI TEATINO (CH)  
 COET S.r.l. - SAN DONATO MILANESE (MI)  
 COGESIRM S.r.l. - NAPOLI  
 COMESVIL S.p.A. - VILLARICCA (NA)  
 COMMEL S.r.l. - ROMA  
 CONSORZIO SATURNO - ROMA  
 CONSTRUIRE ENERGIE S.r.l. - GUIDONIA MONTECELIO (RM)  
 CZ LOKO ITALIA S.r.l. - PORTO MANTOVANO (MN)  
 D&T S.r.l. - MILANO  
 D'ADDETTA S.p.A. - BERCETO (PR)  
 D'ADIUTORIO COSTRUZIONI S.p.A. - MONTORIO AL VOMANO (TE)  
 DINAZZANO PO - REGGIO NELL'EMILIA  
 DITECFER - PISTOIA  
 DUCATI ENERGIA S.p.A. - BOLOGNA  
 DYNASTES S.r.l. - ROMA  
 EAGLE PROJECTS - PERUGIA  
 ELEN MACHINES S.r.l. - ALBANO LAZIALE (RM)  
 EMMEFER SRL - MONTEMELETTO (AV)  
 ENTE AUTONOMO VOLTURNO S.r.l. - NAPOLI  
 EREDI GIUSEPPE MERCURI S.p.A. - NAPOLI  
 ESERCIZIO RACCORDI FERROVIARI - VENEZIA  
 ESIM S.r.l. - BARI  
 ESPERIA S.r.l. - PAOLA (CS)  
 ETS SRL SOCIETÀ DI INGEGNERIA - LATINA  
 EUROS S.r.l. - QUAGLIANO (NA)  
 FAIVELEY TRANSPORT ITALIA S.p.A. - PIOSSASCO (TO)  
 FEDEP S.r.l. - NAPOLI  
 FER S.r.l. - FERROVIE EMILIA ROMAGNA - FERRARA  
 FERONE PIETRO & C. S.r.l. - NAPOLI  
 FERRETTI PROGETTAZIONI - GENOVA  
 FERROTRAMVIARIA S.p.A. - BARI  
 FERROTRAMVIARIA ENGINEERING S.p.A. - NAPOLI  
 FERROVIE APPULO LUCANE S.r.l. - BARI  
 FERROVIE DEL GARGANO S.r.l. - BARI  
 FERROVIE DEL SUD EST - BARI  
 FERROVIE DELLO STATO S.p.A. - ROMA  
 FERROVIENORD S.p.A. - MILANO  
 FONDAZIONE FS ITALIANE - ROMA  
 FOR.FER S.r.l. - ROMA  
 G.C.F. GEN.LE COSTRUZIONI FERROVIARIE S.p.A. - ROMA  
 G.C.F.E. S.p.A. - SAN DONATO MILANESE (MI)  
 GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO BBT SE - BOLZANO  
 GECO S.r.l. - GALLIATE (NO)  
 GEISMAR ITALIA S.p.A. - POGGIORE (RE)  
 GEOSINTESI S.p.A. - GOZZANO (NO)  
 GEOTEC S.r.l. - BOLOGNA  
 GESTIONE GOVERNATIVA FERROVIA CIRCUMETNEA - ROMA  
 GETZNER WERKSTOFFE GmbH - BÜRS - AUSTRIA  
 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  
 IMAF S.r.l. - NAPOLI  
 IMPRESA LUIGI NOTARI S.p.A. - MILANO  
 IMPRESA SILVIO PIEROBON S.r.l. - BELLUNO  
 IMPRESA SIMEONE E FIGLI SRL - (NA)  
 INFRARAIL FIRENZE S.r.l. - FIRENZE  
 INFRASTRUTTURE VENETE S.r.l. - PIOVE DI SACCO (PD)  
 INRAIL S.p.A. - GENOVA  
 INTECS S.p.A. - ROMA  
 ISALAB S.r.l. - GENOVA  
 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)  
 KNOUX GmbH - MONACO DI BAVIERA  
 KRAIBURG STRAIL GMBH & CO KG - TITTMONING (GERMANIA)  
 LA FERROVIARIA ITALIANA S.p.A. - AREZZO  
 LATERLITE S.p.A. - MILANO  
 LEF S.r.l. - FIRENZE  
 LOTRAS S.r.l. - FOGGIA  
 LUCCHINI RS S.p.A. - LOVERE (BG)  
 M2 RAILTECH S.r.l. - LA VALLE - BOLZANO  
 M. PAVANI 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)  
 MB PROGETTI S.r.l. - ROMA  
 MER MEC S.p.A. - MONOPOLI (BA)  
 MERCITALIA SHUNTING & TERMINAL S.r.l. - GENOVA  
 MICOS S.p.A. - LATINA  
 MM METROPOLITANA MILANESE S.p.A. - MILANO  
 MONT-ELE S.r.l. - GIUSSANO (MI)  
 MOSDORFER RAIL S.r.l. - RHO (MI)  
 NET ENGINEERING S.r.l. - VERONA  
 NICCHERI TITO S.r.l. - AREZZO  
 NIER INGEGNERIA S.p.A. SOCIETÀ BENEFIT - CASTEL MAGGIORE (BO)  
 NORD-ING S.r.l. - MILANO  
 OPTOTEC S.p.A. - GARBAGNATE MILANESE (MI)  
 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)  
 RAIL TRACTION COMPANY - VERONA  
 RAILWAY ENTERPRISE S.r.l. - ROMA  
 RAVA - REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA - POLLEIN (AO)  
 R.F.I. S.p.A. - RETE FERROVIARIA ITALIANA - ROMA  
 RINA CONSULTING S.p.A. - GENOVA  
 S.I.C.E. - CHIUSI (PI)  
 S.I.I.P. S.r.l. - NAPOLI  
 S.T.A. S.p.A. - STRUTTURE TRASPORTO ALTO ADIGE - BOLZANO  
 SADEL S.p.A. - CASTEL MAGGIORE (BO)  
 SAFECERTIFIEDSTRUCTURE INGEGNERIA S.r.l. - ROMA  
 SAGA S.r.l. - RAVENNA (RA)  
 SALCEF GROUP S.p.A. - ROMA  
 SATFERR S.r.l. - FIDENZA (PR)  
 SCALA VIRGILIO & FIGLI S.p.A. - MONTEVARCHI (AR)  
 SCHAEFFLER ITALIA S.r.l. - NOVARA  
 SENAF S.r.l. - SAIE - GLE - MEC SPE - CASTEL MAGGIORE (BO)  
 SICURFER S.r.l. - CASORIA (NA)  
 SIE-FER S.r.l. - MILITELLO IN VAL DI CATANIA (CT)  
 SIEMENS S.p.A. SETTORE TRASPORTI - MILANO  
 SILSUD S.r.l. - FERENTINO (FR)  
 SIMPRO S.p.A. - TORINO  
 SINERGO S.p.A. - BOLOGNA  
 SINTAGMA S.r.l. - SAN MARTINO IN CAMPO (PG)  
 SPEKTRA S.r.l. A TRIMBLE COMPANY - VIMERCATE (MB)  
 SPERI S.p.A. - ROMA  
 SPII S.p.A. - SARONNO (MI)  
 SPIKTE S.r.l. - PRATO  
 STAMPERIA CARCANO GIUSEPPE S.p.A. - ALBESE CON CASSANO (CO)  
 STUDIO LEGALE ASS.TO LANIANCA & LOIACONO - BARI  
 STUDIO TECHNE' S.r.l. - FIRENZE  
 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  
 TEAM ENGINEERING S.p.A. - ROMA  
 TECNOLOGIE MECCANICHE S.r.l. - ARICCIA (RM)  
 TECNOSISTEM S.p.A. - NAPOLI  
 TECNOTEAM ITALIA S.r.l.s. - MERCATALE DI OZZANO DELL'EMILIA (BO)  
 TEKFER S.r.l. - BEINASCIO (TO)  
 TEKNO KONS INNOVATION S.r.l. - AVERSA (CE)  
 TELEFIN S.p.A. - VERONA  
 TERMINALI ITALIA - VERONA  
 TESMEC S.p.A. - GRASSOBBIO (BG)  
 THERMIT ITALIANA S.r.l. - RHO (MI)  
 TITAGARH FIREMA S.p.A. - CASERTA  
 TPER S.p.A. - TRASP. PASS.RI EMILIA ROMAGNA - BOLOGNA  
 TRAINING S.r.l. - VERONA  
 TRENITALIA S.p.A. - ROMA  
 TRENITALIA TPER - BOLOGNA  
 TRENORD S.r.l. - MILANO  
 TRENTO TRANSPORTI S.p.A. - TRENTO  
 TUA - SOCIETÀ UNICA ABRUZZESE DI TRASPORTO S.p.A. - CHIETI  
 TX LOGISTIK TRANSALPINE GMBH - BOLZANO  
 ULIXES S.r.l. UNIPERSONALE - FROSINONE  
 URETEK ITALIA S.p.A. - BOSCO CHIESANUOVA (VR)  
 VALTELLINA S.p.A. - GORLE (BE)  
 VERICERT S.r.l. - FORNACE ZARATTINI (RA)  
 VI.D.R. S.r.l. - CATENANUOVA (EN)  
 VOITH TURBO S.r.l. - REGGIO EMILIA  
 VOSSLOH SISTEMI S.r.l. - CESENA  
 VTG RAIL EUROPE GmbH - SARONNO (VA)  
 Z LAB S.r.l. - VERONA

## INDICE DEGLI ANNUNZI PUBBLICITARI

PRATI ARMATI - Milano	I copertina
CLF – Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.A. – Bologna	II copertina
PLASSER Italiana S.r.l. – Velletri (RM)	pagina 320
PLASTIROMA S.r.l. – Guidonia Montecelio (RM)	pagina 350
"Architettura ferroviaria" - Massimo Gerlini - Paolo Mori - Raffaello Paiella	III copertina
CIFI Servizi S.r.l. – Roma	IV copertina

### CONDIZIONI DI ASSOCIAZIONE AL CIFI QUOTE SOCIALI ANNO 2025

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Contatti - Contacts**

Tel. 06.4742987  
E-mail: redazioneif@cifi.it - notiziari.if@cifi.it - direttore.if@cifi.it

**Servizio Pubblicità - Advertising Service**

Roma: 06.47307819 - areasoci@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  
Marino LUPI  
Adoardo LUZI  
Gabriele MALAVASI  
Giampaolo MANCINI  
Vito MASTRODONATO  
Elena MOLINARO  
Francesco NATONI  
Umberto PETRUCCELLI  
Luca RIZZETTO  
Stefano ROSSI  
Dario ZANINELLI

**Consulenti - Consultants**

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

**Redazione - Editorial Staff**

Massimiliano BRUNER  
Ivan CUFARI  
Francesca PISANO



Associazione NO PROFIT con personalità giuridica (n. 645/2009)  
iscritta al Registro Nazionale degli Operatori della Comunicazione  
(ROC) n. 33553 - Poste Italiane SpA - Spedizione in abbonamento  
postale - d.l. 353/2003  
(conv. In l. 27/02/2004 n. 46) art. 1 - DBC Roma  
Via Giovanni Giolitti, 46 - 00185 Roma  
E-mail: info@cifi.it - 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 LXXX | **Aprile 2025** | 4**Condizioni di Associazione al CIFI** **278****SVILUPPO E SPERIMENTAZIONE DEL SISTEMA ERTMS/ATO  
PER UN VEICOLO FERROVIARIO A GUIDA AUTONOMA  
DEVELOPMENT AND TESTING OF THE ERTMS/ATO SYSTEM  
FOR AN AUTONOMOUS DRIVING RAILWAY VEHICLE**

Fabio SENESI  
Arturo AMENDOLA  
Lorenzo BARRUFFO  
Luca DE SIMONE  
Domenico Ernesto GARRUBBA  
Sergio REPETTO  
Diana SERRA

**281****PROGETTO E VERIFICHE DI LABORATORIO DELL'ABJ,  
UN GIUNTO ISOLANTE INCOLLATO INNOVATIVO  
DESIGN AND LABORATORY TESTS OF ABJ,  
AN INNOVATIVE INSULATED RAIL JOINT**

Gianluca MEGNA  
Andrea BRACCIALI

**303****Vita del CIFI - Visita tecnica presso lo stabilimento  
HITACHI RAIL di Reggio Calabria****321****Notizie dall'interno****323****Notizie dall'estero****News from foreign countries****335****IF Biblio****349****Condizioni di Abbonamento a IF - Ingegneria Ferroviaria****Terms of subscription to IF - Ingegneria Ferroviaria****351****Elenco di tutte le Pubblicazioni CIFI****352****Fornitori di prodotti e servizi****354**

La pubblicazione 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)**



# Sviluppo e sperimentazione del sistema ERTMS/ATO per un veicolo ferroviario a guida autonoma

## *Development and testing of the ERTMS/ATO system for an autonomous driving railway vehicle*

Fabio SENESI (\*)

Arturo AMENDOLA (\*\*)

Lorenzo BARRUFFO (\*\*)

Salvatore DE SIMONE (\*\*)

Domenico Ernesto GARRUBBA (\*\*\*)

Sergio REPETTO (\*\*\*)

Diana SERRA (\*\*)

(<https://www.medra.org/servlet/view?lang=it&doi=10.57597/IF.04.2025.ART.1>)

**Sommario** - Questo articolo presenta il progetto ERTMS/ATO di Ricerca e Sviluppo di Rete Ferroviaria Italiana (RFI) per un treno AV, implementato per l'applicazione specifica di un prototipo di veicolo ferroviario ispettivo a guida autonoma URV (*Unmanned Railway Vehicle*). Vengono analizzate le sfide tecniche e normative, con un focus sull'architettura di controllo per la guida autonoma. Il sistema integra funzionalità avanzate come la pianificazione in tempo reale e il controllo della traiettoria, garantendo sicurezza, efficienza e robustezza. Attraverso un approccio basato su modelli e metodi formali, il progetto ha seguito un rigoroso processo di test, culminando in sperimentazioni su linea presso il circuito di test di Bologna San Donato di RFI. In contesto di crescente attenzione per i treni a guida autonoma nel settore ferroviario, confermato dall'inserimento di ATO nelle STI CCS 2023, i risultati dimostrano il potenziale del prototipo di ERTMS/ATO per migliorare sicurezza, efficienza e sostenibilità nel settore ferroviario, aprendo la strada a ulteriori applicazioni e studi futuri.

### 1. Introduzione

Negli ultimi decenni, i sistemi ferroviari, il trasporto urbano su rotaia e le nuove linee ad Alta Velocità (AV), hanno ricevuto un'attenzione sempre crescente, alimentata dalle trasformazioni richieste dai progressi tecnologici, dall'aumento delle velocità di viaggio e dalla necessità di offrire servizi di qualità sempre maggiori [1]. In particola-

**Summary** - This article presents the Italian Rete Ferroviaria Italiana (RFI) Research and Development ERTMS/ATO project for a HS train, implemented for the specific application of a prototype of an inspection URV (*Unmanned Railway Vehicle*) autonomous driving railway vehicle. Technical and regulatory challenges are analysed, with a focus on the control architecture for autonomous driving. The system integrates advanced features such as real-time planning and path control, ensuring safety, efficiency and robustness. Through an approach based on models and formal methods, the project followed a rigorous testing process, culminating in line trials at RFI's Bologna San Donato test circuit. In the context of increasing focus on autonomous driving trains in the railway sector, confirmed by the inclusion of ATO in the 2023 CCS (Control and command signalling) TSI, the results demonstrate the potential of the ERTMS/ATO prototype to improve safety, efficiency and sustainability in the railway sector, paving the way for further applications and future studies.

### 1. Introduction

In recent decades, railway systems, urban rail transport and new High Speed (HS) lines have received increasing attention, fuelled by the transformations required by technological advances, increased travel speeds and the need to offer increasingly higher quality services [1]. In particular, HS vehicles face new challenges related to operational safety, influenced by three fundamental components: the trackside infrastructure, the train movement and the signalling and control system.

(\*) RFI (Rete Ferroviaria Italiana) Ricerca e Sviluppo, Roma.

(\*\*) RFI (Rete Ferroviaria Italiana) Ricerca e Sviluppo, Napoli.

(\*\*\*) RFI (Rete Ferroviaria Italiana) Ricerca e Sviluppo, Firenze.

(\*) RFI (Rete Ferroviaria Italiana) Ricerca e Sviluppo, Roma.

(\*\*) RFI (Rete Ferroviaria Italiana) Ricerca e Sviluppo, Napoli.

(\*\*\*) RFI (Rete Ferroviaria Italiana) Ricerca e Sviluppo, Firenze.

re, i veicoli AV affrontano nuove sfide legate alla sicurezza operativa, influenzata da tre componenti fondamentali: l'infrastruttura di terra, il movimento del treno e il sistema di segnalamento e controllo.

Con l'avanzare delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, il sistema ATO (*Automatic Train Operation*) si è affermato come una tecnologia innovativa per ottimizzare l'efficienza operativa del traffico ferroviario. Questo sistema consente di automatizzare in tempo reale decisioni relative a comandi di accelerazione, *coasting* e frenatura [1]. Tra le principali funzionalità dell'ATO troviamo, ad esempio, la guida autonoma tra stazioni, sfruttando dati in tempo reale come limiti di velocità, velocità attuale e posizione oltre a informazioni su direzione e destinazione, l'arresto automatico del treno nelle aree di fermata e l'apertura e chiusura automatica delle porte durante soste o partenze. Lo standard internazionale IEC 62290-1:2014 definisce cinque Gradi di Automazione (*Grades of Automation GoA*) [2] per i sistemi di guida dei treni. I livelli GoA0 e GoA1 prevedono una guida manuale da parte del macchinista a bordo. Con il GoA2, il treno è guidato in modo parzialmente o completamente automatico, con controllo della velocità e delle fermate, ma è ancora necessaria la prontezza del macchinista per eventuali interventi. Il GoA3 consente operazioni completamente automatizzate sotto la supervisione di un operatore a bordo. Infine, il livello GoA4, rappresenta il grado massimo di automazione, in cui il treno è completamente autonomo e in grado di adattarsi ai diversi scenari di guida.

Il progetto ERTMS/ATO GoA4 dalla Direzione di Ricerca e Sviluppo (R&S) di Rete Ferroviaria Italiana (RFI) si concentra sulla progettazione di un sistema ATO integrato con lo standard ERTMS/ETCS (*European Rail Traffic Management System/European Train Control System*) per le linee ad Alta Velocità (AV). L'obiettivo è incrementare il livello di automazione dei sistemi di segnalamento nazionali, migliorandone prestazioni e affidabilità. Data l'eterogeneità dei componenti con cui il sistema si interfaccia e degli stessi moduli che lo compongono, sono state affrontate numerose sfide di natura ingegneristica, nonché di conformità alle normative.

La complessità tecnica è affrontata attraverso l'uso della progettazione basata su modelli, che consente una gestione efficace dei processi di sviluppo. Il lavoro si avvale di strategie di co-progettazione e di un approccio interdisciplinare in modo da facilitare il co-design e la sinergia tra team con competenze diversificate messe in campo dall'ente di ricerca Fondazione Bruno Kessler, dall'Università degli Studi di Napoli Federico II e dall'Università degli Studi di Salerno. Per garantire elevati standard di sicurezza e robustezza, vengono adottati metodi formali per la specifica e la progettazione del software, con l'utilizzo di strumenti avanzati come SCADE e MATLAB per la validazione e lo sviluppo. Questo articolo si concentra su uno degli aspetti cruciali del progetto: l'architettura di controllo progettata per la guida del veicolo, illustrando le scelte progettuali, le soluzioni adottate e le implicazioni

*With the progress of information and communication technologies, the ATO (Automatic Train Operation) system has established itself as an innovative technology to optimise the operational efficiency of rail traffic. This system allows decisions relating to acceleration, coasting and braking commands to be automated in real time [1]. Among the main features of the ATO we find, for example, autonomous driving between stations, taking advantage of real-time data such as speed limits, current speed and position as well as information on direction and destination, automatic train stop in stop areas and automatic opening and closing of doors during stops or departures. The IEC 62290-1:2014 international standard defines five Grades of Automation GoA [2] for train driving systems. The GoA0 and GoA1 levels require manual driving by the driver on board. With the GoA2, the train is driven partially or fully automatically, with speed and stop control, but the driver's readiness for any interventions is still required. The GoA3 allows fully automated operations under the supervision of an on-board operator. Finally, the GoA4 level represents the maximum degree of automation, in which the train is fully independent and able to adapt to different driving scenarios.*

*The ERTMS/ATO GoA4 project by the Research and Development (R&D) Department of the Rete Ferroviaria Italiana (RFI) focuses on the design of an ATO system integrated with the ERTMS/ETCS (European Rail Traffic Management System/European Train Control System) standard for High Speed (HS) lines. The aim is to increase the level of automation of national signalling systems, improving their performance and reliability. Numerous engineering challenges have been faced given the heterogeneity of the components with which the system interfaces and of the modules that compose it, as well as compliance with regulations. Numerous engineering challenges have been faced given the heterogeneity of the components with which the system interfaces and of the modules that compose it, as well as compliance with regulations.*

*Technical complexity is addressed through the use of model-based design, which allows effective management of development processes. The work makes use of co-design strategies and an interdisciplinary approach in order to facilitate co-design and synergy between teams with diverse expertise put in place by the Bruno Kessler Foundation, the University of Naples Federico II and the University of Salerno. Formal methods for software specification and design are adopted to ensure high safety and robustness standards, with the use of advanced validation and development tools such as SCADE and MATLAB. This article focuses on one of the crucial aspects of the project: the control architecture designed for driving the vehicle, illustrating the design choices, the solutions adopted and the implications on the overall operation of the system. From the review of literature on ATO systems, examples of control architectures developed for the GoA4 level of automation in HS trains operating with the ERTMS/ETCS (European Rail Traffic Management System/European Train Control System) system are extremely limited, highlighting a research area that is still little explored.*

*Two main problems are mainly addressed in literature for the improvement of these systems [1]:*

sul funzionamento complessivo del sistema. Dalla revisione della letteratura sui sistemi ATO, gli esempi di architetture di controllo sviluppate per il livello di automazione GoA4 nei treni AV che operano col sistema ERTMS/ETCS (*European Rail Traffic Management System/European Train Control System*) sono estremamente limitati, evidenziando un ambito di ricerca ancora poco esplorato.

In letteratura, si affrontano prevalentemente due problemi principali per il miglioramento di tali sistemi [1]:

1. l'ottimizzazione del profilo di velocità, un problema complesso con molteplici obiettivi e diversi vincoli, inclusi i limiti di velocità, la curvatura del tracciato e l'efficienza della trazione;
2. il controllo dell'inseguimento (*tracking*) della velocità del treno, reso difficile dai modelli dinamici complessi del treno, influenzati dall'alta velocità e da ambienti esterni complessi.

Per affrontare l'obiettivo dell'ottimizzazione del profilo di velocità, sono stati sviluppati nuovi algoritmi capaci di generare traiettorie di velocità ottimali in tempo reale, minimizzando il consumo energetico e soddisfacendo vincoli operativi e di sicurezza. Il secondo obiettivo, relativo al controllo dell'inseguimento della velocità, presenta difficoltà crescenti man mano che aumenta la velocità del treno, per la presenza di dinamiche non lineari e incerte.

Le soluzioni attuali si limitano ad analizzare scenari di guida specifici con un ristretto numero di manovre previste. Il livello GoA4, invece, richiede che i treni siano in grado di adattarsi dinamicamente a una vasta gamma di condizioni di guida reali, che includono numerose manovre [3]. Questo implica che il treno debba decidere autonomamente quale manovra eseguire in base alla situazione di guida, anche in presenza di eventi imprevisti che potrebbero richiedere una riprogrammazione della traiettoria, come un intervento del sistema ETCS. Inoltre, deve essere in grado di gestire le transizioni tra le diverse manovre e stabilire priorità tra di esse.

L'articolo è strutturato come segue: nelle sezioni 2, 3 vengono approfonditi rispettivamente progetti di treni autonomi sul panorama internazionale e l'evoluzione degli standard ERTMS/ATO. Il sistema ERTMS/ATO è stato implementato per l'applicazione specifica del prototipo di veicolo ispettivo URV (*Unmanned Railway Vehicle*) di Ricerca e Sviluppo di RFI che viene presentato con una breve descrizione nella sezione 4 con la relativa architettura del sistema ATO. Nella sezione 5 viene affrontato il problema della progettazione dell'architettura di controllo per la guida autonoma per un sistema ERTMS/ATO GoA4 e nella sezione 6 viene descritta la validazione sperimentale del sistema.

## 2. Progetti correlati

Il crescente interesse negli ultimi anni per i sistemi a guida autonoma nel settore ferroviario è confermato anche dai progetti correlati che in Europa e nel mondo stan-

1. *optimisation of the speed profile, a complex problem with multiple objectives and different constraints, including speed limits, track curvature and traction efficiency;*
2. *tracking control of train speed, made difficult by complex dynamic models of the train, influenced by high speed and complex external environments.*

*New algorithms have been developed to address the objective of speed profile optimisation, capable of generating optimal speed trajectories in real time, minimising energy consumption and satisfying operational and safety constraints. The second objective, relating to speed tracking control, presents increasing difficulties as train speed increases, due to the presence of non-linear and uncertain dynamics.*

*The current solutions are limited to analysing specific driving scenarios with a limited number of planned manoeuvres. The GoA4 level, on the other hand, requires trains to be able to dynamically adapt to a wide range of real driving conditions, including numerous manoeuvres [3]. This implies that the train must independently decide which manoeuvre to perform based on the driving situation, even in the presence of unforeseen events that could require reprogramming of the trajectory, such as an intervention by the ETCS system. In addition, it must be able to manage the transitions between the different manoeuvres and establish priorities between them.*

*The article is structured as follows: in sections 2, 3, autonomous driving train projects on the international scene and the evolution of ERTMS/ATO standards are discussed respectively. The ERTMS/ATO system has been implemented for the specific application of the RFI Research and Development Unmanned Railway Vehicle (URV) prototype which is presented with a brief description in section 4 with the related ATO system architecture. Section 5 addresses the problem of designing the control architecture for autonomous driving for an ERTMS/ATO GoA4 system and section 6 describes the experimental validation of the system.*

## 2. Related projects

*The growing interest in recent years for self-driving systems in the railway sector is also confirmed by the related projects that are fuelling the development and consolidation of this technology in Europe and in the world. An example of an ETCS-based GoA2 ATO project is the Digital S-Bahn Amburg project, led by Deutsche Bahn which, together with Siemens, demonstrated the potential of self-driving trains, on 23 km of the S21 line between Berliner Tor and Auhmühle, during the ITS World Congress event in Hamburg in October 2021. In Australia, on the other hand, the AutoHaul project for Rio Tinto implements a fully autonomous mining freight train. Developed by Hitachi Rail STS, AutoHaul began commercial service in 2018 and is based on the ATO system alongside the European ERTMS/ETCS level 2 signalling system and a collision detection system. In Germany, Alstom recently presented the ARTE (Autonomous Regional Train Evolution) project, which aims to show how auto-*

no alimentando lo sviluppo e il consolidamento di questa tecnologia. Un esempio di progetto di ATO GoA2 basato su ETCS è il progetto Digital S-Bahn Amburg, guidato da Deutsche Bahn che, insieme a Siemens, ha dimostrato, su 23 km della linea S21 tra Berliner Tor e Auhmühle, le potenzialità di treni a guida autonoma durante l'evento ITS World Congress di Amburgo nell'ottobre 2021. In Australia, invece, il progetto AutoHaul per Rio Tinto realizza un treno merci minerario a guida completamente autonoma. Sviluppato da Hitachi Rail STS, AutoHaul ha iniziato il servizio commerciale nel 2018 e si basa sul sistema ATO affiancato al sistema di segnalamento europeo ERTMS/ETCS di livello 2 e ad un sistema di rilevamento delle collisioni. In Germania, Alstom ha recentemente presentato il progetto ARTE (*Autonomous Regional Train Evolution*), che intende mostrare come l'operazione ferroviaria automatizzata e accompagnata può essere implementata mediante retrofit dei veicoli, sistemi di telecamere per il rilevamento degli ostacoli e, al posto delle apparecchiature ETCS a bordo, un sistema di riconoscimento delle immagini che elabora i segnali ferroviari esistenti. Il progetto è finanziato dal governo tedesco ed è sviluppato in collaborazione con l'ente di trasporto pubblico LNVGI, il centro aerospaziale tedesco DLR e l'Università di Berlino. Due interessanti progetti relativi a sistemi ATO GoA4 sono stati avviati in Francia, distinguendo i programmi di ricerca e sviluppo per treni merci o per servizio passeggeri. Lanciato nel 2018, *Autonomous Freight Train* è il progetto di ricerca relativo ai treni merci a guida autonoma, sviluppato dal consorzio composto da Alstom, Apsys, Altran, Hitachi, Railenium e SNCF. In parallelo, il progetto di ricerca per treni a guida autonoma per il servizio passeggeri riunisce Alstom, Bosch, Railenium, SNCF, Spirops e Thales e mira a realizzare un dimostratore prototipale attrezzando il treno passeggeri TER Regio 2N.

### 3. Evoluzione degli standard ERTMS/ATO

Le specifiche ATO sono state sviluppate per la prima volta nel progetto *Shift2Rail*, programma europeo di ricerca e sviluppo ferroviario. Questo sviluppo è stato suddiviso in due flussi di lavoro:

1. La prima fase di lavoro, incentrata su ATO GoA2 e sulle funzioni del *Driver Advisory System* GoA1, si è conclusa entro fine marzo 2022 con la consegna di una serie di specifiche stabili per il sistema ATO, pubblicate nella versione 2023 delle STI CCS (Specifiche Tecniche di Interoperabilità per Sistemi Comando e Controllo). Un'altra importante novità introdotta nella versione 2023 delle STI CCS e funzionale all'introduzione dei sistemi ATO, è la compatibilità ETCS per FRMCS (*Future Railway Mobile Communication Systems*), finalizzata a superare l'obsolescenza del GSM-R [5] (Fig. 1).
2. La seconda fase di lavoro di *Shift2Rail*, incentrata su ATO fino a GoA4 (e sulla compatibilità con le specifiche esistenti di GoA2), è stata completata nel 2023 con la consegna di un set di specifiche stabili per il sistema

*mated and attended railway operation can be implemented through vehicle retrofits, camera systems for obstacle detection and, instead of on-board ETCS equipment, an image recognition system that processes existing railway signals. The project is funded by the German government and is developed in collaboration with the LNVGI public transport body, the German DLR aerospace centre and the University of Berlin. Two interesting projects related to ATO GoA4 systems have been launched in France, distinguishing research and development programmes for freight trains or passenger services. Launched in 2018, Autonomous Freight Train is the research project related to self-driving freight trains, developed by the consortium consisting of Alstom, Apsys, Altran, Hitachi, Railenium and SNCF. In parallel, the research project for autonomous driving trains for passenger service brings together Alstom, Bosch, Railenium, SNCF, Spirops and Thales and aims to create a prototype demonstrator by equipping the Regio 2N TER passenger train.*

### 3. Evolution of ERTMS/ATO standards

*The ATO specifications have been developed for the first time in the Shift2Rail project, a European railway research and development programme. This development has been divided into two workflows:*

1. *The first work phase, focused on ATO GoA2 and the functions of the Driver Advisory System GoA1, ended by the end of March 2022 with the delivery of a series of stable specifications for the ATO system, published in version 2023 of the CCS TSIs (Technical Specifications for Interoperability for Command and Control Systems). Another important novelty introduced in version 2023 of the CCS TSIs and functional to the introduction of ATO systems, is the ETCS compatibility for FRMCS (Future Railway Mobile Communication Systems), aimed at overcoming the obsolescence of GSM-R [5] (Fig. 1).*
2. *The second work phase of Shift2Rail, focused on ATO up to GoA4 (and compatibility with the existing specifications of GoA2), was completed in 2023 with the delivery of a set of stable specifications for the ATO system up to GoA4. These specifications have been delivered to Europe's Rail Joint Undertaking programme, which can be considered the successor to Shift2Rail, for further development, with the ultimate goal of being included in an upcoming version of the CCS TSI.*

*The reference ATO GoA2 architecture, shown in Fig. 2, describes how the interface between the on-board ATO system, its wayside counterpart, the ETCS system, the train systems and the related communication protocols is envisaged. This architecture highlights the presence of the Driver component, present on board the train, which interfaces with the ETCS DMI (Driver Machine Interface) functions also to stimulate the ATO functions.*

*On the other hand, the working hypothesis of the ATO GoA4 work group is to evolve the ERTMS/ETCS system, in order to supervise GoA4 operations. The decision-making*

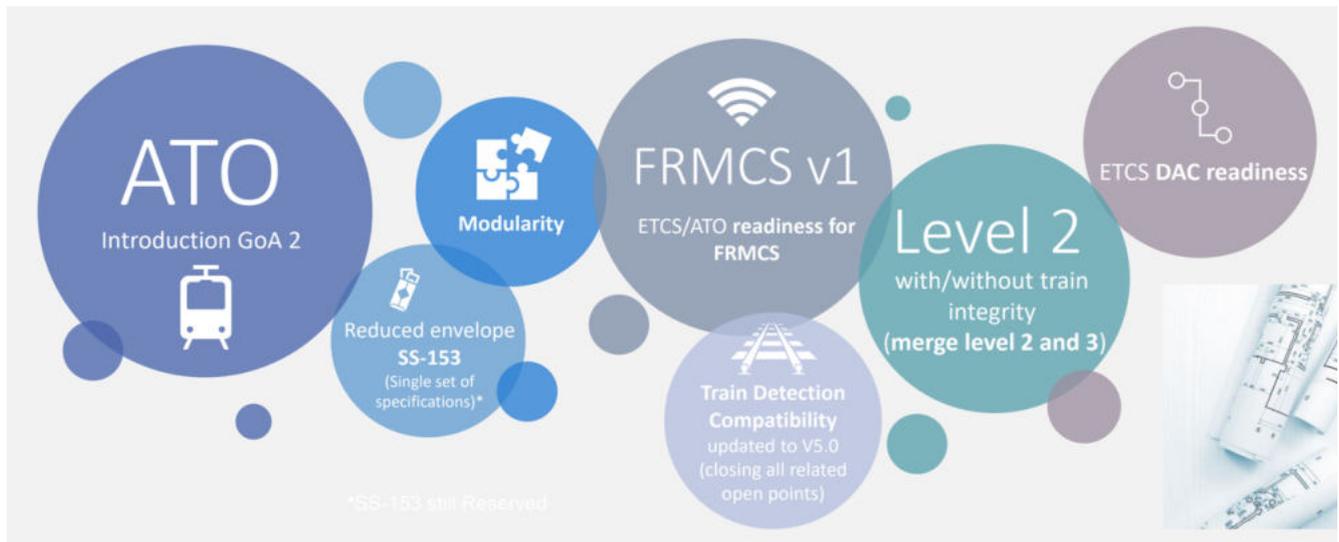


Figura 1 - CCS TSI Revision Package 2023 [4].  
 Figure 1 - CCS TSI Revision Package 2023 [4].

ATO fino a GoA4. Queste specifiche sono state consegnate al programma *Europe's Rail Joint Undertaking*, che si può considerare il successore di *Shift2Rail*, per ulteriori sviluppi, con l'obiettivo finale di essere incluse in una prossima versione della STI CCS.

L'architettura ATO GoA2 di riferimento, mostrata in Fig. 2, descrive come viene previsto l'interfacciamento tra il sistema di bordo ATO, la sua controparte di terra, il sistema ETCS, i sistemi treno ed i relativi protocolli di comunicazione. In questa architettura si evidenzia la presenza del componente *Driver*, presente a bordo treno, che si interfaccia con le funzioni DMI (*Driver Machine Interface*) ETCS anche per stimolare le funzioni ATO.

D'altro canto, l'ipotesi di lavoro del gruppo di lavoro ATO GoA4 è quella di far evolvere il sistema ERTMS/ETCS, al fine di supervisionare le operazioni GoA4. Il sistema decisionale è collegato all'ERTMS/ETCS, in modo che applichi limitazioni alla guida in caso di pericolo (riduzioni di velocità, frenata di emergenza). Nell'architettura ATO GoA4, prodotta nell'ambito del progetto *X2Rail4* di *Shift2Rail* [7], il componente ADM (*Automatic Driving Module*) eredita la maggior parte delle funzioni ATO GoA2 e vengono introdotti componenti che automatizzano le azioni del macchinista come: *Perception*, che ha la funzione di percezione dell'ambiente esterno al treno, rilevando ostacoli o anomalie per la circolazione ferroviaria, e APM (*Automatic Processing Module*), che determina le azioni necessarie in base alle anomalie rilevate.

*system is connected to the ERTMS/ETCS, so that it applies driving limitations in case of danger (speed reductions, emergency braking). In the ATO GoA4 architecture, produced as part of Shift2Rail's X2Rail4 project [7], the ADM (Automatic Driving Module) component inherits most of the ATO GoA2 functions and components are introduced that automate the driver's actions such as: Perception, which has the function of perceiving the environment outside the train, detecting obstacles or anomalies for rail traffic, and APM (Automatic Processing Module), which determines the necessary actions based on the anomalies detected.*

*The standardisation and testing work will continue within Europe's Rail Joint Undertaking [8] in the coming years, in particular with the R2DATO (Rail to Digital automated up to Autonomous Train Operation) project, the results of*

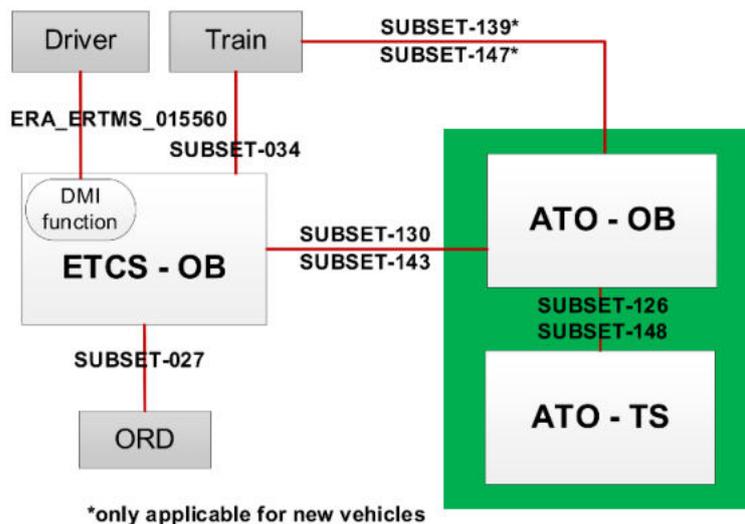


Figura 2 - Architettura di riferimento ERTMS/ATO fino a GoA2 [6].  
 Figure 2 - ERTMS/ATO reference architecture up to GoA2 [6].

Il lavoro di standardizzazione e sperimentazione proseguirà nell'ambito di *Europe's Rail Joint Undertaking* [8] nei prossimi anni, in particolare con il progetto R2DATO (*Rail to Digital automated up to Autonomous Train Operation*), i cui risultati saranno disponibili entro il 2026. R2DATO presenta tra i principali obiettivi la digitalizzazione e l'automazione per lo sviluppo della nuova generazione di sistemi ATC (*Automatic Train Control*), tramite tecnologie come ATO, ETCS ibrido di livello 3, blocco mobile e lo sviluppo di tecnologie come connettività 5G.

**4. Descrizione del sistema ERTMS/ATO GoA4 per URV**

URV (*Unmanned Railway Vehicle*), in Fig. 3, presentato da RFI al pubblico ad Innotrans 2024 a Berlino [16], è il primo prototipo di veicolo ferroviario a guida autonoma attrezzato per viaggiare sulle linee Alta Velocità (AV) italiane e creato per svolgere attività ispettive in un contesto di sicurezza che consentirà di verificare lo stato delle linee AV in anticipo rispetto al passaggio del primo treno del giorno. Per poter raggiungere quest'obiettivo di monitorare lo stato delle linee AV in autonomia, RFI Ricerca e Sviluppo ha promosso l'iniziativa di realizzare un sistema ERTMS/ATO GoA4 per l'applicazione specifica URV, in collaborazione con diverse università italiane [9][10][11]. Il veicolo è stato sviluppato a partire da un carrello motore derivato dai treni ad alta velocità, conforme agli standard vigenti e alle norme di interoperabilità.

Data la sua struttura più compatta rispetto a un treno tradizionale, è stata adottata una soluzione a bassa tensione eliminando così la necessità di alimentazione tramite catenaria. Per garantire un'autonomia operativa fino a 400 km, il sistema di trazione è stato concepito in modalità ibrida, combinando due pacchi batteria con un motore diesel. Quest'ultimo non solo estende la percorrenza, ma contribuisce anche a ridurre il carico sulle batterie, ottimizzando le prestazioni complessive del veicolo.

Sul carrello è stata integrata una struttura in acciaio che supporta un'unità carenata, all'interno della quale sono alloggiati tutti i componenti del sistema di trazione, ad eccezione dei motori, oltre alla strumentazione per il monitoraggio della linea. Per garantire maggiore stabilità, l'unità è sostenuta da un sistema di sospensioni secondarie, progettato per ridurre le vibrazioni e migliorare la precisione delle misurazioni, prolungando al contempo la durata dei componenti.

URV è equipaggiato con un ERTMS/ATO GoA4 ed un sistema di visione progettato per garantire la sicurezza infrastrutturale rilevando, riconoscendo e tracciando gli ostacoli lungo il percorso dei treni. Nello specifico, sono presenti sensori a rilevamen-

*which will be available by 2026. R2DATO presents among the main objectives the digitalisation and automation for the development of the new generation of ATC (Automatic Train Control) systems, through technologies such as ATO, level 3 hybrid ETCS, moving block and the development of technologies such as 5G connectivity.*

**4. Description of the ERTMS/ATO GoA4 system for URV**

*URV (Unmanned Railway Vehicle), see Fig. 3, presented by RFI to the public at Innotrans 2024 in Berlin [16], is the first prototype of a autonomous driving railway vehicle equipped to travel on Italian High Speed (HS) lines and created to carry out inspection activities in a safety context that will allow the conditions of the HS lines to be verified in advance of the transit of the first train of the day. In order to achieve this objective of monitoring the conditions of the HS lines independently, RFI Research and Development has promoted the initiative to create an ERTMS/ATO GoA4 system for the URV specific application, in collaboration with several Italian universities [9][10][11]. The vehicle has been developed from a motor bogie derived from high-speed trains, complying with current standards and interoperability regulations.*

*Given its more compact structure compared to a traditional train, a low voltage solution was adopted, thus eliminating the need for catenary power supply. To guarantee an operating range of up to 400 km, the traction system has been conceived in hybrid mode, combining two battery packs with a diesel engine. The latter not only extends the distance covered but also contributes to reducing the load on the batteries, optimising the overall performance of the vehicle.*

*A steel structure has been integrated on the bogie that supports a streamlined unit, inside which all the components of the traction system are housed, with the exception of the engines, as well as the instrumentation for monitoring the line. To ensure greater stability, the unit is supported by a secondary suspension system, designed to reduce vibrations*



Figura 3 – Foto di URV di RFI.  
Figure 3 – RFI URV picture.

to bi-spettrale, sia a lungo che a corto raggio, capaci di operare su diverse lunghezze d'onda, e telecamere stereoscopiche per la visione tridimensionale. A questi, poi, si aggiungono sensori LIDAR (*Laser Imaging Detection and Ranging*), utilizzati per mappare con precisione l'infrastruttura ferroviaria, e algoritmi di visione computerizzata specificamente sviluppati per il prototipo. Ad esempio, in Fig. 4, è possibile apprezzare immagini sincronizzate nello spettro *infrared* e *near-infrared*, catturate durante l'esecuzione di una corsa prova eseguita in notturna. Tali acquisizioni evidenziano come la scelta dello spettro consenta di rilevare diverse tipologie di informazioni presenti sulla scena come lo stato dei deviatoi o i segnali lungo il tracciato. Ulteriori dettagli sul veicolo sono disponibili in [16].

Il sistema ATO di RFI consiste in due sistemi cooperanti: ATO *Track-Side* (TS) e ATO *On-Board* (OB). L'ATO-TS rappresenta la componente del sistema di automazione situata lungo la linea ferroviaria e ha il compito di gestire e trasmettere dati essenziali per l'operatività autonoma dei treni. Questo sistema raccoglie informazioni in tempo reale riguardanti le condizioni della linea ferroviaria, inclusi segnali, limiti di velocità, caratteristiche del tracciato come curve o pendenze, e le condizioni generali dei binari. Inoltre, si occupa della gestione e dell'aggiornamento degli orari, garantendo che il treno riceva informazioni precise sui tempi di fermata e di partenza previsti lungo il percorso. Il sistema ATO-TS, attraverso un'interazione continua con sistemi di controllo come ERTMS/ETCS (*European Rail Traffic Management System/European Train Control System*), si pone l'obiettivo di ottimizzare il traffico ferroviario, coordinando la circolazione dei treni in maniera efficiente e sicura. Uno dei suoi compiti principali è fornire al treno il profilo del viaggio, che include il percorso pianificato, i segmenti specifici della linea e le istruzioni operative. In sostanza, ATO-TS agisce come un centro di supervisione terrestre, garantendo che ogni treno riceva le informazioni necessarie per muoversi in sicurezza e secondo i piani prestabiliti.

Dall'altro lato, ATO-OB è il sistema installato a bordo del treno, responsabile dell'interpretazione e dell'esecuzione delle istruzioni ricevute da ATO-TS. Una volta che i dati relativi al percorso, agli orari e alle condizioni di velocità vengono ricevuti, ATO-OB elabora queste informazioni per prendere decisioni in tempo reale riguardo alla gestione della marcia del treno. ATO-OB è equipaggiato con funzionalità avanzate che gli permettono di generare comandi di trazione e frenata ottimizzati, in modo da mantenere la velocità ideale lungo il percorso assegnato. La localizzazione del treno avviene grazie a un continuo monitoraggio della posizione mediante odometri e altri sensori, garantendo che il treno sia sempre localizzato

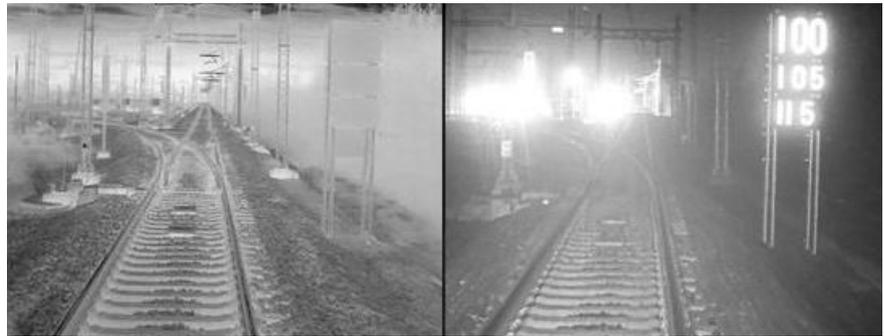


Figura 4 – A sinistra, immagine infrared; a destra immagine near-infrared.  
Figure 4 – On the left, infrared image; on the right, near-infrared image.

and improve the accuracy of measurements, while extending the life of the components.

The URV is equipped with an ERTMS/ATO GoA4 and a vision system designed to ensure infrastructure safety by detecting, recognising and tracking obstacles along the route of the trains. Specifically, there are bi-spectral detection sensors, both long and short range, capable of operating on different wavelengths, and stereoscopic cameras for three-dimensional vision. In addition to these are the LIDAR (*Laser Imaging Detection and Ranging*) sensors, used to accurately map railway infrastructure, and computer vision algorithms specifically developed for the prototype. For example, in Fig. 4, synchronised images in the infrared and near-infrared spectrum can be observed, captured during the execution of a test run performed at night. These acquisitions highlight how the choice of spectrum allows detecting different types of information on the scene such as the conditions of the turnouts or the signals along the route. Further vehicle details can be found in [16].

RFI's ATO system consists of two cooperating systems: ATO *Track-Side* (TS) and ATO *On-Board* (OB). The ATO-TS represents the component of the automation system located along the railway line and has the task of managing and transmitting data essential for the autonomous operation of trains. This system collects real-time information regarding the conditions of the railway line, including signals, speed limits, track characteristics such as curves or slopes, and the general conditions of the tracks. In addition, it handles the management and updating of schedules, ensuring that the train receives precise information on the expected stop and departure times along the route. The ATO-TS system aims to optimise rail traffic, through continuous interaction with control systems such as ERTMS/ETCS (*European Rail Traffic Management System/European Train Control System*), coordinating the circulation of trains in an efficient and safe way. One of its main tasks is to provide the train with the journey profile, which includes the planned route, the specific segments of the line and the operating instructions. In essence, ATO-TS acts as a trackside supervision centre, ensuring that each train receives the information necessary to move safely and according to pre-established plans.

On the other hand, ATO-OB is the system installed on

in modo preciso sulla linea ferroviaria. Inoltre, ATO-OB si integra col sistema ETCS di bordo, assicurandosi che tutte le operazioni vengano eseguite nel rispetto dei limiti di sicurezza previsti, evitando ad esempio l'attivazione di frenate di emergenza o il superamento di velocità critiche. Nella progettazione del sistema è posta particolare attenzione agli aspetti di *cyber security*, implementando misure volte a garantire la protezione del sistema da accessi non autorizzati e attacchi esterni, al fine di preservarne l'integrità e la sicurezza operativa.

Quando tutte le condizioni operative sono soddisfatte, come la corretta localizzazione del treno e l'assenza di freni d'emergenza in funzione, ATO-OB assume il controllo completo, permettendo al treno di operare in modalità autonoma. In questa configurazione, il treno procede verso la destinazione finale rispettando i punti di fermata e l'orario assegnato, senza la necessità di un intervento umano diretto. Il sistema è inoltre in grado di gestire scenari complessi o non nominali, adattandosi a situazioni impreviste come il soccorso di un veicolo in avaria su una linea ad alta velocità. In sintesi, ATO-OB non solo esegue le istruzioni ricevute da ATO-TS, ma svolge un ruolo critico nell'automazione della guida, controllando ogni aspetto del movimento del treno con un alto livello di autonomia e sicurezza.

L'architettura logica di alto livello del sistema ATO RFI è descritta in Fig. 5.

L'Interface Manager permette ad ATO di interfacciarsi con i vari componenti, come ATO-TS, ETCS, SMO (*Speed Monitoring and Odometry*), SCS (*Sistema di Controllo e Sorveglianza*) e TIU (*Train Interface Unit*). Il Controller implementa la principale Macchina A Stati Finiti (MASF) per i diversi modelli operativi funzionali di ATO. Il Track Database Manager della linea utilizza i dati dell'odometro per localizzare il treno sulla linea e convalida il viaggio ricevuto dal lato binario prima dell'inizio della missione.

Il modulo *Autonomous Driving Function* riceve i dati del profilo della linea e del viaggio dal Track Database Manager della linea e li utilizza per generare un profilo di velocità ottimale e i relativi comandi di frenatura e trazione da inoltrare al TIU. L'Energy Manager utilizza i dati della batteria, del carburante e lo stato del sistema di trazione per monitorare il livello di energia e valutare il consumo necessario per completare la missione corrente.

Ad esempio, consideriamo lo scenario nominale con un treno fermo in un'area di rifornimento, destinata alla ricarica delle batterie e/o al rifornimento di carburante. Quando il veico-

board the train, responsible for the interpretation and execution of the instructions received from ATO-TS. Once route data, timetables and speed conditions are received, ATO-OB processes this information to make real-time decisions concerning train operation. ATO-OB is equipped with advanced features that allow it to generate optimised traction and braking commands, in order to maintain the ideal speed along the assigned route. The train is located thanks to continuous position monitoring by odometers and other sensors, ensuring that the train is always precisely located on the railway line. In addition, ATO-OB integrates with the on-board ETCS system, ensuring that all operations are carried out in compliance with the safety limits provided, avoiding, for example, the activation of emergency braking or exceeding of critical speeds. Particular attention is paid to cybersecurity aspects in the design of the system, implementing measures aimed at ensuring the protection of the system from unauthorised access and external attacks, so as to preserve its integrity and operational safety.

When all operating conditions are met, such as the correct location of the train and the absence of emergency brakes in operation, ATO-OB assumes complete control, allowing the train to operate in autonomous mode. In this configuration, the train proceeds towards the final destination respecting the stop points and the assigned schedule, without the need for direct human intervention. The system is also able to manage complex or non-nominal scenarios, adapting to unforeseen situations such as the rescue of a damaged vehicle on a high-speed line. In summary, ATO-OB not only executes the instructions received from ATO-TS but plays a critical role in the automation of driving, controlling

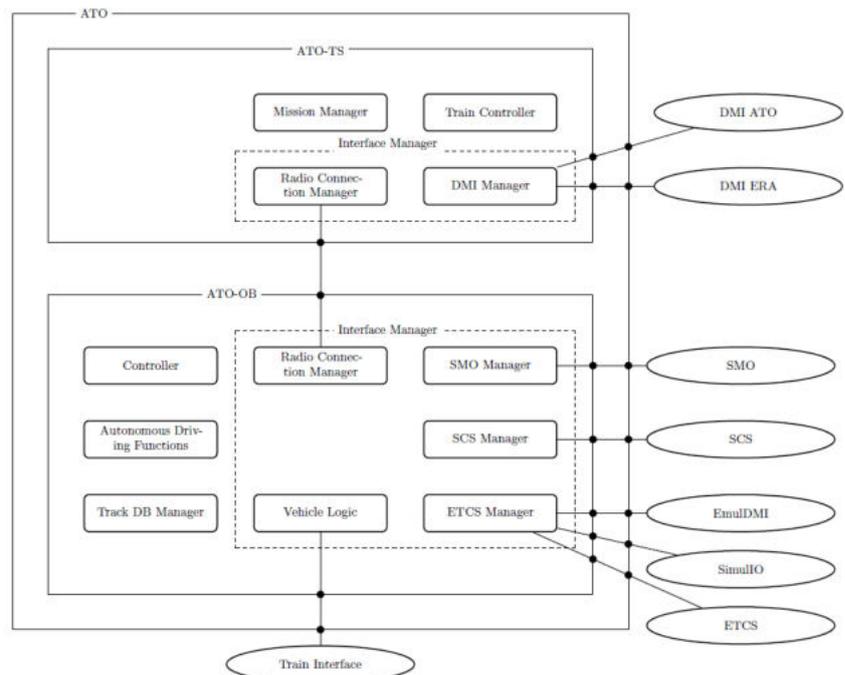


Figura 5 - Architettura logica di alto livello di ATO RFI.  
Figure 5 - ATO RFI high-level logic architecture.

lo viene selezionato da un macchinista remoto attraverso l'interfaccia dedicata di ATO-TS, ATO-OB verifica che la sua versione del database corrisponda a quella di terra ed esegue alcuni test interni del sistema. Il macchinista remoto pianifica il profilo del viaggio, o *Journey Profile*, da inviare a bordo e attende un riscontro. Quando la modalità ETCS evolve nella modalità *Full Supervision* (FS) [12] e altre condizioni di ingaggio sono soddisfatte il macchinista remoto può abilitare la guida autonoma. In tale modalità di guida, il veicolo raggiunge la destinazione finale del *Journey Profile*, rispettando l'orario e i punti di fermata assegnati.

Durante la progettazione e lo sviluppo del sistema sono state affrontate numerose problematiche di natura ingegneristica, tra cui aspetti legati alla sicurezza, alla comunicazione e all'interazione con gli altri componenti di bordo e dell'infrastruttura esistente. Tuttavia, in questo articolo l'attenzione si focalizza su una delle sfide più significative del progetto: la progettazione dell'architettura di controllo per la guida autonoma. La trattazione si concentra sulle soluzioni adottate per affrontare le principali difficoltà riscontrate nella definizione dell'algoritmo, con un focus particolare sull'ottimizzazione delle prestazioni e sulla gestione di scenari complessi.

## 5. L'architettura di controllo per la guida autonoma di un sistema ERTMS/ATO

In un contesto GoA4, in cui sono richieste funzionalità completamente autonome e un sistema di funzionamento non presidiato [3], ATO deve svolgere tre compiti principali:

- a) pianificazione della traiettoria definendo le fasi di accelerazione, *cruising*, *coasting* o frenatura per soddisfare il programma orario e rispettare i vincoli imposti dal sistema di terra;
- b) inseguimento della traiettoria, ovvero assicurare, in tempo reale, che il treno segua il comportamento pianificato;
- c) adattabilità, ovvero rispondere a vincoli imposti in tempo reale dal sistema ETCS (*European Train Control System*) o da eventi imprevisi, come variazioni della *Movement Authority* (MA), per garantire puntualità, sicurezza ed efficienza energetica.

Pertanto, la guida di veicoli ferroviari ad alta velocità (AV) in tale contesto rappresenta una sfida complessa poiché ATO deve soddisfare:

1. la conformità al profilo del viaggio rispetto del programma orario per i punti di passaggio e di arresto previsti dal profilo di viaggio e dei limiti di velocità disposti lungo il tragitto;
2. la conformità ai vincoli imposti dal sistema ETCS, come il rispetto dei limiti di supervisione, delle curve di frenatura, dell'EoA e dei limiti di velocità per garantire la sicurezza del viaggio;

*every aspect of the movement of the train with a high level of autonomy and safety.*

*The high-level logical architecture of the ATO RFI system is described in Fig. 5.*

*The Interface Manager allows ATO to interface with the various components, such as ATO-TS, ETCS, SMO (Speed Monitoring and Odometry), SCS (Control and Surveillance System) and TIU (Train Interface Unit). The Controller implements the main Finite State Machine (FSM) for the different ATO functional operating models. The line Track Database Manager uses the odometer data to locate the train on the line and validates the trip received from the track side before the start of the mission.*

*The Autonomous Driving Function module receives the line and journey profile data from the line Track Database Manager and uses them to generate an optimal speed profile and the related braking and traction commands to be forwarded to the TIU. The Energy Manager uses battery, fuel and traction system status data to monitor the energy level and assess the consumption needed to complete the current mission.*

*For example, consider the nominal scenario with a stationary train in a refuelling area, intended for recharging batteries and/or refuelling. When the vehicle is selected by a remote driver through the dedicated ATO-TS interface, ATO-OB verifies that its version of the database corresponds to the trackside version and performs some internal system tests. The remote driver plans the Journey Profile, to be sent on board and waits for a response. When the ETCS mode evolves into the Full Supervision (FS) mode [12] and other engagement conditions are met, the remote driver can enable autonomous driving. In this driving mode, the vehicle reaches the final destination of the Journey Profile, respecting the schedule and the assigned stop points.*

*Numerous engineering issues were addressed during the design and development of the system, including aspects related to safety, communication and interaction with the other on-board components and the existing infrastructure. However, in this article the focus is on one of the most significant challenges of the project: the design of the control architecture for autonomous driving. The discussion focuses on the solutions adopted to address the main difficulties encountered in defining the algorithm, with a particular focus on optimising performance and managing complex scenarios.*

## 5. The control architecture for autonomous driving of an ERTMS/ATO system

*In a GoA4 context, where fully autonomous functionality and an unattended operating system are required [3], ATO must perform three main tasks:*

- a) *trajectory planning defining the phases of acceleration, cruising, coasting or braking to meet the schedule and comply with the constraints imposed by the trackside system;*

3. la conformità ai vincoli fisici del treno, come, ad esempio, velocità massima, tempo minimo di intervallo tra i treni (*headway time*) e tempo di reazione della frenatura;
4. la gestione di eventi anomali improvvisi, come la presenza di ostacoli sulla linea ferroviaria o nuove restrizioni imposte dal sistema ETCS;
5. la ripianificazione in tempo reale in base alle condizioni del veicolo e della linea durante il viaggio;
6. il comfort, la sicurezza e l'efficienza energetica, garantendo un inseguimento accurato della posizione e della velocità di riferimento in conformità con il profilo del viaggio (*Journey Profile*);
7. la robustezza, ovvero la capacità di far fronte alle non linearità della dinamica del veicolo e ai fattori ambientali esogeni.

L'obiettivo è stato dunque progettare un'architettura di controllo per ATO che soddisfi i requisiti del livello GoA4, ovvero garantendo l'esecuzione dei compiti di pianificazione, inseguimento e adattabilità, oltre a rispettare i requisiti sopra elencati.

Per affrontare il problema, è stata proposta un'architettura denominata *Autonomous Driving Function (ADF)*, progettata utilizzando l'approccio *Model-Based Control Design (MBCD)* con un modello dinamico non lineare del secondo ordine per la dinamica longitudinale di un veicolo ferroviario.

Nel MBCD, il modello del sistema è al centro dell'intero processo di sviluppo, dalla definizione dei requisiti fino ai test. Grazie alla simulazione in ogni fase, è possibile analizzare il comportamento del sistema in tempo reale e valutare diversi scenari evitando rischi e ritardi nella validazione del sistema.

Nell'analisi e nel controllo della dinamica di un veicolo ferroviario, è fondamentale disporre di un modello matematico che descriva il comportamento del sistema in funzione delle forze in gioco e delle condizioni operative. Questo modello si basa sulle equazioni del moto, che rappresentano l'equilibrio dinamico tra le forze esterne e la risposta del veicolo. Tuttavia, la complessità intrinseca del sistema ferroviario impone una serie di semplificazioni volte a rendere il modello trattabile sia dal punto di vista analitico che computazionale. In particolare, si adottano ipotesi che permettono di trascurare fenomeni di secondaria importanza rispetto agli obiettivi dell'analisi, come gli effetti di gioco tra gli organi meccanici o delle interazioni complesse con l'infrastruttura. Questo consente di ottenere una rappresentazione sufficientemente accurata della dinamica del veicolo, pur mantenendo una formulazione che ne permetta lo studio efficace e la progettazione di strategie di controllo. Questo tipo di modello in letteratura prende il nome di modello *control-oriented*.

Il moto di un veicolo ferroviario è un problema multidimensionale e lo stato dinamico del sistema è descritto da grandezze quali posizione, velocità e accelerazione, che

- b) *trajectory tracking*, i.e. ensuring, in real time, that the train follows the planned behaviour;
- c) *adaptability*, i.e. responding to constraints imposed in real time by the ETCS (European Train Control System) or by unforeseen events, such as changes in the Movement Authority (MA), to ensure punctuality, safety and energy efficiency.

Therefore, driving high-speed (HS) railway vehicles in this context represents a complex challenge since ATO must meet:

1. compliance with the journey profile in accordance with the timetable for the passing and stopping points provided for by the journey profile and the speed limits set along the route;
2. compliance with the constraints imposed by the ETCS system, such as compliance with supervision limits, braking curves, the EoA and speed limits to ensure the safety of the journey;
3. compliance with the physical constraints of the train, such as, for example, maximum speed, minimum interval time between trains (*headway time*) and braking reaction time;
4. the management of sudden anomalous events, such as the presence of obstacles on the railway line or new restrictions imposed by the ETCS system;
5. real-time rescheduling based on the conditions of the vehicle and the line during the journey;
6. comfort, safety and energy efficiency, ensuring an accurate tracking of the reference position and speed in accordance with the journey profile;
7. robustness, i.e. the ability to cope with the non-linearity of vehicle dynamics and exogenous environmental factors.

The objective was therefore to design a control architecture for ATO that meets the requirements of the GoA4 level, i.e. ensuring the execution of the planning, tracking and adaptability tasks, in addition to complying with the requirements listed above.

To address the problem, an architecture called *Autonomous Driving Function (ADF)* was proposed, designed using the *Model-Based Control Design (MBCD)* approach with a second-order non-linear dynamic model for the longitudinal dynamics of a railway vehicle.

In MBCD, the system model is at the heart of the entire development process, from requirements definition to testing. Thanks to the simulation in each phase, the behaviour of the system in real time and evaluation of the different scenarios can be analysed avoiding risks and delays in the validation of the system.

In the analysis and control of the dynamics of a railway vehicle, it is essential to have a mathematical model that describes the behaviour of the system as a function of the forces in play and the operating conditions. This model is

variano nel tempo in risposta alle forze applicate. Dunque, la dinamica longitudinale di un veicolo ferroviario *AV control-oriented*, inteso come unico corpo rigido, può essere descritta dal seguente sistema non lineare del secondo ordine, come modellato in [11]:

$$\dot{p}(t) = v(t)$$

$$M\dot{v}(t) = u(t) - F_r(v(t)) - F_{grad}(p(t)) - F_{curve}(p(t)),$$

dove  $p(t)$  [m] e  $v$ [m/s] sono la posizione e la velocità longitudinale del treno mentre  $M$  [kg] è la massa del rotabile.  $F_r(v(t))$  [N] rappresenta la forza resistente dovuta alla resistenza al rotolamento e all'aerodinamica

$$F_r(t) = \gamma + v(t)\eta + v^2(t)\iota,$$

in cui  $\gamma, \eta$  e  $\iota$  sono parametri fisici del modello empirico di Davis, ampiamente utilizzato per la simulazione dinamica dei treni e per l'ottimizzazione del consumo energetico. Tale modello suddivide la resistenza totale in tre componenti principali: una parte costante legata agli attriti interni indipendenti dalla velocità del veicolo ( $\gamma$ ), una parte proporzionale alla velocità ( $\eta$ ), dovuta principalmente all'attrito meccanico, e una componente quadratica ( $\iota$ ), che descrive la resistenza aerodinamica.  $F_{grad}(p(t))$  [N] e  $F_{curve}(p(t))$  [N] rappresentano le forze dovute alla pendenza del tracciato e al raggio di curvatura, calcolate come:

$$F_{grad}(p(t)) = Mg \sin(\alpha(p(t))),$$

$$F_{curve}(p(t)) = Mg \sin\left(\frac{\kappa(p(t))}{\rho(p(t))}\right),$$

dove  $g$ [m/s<sup>2</sup>] è l'accelerazione di gravità,  $\alpha(p(t))$  e  $\rho(p(t))$  gli angoli di pendenza e il raggio di curvatura e  $\kappa(p(t))$  è un parametro empirico che dipende dal raggio di curvatura e dallo scartamento ferroviario.

Infine,  $u(t)$  [N] è il comando di controllo che fornisce la forza di trazione/frenata desiderata.

Per una rappresentazione compatta e generalizzabile di tali equazioni, è conveniente l'uso del formalismo vettoriale e matriciale, che consente di esprimere in maniera sintetica le relazioni tra le forze agenti, le accelerazioni e le velocità del sistema. Dunque, considerando  $x(t) = [p(t) \ v(t)]^T \in \mathbb{R}^{2 \times 1}$  il vettore di stato del sistema, composto dalle variabili di posizione e velocità, la dinamica non lineare può essere scritta nello spazio di stato da  $\dot{x}(t) = f(x(t), u(t))$  e dunque

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} v(t) \\ \varphi(p(t), v(t)) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix} u(t)$$

Dove  $b = 1/M$  e  $\varphi(p(t), v(t))$  è il campo vettoriale non lineare che rappresenta le forze esterne definito come

$$\varphi(p(t), v(t)) = -\frac{1}{M}(F_r(v(t)) - F_{grad}(p(t)) - F_{curve}(p(t))).$$

Il campo vettoriale è una funzione che associa a ogni punto dello spazio di stato un vettore che rappresenta una grandezza fisica variabile. In questo contesto,  $\varphi(p(t), v(t))$  rappresenta il campo vettoriale non lineare che descrive le forze esterne agenti sul sistema in funzione della posizione  $p(t)$  e della velocità  $v(t)$ . Questo significa che, per ogni

based on motion equations, which represent the dynamic balance between external forces and the response of the vehicle. However, the inherent complexity of the railway system imposes a number of simplifications aimed at making the model manageable from both an analytical and computational point of view. In particular, hypotheses are adopted that allow neglecting phenomena of secondary importance with respect to the objectives of the analysis, such as the effects of backlash between the mechanical components or complex interactions with the infrastructure. This allows obtaining a sufficiently accurate representation of the vehicle dynamics, while maintaining a formulation that allows the effective study and design of control strategies. This type of model in literature is called a control-oriented model.

The motion of a railway vehicle is a multidimensional problem, and the dynamic condition of the system is described by quantities such as position, speed and acceleration, which vary over time in response to the forces applied. Therefore, the longitudinal dynamics of a control-oriented HS railway vehicle, understood as a single rigid body, can be described by the following non-linear system of the second order, as modelled in [11]:

$$\dot{p}(t) = v(t)$$

$$M\dot{v}(t) = u(t) - F_r(v(t)) - F_{grad}(p(t)) - F_{curve}(p(t)),$$

where  $p(t)$  [m] and  $v$ [m/s] are the position and longitudinal speed of the train while  $M$  [kg] is the mass of the rolling stock.  $F_r(v(t))$  [N] represents the resisting force due to rolling resistance and aerodynamics

$$F_r(t) = \gamma + v(t)\eta + v^2(t)\iota,$$

where  $\gamma, \eta$  e  $\iota$  are physical parameters of Davis' empirical model, widely used for the dynamic simulation of trains and for the optimisation of energy consumption. This model divides the total resistance into three main components: a constant part linked to internal frictions independent of vehicle speed ( $\gamma$ ), a part proportional to speed ( $\eta$ ), mainly due to mechanical friction, and a quadratic component ( $\iota$ ), which describes aerodynamic resistance.  $F_{grad}(p(t))$  [N] and  $F_{curve}(p(t))$  [N] represent the forces due to the slope of the track and the radius of curvature, calculated as:

$$F_{grad}(p(t)) = Mg \sin(\alpha(p(t))),$$

$$F_{curve}(p(t)) = Mg \sin\left(\frac{\kappa(p(t))}{\rho(p(t))}\right),$$

where  $g$ [m/s<sup>2</sup>] is the acceleration of gravity,  $\alpha(p(t))$  and  $\rho(p(t))$  the angles of inclination and the radius of curvature and  $\kappa(p(t))$  is an empirical parameter that depends on the radius of curvature and the railway gauge.

Finally,  $u(t)$  [N] is the control command that provides the desired traction/braking force.

For a compact and generalisable representation of these equations, it is convenient to use the vector and matrix formalism, which allows the relations between the acting forces, accelerations and speeds of the system to be expressed in a synthetic way. Therefore, considering  $x(t) = [p(t) \ v(t)]^T \in \mathbb{R}^{2 \times 1}$  the state vector of the system, composed of the variables

stato del sistema, il campo vettoriale fornisce l'intensità e la direzione delle forze che influenzano il moto.

Definito il modello dinamico, si procede alla sintesi del controllore, il cui scopo è garantire il rispetto dei requisiti prestazionali, come stabilità, sicurezza e comfort, compensando le perturbazioni e le variazioni delle condizioni operative.

Come illustrato in Fig. 6, il sistema ATO-TS e il Track DataBase forniscono i dati del veicolo, la modalità operativa di ATO e il profilo di viaggio da seguire; il sistema di visione acquisisce ed elabora in tempo reale le immagini dell'ambiente circostante, influenzando la guida in base alle condizioni operative; il sistema ETCS di bordo fornisce dati odometrici, limiti di velocità e distanza da rispettare. L'Autonomous Driving Function (ADF) raccoglie e processa tali informazioni per calcolare opportunamente l'Optimal Dynamic Profile (ODP) da imporre al treno nel rispetto dei requisiti di cui sopra e si occupa di inseguire la traiettoria ODP fornendo così gli input di controllo al basso livello per la guida del veicolo.

of position and speed, the non-linear dynamics can be written in the state space with  $\dot{x}(t) = f(x(t), u(t))$  and therefore

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} v(t) \\ \varphi(p(t), v(t)) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix} u(t)$$

Where  $b = 1/M$  e  $\varphi(p(t), v(t))$  is the non-linear vector field representing the external forces defined as

$$\varphi(p(t), v(t)) = -\frac{1}{M} (F_r(v(t)) - F_{grad}(p(t)) - F_{curve}(p(t))).$$

The vector field is a function that associates each point of the state space with a vector that represents a variable physical quantity. In this context,  $\varphi(p(t), v(t))$  represents the non-linear vector field that describes the external forces acting on the system as a function of position  $p(t)$  and speed  $v(t)$ . This means that, for each state of the system, the vector field provides the intensity and direction of the forces that influence the motion.

Once the dynamic model has been defined, the controller is summarised, the purpose of which is to ensure compli-

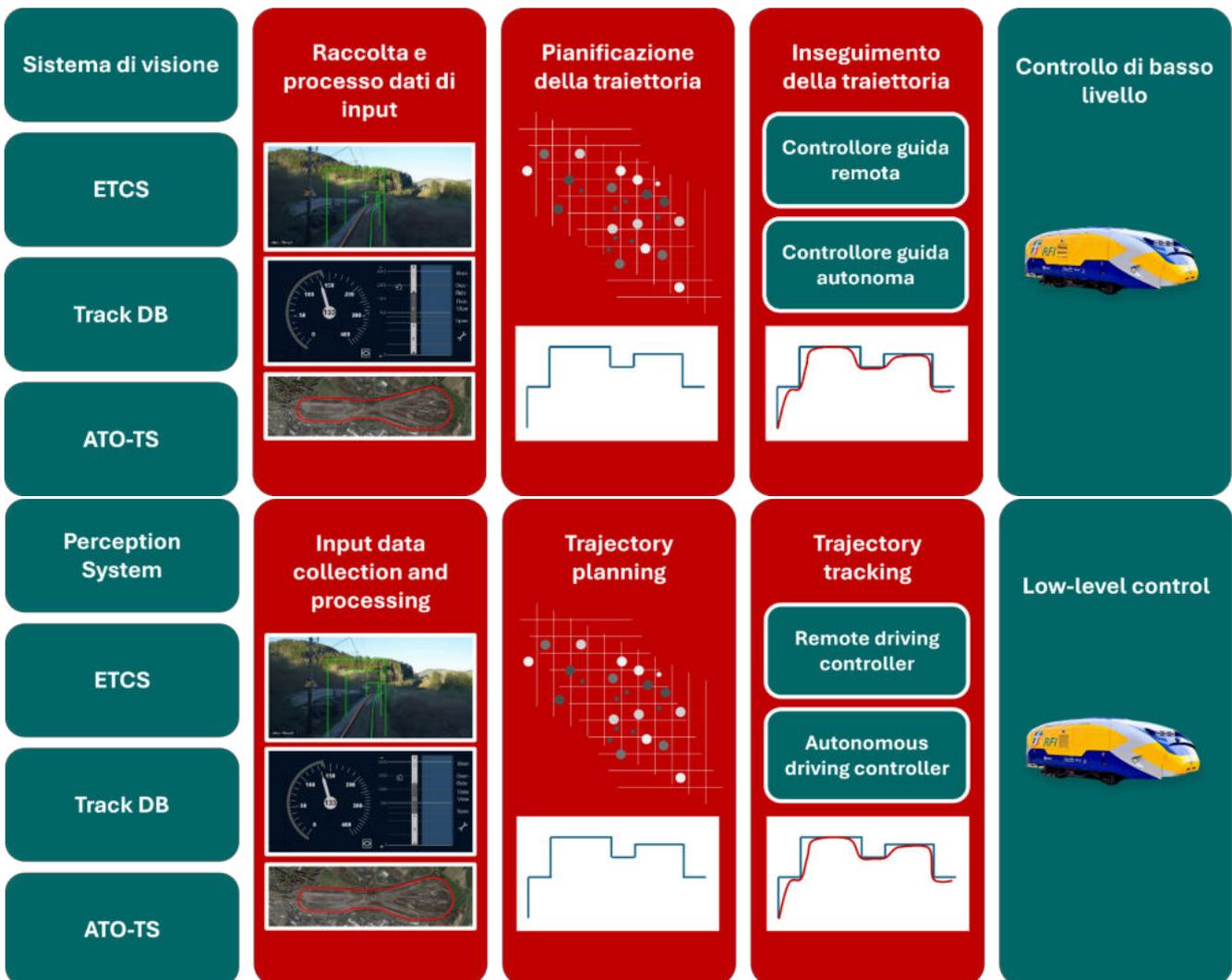


Figura 6 - Schema illustrativo delle funzioni a supporto del sistema di guida autonoma.  
 Figure 6 - Illustrative diagram of the functions supporting the autonomous driving system.

URV è stato progettato per poter offrire due modalità di guida:

- guida remota (*Remote Driving, RD*), utilizzata quando un macchinista remoto, attraverso un sistema di visione in tempo reale e un'interfaccia operatore dedicata, può guidare il veicolo come se fosse a bordo
- guida autonoma (*Autonomous Driving, AD*), attivata quando tutte le operazioni di guida vengono gestite in modo automatico.

Ogni modalità di guida ha il suo controllore che calcola l'azione di controllo  $u(t)$  da applicare al veicolo, sulla base del riferimento. Questo tiene conto dei vincoli in tempo reale e delle problematiche di robustezza rispetto a eventi imprevedibili o anomalie. L'abilitazione dell'opportuno controllore di guida, nonché l'elaborazione e la pianificazione delle traiettorie è affidata ad un componente chiamato *Supervisory Controller (SC)* che non è altro che il cervello dell'architettura ADF. Il componente SC calcola in tempo reale i diversi profili ODP per le varie situazioni di guida, anche in presenza di eventi critici o situazioni inattese. Inoltre, gestisce l'abilitazione o la disabilitazione delle modalità di guida remota/autonoma, ottimizzando la transizione tra le due logiche di controllo. In particolare:

- quando viene ricevuto un segnale di velocità desiderata costante da un operatore esterno, il componente SC calcola la velocità di riferimento temporale  $v_{ref}(t)$  e abilita la modalità di guida remota RD, garantendo l'inseguimento della velocità obiettivo a partire dal valore corrente di riferimento di velocità, che può essere sia a veicolo fermo che in movimento in guida autonoma, in conformità coi vincoli del tracciato;
- in guida autonoma AD, basandosi sul profilo del viaggio e sui dati della linea, SC calcola il profilo ODP  $x_{ref}(t)$ , espresso in termini di posizione e velocità temporali, a partire dal valore corrente di riferimento di velocità, che può essere sia a veicolo fermo che in movimento in guida remota.

## 5.1. Guida remota

Nella modalità di guida remota, ricevuto il riferimento di velocità  $v_d(t)$  assegnato dall'operatore remoto tramite l'interfaccia dedicata, l'obiettivo di controllo è progettare un'azione di controllo  $u(t)$  tale per cui  $\lim_{t \rightarrow \infty} \|v_{ref}(t) - v(t)\| = 0$ , compensando tutti i disturbi esterni e le incertezze sulla dinamica del veicolo. Questa condizione è fondamentale per garantire la stabilità asintotica del sistema controllato, ovvero che l'errore di velocità si annulli nel lungo periodo, indipendentemente dalle condizioni iniziali. Senza questa condizione sul limite, il sistema potrebbe presentare errori residui, oscillazioni persistenti o instabilità, compromettendo la precisione e l'affidabilità del controllo. Considerare il comportamento per  $t \rightarrow \infty$  è quindi necessario per dimostrare che il sistema, una volta sottoposto all'azione di controllo  $u(t)$ ,

ance with performance requirements, such as stability, safety and comfort, compensating for disturbances and variations in operating conditions.

As illustrated in Fig. 6, the ATO-TS system and the Track DataBase provide the vehicle data, the ATO operating mode and the journey profile to be followed; the vision system acquires and processes the images of the surrounding environment in real time, influencing driving according to the operating conditions; the on-board ETCS system provides odometric data, speed and distance limits to be observed. The Autonomous Driving Function (ADF) collects and processes this information to properly calculate the Optimal Dynamic Profile (ODP) to be imposed on the train in compliance with the above requirements and is responsible for following the ODP trajectory thus providing the control inputs at the low level for driving the vehicle.

The URV has been designed to offer two driving modes:

- remote Driving (RD), used when a remote driver can drive the vehicle as if it were on board, through a real-time vision system and a dedicated operator interface.
- autonomous driving (AD), activated when all driving operations are managed automatically.

Each driving mode has its own controller that calculates the control action  $u(t)$  to be applied to the vehicle, based on the reference. This takes into account real-time constraints and robustness issues with respect to unforeseen events or anomalies. The enabling of the appropriate driving controller, as well as the processing and planning of trajectories is entrusted to a component called *Supervisory Controller (SC)* which is none other than the brain of the ADF architecture. The SC component calculates the different ODP profiles for the various driving situations in real time, even in the presence of critical events or unexpected situations. In addition, it manages the enabling or disabling of remote/autonomous driving modes, optimising the transition between the two control logics. In particular:

- when a constant desired speed signal is received from an external operator, the SC component calculates the time reference speed  $v_{ref}(t)$  and enables the RD remote driving mode, guaranteeing the odometric of the target speed starting from the current speed reference value, which can be either when the vehicle is stationary or in motion in autonomous driving, in accordance with the constraints of the track;
- in AD autonomous driving, based on the journey profile and the line data, the SC calculates the ODP profile  $x_{ref}(t)$ , expressed in terms of position and time speeds, starting from the current speed reference value, which can be either with the vehicle stationary or in motion in remote driving.

## 5.1. Remote driving

In remote driving mode, having received the speed reference  $v_d(t)$  assigned by the remote operator via the dedicated interface,

raggiunga e mantenga nel tempo il comportamento desiderato.

Per fare ciò, il controllore di RD è progettato con una strategia di controllo Proporzionale-Integrale-Derivativa Gain-Scheduling (PIDGS) con in aggiunta un'azione in avanti (feedforward):

$$u_{RD}(t) = k_p(t)e(t) + k_i(t) \int_0^t e(s)ds + k_d(t)\dot{e}(t) + Mgsin(\bar{\alpha}(t)) + Mf_v cos(\bar{\alpha}(t)),$$

dove  $e(t) = v_{ref}(t) - v(t)$  è l'errore di inseguimento (tracking),  $f_v$  e  $M$  sono rispettivamente il coefficiente di resistenza al rotolamento e la massa del veicolo;  $k_p(t)$ ,  $k_i(t)$  e  $k_d(t)$  sono i guadagni di controllo adattivi proporzionale, integrale e derivativo;  $\bar{\alpha}(t) = f(p_{ref}(t))$  è il profilo di gradiente, calcolato come funzione della posizione relativa al profilo di riferimento di posizione  $p_{ref}(t)$ .

Per la taratura dei guadagni di controllo proporzionale, integrale e derivativo, è stato individuato  $v_{ref}(t)$  come variabile di scheduling  $\sigma$ . In questo modo, i guadagni riflettono i cambiamenti del comportamento del riferimento e questo consente di guidare il movimento non lineare del treno per tutte le differenti condizioni operative imposte, assicurando quindi un buon inseguimento del riferimento nonostante le non linearità dovute alla resistenza aerodinamica.

L'azione in avanti (feedforward), invece, consente di compensare disturbi noti come i fattori legati alla linea, che agiscono sul moto del veicolo. Pertanto, mitiga la possibile differenza tra la posizione desiderata del veicolo  $p_{ref}(t)$ , ovvero la posizione desiderata in relazione alla velocità  $v_{ref}(t)$ , e la misura di posizione  $p(t)$  che conduce alla  $\alpha(t) = f(p(t)) \neq \bar{\alpha}(t) = f(p_{ref}(t))$ .

**5.2. Guida autonoma**

Per la guida autonoma (Autonomous Driving, AD), dato il comportamento imposto da SC  $x_{ref}(t) = [p_{ref}(t) v_{ref}(t)]^T$ , calcolato in base al Journey Profile e sui vincoli imposti dalla linea e dal sistema ETCS, la strategia di controllo deve mirare ad ottimizzare il profilo di guida e i consumi energetici e garantire un inseguimento ottimo del riferimento. Dunque, l'obiettivo di controllo è progettare un'azione di controllo  $u(t)$  tale per cui  $\lim_{t \rightarrow \infty} \|x_{ref}(t) - x(t)\| = 0$ . Come per il caso precedente, se imponessimo l'uguaglianza del riferimento e della variabile di stato in un tempo finito  $T$ , non potremmo garantire che il sistema non si allontani dall'equilibrio dopo  $T$ . Per ottenere ciò, soddisfacendo i vincoli del moto del veicolo in tempo reale, il controllore di guida autonoma è stato progettato con una strategia di controllo Nonlinear Model Predictive Control (NMPC) come soluzione del seguente problema di ottimizzazione:

$$u_{AD}(t) = arg \left( \min_u J \right) \Leftrightarrow \min_{u_{AD}} J = \int_t^{t+T} L(x(\tau, t), x_{ref}(\tau, t), u_{AD}(\tau, t)) d\tau$$

the control objective is to design a control action  $u(t)$  such that  $\lim_{t \rightarrow \infty} \|v_{ref}(t) - v(t)\| = 0$ , thus compensating all external disturbances and uncertainties on the vehicle dynamics. This condition is fundamental to guarantee the asymptotic stability of the controlled system, that is, that the speed error is cancelled in the long run, regardless of the initial conditions. Without this condition on the limit, the system could have residual errors, persistent oscillations or instability, compromising the accuracy and reliability of the control. Considering the behaviour for  $t \rightarrow \infty$  it is therefore necessary to demonstrate that, once subjected to the control action  $u(t)$ , the system achieves and maintains the desired behaviour over time.

To do this, the RD controller is designed with a Proportional-Integral-Derivative Gain-Scheduling (PIDGS) control strategy with a feedforward action:

$$u_{RD}(t) = k_p(t)e(t) + k_i(t) \int_0^t e(s)ds + k_d(t)\dot{e}(t) + Mgsin(\bar{\alpha}(t)) + Mf_v cos(\bar{\alpha}(t)),$$

where  $e(t) = v_{ref}(t) - v(t)$  is the tracking error,  $f_v$  and  $M$  are the rolling resistance coefficient and vehicle mass, respectively;  $k_p(t)$ ,  $k_i(t)$  and  $k_d(t)$  are the proportional, integral, and derivative adaptive control gains;  $\bar{\alpha}(t) = f(p_{ref}(t))$  is the gradient profile, calculated as a function of position relative to the position reference profile  $p_{ref}(t)$ .

For the calibration of proportional, integral and derivative control gains,  $v_{ref}(t)$  was identified as a scheduling  $\sigma$  variable. In this way, the gains reflect the changes in the behaviour of the reference, and this allows guiding the non-linear movement of the train for all the different imposed operating conditions, thus ensuring a good tracking of the reference despite the non-linearities due to the aerodynamic resistance.

The feedforward action, on the other hand, allows compensating for disturbances known as line-related factors, which act on the movement of the vehicle. Therefore, it mitigates the possible difference between the desired position of the vehicle  $p_{ref}(t)$ , i.e. the desired position in relation to the speed  $v_{ref}(t)$ , and the position measurement  $p(t)$  leading to the  $\alpha(t) = f(p(t)) \neq \bar{\alpha}(t) = f(p_{ref}(t))$ .

**5.2. Autonomous driving**

For autonomous driving (AD), given the behaviour imposed by the SC  $x_{ref}(t) = [p_{ref}(t) v_{ref}(t)]^T$ , calculated based on the Journey Profile and the constraints imposed by the line and the ETCS system, the control strategy must aim to optimise the driving profile and energy consumption and ensure an excellent tracking of the reference. Therefore, the control objective is to design a control action  $u(t)$  such that  $\lim_{t \rightarrow \infty} \|x_{ref}(t) - x(t)\| = 0$ . As with the previous case, if we imposed the equality of the reference and the condition variable at a finite time  $T$ , we would not be able to guarantee that the system moves away from equilibrium after  $T$ . To achieve this, satisfying the constraints of vehicle motion in real time, the autonomous driving controller has been designed with a Nonlinear Model Predictive Control (NMPC) control strategy as a solution to the following optimisation problem:

considerando

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= f(x(t), u_{AD}(t)) \\ v_{min} &\leq v(\tau, t) \leq v_{max} \\ u_{min} &\leq u_{AD}(\tau, t) \leq u_{max} \end{aligned}$$

dove  $u_{AD}(\tau, t)$  rappresenta l'ingresso di controllo che deve essere ottimizzato,  $x(\tau, t)$  è lo stato attuale del veicolo  $v_{min}$ ,  $v_{max}$  e  $u_{min}$ ,  $u_{max}$  rappresentano rispettivamente i limiti inferiori e superiori ammissibili della velocità e dell'ingresso di controllo. La parte integrale del funzionale di costo  $J$ , dunque  $L$ , è progettata come

$$L = \omega_1 (p(t) - p_{ref}(t))^2 + \omega_2 (v(t) - v_{ref}(t))^2 + \omega_3 u(t)^2 + \omega_4 \Delta u(t)^2,$$

dove  $\omega_1$ ,  $\omega_2$ ,  $\omega_3$ , e  $\omega_4$  sono pesi positivi. Il primo e il secondo termine di  $L$  garantiscono che il veicolo insegue il riferimento  $x_{ref}(t)$ , mentre gli ultimi due assicurano che l'ingresso di controllo eviti variazioni repentine.

### 5.3. Supervisory Controller

Il *Supervisory Controller* (SC) calcola il profilo ODP e gestisce l'abilitazione/disabilitazione dei controllori guida remota ed autonoma in funzione dei diversi modi operativi di ATO. Inoltre, deve garantire una gestione adeguata delle fasi di transizione tra i due controllori, evitando che durante queste fasi si verifichino variazioni improvvise nell'accelerazione del veicolo.

Per la generazione della traiettoria di riferimento, nel caso del modo AD, l'ODP, definito come  $x_{ref}(t)$ , viene calcolato a partire dal *Journey Profile* (JP) ricevuto. Il JP è strutturato come una lista di punti significativi lungo il tracciato, ciascuno dei quali specifica tempi di partenza e di arrivo ( $t_d$  e  $t_a$ ) e indica se il punto è di arresto (*Stopping Point*) o di transito (*Passing Point*). Per generare l'ODP, viene utilizzato il metodo di pianificazione di traiettorie punto-punto (*Point-To-Point*, PTP) basato su segmenti lineari con curve paraboliche (*Linear Segments with Parabolic Blends*, LSPB). Questo metodo consente di creare una traiettoria che collega due punti, iniziale e finale, rispettando vincoli specifici sui tempi di arrivo e i limiti di velocità del tratto in questione.

Dato l'intero spazio delle configurazioni di tutti i possibili ODP chiamato  $X$ ,  $x_{ref}(t) \rightarrow X$ , è una funzione parametrica rispetto al tempo, generata dalla minimizzazione del consumo energetico totale lungo il segmento del tracciato considerando i vincoli da applicare.

Questa procedura è eseguita anche per la generazione dell'ODP in guida remota RD con la sola differenza che il profilo di riferimento di velocità  $v_{ref}(t)$  è definito da un macchinista remoto e, di conseguenza, il processo di ottimizzazione genera una manovra di accelerazione/decelerazione che porta il veicolo dal valore di velocità corrente verso il valore di velocità obiettivo. È importante notare che la traiettoria pianificata  $x_{ref}$  rimane invariata fino a quando non si verifica un cambiamento

$$u_{AD}(t) = \arg \left( \min_u J \right) \Leftrightarrow \min_{u_{AD}} J = \int_t^{t+T} L(x(\tau, t), x_{ref}(\tau, t), u_{AD}(\tau, t)) d\tau$$

considering

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= f(x(t), u_{AD}(t)) \\ v_{min} &\leq v(\tau, t) \leq v_{max} \\ u_{min} &\leq u_{AD}(\tau, t) \leq u_{max} \end{aligned}$$

where  $u_{AD}(\tau, t)$  represents the control input that must be optimised,  $x(\tau, t)$  is the current state of the vehicle  $v_{min}$ ,  $v_{max}$  and  $u_{min}$ ,  $u_{max}$  respectively represent the lower and upper permissible limits of the speed and the control input. The integral part of the cost function  $J$ , therefore  $L$ , is designed as

$$L = \omega_1 (p(t) - p_{ref}(t))^2 + \omega_2 (v(t) - v_{ref}(t))^2 + \omega_3 u(t)^2 + \omega_4 \Delta u(t)^2,$$

where  $\omega_1$ ,  $\omega_2$ ,  $\omega_3$ , and  $\omega_4$  are positive weights. The first and second terms of  $L$  ensure that the vehicle pursues the reference  $x_{ref}(t)$ , while the last two ensure that the control input avoids sudden changes.

### 5.3. Supervisory Controller

The *Supervisory Controller* (SC) calculates the ODP profile and manages the enabling/disabling of the remote and autonomous driving controllers according to the different ATO operating modes. In addition, it must ensure adequate management of the transition phases between the two controllers, avoiding sudden variations in the acceleration of the vehicle during these phases.

For the generation of the reference trajectory, in the case of AD mode, the ODP, defined as  $x_{ref}(t)$ , is calculated from the *Journey Profile* (JP) received. The JP is structured as a list of significant points along the track, each of which specifies departure and arrival times ( $t_d$  and  $t_a$ ) and indicates whether the point is a *Stopping Point* or a *Passing Point*. To generate the ODP, the *Point-To-Point* (PTP) trajectory planning method based on *Linear Segments with Parabolic Blends* (LSPB) is used. This method allows creating a trajectory that connects two starting and ending points, respecting specific constraints on arrival times and speed limits of the section in question.

Given the entire space of the configurations of all the possible ODPs  $X$ ,  $x_{ref}(t) \rightarrow X$ , it is a parametric function with respect to time, generated by minimising the total energy consumption along the segment of the path considering the constraints to be applied.

This procedure is also performed for the generation of the ODP in remote driving RD with the only difference that the speed reference profile  $v_{ref}(t)$  is defined by a remote driver and, consequently, the optimisation process generates an acceleration/deceleration manoeuvre that brings the vehicle from the current speed value towards the target speed value. It is important to note that the planned trajectory  $x_{ref}$

nella modalità di guida. Quando viene comandata una transizione tra i controllori (ad esempio, da RD ad AD o viceversa), diventa necessario aggiornare l'ODP. Le soluzioni vengono calcolate attraverso metodi di programmazione non lineare, avvalendosi delle diverse tecniche descritte in [13].

Per la selezione dell'ingresso di controllo da applicare alla dinamica del treno  $u(t)$  e per la gestione della transizione tra i controllori RD e AD, è stata definita una Macchina a Stati Finiti (MASF) composta da cinque stati e le cui transizioni sono strettamente correlate ai possibili stati operativi di ATO, come mostrato in Fig. 7:

- OFF: il sistema di guida è inattivo e SC non abilita alcun controllore;
- AD: SC abilita il controllore di guida autonoma AD, e quindi  $u(t)$  viene posto uguale a  $u_{AD}(t)$  come definito nella sezione 5.2.
- RD: SC abilita il controllore di guida remota RD, e quindi  $u(t)$  viene posto uguale a  $u_{RD}(t)$ , come definito nella sezione 5.1.
- HRD2AD: stato di gestione per la transizione da guida remota RD a guida autonoma AD. SC impone al veicolo un'azione di controllo senza discontinuità (*bumpless transfer*), garantendo la continuità del segnale di controllo durante il passaggio ad AD.
- HAD2RD: stato di gestione per la transizione da guida autonoma AD a guida remota RD, con un'azione di controllo senza discontinuità analoga a quella descritta per HRD2AD.

La MASF permette di adattare il comportamento del SC in base ai modi operativi di ATO descritti sopra. In particolare, l'utilizzo di strategie di trasferimento senza discontinuità è fondamentale per evitare comportamenti indesiderati o effetti destabilizzanti causati dai transitori durante il cambio di strategia di controllo. La commutazione tra controllori può generare segnali di controllo discontinui con improvvisi picchi, che possono compromettere le prestazioni dinamiche del sistema e, in applicazioni pratiche, risultare dannosi. Per evitare questi effetti, è essenziale adottare un segnale di controllo continuo durante le fasi di transizione. In tali stati, poiché generalmente  $u_{RD}(t_k) \neq u_{AD}(t_k)$ , dove  $t_k$  rappresenta l'istante di tempo in cui SC seleziona lo stato HRD2AD o HAD2RD, l'obiettivo è modificare la strategia di controllo per assicurare la continuità del segnale senza compromettere le prestazioni complessive del sistema. Tra le diverse strategie proposte in letteratura per il trasferimento senza discontinuità, è stata adottata un approccio in cui entrambi i controllori (RD e AD) funzionano contemporaneamente durante gli istanti di commutazione. Per maggiori dettagli sulle progettazioni, sulla pianificazione dell'ODP e sulle dimostrazioni della stabilità a ciclo chiuso delle soluzioni proposte si rimanda a [11].

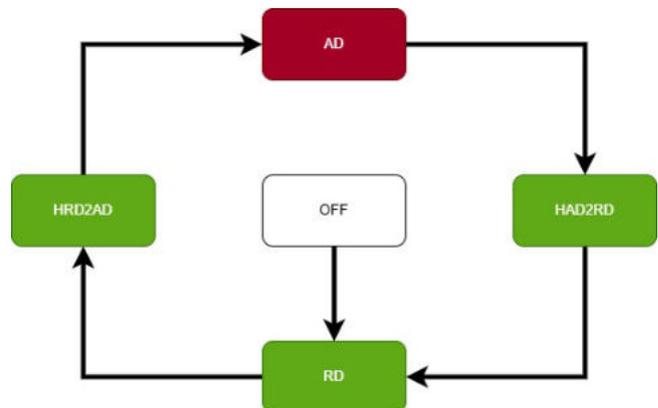


Figura 7 - MASF di ADF di alto livello.  
Figure 7 - FSM of high-level ADF.

remains unchanged until a variation in the driving mode occurs. When a transition between controllers is ordered (for example, from RD to AD or vice versa), it becomes necessary to update the ODP. The solutions are calculated through non-linear programming methods, using the different techniques described in [13].

For the selection of the control input to be applied to the train dynamics  $u(t)$  and for the management of the transition between the RD and AD controllers, a Finite State Machine (FSM) has been defined consisting of five conditions and whose transitions are closely related to the possible ATO operating conditions, as shown in Fig. 7:

- OFF: the driving system is disabled, and the SC does not enable any controller;
- AD: the SC enables the AD autonomous driving controller, and therefore  $u(t)$  is set equal  $u_{AD}(t)$  to as defined in section 5.2.
- RD: the SC enables the remote driving controller RD, and therefore  $u(t)$  is set equal  $u_{RD}(t)$ , as defined in section 5.1.
- HRD2AD: management status for the transition from RD remote driving to AD autonomous driving. The SC imposes a non-discontinuous control action (*bumpless transfer*) on the vehicle, guaranteeing the continuity of the control signal during the transition to AD.
- HAD2RD: management status for the transition from AD autonomous driving to RD remote driving, with a continuous control action similar to that described for HRD2AD.

The FSM allows the behaviour of the SC to be adapted according to the ATO operating modes described above. In particular, the use of seamless transfer strategies is essential to avoid unwanted behaviour or destabilising effects caused by transients during the change of control strategy. Switching between controllers can generate discontinuous control signals with sudden spikes, which can compromise the dynamic performance of the system and can be harmful in practical applications. To avoid these effects, it is essential to adopt a continuous control signal during the tran-

## 6. Validazione sperimentale in laboratorio e in campo

Lo sviluppo del sistema ATO ha richiesto un approccio collaborativo e interdisciplinare e per tale motivo, è stata adottata una metodologia basata su modelli, in modo da facilitare il co-design e la sinergia tra team con competenze eterogenee. Per ciascuno dei partner accademici e industriali che hanno contribuito allo sviluppo del sistema ATO e degli altri sistemi del prototipo URV, è stato necessario definire accuratamente e successivamente condividere, requisiti di interfaccia e protocolli di comunicazione. Questo lavoro di cooperazione ha consentito di assicurare la compatibilità e il corretto funzionamento sia a livello di singoli sottosistemi che a livello dell'intero sistema integrato.

L'evoluzione del progetto ha seguito un percorso strutturato in diverse fasi con un progressivo incremento dell'integrazione e della complessità delle prove. Per validare la progettazione software e hardware di ATO per URV, sono stati definiti diversi ambienti di prova [14]:

1. Ambiente di test *Software in the Loop* (SiL) per integrazione software ATO: tali test sono finalizzati a testare le logiche di sottosistema ed emulare i sottosistemi esterni con modelli software. Vengono utilizzati ambienti come SCADE e Matlab/Simulink per mettere in esecuzione scenari di test per inizializzazione del sistema, configurazione missione, eseguire scenari di guida autonoma e remota, di rilevazione di anomalie e attivazione di differenti strategie di guida. Tali ambienti consentono preliminari integrazioni a livello funzionale tra sistemi di terra e di bordo.
2. Ambiente di test *Hardware in the Loop* (HiL) per integrazione tra ATO e il materiale rotabile: in tali ambienti i sottosistemi di gestione apparati treno emulati sono rimpiazzati con quelli reali, mentre rimangono emulati i dispositivi di basso-livello (come la centralina freni e la piastra pneumatica).
3. Ambiente di test di integrazione tra ATO col sistema ETCS: in questo ambiente il sottosistema ETCS emulato viene rimpiazzato con quello reale, mentre rimangono emulati i dispositivi di basso-livello, questi test sono eseguiti su host stimolando il software ETCS reale, oppure con piattaforme ATO ed ETCS target mediante generazione di telegrammi BTM (*Balise Transmission Module*) e messaggi RBC (*Radio Block Center*) di prova.
4. Ambiente di test di integrazione dinamica: in questo ambiente, tutti i sistemi di bordo sono quelli reali. Viene utilizzato un banco a rulli progettato per contenere il veicolo reale ed eseguire i primi test di accettazione. Questo banco emula un binario senza fine con rulli motorizzati ed è controllato per simulare coppie di resistenza. La missione è gestita da personale tecnico RFI tramite apposite interfacce operatore, simulando i sistemi ERTMS/ETCS di terra.

sition phases. In such conditions, since generally  $u_{RD}(t_k) \neq u_{AD}(t_k)$ , where  $t_k$  represents the time instant in which the SC selects the HRD2AD or HAD2RD condition, the objective is to modify the control strategy to ensure the continuity of the signal without compromising the overall performance of the system. Among the different strategies proposed in literature for seamless transfer, an approach was adopted in which both controllers (RD and AD) operate simultaneously during the switching moments. For more details on the designs, the planning of the ODP and the demonstrations of the closed-cycle stability of the proposed solutions, please refer to [11].

## 6. Experimental validation in the laboratory and in the field

The development required a collaborative and interdisciplinary approach and for this reason, a model-based methodology was adopted, in order to facilitate co-design and synergy between teams with diverse skills. It was necessary to accurately define and subsequently share, interface requirements and communication protocols for each of the academic and industrial partners that contributed to the development of the ATO system and the other systems of the URV prototype. This cooperative work has ensured compatibility and proper functioning both at individual subsystems level and at the entire integrated system level.

The evolution of the project followed a structured path in different phases with a progressive increase in the integration and complexity of the tests. Several test environments have been defined to validate the software and hardware design of ATO for URV [14]:

1. *Software in the Loop* (SiL) test environment for ATO software integration: these tests are aimed at testing subsystem logic and emulating external subsystems with software models. Environments such as SCADE and Matlab/Simulink are used to implement test scenarios for system initialisation, mission configuration, autonomous and remote driving scenarios, anomaly detection and activation of different driving strategies. These environments allow preliminary functional integrations between trackside and on-board systems.
2. *Hardware in the Loop* (HiL) test environment for integration between ATO and rolling stock: in such environments the emulated train equipment management subsystems are replaced with the real ones, while low-level devices (such as the brake control unit and the pneumatic plate) remain emulated.
3. *ATO integration test environment with the ETCS system*: in this environment the emulated ETCS subsystem is replaced with the real one, while the low-level devices remain emulated, these tests are performed on hosts by stimulating the real ETCS software, or with target ATO and ETCS platforms by generating BTM (*Balise Tran-*

L'ambiente di test di integrazione dinamica ha permesso di condurre una campagna di test esaustiva volta a simulare condizioni operative realistiche e a individuare potenziali problematiche. I test hanno esplorato diversi aspetti critici, tra cui la capacità di inseguimento dei riferimenti di velocità e posizione, la stabilità del sistema a velocità sempre crescenti e la sua integrazione con altri sottosistemi, come il sistema di segnalamento.

L'analisi dei risultati dei test, documentata in specifici report, ha portato a una serie di interventi migliorativi, tra cui si citano la revisione di alcuni requisiti funzionali del sistema ATO RFI, la ritaratura dei guadagni e dei pesi degli algoritmi di controllo per la guida e l'introduzione di un sistema di filtraggio delle misure per ottimizzare la robustezza e l'accuratezza. Questo processo iterativo di test e ottimizzazione ha consentito di anticipare le sfide operative e di affinare il sistema, garantendo prestazioni affidabili in condizioni reali e ponendo solide basi per il suo utilizzo in linea. Tali test in laboratorio consentono il raggiungimento di un livello di maturità tecnologica del sistema equivalente a TRL (*Technology Readiness Level*)<sup>1</sup> [15].

Per i test in linea, è stato utilizzato il circuito di RFI di Bologna San Donato Fig. 8, uno dei principali laboratori in Europa attrezzato per i test su rotaia per l'omologazione e la certificazione di materiale rotabile e per la sperimentazione e il collaudo di prodotti tecnologici ferroviari. Le prime prove avevano l'obiettivo di testare in campo diverse funzioni di ATO, in particolare le funzioni di guida autonoma e remota, di localizzazione e filtraggio delle misure, di gestione dati ETCS e della logica di veicolo e della diagnostica di bordo, nonché la comunicazione radio terra/bordo.

Data la natura innovativa del progetto, ovvero la marcia autonoma di un veicolo ferroviario senza personale a bordo, è stato necessario definire un processo strutturato e dettagliato per regolamentare questa tipologia di test e assicurare la sicurezza durante le prove. Il



Figura 8 - URV sul circuito di Bologna San Donato di RFI.

*Figure 8 - URV on RFI's Bologna San Donato circuit.*

*mission Module) telegrams and RBC (Radio Block Center) test messages.*

4. *Dynamic Integration test environment: in this environment, all on-board systems are the real ones. A roller bench designed to contain the actual vehicle and perform the first acceptance tests is used. This bench emulates an endless track with motorised rollers and is controlled to simulate drag torques. The mission is managed by RFI technical personnel through special operator interfaces, simulating the trackside ERTMS/ETCS systems.*

*The dynamic integration test environment allowed conducting a comprehensive test campaign aimed at simulating realistic operating conditions and identifying potential problems. The tests explored several critical aspects, including the ability to track speed and position references, the stability of the system at ever-increasing speeds, and its integration with other subsystems, such as the signalling system.*

*The analysis of the test results, documented in specific reports, has led to a number of improvements, including the review of some functional requirements of the ATO RFI system, the adjustment of the gains and weights of the control algorithms for driving and the introduction of a measurement filtering system to optimise robustness and accuracy. This iterative testing and optimisation process has allowed anticipating operational challenges and refining the system, ensuring reliable performance in real-world conditions and laying a solid foundation for its use online. These laboratory*

<sup>1</sup> Il *Technology Readiness Level* (TRL) è una scala utilizzata per valutare il livello di maturità tecnologica di un'idea, un prodotto o un sistema. È particolarmente utile nei settori della ricerca e dello sviluppo industriale. La scala è composta da nove livelli, che vanno dal concetto iniziale fino all'implementazione e all'uso operativo.

circuito è stato predisposto per l'esecuzione di test con ETCS L1 con la configurazione di opportuni telegrammi per regolare e proteggere la marcia del veicolo. La campagna di test preliminare di agosto 2024 è stata quindi impostata con movimenti a bassa velocità in modo da valutare il comportamento in un ambiente operativo reale. Inoltre, per aumentare la sicurezza durante l'esecuzione delle prove, gli azionamenti di basso livello sono stati configurati in modo da saturare richieste di trazione positiva superiori ad una soglia predefinita. Lo scenario prevedeva di avanzare in guida remota a 30 km/h col bordo ETCS in modalità *Staff Responsible* (SR) finché non venisse captato il gruppo di balise che abilita la transizione in modalità *Full Supervision* (FS). A quel punto, il veicolo è stato arrestato attraverso l'interfaccia operatore dedicata e sono stati forniti i dati del *Journey Profile* (JP) al bordo. Il profilo di viaggio è stato realizzato in modo da pianificare delle traiettorie di velocità che non superino i 40 km/h e prevedeva un giro completo dell'anello di circa 5.7 km con tre punti di arresto. In fase preliminare, lo scenario di test è stato eseguito in ambiente HiL per poi essere riprodotto sul circuito. Di seguito in Fig. 9 e Fig. 10 si riporta un confronto tra i risultati ottenuti in laboratorio e quelli raccolti da una prova in campo.

In un unico scenario, è possibile apprezzare il comportamento dei due algoritmi di controllo, il primo di guida remota e successivamente quello di guida autonoma. In simulazione Fig. 9, il primo risulta attivo fino all'istante  $2.110^4$  s e successivamente viene attivato quello di guida autonoma mediante la procedura di ingaggio ATO attraverso l'interfaccia operatore remota. Nella prova sul circuito, la guida remota viene attivata fino a  $1.710^4$  s e poi si passa alla guida autonoma come nel caso precedente. Dai grafici di velocità delle prove in campo, si apprezza che il comportamento degli algoritmi è conforme alle attese. Si rileva un ritardo nell'inseguimento del riferimento di velocità durante i transitori in accelerazione dovuti alla succitata saturazione sulla trazione positiva imposta agli azionamenti di basso livello.

## 7. Conclusioni

Le campagne di test, sia in ambienti simulati che su linea, hanno fornito risultati incoraggianti sulla validità della proposta e delle soluzioni ingegneristiche adottate. L'architettura del sistema ERTMS/ATO GoA4, progettata per treni AV e adattata al prototipo URV, ha soddisfatto i requisiti di pianificazione, controllo e gestione delle transizioni operative, dimostrando robustezza e sicurezza durante la marcia. Sebbene ci siano ancora margini per ulteriori miglioramenti, come l'ottimizzazione delle strategie di controllo o l'integrazione di funzionalità aggiuntive, il prototipo rappresenta un passo importante verso l'implementazione su larga scala di veicoli ferroviari autonomi. I test in campo consentono il raggiungimento di un livello di maturità tecnologica del sistema equivalente a TRL 7 (Fig. 11).

*tests allow achieving a level of system technological maturity equivalent to TRL (Technology Readiness Level)<sup>1</sup> [15].*

*For in line tests, the RFI circuit of Bologna San Donato was used (Fig. 8), one of the main laboratories in Europe equipped for rail tests for the approval and certification of rolling stock and for the experimentation and testing of railway technological products. The first tests were aimed at field testing several ATO functions, in particular the autonomous and remote driving, measurement location and filtering, ETCS data management and vehicle logic and on-board diagnostics functions, as well as trackside/on-board radio communication.*

*It was necessary to define a structured and detailed process to regulate this type of test and ensure safety during the tests, given the innovative nature of the project, i.e. the autonomous operation of a railway vehicle without personnel on board. The circuit has been prepared for testing with ETCS L1 with the configuration of appropriate telegrams to adjust and protect the running of the vehicle. The August 2024 preliminary test campaign was then set up with low-speed movements in order to evaluate behaviour in a real operating environment. In addition, the low-level activations have been configured so as to saturate positive traction requests above a predefined threshold, to increase safety during the execution of the tests. The scenario involved advancing in remote driving at 30 km/h with the ETCS on-board system in Staff Responsible (SR) mode until the group of balises that enables the transition into Full Supervision (FS) mode was captured. At that point, the vehicle was stopped through the dedicated operator interface and the Journey Profile (JP) data was provided to the on-board system. The journey profile was made in order to plan speed trajectories that do not exceed 40 km/h and included a complete turn of the ring of about 5.7 km with three stopping points. In the preliminary phase, the test scenario was executed in a HiL environment and then reproduced on the circuit. A comparison between the results obtained in the laboratory and those collected from a field test is shown below in Fig. 9 and Fig. 10.*

*In a single scenario, the behaviour of the two control algorithms, the first of remote driving and subsequently that of autonomous driving can be observed. In simulation (Fig. 9), the first is active until  $2.110^4$  s and then the autonomous driving is activated by the ATO engagement procedure through the remote operator interface. In the circuit test, remote driving is activated up to  $1.710^4$  s and then switches to autonomous driving as in the previous case. From the speed graphs of the field tests, the behaviour of the algorithms complying with expectations can be observed. A delay is detected in the tracking of the reference speed during acceleration transients due to the aforementioned saturation*

<sup>1</sup> The Technology Readiness Level (TRL) is a scale used to assess the level of technological maturity of an idea, a product or a system. It is particularly useful in the research and industrial development fields. The scale consists of nine levels, ranging from initial concept to implementation and operational use.

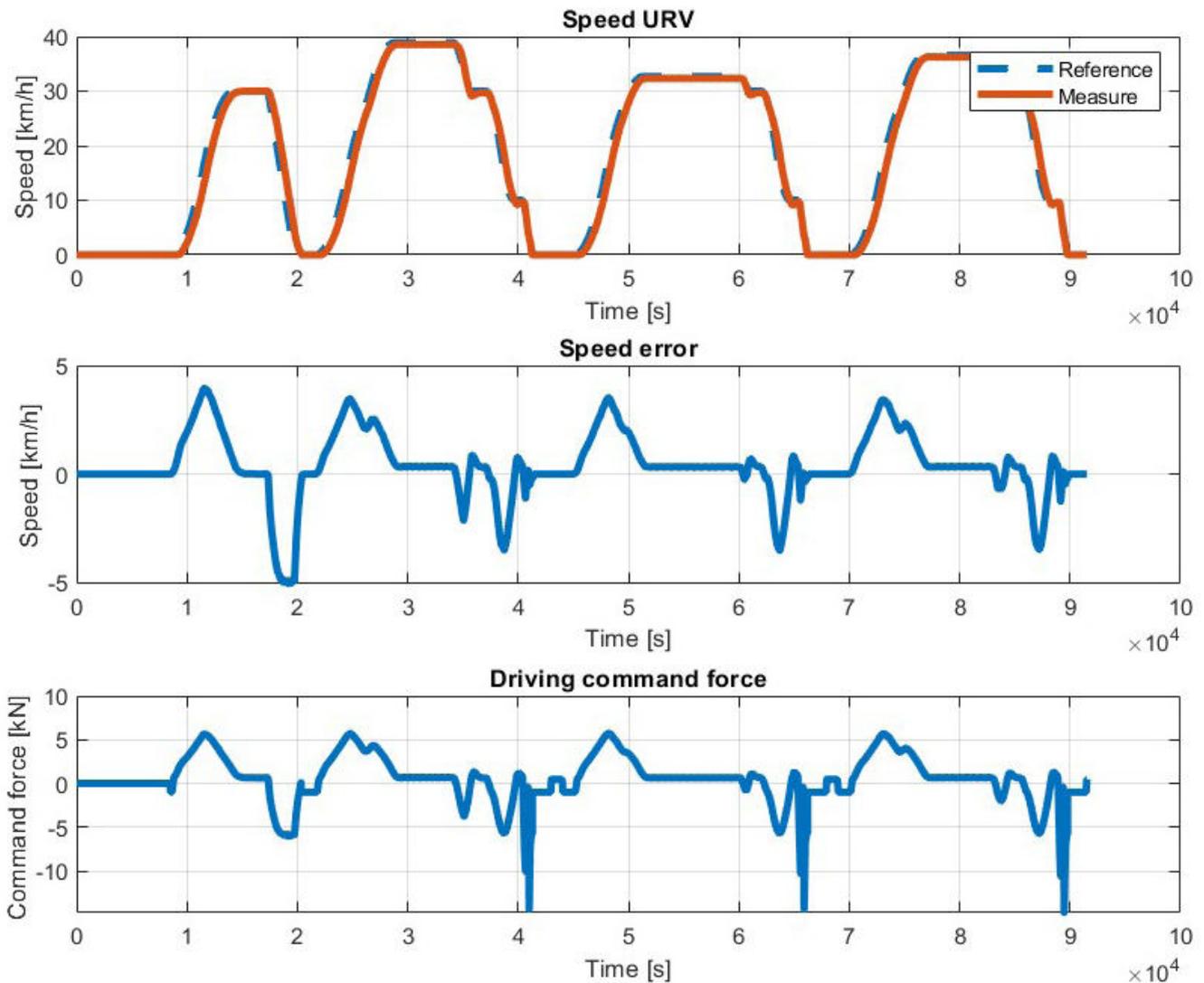


Figura 9 – SIMULAZIONE 1) grafico della velocità in funzione del tempo; 2) grafico dell'errore di velocità; 3) grafico del profilo di trazione generato da ATO.

Figure 9 – SIMULATION 1) graph of speed as a function of time; 2) graph of speed error; 3) graph of the traction profile generated by ATO

A partire da agosto 2024, sono state pianificate delle sessioni di test con cadenza mensile, in base alle disponibilità del circuito. Il piano di test consente di validare il sistema, schedulando per ogni sessione le funzioni obiettivo da collaudare ed incrementando progressivamente la velocità massima compatibilmente coi limiti imposti dal circuito di prova e dall'infrastruttura di segnalamento disponibile, valutando la reazione del sistema anche in condizioni degradate.

Nell'ambito di tali attività, si inseriscono corse prova finalizzate sia ad ottimizzare le performance degli algoritmi di guida e di localizzazione, sia a migliorare la configurazione del sistema di visione. Risultano in corso acquisizioni di misure dai sensori installati sul mezzo, immagini per l'addestramento degli algoritmi di visione (Fig. 4) e veri-

## 7. Conclusions

*The test campaigns, both in simulated and on field environments, have provided encouraging results on the validity of the proposal and the engineering solutions adopted. The architecture of the ERTMS/ATO GoA4 system, designed for HS trains and adapted to the URV prototype, has met the planning, control and management of operational transitions requirements, proving robustness and safety during travel. Although there is still room for further improvements, such as optimising control strategies or integrating additional functionalities, the prototype represents an important step towards the large-scale deployment of autonomous railway vehicles. Field tests allow the achievement of a level of technological maturity of the system equivalent to TRL 7 (Fig. 11).*

*Starting from August 2024, test sessions have been planned*

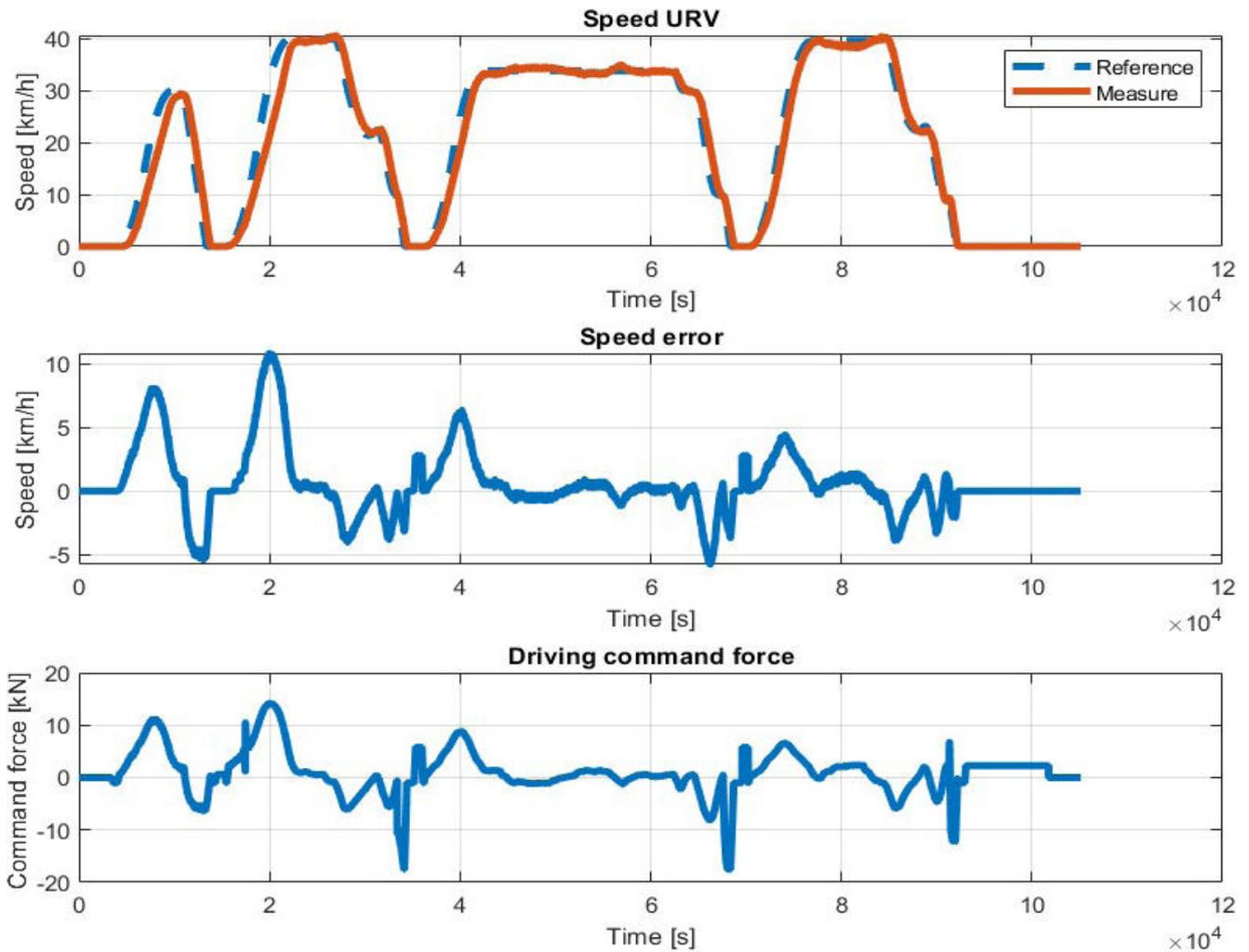


Figura 10 – PROVA SUL CIRCUITO 1) grafico della velocità in funzione del tempo; 2) grafico dell’errore di velocità; 3) grafico del profilo di trazione generato da ATO.  
 Figure 10 – TEST ON THE CIRCUIT 1) graph of speed as a function of time; 2) graph of speed error; 3) graph of the traction profile generated by ATO.

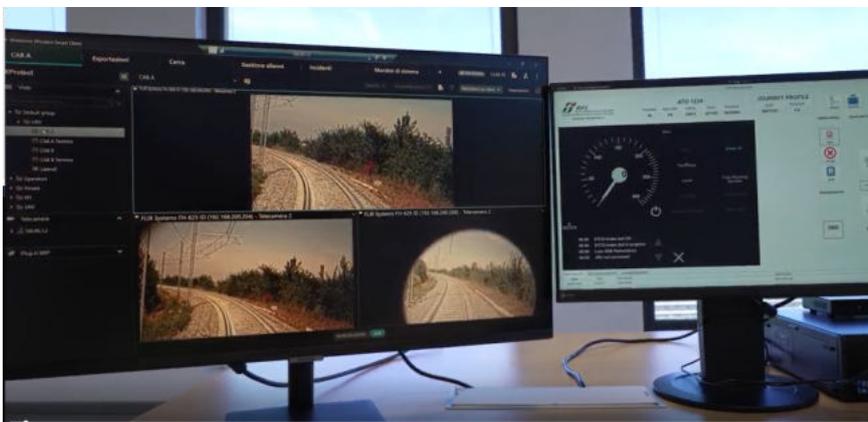


Figura 11 - Piattaforma di ATO di terra nella sala circolazione del circuito di Bologna San Donato (RFI).  
 Figure 11 - Trackside ATO platform in the circulation room of the Bologna San Donato circuit (RFI).

on a monthly basis, based on the availability of the circuit. The test plan allows the system to be validated, scheduling the objective functions to be tested for each session and progressively increasing the maximum speed compatible with the limits imposed by the test circuit and the available signalling infrastructure, evaluating the reaction of the system even in degraded conditions.

As part of these activities, test runs are included aimed both at optimising the performance of the driving and location algorithms, and at improving the configuration of the vision system. Acquisitions of measurements from the sensors installed on the vehicle, images for the training of vision algorithms

fiche di connettività terra/bordo. Una volta disponibile il livello di segnalamento ERTMS L2, per il quale il veicolo è stato progettato, il collaudo potrà validare completamente le funzioni di segnalamento.

(Fig. 4) and trackside/on board connectivity checks are in progress. Once the ERTMS L2 signalling level is available, for which the vehicle has been designed, the test can fully validate the signalling functions.

## BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] YIN J., TANG T., YANG L., XUN J., HUANG Y., GAO Z. (2017), "Research and development of automatic train operation for railway transportation systems: A survey" *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 85, pp. 548–572.
- [2] RAJABALINEJAD M., FRUNT L., KLINKERS J., VAN DONGEN L. A., (2019), "Systems integration for railways advancement" in *Transportation Systems*. Springer, pp. 27–40.
- [3] CARAMIA P., LAURO G., PAGANO M., NATALE P. (2017), "Automatic train operation systems: A survey on algorithm and performance index" in 2017 AEIT International Annual Conference. IEEE, pp. 1–6.
- [4] DOPPELBAUER J., DEFOSSEZ A., MARTOS O., FERNANDEZ J. H. (2023), "TSI Revision Package 2023 - Key Changes (Part I - Rolling stock and CCS)".
- [5] MASCHIETTI F., BARBARESI A., RAGO S., MAMMUCARI S., CLEMENZA G. (2024), "Reti mobili di nuova generazione per le linee ferroviarie del futuro", *Ingegneria Ferroviaria*, ottobre.
- [6] ERA, UNISIG, ERTMS/ATO System Requirements Specification SUBSET 125.
- [7] GoA3/4 Specification – Progetto X2Rail4, "Advanced signaling and automation system – Completion of activities for enhanced automation systems, train integrity, traffic management evolution and smart object controllers".
- [8] Europe's Rail Joint Undertaking - Master Plan, 10/2021.
- [9] AMENDOLA A., BOZZANO M., CIMATTI A., DE MURO S., DE SIMONE S., FEDELI E., FIUMARA F., PETRILLO A., SANTINI S., SERRA D., TESEI M. (2019), "A new automatic train operation system over European train control system for high-speed line infrastructure monitoring". *World Congress on Railway Research (WCRR)*, Tokyo, Japan.
- [10] AMENDOLA A., BARRUFFO L., BOZZANO M., CIMATTI A., DE SIMONE S., FEDELI E., GABBASOV A., GARRUBBA D. E., GIRARDI M., SERRA D., TIELLA R., ZAMPEDRI G. (2022), "Formal Design and Validation of an Automatic Train Operation Control System". *Reliability, Safety and Security of Railway Systems (RSSRAIL)*, Paris.
- [11] BARRUFFO L., CAIAZZO B., PETRILLO A., SANTINI S. (2024), "A GoA4 Control Architecture for the Autonomous Driving of High-Speed Trains over ETCS: Design and Experimental Validation" *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, June.
- [12] ERA, UNISIG, SUBSET-026-2. 3.6.0 Cap 3-4.
- [13] MANGASARIAN O. L. (1994), "Nonlinear programming". SIAM.
- [14] FEDELI E., BARRUFFO L., D'AVINO D., DE SIMONE S., DE VITA G., DI MARIO M., GARRUBBA D. E., SERRA D., LAMANNA G. F., RIPAMONTI F., TARSITANO D., AMENDOLA A. (2022), "Testing Strategy of the RFI Unmanned Railway Vehicle" *World Congress on Railway Research (WCRR)* Birmingham, United Kingdom.
- [15] HORIZON 2020 – WORK PROGRAMME 2018-2020 General Annexes, G. Technology readiness levels (TRL).
- [16] SENESI F., AMENDOLA A., BARRUFFO L., DE SIMONE S., D'AVINO D., DE VITA G., GARRUBBA D. E., MUNGIELLO I., REPETTO S., SERRA D. (2024), "Sviluppo e sperimentazione di URV: prototipo di veicolo ferroviario a guida autonoma per il monitoraggio dell'infrastruttura", *Ingegneria Ferroviaria*, dicembre.



## Progetto e verifiche di laboratorio dell'ABJ, un giunto isolante incollato innovativo

### *Design and laboratory tests of ABJ, an innovative insulated rail joint*

Gianluca MEGNA<sup>(\*)</sup>  
Andrea BRACCIALI<sup>(\*\*)</sup>

(<https://www.medra.org/servlet/view?lang=it&doi=10.57597/IF.04.2025.ART.2>)

**Sommario** I giunti isolanti incollati, necessari per realizzare i circuiti di binario ove venga utilizzato il blocco elettrico automatico quale sistema di distanziamento, sono componenti meccanici del binario soggetti ad urti ed a conseguenti danneggiamenti che ne possono limitare drasticamente la vita utile. Il martellamento delle ruote in transito può generare e far progredire cricche dai fori di montaggio dei chiodi fino alla rottura della testa della rotaia e in casi estremi portare ad incidenti molto gravi. Nel presente articolo viene introdotto un nuovo tipo di giunto isolante incollato, denominato ABJ – *Absolutely Better Joint*, che elimina gli urti al passaggio delle ruote, prevenendo la formazione di cricche e quindi garantendo un elevato livello di sicurezza. Inoltre, la particolare disposizione degli elementi isolanti rende il giunto *fail-safe* garantendo assoluta sicurezza in esercizio. Vengono mostrate le caratteristiche costruttive dell'ABJ, coperto da brevetto, e gli esiti delle prove di laboratorio che hanno validato il *design* innovativo.

#### 1. Introduzione

Il livello di automazione della marcia e della condotta dei veicoli ferroviari può essere descritto tramite cinque livelli (*Grade Of Automation*, GOA in breve) [1] che passano dalla marcia a vista (GOA0) alla marcia completamente automatica, cioè senza conducente e non presenziata (GOA4). La descrizione di tali livelli è mostrata in Tab. 1. I sistemi ATO (*Automatic Train Operation*) di molte metropolitane anche italiane (Metro Brescia, Roma Metro C, Milano Linea 4 e 5) utilizzano il livello più alto di automazione, mentre la metropolitana di Napoli, pur progettata negli anni '80 per l'esercizio in ATO, viene utilizzata in modalità degradata (ATP continuo – *Automatic Train Protection* continuo) per mancanza delle porte di banchina che impongono la presenza del macchinista per supervisionare l'incarozzamento dei passeggeri.

La marcia a vista, in cui il conducente non è coadiuvato da alcun sistema di protezione, è invece applicata solamente ai sistemi tranviari, mentre tutti gli altri sistemi ferroviari adottano almeno un livello GOA1, in cui è

**Summary** *Insulated rail joints, required to implement track circuits where automatic block signalling is used as a train protection system, are mechanical components of the track subject to impacts and damages that can drastically limit their useful life. Transit wheels battering may nucleate and propagate cracks from the fishbolt holes until the railhead breaks leading in extreme cases to very serious accidents. In this article, a new type of insulated rail joint is introduced. Called ABJ – Absolutely Better Joint - it eliminates impacts when the wheels pass, preventing the formation of cracks therefore ensuring a high level of safety. Furthermore, the peculiar arrangement of the insulating elements makes the joint fail-safe, ensuring intrinsic safety in operation. The construction features of the ABJ, patented, and the results of the laboratory tests that validated the innovative design are shown.*

#### 1. Introduction

The level of automation of the operation and driving railway vehicles can be described by five levels (*Grade Of Automation*, GOA for short) [1] which goes from visual driving (GOA0) to fully automatic driving, i.e. driverless and unattended (GOA4). The description of these levels is shown in Tab. 1. The ATO (*Automatic Train Operation*) systems of many Italian metros (Brescia Metro, Rome Metro C, Milan Lines 4 and 5) use the highest level of automation, while the Naples metro, although designed in the 1980s for ATO operation, is used in degraded mode (continuous ATP – continuous *Automatic Train Protection*) due to the lack of platform doors which require the presence of the driver to supervise passengers boarding.

Run at sight driving, in which the driver is not assisted by any protection system, is applied only to tram systems, while all other railway systems adopt at least a GOA1 level, in which an ATP system able to automatically apply emergency braking in the event of exceeding the maximum speed (continuous ATP) or absolute signal displaying red (discontinuous ATP) is used.

This solution is still the most used on conventional lines

<sup>(\*)</sup> Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale, Università di Pisa.

<sup>(\*\*)</sup> Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Firenze - AB Consulting s.a.s., Firenze.

<sup>(\*)</sup> Department of Civil and Industrial Engineering, University of Pisa.

<sup>(\*\*)</sup> Department of Industrial Engineering, University of Florence - AB Consulting sas, Florence.

Tabella 1 – Table 1

Livelli di automazione della marcia dei veicoli ferroviari. Modificato da [1]. D= Conduttore/Driver; AU= Automatico/ Automatic; A= Supervisore/Attendant  
 Levels of automation of railway vehicle operation. Modified from [1]. D=Driver; AU=Automatic; A=Attendant

Livello di Automazione Grade of Automation	Esercizio del treno Train operation	Partenza del treno Train start	Marcia del treno e fermata Drive and train stop	Controllo porte Door control	Esercizio per incidente Operation in case of disruption
0	Marcia a vista (Conduttore) Run at sight (driver)	D	D	D	D
1	Non automatico (ATP con macchinista) Non-automatic (ATP with driver)	D	D	D	D
2	Semi automatico (ATP e ATO con macchinista) Semi-automatic (ATP and ATO with driver)	D/AU	AU	D	D
3	Automatico (ATP e ATO senza macchinista) Driverless (ATP and ATO without driver)	AU	AU	D/A	A
4	Senza supervisione (ATP e ATO senza macchinista e supervisore) Unattended (ATP and ATO without driver and attendant)	AU	AU	AU	AU

utilizzato un sistema ATP in grado di applicare in modo automatico la frenatura di emergenza in caso di superamento della massima velocità di marcia (ATP continuo), o dei segnali disposti a via impedita (ATP discontinuo).

Questa soluzione è ancora la più utilizzata su gran parte delle linee convenzionali e delle metropolitane non automatiche, e il componente fondamentale per la realizzazione del distanziamento automatico dei veicoli rimane il Giunto Isolante Incollato (GII), in quanto permette la suddivisione della linea in sezioni di blocco, ognuna della quali non può essere occupata contemporaneamente da più treni. Il GII deve quindi isolare elettricamente due spezzoni di rotaia e allo stesso tempo deve resistere alle sollecitazioni meccaniche (provocate dal passaggio dei veicoli e dalla termica che binario) mantenendo così l'integrità strutturale della Lunga Rotaia Saldata (LRS).

Nella configurazione attuale del GII la perfetta continuità della rotaia non è comunque garantita e i GII sono soggetti agli inevitabili urti derivanti dall'accostamento di due rotaie, le cui testate sono separate da una sagoma in nylon di spessore pari a 5 mm. A causa del danneggiamento progressivo delle testate delle rotaie (*head battering*), le sollecitazioni dovute agli urti peggiorano nel tempo [2]. Inoltre, il ballast sotto le traverse può perdere gradualmente la sua funzionalità a causa dalle azioni dinamiche e delle difficoltà di effettuare le operazioni di rinalzata in prossimità dei GII.

L'utilizzo di GII con ganasce più rigide, l'aumento del numero di chiodi di bloccaggio (esistono GII con 8 chiodi, Fig. 1 sinistra) e l'utilizzo di una traversa di appoggio sotto il giunto (Fig. 1 destra) possono solo parzialmente mitigare il degrado dei GII.

La letteratura tecnica è ricca di studi e ricerche che analizzano il degrado [4] e la rottura, a volte repentina, dei GII a causa della loro architettura, ma nessuno di essi individua una soluzione definitiva per il problema. La rottura di un GII, per cause non qui di interesse, può avere conseguenze catastrofiche, e le azioni mitigative attual-

and non-automatic metros, and the fundamental component for the implementation of automatic vehicle distancing remains the Insulated Rail Joint (IRJ), as it allows to split the line into block sections that cannot be occupied by more than one train at the same time. IRJs must therefore electrically insulate two rails and at the same time withstand mechanical stress (caused by the passage of vehicles and by the thermal load on the track) thus maintaining the structural integrity of the Continuous Welded Rail (CWR).

In the current IRJs configuration, however, perfect continuity of the rail is not possible, and they are subject to the inevitable impacts resulting from the positioning of the two rails separated by a 5 mm thick nylon end-post. Due to the progressive damage to the railhead (*battering*), the stresses due to impacts worsen over time [2]. Furthermore, the ballast under the sleepers can gradually lose its functionality due to dynamic actions and the difficulties of carrying out tamping operations in proximity to the IRJs.

The use of IRJs with stiffer fishplates, the increased number of fishbolts (some IRJs use 8 fishbolts, Fig. 1 left) and the use of a supporting sleeper under the joint (Fig. 1 right) can only partially mitigate the degradation of GIIs.

There is plenty of studies and research in the technical literature that analyse the degradation [4] and the failure, sometimes sudden, of IRJs due to their architecture, but none of them identify a final solution to the problem. The failure of an IRJ, for reasons not of interest here, may have catastrophic consequences, and the mitigating actions currently adopted, even particularly advanced such as fibre optic sensors for debonding monitoring [5], confirm the need for measures to try to improve the performance of IRJs in operation.

Using ordinary rails that have a relatively thin web (16.5 mm for 60E1 rails), solutions that provide cutting angles other than 90° with the aim of generating a softer transition between the rails do not allow for the creation of angles smaller than 30° as this would result in surfaces that are not compatible with the mechanical strength of the rails.



Figura 1 - GII con otto chiodi di bloccaggio (sinistra) [3]; GII supportato da una traversa speciale (destra).  
 Figure 1 - GII with eight locking fishbolts (left)[3]; GII supported by a special sleeper (right).

mente adottate, anche particolarmente complesse come sensori in fibra ottica per il monitoraggio dello scollamento [5], confermano la necessità di interventi per cercare di migliorare le prestazioni dei GII in esercizio.

Utilizzando rotaie ordinarie che hanno un gambo relativamente sottile (16.5 mm per le rotaie 60E1), le soluzioni costruttive che prevedono angoli di taglio diversi da 90° con l'obiettivo di generare una transizione più morbida tra le rotaie non permettono comunque di realizzare angoli inferiori a 30° in quanto si otterrebbero superfici non compatibili con la resistenza meccanica delle rotaie stesse.

Il giunto IVB30 [6] (Fig. 2 sinistra) è un esempio di questo tipo di giunti a taglio inclinato ed è descritto anche nei manuali di manutenzione del gestore tedesco dell'infrastruttura ferroviaria (DB, [7]) mentre soluzioni con angoli di taglio molti acuti sono realizzabili piegando preventivamente le rotaie, come avviene nella produzione dei giunti di dilatazione, oppure utilizzando rotaie laminate con profili con anima spessa (Fig. 2 destra). Profili di questo tipo sono descritti nella norma EN13674-2 [8] e sono destinati alla produzione della componentistica degli scambi, come ad esempio le barre per ago, le quali vengono fresate per ottenere il profilo dell'ago che si deve accoppiare con il contraگو.

The IVB30 joint [6] (Fig. 2 left) is an example of this type of inclined cut joint described in the maintenance manuals of the German railway infrastructure manager (DB, [7]) while solutions with very sharp cutting angles may be obtained by bending the rails, as done in the manufacturing of expansion joints, or by using rolled rails with thick web profiles (Fig. 2 right). Profiles of this type are described in the EN13674-2 standard [8]. They are intended for the production of turnout components, such as switch rails, which are milled to obtain the profile of the switch blade to be coupled with the stock rail.

This paper describes the development of a new type of an innovative insulated rail joint, including the results of laboratory tests carried out to verify the mechanical and electrical performance in accordance with various national and international standards.

## 2. ABJ Joint Description

### 2.1. ABJ Joint Design Philosophy

Since the switch blade slides on chairs during switch operation, switch rails are shallower than conventional rails, with a considerable profile asymmetry and a very thick web. The transition between the switch rail the reference rail section is achieved by forging [9].

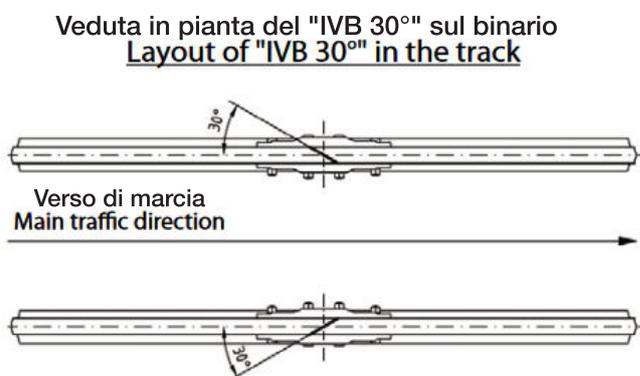


Figura 2 - GII con taglio a 30° (sinistra) [7]; giunto di dilatazione ottenuto da rotaie piegate (destra).  
 Figure 2 - IRJ with 30° cut (left) [7]; expansion joint obtained from bent rails (right).

Il presente articolo descrive lo sviluppo fino ad oggi di un nuovo tipo di giunto isolante incollato del tutto innovativo, compresi gli esiti dei test di laboratorio effettuati per la verifica delle prestazioni meccaniche ed elettriche in accordo a diverse normative nazionali ed internazionali.

## 2. Descrizione del giunto ABJ

### 2.1. Filosofia della progettazione del giunto ABJ

Dato che l'ago deve traslare su dei cuscinetti durante la manovra dei deviatori, le barre per ago sono caratterizzate da un'altezza inferiore rispetto alla rotaia di riferimento, da una notevole asimmetria del profilo e da un'anima di notevole spessore. La transizione tra la sezione della barra e quella di riferimento viene realizzata tramite forgiatura [9].

Le barre per ago presentano quindi un insieme di caratteristiche tali da rendere possibile lo sviluppo del GII di nuova concezione introdotto nel presente lavoro, le cui principali caratteristiche sono:

- un taglio molto acuto delle barre per ago che permette una transizione graduale tra i due spezzoni di rotaia collegati;
- l'eliminazione delle due ganasce laterali, sostituite da una piastra di spessore elevato posta sotto il piede delle barre per ago che supporta il giunto per l'intera lunghezza della transizione, possibile grazie alla ridotta altezza ed alla asimmetria delle barre per ago.

La combinazione di queste due caratteristiche ha permesso la realizzazione di un GII innovativo, denominato *Absolutely Better Joint* (ABJ), la cui architettura è tale da non generare urti e le conseguenti problematiche dei GII convenzionali.

Oltre all'estrema dolcezza del trasferimento del carico da una rotaia all'altra, il giunto ABJ ha la caratteristica di dover essere montato sopra una traversa (il che porta ad una notevole riduzione dei carichi sopportati dal giunto stesso) e di non richiedere traverse speciali di alcun tipo. Nelle soluzioni con cavi opportunamente "messi in ombra" (utilizzando i chiodi come conduttori elettrici verso le casse induttive) tutta la zona del giunto ABJ è libera da cavi ed è facilmente ricalzabile in quanto non si discosta da un normale tratto di linea (Fig. 3).

Una caratteristica innovativa e fondamentale del giunto ABJ è il raggiungimento, attraverso una opportu-

*Switch bars therefore present a set of characteristics that make it possible to develop the new IRJ concept introduced in this work, whose main characteristics are:*

- *a very shallow cut of the switch bar that allows for a smooth transition between the two connected rails;*
- *the elimination of the two fishplates, replaced by a thick plate fastened under the switch bar foot which supports the joint for the entire length of the transition, possible thanks to the lower height and asymmetry of the switch bars.*

*The combination of these two features allowed the creation of an innovative IRJ, called Absolutely Better Joint (ABJ), whose architecture does not generate impacts and the consequent problems of conventional IRJs.*

*In addition to the extremely smooth transfer of the load from one rail to the other, the ABJ joint has the characteristic of being mounted over a sleeper (which leads to a notable reduction in the loads supported by the joint itself) and of not requiring special sleepers of any kind. In solutions with cables appropriately "shadowed" (using fishbolts as electrical conductors towards the signalling equipment) the entire*

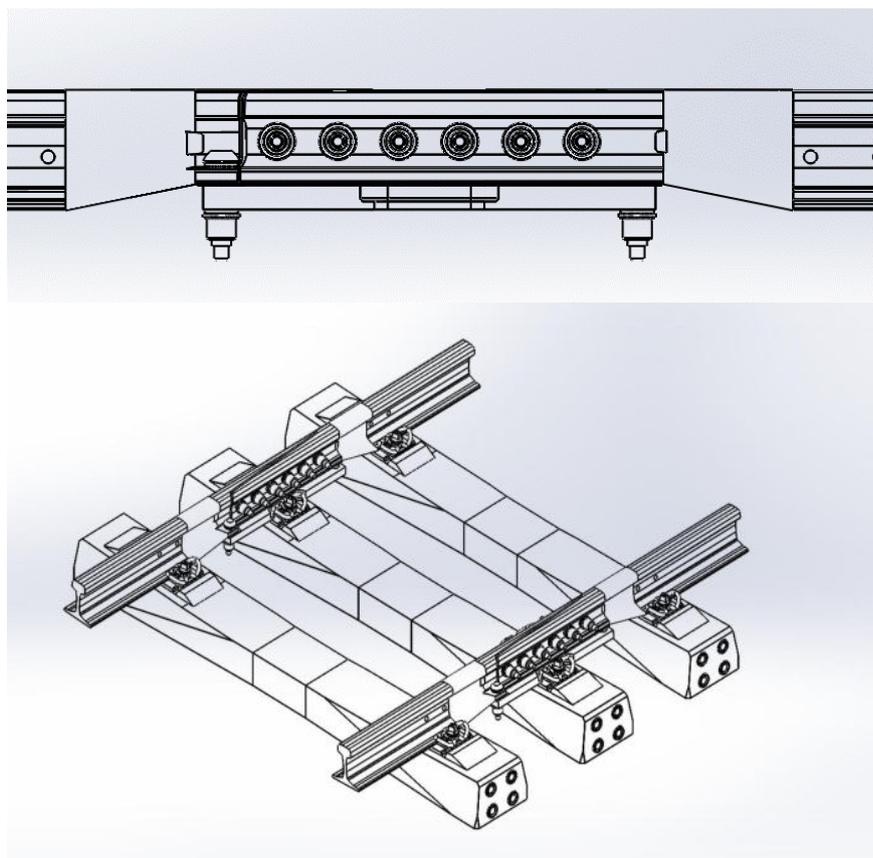


Figura 3 - Vista laterale del giunto ABJ completo (in alto) e montaggio di due ABJ "base" (senza collegamenti elettrici) su un normale binario con rotaie ed attacchi standard senza modifica del passo delle traverse (in basso).

Figure 3 - Side view of the complete ABJ joint (top) and assembly of two "basic" ABJs (without electrical connections) on a track with standard rails and attachments without modifying the sleeper spacing (bottom).

na disposizione degli elementi isolanti in vetroresina, di una condizione di *fail-safe* che è stata evidenziata attraverso un'analisi FMEA combinata ad una opportuna analisi dei rischi [10]. La rottura del giunto avviene normalmente tramite il distacco di una delle due testate (tipicamente la parte a valle) lasciando l'altra parte praticamente intonsa (Fig. 4).

Lo studio delle condizioni che portano alla "distruzione" in linea di un GII ha permesso di individuare la seguente catena di eventi:

1. a causa dell'azione combinata di urti e sollecitazioni di trazione (durante il periodo invernale nel quale la temperatura scende molto al di sotto della temperatura di regolazione del binario con lunga rotaia saldata) il giunto può scollarsi;
2. se questa condizione di guasto non viene intercettata, le testate del giunto si allontanano recuperando il gioco fra i chiodi, i cannotti interni di isolamento (in vetroresina) ed i fori realizzati nelle ganasce e nel gambo delle rotaie;
3. le forze dinamiche al passaggio delle ruote aumentano a causa dell'allontanamento delle testate del giunto;
4. il gambo dei chiodi viene in contatto con i fori nelle rotaie in quanto gli elementi in vetroresina tendono a sgretolarsi avendo ovviamente resistenza meccanica molto inferiore all'acciaio;
5. le forze longitudinali fanno sì che i chiodi deformino i fori sul gambo delle rotaie, ovalizzandoli molto vistosamente;
6. il contatto chiodi/fori genera tensioni molto elevati a 45° che provocano l'innesco di cricche nel gambo delle rotaie (cd. *star crack* - difetto 135 secondo UIC 712 - in quanto somigliano a raggi emessi da una stella);
7. le cricche procedono fino alla rottura del piede (o suola) o (più frequentemente) della testa (o fungo) della rotaia, fino a farne distaccare una porzione.

È interessante osservare che in tutto questo processo le due rotaie restano sempre isolate fra loro dato che le ganasce sono isolate con opportune sagome e questo impedisce che la distruzione meccanica del giunto dia



(Fonte – Source: Internet)

Figura 4 - Alcuni esempi di rottura di giunti isolanti incollati che mostrano come la parte a valle del traffico si distrugga completamente lasciando pressoché indisturbata la parte a monte. In tutte le foto il traffico marciava da destra verso sinistra.

*Figure 4 - Some examples of broken IRJs showing how the downstream part of the joint is completely destroyed leaving the upstream part almost undisturbed. In all the photos the traffic was right to left.*

area of the ABJ joint is free from cables and can be easily tamped as it does not deviate from a standard track section (Fig. 3).

*An innovative and fundamental feature of the ABJ joint is the achievement, through an appropriate arrangement of the fiberglass insulating elements, of a fail-safe condition that was highlighted through an FMEA analysis combined with an appropriate risk analysis [10]. The joint failure normally occurs through the detachment of one of the two*

origine ad un cortocircuito che, occupando il circuito di binario, interromperebbe la circolazione. Il giunto ABJ, viceversa, non avendo ganasce, ha i chiodi che collegano direttamente le due rotaie e risultano essere isolati rispetto ad una sola delle due rotaie. In caso di scollamento, dopo uno spostamento assiale di soli 1.3 mm (pari alla somma dello spessore del canotto in vetroresina e del gioco tra foro e canotto stesso), i chiodi cortocircuitano le rotaie impedendo ulteriore circolazione sul binario interessato (Fig. 5).

Il giunto ABJ realizza quindi una condizione unica nel settore dei GII, cioè una condizione di *fail-safe* del tutto automatica ed intrinseca nel progetto del giunto stesso. Non è possibile, cioè, che il giunto si distrugga in quanto prima della nascita delle cricche per contatto fra i chiodi ed i fori nell'anima della rotaia il giunto va in cortocircuito proteggendo il traffico e quindi ricadendo automaticamente in una condizione di assoluta sicurezza.

**2.2. Costruzione dei prototipi del giunto ABJ**

Dopo il concepimento dell'idea (2021) e la realizzazione del primo giunto prototipo ABJ\_001 (presentato alla fiera Innotrans 2022), lo sviluppo del giunto è proseguito realizzando ulteriori prototipi, uno dei quali è stato utilizzato per il lancio ufficiale del prodotto alla fiera Innotrans 2024 (Fig. 6). Il giunto ABJ è un prodotto brevettato (AB Consulting è titolare del brevetto internazionale) ed è attualmente in forze un accordo per la concessione in licenza esclusiva e per il suo sfruttamento commerciale. Ulteriori informazioni sono presenti sul sito [www.absolutelybetterjoint.com](http://www.absolutelybetterjoint.com).

heads (typically the downstream part) leaving the other part practically intact (Fig. 4).

The study of the conditions that lead to the “destruction” of an IRJ in service allowed us to identify the following sequence of events:

1. due to the combined action of impacts and tensile stresses (during the winter period in which the temperature drops well below the neutral temperature of the CWR track) the joint may debond;
2. if this failure condition is not intercepted, the joint heads move apart, recovering the play between the fishbolts, the internal fiberglass insulation sleeves and the holes drilled in the fishplates and in the rail web;
3. the dynamic forces during wheel passing increase due to the increased separation of the joint heads;
4. the fishbolt body touches the holes in the rails as the fibreglass elements tend to obviously crumble having much lower mechanical strength than steel;
5. longitudinal forces cause the fishbolts to deform the fishbolt holes in the rail web, making them very noticeably oval;
6. the contact between fishbolts and fishbolt holes generates very high stresses at 45° which cause the triggering of cracks in the rail web (so-called star crack – defect 135 according to UIC 712 - as they resemble rays emitted by a star);
7. the cracks grow until the rail foot or (more frequently) the rail head of the rail fractures, causing a portion of rail to detach.

It is interesting to note that in this whole process the two rails always remain insulated from each other since the fish-

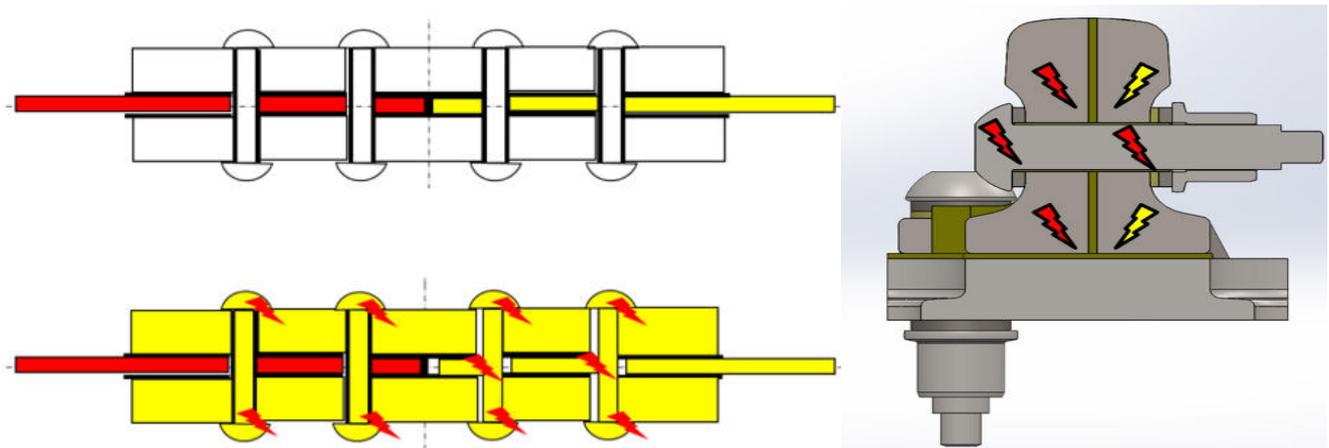


Figura 5 - A sinistra: in alto condizione di funzionamento normale di un GII convenzionale nel quale le ganasce sono isolate dalle due rotaie, in basso la condizione nella quale la porzione sinistra del giunto si sposta ed “energizza” le ganasce ma non riesce a cortocircuitare il giunto. A destra: isolamento del giunto ABJ, nel quale i chiodi sono elettricamente collegati ad una rotaia e mandano in cortocircuito il giunto appena lo spostamento assiale distrugge i tubetti isolanti interni.

Figure 5 - Left, top: Normal operating condition of a conventional IRJ, where fishplates are insulated from both rails. Left, bottom: the left portion of the joint moves and “energizes” the fishplates but fails to short-circuit the joint. Right: ABJ joint insulation, where the fishbolts are electrically connected to only one rail and short-circuit the joint as soon as the axial movement destroys the internal insulating sleeves.



Figura 6 - Il nuovo giunto ABJ in esposizione alla fiera INNOTRANS 2024 di Berlino. Sono ben visibili i collegamenti elettrici che usano come conduttori i chiodi Huck e che permettono di eliminare completamente i cavi poggiati sul ballast e la necessità di traverse cave.

*Figure 6 - The new ABJ joint on display at the INNOTRANS 2024 trade fair in Berlin. The electrical connections using Huck fishbolts as electric conductors are clearly visible, completely eliminating cables laying on the ballast and the need for hollow sleepers.*

Il giunto ABJ viene assemblato a partire da barre per ago 60E1A1 prodotte secondo [8], forgiate secondo [9] ed approvvigionate da fornitori qualificati. Le barre per ago hanno “forgiatura lunga” almeno 580 mm che ripristina la sezione della rotaia 60E1. La barra per ago ha uno spessore dell’anima pari a 44 mm e viene lavorata per fresatura CNC con un angolo di circa 3° per una lunghezza di circa 600 mm. La barra per ago durante e dopo la lavorazione è mostrata in Fig. 7. Dopo l’accoppiamento delle due barre fresate si ottiene uno spessore dell’anima di ben 56 mm, di molto superiore ai già citati 16.5 mm della rotaia 60E1.

Sei fori cianfrinati di diametro 28 mm (con notevole riduzione dell’indebolimento della sezione rispetto al GII convenzionale che ha fori di 32 mm) vengono realizzati

plates are insulated with specific fibreglass layers and this prevents the mechanical destruction of the joint from short circuiting the rails which, occupying the track circuit, would stop traffic. The ABJ joint, on the other hand, not having fishplates, has fishbolts that directly connect the two rails and that are insulated only from one rail. In the event of debonding, after an axial movement of only 1.3 mm (i.e. the sum of the thickness of the fibreglass sleeve and the clearance between the fishbolt hole and the sleeve itself), the fishbolts short-circuit the rails preventing further train circulation (Fig. 5).

The ABJ joint therefore creates a unique condition in the IRJ sector, i.e. a completely automatic fail-safe condition that is intrinsic in the design of the joint. It is not possible for the joint to be mechanically destroyed as, before the formation of cracks, the contact between the fishbolts and the fishbolt holes in the rail web short-circuits the joint, inhibiting the traffic and therefore automatically falling back into an intrinsically safe condition.

## 2.2. Construction of ABJ prototypes

After the conception (2021) and the manufacturing of the first prototype joint ABJ\_001 (displayed at the Innotrans 2022 fair), the development of the joint continued by creating further prototypes, one of which was used for the official launch of the product at the Innotrans 2024 fair (Fig. 6). The ABJ joint is patented (AB Consulting is the owner of the international patent) and there is currently an agreement in force for the exclusive licensing and for its commercial exploitation. Further information is available on the website [www.absolutelybetterjoint.com](http://www.absolutelybetterjoint.com).



Figura 7 - Fresatura della barra per ago (sinistra), barra per ago lavorata e sabbata in fase di montaggio (destra). I due fori sull’anima della rotaia 60E1 servono per il collegamento dei cavi della corrente di ritorno verso le connessioni induttive. Tali cavi sono mostrati a scopo illustrativo in Fig. 6.

*Figure 7 - Switch bar milling (left), switch bar machined and sandblasted before assembly (right). The two holes on the web of the 60E1 rail are for connecting the return current cables. These cables are shown for illustration purposes in Fig. 6.*

nelle barre lavorate per l'inserimento di altrettanti chiodi a bloccaggio irreversibile tipo *Huck* da 1" (25.4 mm), isolati con cannotti e rondelle in vetroresina. Le due barre lavorate possono essere così accoppiate con interposta una opportuna sagoma isolante in vetroresina "ad S" (di spessore 4 mm) e senza l'utilizzo delle ganasce laterali, a tutto vantaggio dell'ispezionabilità visiva durante le visite linea.

Le due barre lavorate ed accoppiate sono ulteriormente collegate da una piastra (con funzione di coprigiunto) di spessore 35 mm posta sotto al piede delle barre con l'obiettivo di compensare la differenza di altezza tra la barra per ago (134 mm) e la rotaia (172 mm), al contempo fornendo una eccezionale resistenza nei riguardi della trazione e, soprattutto, della flessione. Il collegamento tra le barre e il coprigiunto (con interposta una sagoma piana in vetroresina di 3 mm) è realizzato utilizzando due ulteriori chiodi *Huck* ad asse verticale posizionati antisimmetricamente, dato che le barre per ago possono essere deformate a caldo con forgiatura destra o con forgiatura sinistra. Il coprigiunto, un chiodo *Huck* e tutti gli elementi di isolamento sono mostrati in Fig. 8.

Tutte le superfici di accoppiamento sono incollate con una resina epossidica bicomponente strutturale ad alta resistenza (la stessa attualmente utilizzata per i GII convenzionali) e infine l'assemblaggio del giunto viene completato tramite il serraggio dei chiodi di bloccaggio tramite una specifica pistola idraulica (Fig. 9). Una volta completato il montaggio il giunto deve stagionare per circa 15 giorni per permettere il completo indurimento del collante (fase di cura).

### 3. Problematiche e limitazioni del calcolo strutturale

Come già discusso, nei giunti convenzionali i carichi dinamici portano allo scollamento del giunto ed al conse-

*The ABJ joint is assembled from 60E1A1 switch bars produced according to [8], forged according to [9] and sourced from qualified suppliers. The switch bars are "long forged" for at least 580 mm restoring the 60E1 rail section. The switch bar has a web thickness of 44 mm and is CNC milled at an angle of approximately 3° to a length of approximately 600 mm. A switch bar during and after machining is shown in Fig. 7. After coupling the two milled bars, a web thickness of 56 mm is obtained, much higher than the aforementioned 16.5 mm of the 60E1 rail.*

*Six 28 mm diameter chamfered holes (with a significant reduction in the weakening of the section compared to the conventional IRJ which has 32 mm holes) are drilled in the machined bars for the insertion of an equal number of 1" (25.4 mm) Huck type irreversible locking fishbolts, insulated with fiberglass sleeves and washers. The two machined bars can thus be coupled with an appropriate "S" fiberglass insulating shape (4 mm thick) in between and without the use of lateral fishplates, to the benefit of visual inspection during track patrolling.*

*The two machined and coupled bars are further connected by a 35 mm thick plate (with joint cover function) installed under the switch bars foot with the aim of compensating the height difference between the shallow depth switch bar (134 mm) and the full depth rail (172 mm), at the same time providing exceptional resistance to pull-apart forces and, above all, bending moments. The connection between the bars and the joint cover (with a 3 mm flat fiberglass spacer in between) is made using two additional vertical Huck fishbolts positioned anti-symmetrically, since the switch bars may be right-hand or left-hand forged. The joint cover, a Huck fishbolt and all the insulation elements are shown in Fig. 8.*

*All mating surfaces are bonded with a high strength structural two-component epoxy resin (the same currently used for conventional IRJs) and then the joint assembly is*

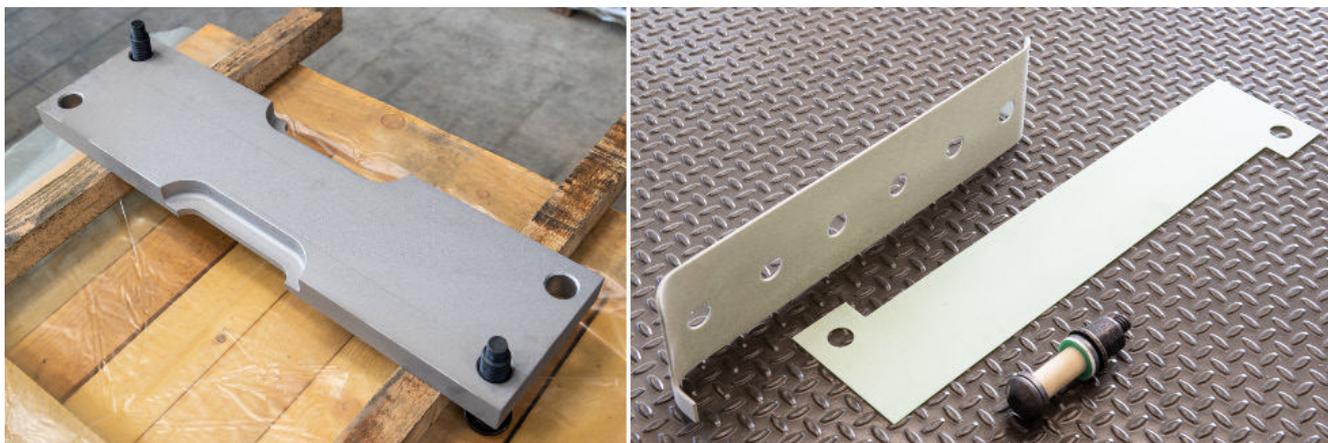


Figura 8 - Piastra coprigiunto universale, per barre con forgiatura destra o sinistra (sinistra); chiodo Huck completo di collare ed elementi in vetroresina (rosette, cannotto, sagoma di base e sagoma "S" per l'isolamento delle due barre lavorate (destra).

*Figure 8 - Joint cover plate for bars with either right or left forging (left); Huck fishbolt complete with collar and fiberglass elements (washers, sleeve, base spacer and S-shaped spacer) for the insulation of the two machined bars (right).*



Figura 9 - Serraggio dei chiodi Huck con pistola idraulica.  
 Figure 9 - Tightening Huck fishbolts with hydraulic tool.

guente allontanamento delle testate nella stagione fredda. In questa circostanza le chiavarde (chiodi *Huck*) vengono a contatto dei fori provocando la formazione e la propagazione di *cricche partenti dai fori* con angolo di 45° (piani di taglio massimo) che possono portare alla completa rottura del giunto.

Tale problematica è stata in parte mitigata da alcuni produttori utilizzando la cosiddetta tecnica del *cold bolt expansion* [11] con la quale viene instaurata una tensione residua di compressione sul foro tramite l'azione di un perno conico che viene tirato attraverso il foro stesso, in modo da rallentare la nucleazione delle *cricche*.

Per eliminare completamente il problema risulta però necessario eliminare i carichi dinamici e il giunto ABJ è stato progettato in questa ottica. Il lungo taglio inclinato permette una progressiva transizione della forza da una rotaia all'altra senza che siano presenti discontinuità, mentre il coprigiunto fornisce una maggiore rigidezza a flessione distribuendo in maniera più uniforme i carichi.

Per verificare il comportamento del giunto ABJ in queste condizioni, sono state effettuate simulazioni dinamiche agli elementi finiti con un carico per ruota di 100 kN ad una velocità di 100 km/h [12]. In Fig. 10 si riporta il risultato di una simulazione in cui è possibile osservare come la transizione della forza da una rotaia all'altra avvenga in maniera graduale su una lunghezza di circa 200 mm. Questo garantisce l'assenza di urti al passaggio del veicolo e di conseguenza tutte le problematiche dei GII convenzionali sono evitate alla radice.

Ne risulta che il giunto ABJ ha una probabilità remota di scollarsi; quando questo avvenisse, la condizione di *fail-safe* raggiunta grazie alla particolare disposizione degli elementi isolanti sopra descritti previene qualsiasi rottura di fatto bloccando il traffico ed obbligando alla sostituzione immediata del giunto.

Relativamente alla resistenza strutturale, mentre le sollecitazioni sugli elementi principali (barre per ago, coprigiunto e chiodi di bloccaggio) sotto l'azione dei ca-

*completed by locking the fishbolts with a specific hydraulic tool (Fig. 9). Once assembly is complete, the joint must be left to cure for approximately 15 days to allow the glue to harden completely.*

### 3. Structural calculation problems and limitations

*As already discussed, dynamic loads acting on conventional joints lead to debonding and the consequent separation of the heads in the cold season. In this circumstance, the bolts (Huck fishbolts) come into contact with the fish-bolt holes, causing cracks to form and propagate from the holes at an angle of 45° (maximum shear planes) which can lead to the complete failure of the joint.*

*This problem is partially mitigated by some manufacturers using the so-called cold bolt expansion technique [11] with which a residual compressive stress is established on the hole surface through the action of a conical pin that is pulled through the hole itself to slow down the nucleation of cracks.*

*To completely avoid the problem, however, it is necessary to remove dynamic loads and the ABJ joint was designed with this in mind. The long, inclined cut allows a progressive transition of force from one rail to the other without any discontinuity, while the joint cover provides greater bending stiffness by distributing the loads more uniformly.*

*To verify the behaviour of the ABJ joint under these conditions, finite element simulations in dynamics domain were performed with a wheel load of 100 kN at a speed of 100 km/h [12]. In Fig. 10 the result of a simulation shows that the handover of the force from one rail to the other occurs gradually over a length of about 200 mm. This guarantees the absence of shocks when the vehicle passes and consequently all the problems of conventional IRJs are prevented at the root.*

*It follows that the ABJ joint has a remote probability of debonding; should this occur, the fail-safe condition*

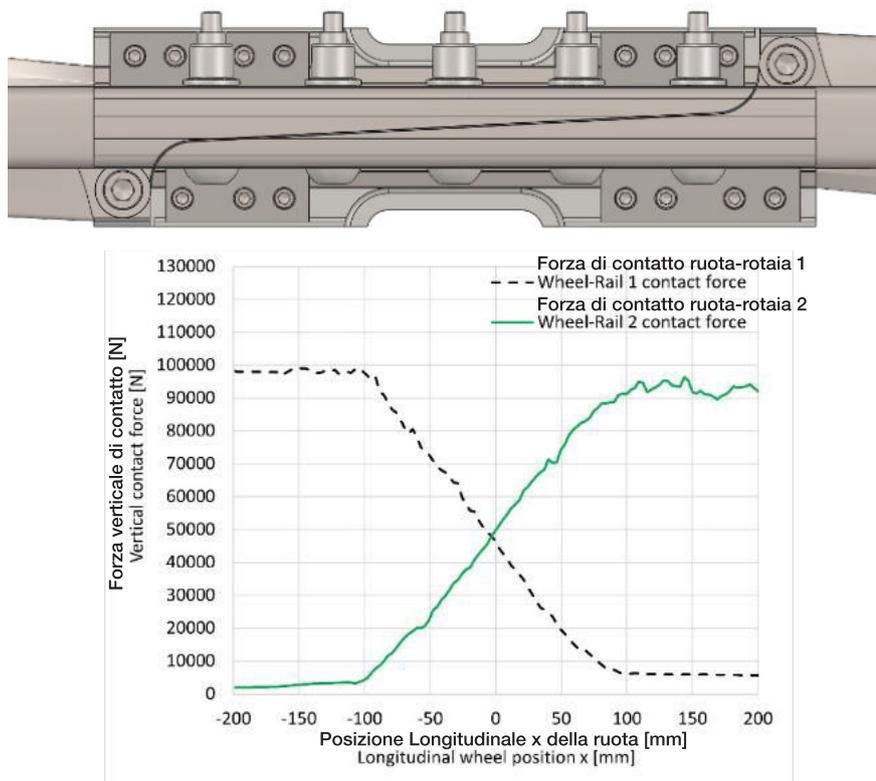


Figura 10 - Risultati della simulazione agli elementi finiti per la verifica del comportamento dinamico del giunto [12]. Si noti il disegno del primissimo prototipo del giunto, con 5 chiodi Huck (successivamente portati a 6) ed “traversini” (successivamente rimossi perché non necessari). La sostanza del calcolo non cambia nella versione finale del giunto.

Figure 10 - Results of the finite element simulation for the validation of the dynamic behaviour of the joint [12]. Note the drawing of the first prototype of the joint, with 5 Huck fishbolts (later increased to 6) and “clamps” (later removed as unnecessary). Results do not change noticeably in the final version of the joint.

ricchi esterni possono essere calcolate con buona approssimazione, il comportamento del collante non è facilmente modellabile, in particolare se combinato all'azione di bloccaggio dei chiodi. Un esempio delle tensioni, calcolate tramite il metodo agli elementi finiti, su una delle due barre per ago del giunto sotto l'azione di un carico verticale centrato pari a 300 kN è riportato in Fig. 11.

La progettazione di giunti ibridi, cioè incollati e bullonati, non è infatti completamente descritta dalla letteratura tecnica e scientifica, e per questo motivo spesso viene fatta l'ipotesi che la resistenza globale sia data dalla somma della resistenza “meccanica” dei chiodi di bloccaggio e della resistenza “chimica” del collante. Tale ipotesi può essere valida per giunti poco sollecitati mentre non trova alcun riscontro di letteratura per giunti fortemente sollecitati come il giunto ABJ.

Ad esempio, considerando solamente la resistenza strutturale del collante epossidico bicomponente normalmente impiegato nei GII (descritto nella specifica [13] in cui viene specificata una resistenza a taglio  $\tau=24$  MPa) che interessa

achieved thanks to the peculiar arrangement of the insulating elements described above prevents any breakage, stopping traffic and requiring the immediate replacement of the joint.

About structural strength, while the stresses on the main elements (switch bars, joint cover and fishbolts) under the action of external loads can be calculated with good approximation, the behaviour of the glue is not easily modelled, especially if combined with the pre-loading action of the fishbolts. An example of the stresses, calculated by the finite element method, on one of the two switch bars under the action of a centred vertical load of 300 kN is shown in Fig. 11.

The design of hybrid joints, i.e. bonded and bolted, is not completely described in the technical and scientific literature, and for this reason the hypothesis that the global resistance is given by the sum of the “mechanical” resistance of the bolts and the “chemical” resistance of the glue is often made. This hypothesis may be valid for lightly stressed joints, while it is not found in the literature for highly stressed joints such as the ABJ.

For example, considering only the strength of the two-component epoxy glue normally used in IRJs (described in the specification [13] where a shear strength of  $\tau=24$  MPa is requested) which acts over an area  $A=95387$  mm<sup>2</sup>, a pull-apart strength  $F=\tau A=2290$  kN is obtained, which by itself would be sufficient to guarantee the tensile strength of the joint. However, this value is purely theoretical since the resistance of the adhesive is calculated as an average value on the bonding area without considering the edge effects which also have an important influence on the peel stresses which tend to separate the two adherends.

The importance of the contribution of the fishbolts is therefore confirmed both by the finite element calculations and by the first tests on the prototypes. The calculation showed that shear and peel stresses in the contact elements reach values compatible with the strength of the adhesive considering the preload of just four fishbolts.

The uncertainty inherent of a not universally accepted calculation model therefore required greater design caution in the initial stages of the ABJ project. For this reason, the first prototypes were assembled, beyond the six horizontal fishbolts between the switch bars and the two vertical fishbolts locking the joint cover, with additional clamps which

un'area  $A=95387 \text{ mm}^2$ , si ottiene una resistenza pari a  $F=\tau A= 2290 \text{ kN}$ , di per sé sufficiente a garantire la resistenza alla trazione del giunto. Tale valore è però, puramente teorico in quanto la resistenza del collante è calcolata come valore medio sull'area d'incollaggio senza considerare gli effetti di bordo in cui influiscono in maniera importante anche le tensioni di *peel* che tendono a separare i due aderendi.

L'importanza del contributo dei chiodi di bloccaggio è quindi confermata sia dai calcoli agli elementi finiti che dalle prime prove sui prototipi. Il calcolo ha dimostrato che le tensioni di taglio e di *peel* negli elementi di contatto raggiungono valori compatibili con la resistenza del collante solo considerando il precarico di almeno quattro chiodi.

L'incertezza insita in un modello di calcolo non universalmente accettato ha quindi richiesto una maggiore cautela progettuale negli stadi iniziali del progetto ABJ. Per questo i primi prototipi sono stati assemblati, oltre che con i sei chiodi trasversali tra le barre per ago ed i due chiodi verticali che bloccano il coprigiunto, anche con ulteriori morsetti di bloccaggio ("traversini" o "clamps") che tramite quattordici viti M12 rafforzavano ulteriormente il collegamento tra barre e coprigiunto (Fig. 12).

Il primo prototipo ABJ\_001 aveva l'unico scopo di verificare la fattibilità del progetto e, provocatoriamente, era stato realizzato con 5 chiodi trasversali (ovviamente un numero di chiodi dispari è impossibile in un giunto convenzionale!). Questa soluzione è stata subito abbandonata in quanto limitava fortemente l'accesso all'attacco nel centro il giunto.

#### 4. Le prove investigative sulla preserie dei giunti ABJ

È opportuno premettere e sottolineare, prima di introdurre le prove di laboratorio, come le prove di qualsiasi tipo non possano in alcun caso riprodurre le reali condizioni in cui i GII si trovano a lavorare. Risulta infatti impossibile riprodurre in laboratorio i carichi dinamici dovuti alla discontinuità della rotaia creata dalla presenza del giunto e dai conseguenti urti che, oltre ad essere un'importante fonte di rumore e vibrazione, risultano essere la *root cause* dei principali modi di guasto dei GII. Giocoforza, quindi, si sono programmate solamente delle verifiche sperimentali in accordo con gli standard attuali che prevedono prove "statiche", cioè in cui le azioni dinamiche non sono presenti in quanto i carichi sono applicati o staticamente o a frequenza bassa.

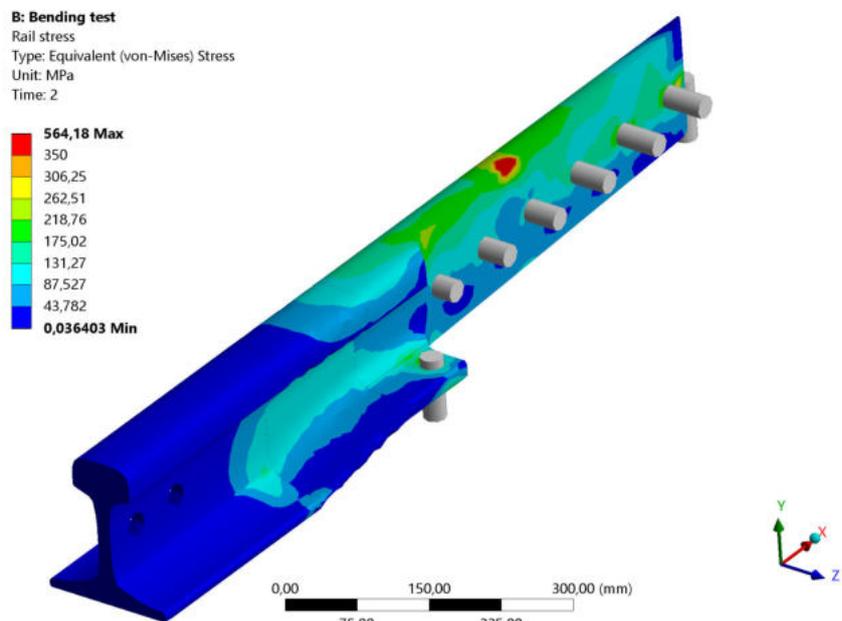


Figura 11 - Tensioni di Von Mises su una delle due barre per ago che compongono il giunto sotto un carico di flessione pari a 300 kN.

Figure 11 - Von Mises stresses on one of the two switch bars that make up the joint under a bending load of 300 kN.



Figura 12 - Uno dei primi prototipi del giunto ABJ sottoposto a prova di flessione ancora nella versione con i "traversini" (successivamente rimossi).

Figure 12 - One of the first prototypes of the ABJ joint undergoing bending fatigue tests still in the version with the clamps (later removed).

Le prove qui sotto descritte sono state effettuate presso i laboratori dell'Università Tecnica di Monaco (TUM), istituzione riconosciuta a livello mondiale per le prove sui componenti dell'armamento.

Una prima preserie di cinque giunti (ABJ\_002...006) è stata utilizzata non solo per testare la resistenza del giunto ma anche per validare le ipotesi di calcolo. Questa preserie, con ancora i traversini di bloccaggio, ha mostrato valori largamente sovrabbondanti quelli minimi richiesti, sopravvivendo a carichi di *pull-apart* (trazione) di oltre 2000 kN e ad una prova di fatica (flessione) per 3 milioni di cicli con carico alternato tra 5 e 300 kN. Tali valori sono stati scelti per soddisfare i requisiti sia della specifica RFI [13] che quelli della recente norma europea [14].

Come mostrato in Fig. 13, a margine delle prove per così dire "principali" si è colta l'occasione per valutare configurazioni alternative del giunto, in modo da semplificarne la struttura, le fasi di montaggio ed il numero di componenti. Dalle prove è emerso che la presenza dei traversini non risultava necessaria a soddisfare i requisiti meccanici sia con carichi assiali che flessionali.

A puro titolo di investigazione, due giunti sono stati ulteriormente semplificati per valutarne la resistenza utilizzando solo quattro chiodi trasversali anziché sei. Le prove hanno mostrato un notevole indebolimento del giunto che in due prove si è rotto a circa a 1300 kN, un valore comunque non così lontano dal valore minimo richiesto dalla nuova norma [14] per un  $\Delta T=50^\circ C$ , cioè 1450 kN.

I risultati delle prove esplorative hanno dimostrato che:

- i calcoli agli elementi finiti effettuati considerando le classiche proprietà degli elementi di contatto si sono dimostrati non essere in grado di riprodurre il reale comportamento del giunto ABJ, che è un giunto ibrido fortemente sollecitato, e sarebbero necessari criteri di modellazione o ipotesi di resistenza / collaborazione fra i vari componenti più sofisticate per ottenere risultati numerici più accurati;
- la resistenza meccanica del giunto ABJ, anche nella configurazione "semplificata" senza traversini, è abbondantemente superiore a quella alle richieste di qualunque normativa e permette anche di ipotizzarne un uso con successo nel settore *heavy haul*;

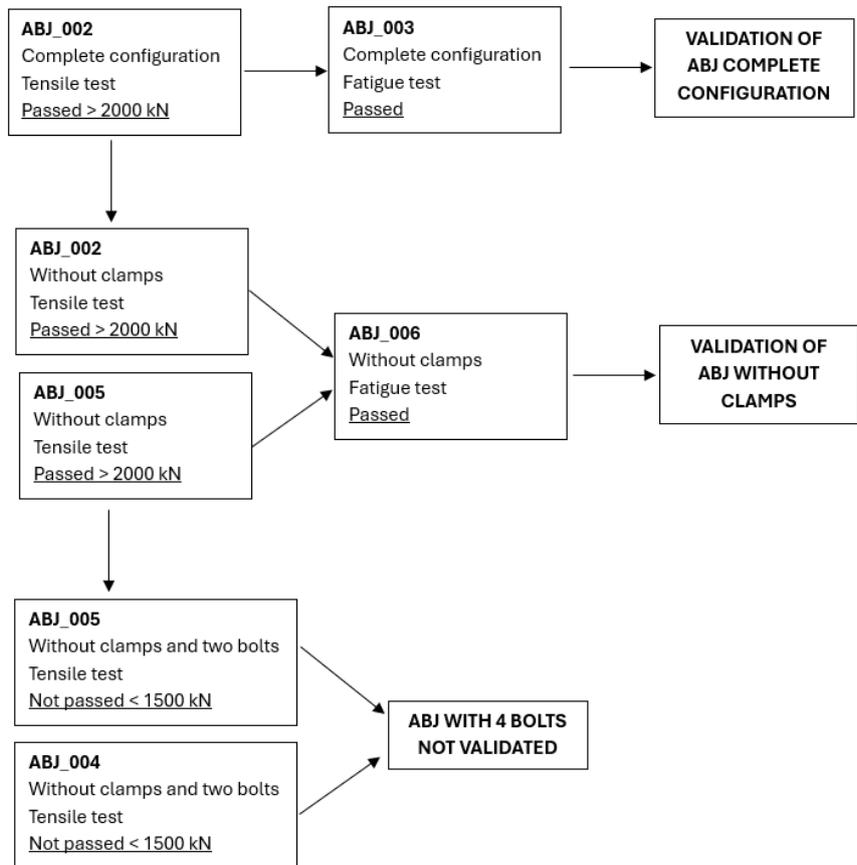


Figura 13 - Sintesi delle prove meccaniche effettuati al TUM sulla prima preserie (ABJ\_002...006). Come si osserva, dopo aver superato le prove previste, due giunti (ABJ\_002 ed ABJ\_005) sono stati riutilizzati in prove ulteriori (rimuovendo i "traversini" o i due chiodi centrali) pur essendo già stati "stressati".

Figure 13 - Summary of the mechanical tests carried out at TUM on the first pre-series (ABJ\_002...006). As can be seen, after having passed the planned tests, two joints (ABJ\_002 and ABJ\_005) were reused in further tests (removing the clamps or the two central fishbolts) even though they were already "stressed".

via fourteen M12 screws, further strengthening the connection between the bars and the joint cover (Fig. 12).

The first prototype ABJ\_001 had the sole purpose of verifying the feasibility of the project and, provocatively, was made with 5 horizontal fishbolts (obviously an odd number of bolts is impossible in a conventional joint!). This solution was immediately abandoned as it severely limited access to the rail fastener in the centre of the joint.

#### 4. Evaluation tests on the pre-series of ABJ joints

It is worth to declare and underline, before introducing the laboratory tests, how tests of any type cannot reproduce the real conditions in which IRJs work. In fact, it is impossible to reproduce in the laboratory the dynamic loads due to the discontinuity created by the presence of the joint and the following impacts which, in addition to being an important source of noise and vibration, are the root cause of

- il giunto ABJ è configurabile a seconda delle varie esigenze, ad esempio nei casi in cui non siano previsti importanti carichi termici, come nelle metropolitane, essendo possibile realizzare versioni ulteriormente semplificate.

### 5. Prove ufficiali di qualifica del giunto ABJ

Dato il buon esito delle prove investigative è stata realizzata un'ulteriore preserie (ABJ\_007...009) in cui sono state applicate le modifiche derivanti dalle indicazioni dei test effettuati sui primi cinque prototipi, cioè l'eliminazione dei traversini e la modifica di alcuni elementi isolanti per garantire la risoluzione di alcuni problemi di resistenza elettrica verificatisi durante le prove investigative a causa della combinazione materiali/spessori utilizzati.

Sono state effettuate quindi prove ufficiali *in primis* per la qualifica in accordo alla nuova norma Europea sui GII [14] e quindi in accordo alle specifiche tecniche di fornitura di alcuni gestori dell'infrastruttura (RFI [13], TCDD [15] e ÖBB [16]). In Fig. 14 è mostrata la configurazione per la prova di trazione, mentre in Fig. 15 per quella di flessione. I risultati delle prove hanno dimostrato che il

*the main failure modes of IRJs. Therefore, experimental tests were planned only in accordance with the current standards that provide specifications for "static" tests, i.e. in which dynamic loads are not present since the loads are applied either statically or at low frequency.*

*The tests described below were carried out at the laboratories of the Technical University of Munich (TUM), a world-renowned institution for testing track components.*

*A first pre-series of five joints (ABJ\_002...006) was used not only to test the joint strength but also to validate the calculation hypotheses. This pre-series, still with the clamps, exhibited values largely exceeding the minimum required, surviving pull-apart loads (tensile) of over 2000 kN and a fatigue test (bending) for 3 million cycles with alternating load between 5 and 300 kN. These values were chosen to satisfy the requirements of both the RFI specification [13] and those of the recently published European standard [14].*

*As shown in Fig. 13, beside so-called "main" tests, the opportunity was taken to evaluate alternative configurations of the joint, in order to simplify its structure, assembly phases and the number of components. The tests showed that the presence of the clamps was not necessary to satisfy the mechanical requirements under both axial and bending loads.*

*For purely investigative purposes, two joints were further simplified to evaluate their resistance using only four horizontal lockbolts instead of six. The tests showed a significant weakening of the joint which in two tests broke at approximately 1300 kN, a value however not so far from the minimum value required by the new standard [14] for a  $\Delta T=50^\circ\text{C}$ , i.e. 1450 kN.*

*The results of the exploratory tests demonstrated that:*

- *finite element calculations performed considering the classical properties of the contact elements proved not to be able to reproduce the real behaviour of the ABJ joint, which is a highly stressed hybrid joint, and more sophisticated modelling criteria or hypotheses of strength / collaboration between the various components would be necessary to obtain more accurate numerical results;*
- *the mechanical strength of the ABJ joint, even in the "simplified" configuration without clamps, is far superior to that required by any regulation and also allows to forecast its successful use in the heavy haul sector;*



Figura 14 - Prova di trazione sul giunto ABJ\_007. Due trasduttori di spostamento sono posizionati per la misura dell'allungamento residuo al termine della prova che è definito nelle varie normative.

Figure 14 - Tensile test on the ABJ\_007 joint. Two displacement transducers are positioned to measure the residual elongation at the end of the test which is defined in various standards.



Figura 15 - Prova di flessione sul giunto ABJ\_009. Un trasduttore di spostamento è posizionato per monitorare l'abbassamento verticale del giunto durante l'intero arco della prova.

Figure 15 - Bending test on the ABJ\_009 joint. A displacement transducer is positioned to monitor the vertical lowering of the joint during the entire test.

giunto ABJ è in grado di soddisfare tutti i requisiti meccanici ed elettrici richiesti in termini di:

- resistenza longitudinale: il giunto è stato sottoposto a diverse condizioni di carico longitudinale raggiungendo una forza massima  $F=2000$  kN, in accordo alla normativa turca [15] ed austriaca [16], senza mostrare rotture o deformazioni permanenti. Si noti che tale forza longitudinale corrisponde ad una variazione termica rispetto alla temperatura neutra non riscontrabile nella realtà. Infatti,  $\Delta T=F/\alpha EA=103^\circ\text{C}$  ( $\alpha=1.2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ,  $E=210 \times 10^9 \text{ MPa}$ ,  $A=7670 \text{ mm}^2$  per la rotaia 60E1). Si noti che la norma europea [14] prevede l'utilizzo di un coefficiente di sicurezza  $\gamma_s$  almeno pari a 1.5, per cui il valore di  $\Delta T$  rispetto alla temperatura neutra (SFT, Stress-Free Temperature) risulterebbe pari a circa  $69^\circ\text{C}$ . Tali condizioni termiche sembrano risultare al di fuori dalla pratica comune;
- resistenza ai carichi affaticanti: il giunto è stato sottoposto a un carico verticale alternato applicato al centro del giunto con gli appoggi posizionati a una distanza di 1100 mm (in modo da riprodurre la situazione anomala di una traversa mancante). Il massimo valore di momento flettente durante il ciclo di carico è stato pari a 71.25 kNm (carico max di 300 kN per  $2 \times 10^6$  cicli) in accordo a [13] che risulta essere la più severa in termini di carico massimo tra tutte quelle considerate. Anche in questo caso si tratta di condizioni di carico fuori dalla pratica comune, trattandosi del momento flettente generato da veicoli con carico assiale di 60 t/asse in assenza della traversa di appoggio, condizione richiesta dalla specifica in quanto il martellamento delle ruote rende il ballast poco efficace sotto i giunti convenzionali, condizione che viceversa con l'ABJ è del tutto irrealistica;
- resistenza elettrica: la resistenza elettrica è risultata superiore al massimo misurabile dallo strumento utilizzato ( $R>1200 \text{ M}\Omega$ ). Il requisito in [13], molto stringente ( $R>600 \text{ M}\Omega$ ), risulta quindi ampiamente soddisfatto.
- isolamento elettrico: il giunto è stato sottoposto a valori di tensione alternata (fino a 4000 VAC) per un minuto senza l'instaurazione di archi elettrici tra le parti del giunto isolate, quindi le stringenti richieste sulla rigidità dielettrica indicate in [13] sono soddisfatte.

In Tab. 2 si riporta una sintesi dei risultati ottenuti. Si noti che il giunto ABJ\_009 è stato soggetto ad un carico affaticante incrementale essendo stato sottoposto prima alla prova secondo EN per tre milioni di cicli e successivamente alla prova secondo ÖBB per altri cinque milioni di cicli, resistendo senza danneggiamenti strutturali per un totale di 8 milioni di cicli.

Al fine di confermare i criteri di progetto che individuano i chiodi ad asse verticale quali elementi maggiormente soggetti a fatica e di valutare gli effetti di questo modo di guasto, lo stesso giunto ABJ\_009 è stato ulteriormente assoggettato, dopo essere sopravvissuto a 3 milioni di cicli

- *The ABJ joint can be configured according to various needs, for example in cases where significant thermal loads are not expected, such as in underground lines, and it is possible to create further simplified versions.*

## 5. Official qualification tests of the ABJ joint

*Given the successful outcome of the exploratory tests, a further pre-series (ABJ\_007...009) was created in which the modifications resulting from the indications of the tests carried out on the first five prototypes were applied, i.e. the elimination of the clamps and the modification of some insulating elements to solve some electrical resistance problems that emerged during the exploratory tests due to the combination of materials/thicknesses used.*

*Official tests were therefore carried out primarily for qualification in accordance with the new European standard on IRJ [14] and then in accordance with the technical supply specifications of some infrastructure managers (RFI [13], TCDD [15] and ÖBB [16]). In Fig. 14 the configuration for the tensile test is shown, while in Fig. 15 the one for bending. The test results demonstrated that the ABJ joint is able to satisfy all the mechanical and electrical requirements requested in terms of:*

- *longitudinal resistance: the joint was subjected to different longitudinal load conditions reaching a maximum force  $F=2000$  kN, in accordance with the Turkish [15] and Austrian [16] specifications, without showing failures or permanent deformations. Note that this longitudinal force corresponds to a thermal variation with respect to the neutral temperature that cannot be found in reality. In fact,  $\Delta T=F/\alpha EA=103^\circ\text{C}$  ( $\alpha=1.2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ,  $E=210 \times 10^9 \text{ MPa}$ ,  $A=7670 \text{ mm}^2$  for 60E1 rail). Please note that the European standard [14] considers for the use of a minimum safety coefficient  $\gamma_s$  of 1.5, so the value of  $\Delta T$  compared to the neutral temperature (SFT, Stress-Free Temperature) would be approximately  $69^\circ\text{C}$ . These thermal conditions appear to be outside of common practice;*
- *resistance to fatigue loads: the joint was subjected to an alternating vertical load applied to the centre of the joint with the supports positioned at a distance of 1100 mm (in order to reproduce the extraordinary condition of a missing sleeper). The maximum value of the bending moment during the load cycle was equal to 71.25 kNm (max load of 300 kN for  $2 \times 10^6$  cycles) in accordance with [13] which turns out to be the most severe in terms of maximum load among all those considered. Also in this case these load conditions are outside of common practice, being the bending moment the one generated by vehicles with an axial load of 60 t/axle in the absence of a support sleeper, a condition required by the specification since the hammering of the wheels makes the ballast ineffective under conventional joints, a condition which on the contrary with the ABJ is completely unrealistic;*
- *electrical resistance: the electrical resistance was found to be higher than the maximum measurable by the in-*

Tabella 2 – Table 2

Tabella di sintesi delle prove di qualifica superate dai giunti della seconda preserie. Anziché le forze verticali specificate dalle varie normative vengono indicati i momenti flettenti in mezzzeria del giunto

Summary table of qualification tests passed by the joints of the second pre-series. Instead of the vertical forces specified by the various standards, the bending moments at the centre of the joint are indicated

Prove di tensione superate/Tensile tests passed			
	EN13684 [14]	RFI [13]	ÖBB -TCDD [15][16]
ABJ_007	$F > 1450 \text{ kN}$	$F > 1500 \text{ kN}$	$F > 2000 \text{ kN}$
Prove di fatica a flessione superate Bending tests with fatiguing load passed			
ABJ_008	-	$M_{max} = 71.25 \text{ kNm}$ $n > 2 \text{ million cycles}$	-
ABJ_009	$M_{max} = 26.5 \text{ kNm}$ $n > 3 \text{ million cycles}$	-	$M_{max} = 50 \text{ kNm}$ $n > 5 \text{ million cycles}$

con 26.5 kNm e 5 milioni di cicli con 50 kNm, al carico flessionale previsto dalla specifica RFI (71.25 kNm), monitorando la resistenza elettrica tra le barre per individuare eventuali danneggiamenti interni (rottura della sagoma in vetroresina o dei cannotti isolanti dei chiodi).

Come previsto da progetto si è quindi verificata la rottura di un chiodo verticale ed il conseguente distacco della piastra coprigiunto rispetto alla suola delle barre. La prova è proseguita fino al completamento dei due milioni di cicli prescritti senza alcuna rottura catastrofica del giunto, senza scollamento fra le barre, mantenendo quindi l'integrità richiesta per la sicurezza del passaggio dei convogli sullo stesso. Si è solamente osservato un ovvio aumento della deflessione sotto il carico massimo (Fig. 16). Que-

strument used ( $R > 1200 \text{ M}\Omega$ ). The requirement in [13], very tough ( $R > 600 \text{ M}\Omega$ ), is therefore largely satisfied.

- electrical insulation: the joint was subjected to alternating voltage values (up to 4000 VAC) for one minute without electric arcs sparking between the insulated joint parts, hence the tough requirements on dielectric strength indicated in [13] are satisfied.

In Tab. 2 a summary of the results obtained is reported. It should be noted that the ABJ\_009 joint was subjected to an incremental fatigue load having first been subjected to the EN test for three million cycles and then to the ÖBB test for another five million cycles, resisting without structural damage for a total of 8 million cycles.

In order to confirm the design criteria that identify vertical-axis fishbolts as the elements most subject to fatigue and to evaluate the effects of this failure mode, the same ABJ\_009 joint was further subjected, after having survived 3 million cycles with 26.5 kNm and 5 million cycles with 50 kNm, to the bending load foreseen by the RFI specification (71.25 kNm), monitoring the electrical resistance between the bars to identify any internal damage (breakage of the fiberglass shape or of the insulating fishbolt sleeves).

As foreseen by the design, a vertical fishbolt broke and the consequent detachment of the joint cover plate from the foot

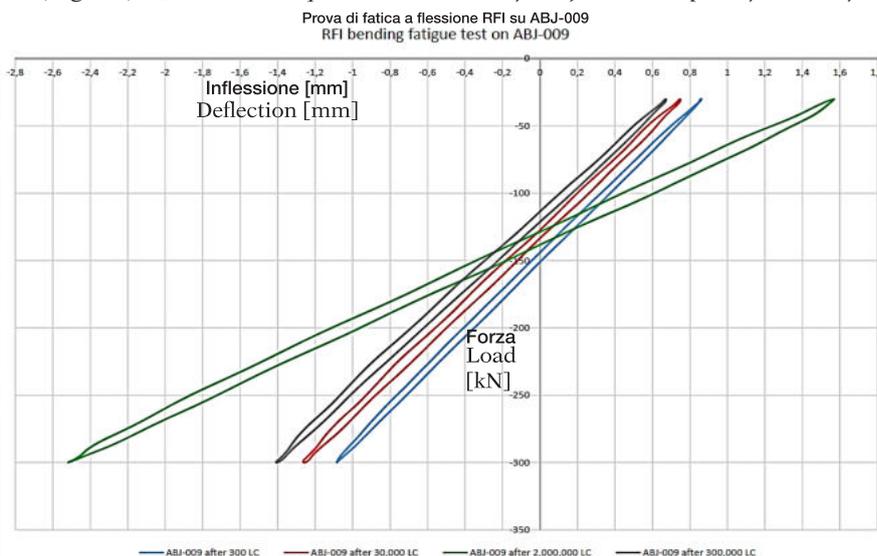


Figura 16 - Rottura di uno dei chiodi verticali e scollamento del coprigiunto durante la prova di flessione del giunto ABJ\_009 (sinistra). Deflessioni prima (tre cicli simili, spostamento circa 2 mm) e dopo la rottura del chiodo (cicli singolo, spostamento circa 4 mm) (destra).

Figure 16 - Failure of one of the vertical fishbolts and detachment of the joint cover during the bending test of the ABJ\_009 (left). Deflections before (three similar cycles, displacement about 2 mm) and after the fishbolt failure (single cycle, displacement about 4 mm) (right).

sto conferma una volta di più l'eccezionale robustezza dell'ABJ che, anche in condizioni molto degradate, risulta molto più flessibile ma senza danneggiamenti catastrofici a danno della sicurezza.

## 6. Conclusioni e sviluppi

La memoria ha presentato un nuovo tipo di Giunto Isolante Incollato, denominato ABJ – *Absolutely Better Joint*, che elimina la *root cause* dei guasti dei GII convenzionali in quanto gli urti al passaggio delle ruote sono completamente eliminati grazie alla transizione graduale data dal taglio inclinato. L'uso del giunto risulta intrinsecamente sicuro in quanto in caso di scollamento il giunto “va in corto” bloccando la circolazione, realizzando una condizione *fail-safe*.

Le prove di laboratorio effettuate presso il TUM hanno fornito dapprima preziose indicazioni per la semplificazione e l'ottimizzazione del giunto e successivamente hanno permesso di dimostrare il soddisfacimento di tutti i requisiti (elettrici e meccanici) previsti dalle norme internazionali e dalle più stringenti specifiche di alcuni gestori dell'infrastruttura.

Si può quindi concludere che il giunto ABJ rappresenti la soluzione definitiva a tutti i problemi legati al degrado ed ai guasti dei GII convenzionali, aumentando considerevolmente i livelli di sicurezza correlati a questo componente critico.

Sono attualmente in corso contatti con diversi gestori infrastruttura (ADIF, DB, Network Rail, RFI, TCDD, etc.) per effettuare la sperimentazione in linea necessaria al completamento del processo omologativo. A tal fine è attualmente in corso la produzione del primo lotto di serie di giunti ABJ destinati alle prove in linea, che verranno descritte in un successivo articolo.

## 7. Ringraziamenti

Le attività di ricerca sono state sviluppate autonomamente mentre la costruzione dei prototipi ed i test di laboratorio sono stati finanziati dalla società Overail S.r.l. del gruppo Salcef Group S.p.A., attuale licenziataria del brevetto.

*of the switch bars occurred. The test continued until the completion of the two million prescribed cycles without any catastrophic breakage of the joint, without detachment between the switch bars, thus maintaining the integrity required for the safety of the passage of the trains on it. Only an obvious increase in deflection under the maximum load was observed (Fig. 16). This confirms once again the exceptional robustness of the ABJ which, even in very degraded conditions, is much more flexible without resulting in catastrophic damages.*

## 6. Conclusions and developments

*The paper has introduced a new type of Insulated Rail Joint, called ABJ – Absolutely Better Joint, which eliminates the root cause of failures of conventional IRJs as the shocks during wheels passing-by are avoided thanks to the gradual handover given by the inclined cut. The use of the joint is intrinsically safe as in the event of debonding the joint short circuits the rails automatically stopping railway traffic, creating a fail-safe condition.*

*The laboratory tests initially carried out at TUM provided valuable indications for the simplification and optimization of the joint and the following tests demonstrated how all the performances (electrical and mechanical) requested by the international standards and by the most stringent specifications of some infrastructure managers are met.*

*It can therefore be concluded that the ABJ joint represents the final solution to all problems related to the degradation and failures of conventional IRJs, considerably increasing the safety levels related to this critical component.*

*Contacts are currently underway with various infrastructure managers (ADIF, DB, Network Rail, RFI, TCDD, etc.) to carry out the on-line testing necessary to complete the approval process. To this end, the first batch of series of ABJ joints intended for on-line testing is currently being produced, which will be described in a future paper.*

## 7. Acknowledgements

*Research activities were developed independently while the manufacturing of the prototypes and the laboratory tests were funded by the company Overail Srl of the Salcef Group SpA group, the current licensee of the patent.*

## BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

- [1] EN 62290-1:2014 - Railway applications, “Urban guided transport management and command/control systems - Part 1: System principles and fundamental concepts” (IEC 62290-1:2014), CEN, Brussels.
- [2] XIAO H, LIU G, YAN D, ZHAO Y, WANG J, WANG H. (2021), “Field test and numerical analysis of Insulated rail joints in heavy-haul railway”. *Construction and Building Materials*. Volume 298, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123905>.
- [3] LB Foster, Rail products (2025) <https://lbfoster.com/rail/rail-products>, (visitato il 18.03.2025).
- [4] MANDAL N.K., BRACCIALI A, MEGNA G. (2023), “Evaluation of railhead material damage of insulated rail joints due to cyclic wheel loadings”, *Wear*, Volumes 528–529, <https://doi.org/10.1016/j.wear.2023.204966>.

- [5] LA PLACA A, FREDDI F, GIULIANI F. (2024), “*Monitoring of Insulated Rail Joints Based on Gap Value Measurement*”. Urban Rail Transit, Volume 10, <https://doi.org/10.1007/s40864-023-00206-0>.
  - [6] Voestalpine (2025), “*Insulated Rail Joints IVB 30 / IVG 30*”, <https://www.voestalpine.com/railway-systems/en/products/insulated-rail-joint-ivb-30-ivg-30/>, (visitato il 18.03.2025).
  - [7] DB manual (2013), “*Work procedures for permanent way maintenance*”, 7<sup>th</sup> revised and extended edition – Bahn Fachverlag GmbH, Berlin 2013.
  - [8] EN 13674-2:2019 - *Railway applications - Track - Rail - Part 2: Switch and crossing rails used in conjunction with Vignole railway rails 46 kg/m and above*, CEN, Brussels.
  - [9] EN 16273:2014 - *Railway applications - Track - Forged rail transitions*, CEN, Brussels.
  - [10] BRACCIALI A, MEGNA G (2024), *FMEA, monitoring, retrofit and redesign of insulated rail joints*, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1306 012014.
  - [11] Hird Rail Development (2025), “*RailTec Cold Bolt Hole Expansion (CBX) Kit*”, <https://www.hirdraildevelopment.com/products/bolt-hole-crack-prevention-cbx/>, (visitato il 18.03.2025).
  - [12] MEGNA G, BRACCIALI A, MANDAL N.K. (2023), “*Design, wheel-rail interaction and testing of an innovative reinforced smooth transition insulated rail joint*”, *Wear*, Volumes 530–531, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.wear.2023.205038>.
  - [13] RFI TCAR SF AR 07 008 A (2016), “*Specifica tecnica di fornitura dei giunti isolanti incollati*”.
  - [14] EN 16843:2024, *Railway applications - Infrastructure - Mechanical requirements for joints in running rails*, CEN, Brussels.
  - [15] TCDD (2017), “*Insulated Rail Joint (IRC) Technical Specification*”.
  - [16] ÖBB-Infrastruktur (2013), “*Isolierstöße – 07 09.26 - Technische Lieferbedingungen*”.
-

ALTA PRESTAZIONE | PRECISIONE | AFFIDABILITÀ

**Plasser Italiana**



## Plasser **InfraSpector Truck**

Plasser & Theurer amplia la sua gamma di veicoli di misura con l'**InfraSpector Truck**, un innovativo veicolo strada-rotaia, sviluppato appositamente per l'uso sulle reti ferroviarie urbane e regionali in tutta Europa.

Con l'**InfraSpector Truck** è possibile rilevare con precisione l'infrastruttura ferroviaria, combinando la flessibilità di un veicolo strada-rotaia con le più avanzate tecnologie di misura.



MACHINE

[plasser.it](http://plasser.it) | [plassertheurer.com](http://plassertheurer.com)    

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

### *Visita tecnica presso lo stabilimento HITACHI RAIL di Reggio Calabria*

*(Ing. Giuseppe Andrea MAIOLO - Preside Sezione CIFI di Reggio Calabria)*

Il 6 marzo 2025 si è svolta la visita tecnica presso lo stabilimento HITACHI RAIL di Reggio Calabria (Fig. 1), organizzata dalla locale Sezione CIFI. L'evento, che ha visto la partecipazione del Segretario Generale, Ing. V. GIOVINE e del Preside, Ing. G. A. MAIOLO, ha offerto l'opportunità di approfondire le tecnologie e i processi produttivi utilizzati nello stabilimento, un punto di riferimento per

l'industria ferroviaria nazionale e internazionale.

Durante la visita, i rappresentanti del CIFI hanno potuto osservare da vicino le fasi di progettazione, sviluppo e realizzazione dei moderni veicoli ferroviari e di metropolitane, con particolare attenzione alle innovazioni tecnologiche che contraddistinguono HITACHI RAIL quale leader nel settore. È stato un momento di confronto utile per il Collegio, che da sempre

promuove l'aggiornamento e la formazione dei professionisti del settore ferroviario.

Il Segretario Generale, V. GIOVINE, ha sottolineato l'importanza di tali occasioni per il Collegio, evidenziando il valore di questo tipo di collaborazione con le aziende associate al Collegio.

Il Preside, G. A. MAIOLO, ha espresso il proprio apprezzamento per l'ec-



Figura 1 – I partecipanti alla visita tecnica presso lo stabilimento HITACHI RAIL.

cellenza tecnologica mostrata dallo stabilimento HITACHI RAIL, sottolineando come la visita contribuisca anche a rafforzare la sinergia tra il mondo accademico, i professionisti e l'industria.

L'incontro ha rappresentato un'importante occasione di aggiorna-

mento, in cui si sono discusse le sfide e le opportunità che il settore ferroviario italiano sta affrontando, con l'auspicio di continuare a promuovere la crescita e lo sviluppo del comparto.

Il 15 aprile 2025 sono state consegnate, inoltre, delle targhe com-

memorative della visita al Dott. P. FRANCI, Plant Manager Hitachi Rail Reggio Calabria, al Dott. A. ASSANTE, HR Hitachi Rail Italy e all'Ing. P. GATTO Project Manufacturing Manager dello stabilimento, come segno di ringraziamento per l'accoglienza avuta da parte dei Soci che hanno partecipato all'evento del CIFI (Fig. 2).



Figura 2 – Consegna delle targhe commemorative della visita al Dott. P. FRANCI, al Dott. A. ASSANTE e all'Ing. P. GATTO.

## Notizie dall'interno

Massimiliano BRUNER

### TRASPORTI SU ROTAIA

#### Lombardia: al via i lavori di upgrade della stazione di Milano Centrale

Nella giornata di giovedì 27 marzo, Italferr ha formalmente avviato i lavori per l'upgrade tecnologico e infrastrutturale di Milano Centrale (Fig. 1), opera strategica che con oltre 6 milioni di passeggeri al mese, si posiziona come la seconda stazione in Italia per traffico ferroviario. Un afflusso costante che ha reso necessario un progetto di rinnovamento, integrando le modifiche al Piano Regolatore Generale con l'implementazione di nuove tecnologie basate su logiche a calcolatore, al fine di ottimizzare l'infrastruttura e garantire un servizio efficiente e puntuale.

Le lavorazioni, suddivise in due macrofasi composte da 4 sottofasi

ciascuna, si concentreranno su due aree chiave: modifiche al sottosistema infrastrutturale, con interventi all'armamento di binari e scambi per aumentare la capacità di manovra e la flessibilità, e interventi al sottosistema Energia, con la necessaria rimodulazione della catenaria. È prevista inoltre l'installazione di un nuovo sottosistema di segnalamento e controllo del traffico (CCS), in grado di gestire un maggior numero di itinerari ferroviari contemporanei.

La logica del nuovo sottosistema CCS verrà distribuita su 6 Gestori d'Area, i quali saranno collegati tra loro e con gli enti di piazzale da una rete di 1240 km di cavi. Per minimizzare l'impatto sull'ambiente, gli interventi di ammodernamento degli impianti tecnologici sono previsti all'interno di locali già esistenti, due all'interno delle cabine oblique e quattro situati sotto il piano del ferro della stazione

(magazzini raccordati). Per questi locali è stata progettata una struttura interna che garantisce l'impermeabilizzazione e l'incapsulamento degli apparati tecnologici, senza compromettere l'estetica esterna dell'edificio e nel rispetto dei vincoli storico-culturali della stazione.

Il rinnovamento della stazione di Milano Centrale rappresenta un passo importante per il futuro del trasporto ferroviario in Italia. L'integrazione tra innovazione tecnologica e attenzione al contesto urbano permetterà di creare un nodo ferroviario ancora più efficiente, sostenibile e accessibile, a beneficio di passeggeri e pendolari (Da: *Comunicato Stampa Italferr Gruppo FS Italiane*, 27 marzo 2025).

#### Nazionale: ANSFISA, revisione delle norme nazionali di qualificazione del Responsabile del Sistema di Gestione della Sicurezza

Al termine del processo di consultazione pubblica e di analisi dei commenti ricevuti dai diversi operatori del settore ferroviario, è stato emanato il decreto ANSFISA n. 73 del 01/04/2025 "Revisione delle norme nazionali in materia di attribuzioni di sicurezza della circolazione ferroviaria, di qualificazione del Responsabile del Sistema di Gestione della Sicurezza e di conformità dei Sistemi di Gestione della Sicurezza a specifici requisiti richiamati nella nota ANSF prot. n. 9798/12".

Il decreto è parte del riordino del quadro normativo nazionale in materia di sicurezza della circolazione ferroviaria, necessario per allinearlo all'attuale quadro europeo di riferimento recentemente modificato.

Con tale decreto sono state abrogate:

- le "Norme per la qualificazione del Responsabile del Sistema di gestione della Sicurezza", adottate con decreto ANSF n. 4/2011 del 28 marzo 2011;
- le "Attribuzioni in materia di sicurezza della circolazione ferroviaria"



(Fonte: Italferr Gruppo FSI)

Figura 1 – La "Cabina ACC" in ingresso alla Stazione Centrale di Milano.

ria”, adottate con il decreto ANSF n. 4/2012 del 9 agosto 2012;

- la nota ANSF protocollo n. 09798/12 del 13 dicembre 2012, relativa alla “conformità dei Sistemi di Gestione della Sicurezza ai requisiti contenuti nelle Disposizioni di RFI 13/2001, 10/2001, 26/2002, 15/2004 e 51/2007”;
- le parti dell’Allegato I del decreto ANSF n. 3/2019 del 2 luglio 2019 relative al Responsabile del Sistema di Gestione della Sicurezza (RSGS).

Il decreto è stato pubblicato sul sito internet dell’Agenzia, nella sezione Decreti - Portale ANSFISA, ed è entrato in vigore il giorno successivo alla sua emanazione.

Nella sezione Documenti in consultazione - Portale ANSFISA è stato pubblicato il documento di analisi dei commenti ricevuti, con le relative valutazioni di questa Agenzia (Da: *Info-Point ANSFISA*, 2 Aprile 2025).

### TRASPORTI URBANI

#### Lazio: Metro A, i lavori di restyling svolti alla stazione Cipro

Anche la stazione Cipro della metro A è stata profondamente rinnovata (Fig. 2). I lavori si sono svolti senza interruzioni del servizio viaggiatori e hanno consentito il restyling della stazione, sul modello di quanto realizzato nelle stazioni di Spagna e Otaviano.

Gli interventi tecnici effettuati a Cipro. Nel corso delle attività sono stati svolti importanti interventi tecnici. Sono stati canalizzati alcuni punti di infiltrazione, lato binari e in banchina. Gli impianti di traslazione, scale mobili e ascensori, sono stati oggetto di revisione speciale e, inoltre, la scala mobile esterna è stata sostituita con un nuovo impianto.

Gli interventi di restyling. Sono state rinnovate le strutture e gli impianti di illuminazione. Tutti i carter arancioni della stazione sono stati sostituiti con nuovi carter bianchi, mi-



(Fonte: ATAC)

Figura 2 – La nuova infrastruttura per il servizio metropolitano della Stazione Cipro, Linea A.

gliorando così la luminosità e l’aspetto estetico. Il box di stazione è stato completamente rinnovato con il rifacimento della verniciatura in smalto bianco e la sostituzione dei vetri opacizzati. Sono stati rinnovati anche i servizi igienici autopulenti presenti in stazione. È stata completamente rinnovata l’illuminazione, con l’integrazione di 670 nuove lampade e sono stati sostituiti, ristrutturati e retroilluminati i carter segnaletici, che ora svolgono una funzione sia decorativa che illuminante. L’intero arredo delle banchine è stato completamente sostituito. Gli elementi murari interni alla stazione sono stati trattati con stuccatura e pittura. È stata effettuata la sabbatura di 200 m<sup>2</sup> di travertino e la pulizia dei mattoncini in klinker, che rivestono le pareti per oltre 250 m<sup>2</sup>, caratterizzando l’ambiente della stazione.

Interventi all’esterno della stazione. Tutti gli elementi murari esterni alla stazione sono stati trattati con stuccatura e pittura. Oltre a ciò, sono stati sabbati 250 m<sup>2</sup> di travertino e puliti oltre 450 m<sup>2</sup> di mattoncini in klinker, che rivestono l’intera area di accesso esterna. I vetri vandalizzati della teca contenente importanti reperti archeologici sono stati sostituiti

e rivalorizzata l’intera struttura. È stato inoltre completato il ripristino e la sostituzione di tutte le luci della piazzetta d’ingresso, dei viali e degli spazi aperti che conducono agli accessi della stazione (Da: *Comunicato Stampa ATAC*, 3 aprile 2025).

#### Lombardia: torna il treno storico con undici corse verso i laghi Maggiore e di Como, Novara e la Valassina

Undici corse dal centro di Milano ai laghi, Novara e verso le montagne della Valassina. Questo il programma di Trenord per il treno storico nel 2025, che dopo i sold out nel 2024 in occasione dei suoi cent’anni, torna con due nuove mete: oltre i Laghi Maggiore e di Como, quest’anno il convoglio raggiungerà anche Novara e Asso.

Sarà domenica 6 aprile la prima corsa del treno storico, che tornerà sui binari per riproporre ai passeggeri nuovi viaggi da trascorrere nell’atmosfera degli anni Venti, sui sedili di velluto rosso cardinale delle carrozze di prima classe, con gli interni in legno.

I viaggi con destinazione Como Lago, Novara Nord e Asso saranno

animati da personaggi in costume d'epoca che si esibiranno in diverse performance artistiche, teatrali e musicali, basate sulla ricostruzione storica di luoghi e personaggi del tempo. Quelli con destinazione Laveno Mombello Lago, invece, saranno arricchiti da formazioni di musicisti jazz che renderanno omaggio alla musica degli anni Venti e Trenta.

### *Il programma dell'iniziativa*

Il treno è composto da tre carrozze di prima classe AZ 130-136-137, costruite negli anni 1924-25, dal locomotore E 600-3, realizzato da OM-CGE nel 1928, e dal locomotore E 610-04, prodotto dalla Breda-CGE nel 1949, tutti completamente restaurati.

Il convoglio da aprile a novembre effettuerà 11 undici corse di andata e ritorno da Milano Cadorna: sei saranno dirette a Como Lago; tre a Laveno Mombello Lago, una a Novara e una ad Asso.

Di seguito il programma completo:

- domenica 6 aprile: Milano Cadorna-Como Lago
- domenica 27 aprile: Milano Cadorna-Laveno Mombello Lago
- domenica 11 maggio: Milano Cadorna-Como Lago
- domenica 18 maggio: Milano Cadorna-Laveno Mombello Lago
- domenica 25 maggio: Milano Cadorna-Como Lago
- domenica 8 giugno: Milano Cadorna-Como Lago
- domenica 14 settembre: Milano Cadorna-Novara Nord
- domenica 21 settembre: Milano Cadorna-Como Lago
- domenica 5 ottobre: Milano Cadorna-Asso
- domenica 19 ottobre: Milano Cadorna-Laveno Mombello Lago
- domenica 9 novembre: Milano Cadorna-Como Lago

Il biglietto speciale dedicato all'iniziativa comprende il percorso di andata e ritorno sul treno storico,

più il viaggio di andata e ritorno su treni Trenord da tutta la Lombardia a Milano o alle stazioni in cui il convoglio effettua fermata: Saronno, per le corse verso Como; Saronno e Varese Nord, per le corse verso Laveno. Non sono previste fermate intermedie per le corse verso Novara Nord e Asso. Per i ragazzi fino ai 13 anni il viaggio è gratuito.

Da martedì 1° aprile, sarà possibile acquistare su [trenord.it](http://trenord.it) e App (sezione "Gite in treno") il biglietto speciale per la prima corsa, fino a esaurimento posti.

- La corsa Milano-Como di domenica 6 aprile

Il primo treno storico della stagione, domenica 6 aprile, partirà da Milano Cadorna alle ore 9.40 e arriverà alle ore 11.18 alla stazione di Como Lago, a pochi passi dalla riva del lago di Como. La fermata intermedia a Saronno è prevista alle 10.28, con ripartenza alle 10.35.

Da Como, la corsa di rientro partirà alle ore 16.46, con fermata a Saronno alle ore 17.34 e arrivo a Milano Cadorna alle ore 18.44. Il biglietto speciale del treno storico per Como avrà un costo di 15,60 euro (Da: *Comunicato Stampa Trenord*, 31 marzo 2025)

### **Piemonte: Torino, presentazione della nuova linea 2 della metropolitana**

Si è tenuta la presentazione del bando di gara per la scelta del nuovo sistema di treni della linea 2 della Metropolitana di Torino, un'opera strategica per il futuro della mobilità cittadina.

L'evento ha visto la partecipazione del vicepresidente del Consiglio e ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, M. SALVINI, a testimonianza dell'importanza di questo intervento innovativo e sostenibile per la mobilità locale e dell'impegno del MIT per queste opere che porteranno benefici significativi in termini di riduzione del traffico e miglioramento della qualità della vita dei cittadini.

Si tratta di un progetto all'av-

guardia: la nuova linea M2 avrà una lunghezza complessiva di 28,6 km, attraverso un sistema su ferro a guida completamente autonoma. I treni, dotati di moderni sistemi di autodiagnosi dei guasti, garantiranno prestazioni in linea con gli standard europei, con vibrazioni ridotte e una velocità massima di 80 km/h.

Ogni convoglio potrà trasportare fino a 400 passeggeri, con aree riservate a persone con disabilità motoria e biciclette.

Quattro gli obiettivi della progettazione redatta da Infra.To: integrare la nuova infrastruttura con avanguardie tecnologiche, garantire una manutenzione ordinaria predittiva tramite l'utilizzo di modelli BIM e sensoristica, assicurare il comfort dei passeggeri e adottare misure per evitare l'obsolescenza tecnologica.

Nel corso dei lavori il ministro SALVINI ha annunciato che, nel prossimo Cipess, verranno stanziati i 24,5 milioni necessari per il prolungamento fino a Cascine Vica della linea 1 della metropolitana di Torino (Da: *Comunicato Stampa MIT*, 1 aprile 2025).

### **Liguria: la metropolitana di Genova si rinnova, entra in servizio il primo treno di quarta generazione**

Entra in servizio il nuovo treno di Hitachi Rail per la metropolitana di Genova (Fig. 3). Dopo aver superato le prove della commissione ministeriale, terminata la fase di pre-esercizio, correrà sui binari della metropolitana di Genova.

Si tratta del primo dei 14 veicoli che Hitachi Rail sta costruendo per la metro del capoluogo ligure. Un investimento complessivo di 70 milioni di euro completamente finanziato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Ad aprile entrerà in servizio il secondo treno di ultima generazione e a seguire, uno al mese, fino al completamento della flotta.

I nuovi treni, che si aggiungono alla flotta gestita da AMT, contribuiranno a supportare l'espansione del-

la rete metropolitana di Genova, che incrementerà il proprio tracciato sia con le stazioni di Martinez e Canevari, sia con l'attivazione al pubblico della stazione di Corvetto.

I nuovi treni sono composti da 4 semicasce per una capacità complessiva di 290 passeggeri. Sono bidirezionali, lunghi 39 m e potranno circolare anche in composizione doppia, per una lunghezza totale di 78 m e una capacità di 580 passeggeri. Per garantire una maggiore flessibilità di esercizio, i nuovi convogli potranno operare in accoppiata anche con i 7 veicoli di terza generazione, attualmente in servizio sull'infrastruttura del capoluogo ligure.

La loro messa in servizio consentirà, inoltre, di rottamare i 6 treni di prima generazione, entrati in esercizio nel 1990, abbassando così l'età media del parco veicoli da 22,3 anni a 9,8 anni.

Design innovativo, tecnologie avanzate, uso di materiali rispondenti ai requisiti di sicurezza, resistenza e riciclabilità: queste le principali caratteristiche dei nuovi treni. Gli allestimenti interni e gli impianti di bordo sono stati concepiti per limitare al minimo gli ingombri degli apparati tecnici nell'area passeggeri, in modo da avere una continuità architettonica e visiva tra le carrozze contigue.

L'efficienza del servizio è garantita dal sistema ATP (*Automatic Train Protection*) relativo alla protezione automatica della marcia del treno, evitando in questo modo collisioni e deragliamenti e dal sistema ATO (*Automatic Train Operation*), ovvero la tecnologia di gestione automatica delle fermate e ripartenze nelle stazioni.

I treni, inoltre, sono dotati di un articolato sistema di telecomunicazioni di bordo. In ogni carrozza, sono stati installati apparati che, grazie a una rete Ethernet, garantiscono la connettività di tutti dispositivi di comunicazione: l'impianto di diffusione sonora, i display per l'informazione ai passeggeri, i citofoni di emergenza e i dispositivi di controllo e comunicazione riservati al conducente.

Infine, il comfort di viaggio è garantito da un innovativo sistema di climatizzazione, installato anche nella cabina di guida, ed è presente anche un avanzato sistema di videosorveglianza per la sicurezza dei passeggeri.

“Con l'entrata in servizio di questo nuovo treno, che ha appena ottenuto il via libera da ANSFISA, compiamo un altro decisivo passo in avanti sul rinnovo della flotta dei treni, con elevati standard di sicurezza, di sostenibilità e di qualità per i passeggeri su un asset fondamentale del trasporto pubblico locale come la metro, con il suo prolungamento in Val Polcevera e verso il Levante – dichiara il facente funzioni sindaco di Genova P. PICIOCCHI – Il modello integrato della mobilità prevede un servizio sempre più di qualità, all'interno di una rete di offerta di ultima generazione. La messa in servizio del nuovo treno Hitachi Rail fa parte di una flotta che abatterà ulteriormente l'età media dei mezzi in uso, garantendo al trasporto pubblico sempre maggiore attrattività”.

“Un'inaugurazione importante per la mobilità e i trasporti nella città di Genova – dichiara l'assessore regionale ai Trasporti M. SCAJOLA – La messa in servizio di questo nuovo convoglio di quarta generazione segna un passo fondamentale per il rinnovo della flotta metro a disposizione di AMT ed è sinonimo di generale progresso per tutta la Liguria. Come Regione abbiamo rinnovato tutta la flotta dei treni portandoli a una media età inferiore ai 5 anni, stesso procedimento verrà via via fatto con la metropolitana garantendo così a cittadini e turisti mezzi di prim'ordine. Attualmente dei 960 bus circolanti di AMT, oltre 600 sono stati acquistati con contributi regionali. Continueremo a sostenere le aziende di trasporto



(Fonte: Hitachi Group)

Figura 3 – Un convoglio in attesa di partenza per una corsa di prova sulla Metropolitana di Genova.

pubblico locale con l'obiettivo di offrire un servizio migliore all'utenza e tutte le garanzie possibili ai lavoratori”.

“Il rinnovamento del parco mezzi della nostra metropolitana rappresenta un investimento importante nell'ottica di un trasporto pubblico sempre più moderno, efficiente e confortevole per genovesi e turisti – spiega l'assessore alla Mobilità sostenibile e al Trasporto pubblico del Comune di Genova S. GAMBINO – Con questi treni di ultima generazione, la prossima realizzazione delle nuove fermate della metropolitana e la messa a terra del progetto dei 4 Assi di Forza con l'elettrificazione e decarbonizzazione di tutto il parco mezzi di AMT, contestualmente ad alcune importanti azioni di rigenerazione urbana, andremo a garantire una mobilità sempre più veloce, condivisa ed ecosostenibile, con benefici a 360 gradi per tutto il territorio genovese”.

“L'arrivo dei nuovi treni di quarta generazione è un passo fondamentale per rendere la metropolitana di Genova più efficiente, moderna e sicura. Questo rinnovamento della flotta non solo migliorerà la qualità del servizio per i cittadini, ma sarà anche un tassello strategico nell'ampliamento della rete di trasporto pubblico della città – sottolinea C. GARBARINO, consigliere delegato ai Trasporti della Città Metropolitana di Genova – L'integrazione futura con lo Skymetro rappresenterà un'opportunità straordinaria per il nostro territorio: con il prolun-

gamento fino a Prato, si creerà un collegamento essenziale tra la Val Bisagno e il resto della città, garantendo una mobilità più rapida e sostenibile per i residenti delle vallate. Investire nel trasporto pubblico significa guardare al futuro e alla qualità della vita dei cittadini, e Città Metropolitana di Genova continuerà a sostenere con determinazione progetti che rendano il nostro sistema di mobilità sempre più connesso ed efficiente”.

“L’entrata in servizio del nuovo treno Hitachi Rail di ultima generazione segna una tappa significativa nel percorso di rinnovamento e potenziamento della flotta della metropolitana, soprattutto nell’ottica dei prolungamenti della rete in corso – afferma I. GAVUGLIO, presidente e direttore generale di AMT – Il treno che inauguriamo così come i prossimi che entreranno in servizio nei prossimi mesi, è un veicolo all’avanguardia, dotato di allestimenti e design moderni e tecnologie innovative, studiato per rendere il viaggio dei nostri utenti più confortevole e sicuro. I nuovi treni contribuiranno inoltre ad aumentare l’attrattiva della metropolitana di Genova, in quanto mezzo di trasporto efficiente, veloce e sostenibile”.

“Hitachi Rail ha un forte legame con la città di Genova sia per la presenza sul territorio di uno dei nostri principali siti nonché centro di eccellenza del segnalamento ferroviario, sia per la consolidata collaborazione con il Comune e AMT – dice L. D’AQUILA, COO Hitachi Rail Group e CEO Hitachi Rail Italia – I treni che abbiamo realizzato saranno al servizio dei passeggeri genovesi e siamo orgogliosi di poter contribuire concretamente al potenziamento del trasporto pubblico della città con i nostri prodotti e le nostre tecnologie. Siamo consapevoli che le nostre idee e il nostro lavoro incidono direttamente sulla qualità della vita delle persone per cui sentiamo la responsabilità di innovare e portare valore in termini di sicurezza, comfort e sostenibilità: questi treni ne sono l’esempio” (Da: *Comunicato Stampa Hitachi Group*, 26 marzo 2025).

## TRASPORTI INTERMODALI

### Nazionale: Polo Logistica FS Italiane, sinergia ferro-gomma per trasporto di prefabbricati in calcestruzzo

Una nuova collaborazione per rendere la logistica più efficiente e a basso impatto ambientale: Polo Logistica FS Italiane, Baraclit e Murano S.p.A. annunciano l’avvio di un innovativo modello di trasporto intermodale di prefabbricati in calcestruzzo che ottimizza i flussi logistici e riduce le emissioni di CO<sub>2</sub>, riducendo gli spostamenti su gomma.

L’iniziativa è stata anticipata durante il convegno “Il ruolo della logistica nella transizione energetica e nella crescita economica”, organizzato da ALIS (Associazione Logistica dell’Intermodalità Sostenibile) nell’ambito della fiera LetExpo di Verona.

Grazie al Polo Logistica, i manufatti in calcestruzzo prodotti da Baraclit nel suo stabilimento di Bibbiena (AR), vengono caricati sul treno direttamente in fabbrica mediante Trasporto Ferroviario Toscano - TFT e, con un treno Mercitalia Rail, raggiungono il terminal di Marcianise (CE), dove Mercitalia Shunting & Terminal li carica su autocarri per il trasporto in cantiere. Un modello di logistica integrata che valorizza la sinergia tra le aziende del Polo Logistica, fornendo soluzioni efficienti e sostenibili per creare valore per i partner.

“Questa sinergia fa parte del percorso evolutivo del nostro Piano Strategico, che prevede una serie di azioni mirate a favorire la massima collaborazione tra i diversi segmenti del trasporto in un’ottica di sistema sull’intera supply chain con il treno come vettore principale sulle lunghe distanze”, ha dichiarato S. DE FILIPPIS, AD di Mercitalia

Logistics. “Un approccio che parte prima di tutto dell’innovazione culturale che sta vivendo il Polo Logistica del Gruppo FS Italiane: il cliente e la sua domanda al centro dei processi operativi, le partnership e le sinergie quali must del piano, la sostenibilità ambientale, economica e sociale come faro per il raggiungimento degli sfidanti obiettivi che ci siamo prefissati per proporci sempre più come *Freight Forwarder* a supporto del sistema industriale europeo”.

L’adozione di questo modello di trasporto (Fig. 4) consente di eliminare circa 280 autocarri dalla rete stradale, evitando l’emissione di circa 195 tonnellate di CO<sub>2</sub> rispetto al trasporto esclusivamente su gomma, secondo le stime del Polo Logistica FS Italiane.

L’iniziativa si inserisce in un momento simbolico per Murano S.p.A., azienda leader italiana nel settore della frutta secca con il marchio Fatina, che celebra 80 anni di attività con la costruzione di un nuovo stabilimento all’avanguardia. Questa struttura, caratterizzata da dimensioni, tecnologia e innovazione uniche in Europa, è stata affidata a Baraclit, azienda toscana di riferimento nel settore dei prefabbricati ad alto contenuto tecnologico ed estetico.

Questa partnership rappresenta un nuovo passo avanti nel percorso di intermodalità promosso dal Polo Logistica, in continuità con il progetto ferro-mare-gomma realizzato lo scorso anno insieme a Baraclit e Gruppo Grendi. Un’ulteriore milestone verso



(Fonte Gruppo FS Italiane, Mercitalia Logistics)

Figura 4 – Polo Logistica FS Italiane: sinergia ferro-gomma per trasporto di prefabbricati in calcestruzzo.

una logistica sempre più sostenibile, efficiente e in linea con gli obiettivi ESG delle aziende partner (Da: *Comunicato Stampa Mercitalia Logistics*, 13 marzo 2025).

## INDUSTRIA

### Nazionale: Gruppo FS Italiane, risultati di bilancio 2024

Il Consiglio di Amministrazione di Ferrovie dello Stato Italiane S.p.A., presieduto da T. TANZILLI, ha approvato, in data odierna, la Relazione finanziaria annuale al 31 dicembre 2024 del Gruppo FS Italiane, che da quest'anno contiene anche la Rendicontazione consolidata di sostenibilità.

S. A. DONNARUMMA, Amministratore Delegato e Direttore Generale del Gruppo FS Italiane, ha così commentato: "Il 2024 ha rappresentato un anno di conferma della solidità e della centralità del Gruppo FS Italiane nello sviluppo infrastrutturale e industriale del Paese. Con oltre 17,5 miliardi di euro di investimenti tecnici, il livello più alto mai raggiunto nella storia del Gruppo, e ricavi operativi saliti a 16,5 miliardi di euro, abbiamo dimostrato una capacità esecutiva straordinaria, sostenuta anche da una gestione efficace dei fondi PNRR, di cui siamo tra i principali attuatori. A fine anno risultano spesi oltre 12 miliardi di euro, un valore superiore alla pianificazione prevista.

In questa prospettiva si inserisce

anche il Piano Strategico 2025–2029, che prevede oltre 100 miliardi di euro di investimenti per sostenere un processo di profonda trasformazione industriale, orientato al potenziamento delle infrastrutture, al miglioramento della qualità del servizio, alla crescita sostenibile e al rafforzamento della presenza internazionale.

Anche i ricavi operativi segnano un nuovo massimo storico, con performance in crescita in tutti i segmenti di business, in particolare nel trasporto passeggeri. Si confermano positivi anche i principali indicatori economici, come EBITDA ed EBIT. In un contesto economico complesso, il Gruppo FS Italiane continua a rafforzare il proprio ruolo strategico per il Paese, mantenendo una solida struttura patrimoniale e finanziaria e contribuendo fortemente allo sviluppo occupazionale, con oltre 9.700 nuove assunzioni nel 2024 (Fig. 5).

Significativi anche i risultati conseguiti in ambito ESG, con un forte impegno nella decarbonizzazione, nella gestione efficiente delle risorse e nella promozione dell'inclusione, sostenuti da strumenti di finanza sostenibile e da una visione di crescita responsabile".

I Ricavi operativi aumentano a 16,5 miliardi di euro, con un incremento complessivo di 1,7 miliardi di euro (+12%) rispetto al 2023.

I Ricavi da servizi di trasporto, pari a 8,7 miliardi di euro, registra-

no una crescita di 818 milioni di euro rispetto al 2023, sia in ambito nazionale che internazionale. Nello specifico, aumentano sia i ricavi relativi ai servizi passeggeri su ferro (+641 milioni di euro), sia i ricavi da trasporto passeggeri su gomma (+22 milioni di euro), con volumi di domanda dei viaggiatori km (+6,6% nei servizi a mercato, +4,5% nel servizio intercity, +7,2% nel servizio regionale) e di produzione dei treni km (+5,8% nei servizi a mercato, +3,6% nel servizio intercity, +0,7% nel servizio regionale) in crescita. Aumentano anche i ricavi connessi al trasporto merci su ferro (+156 milioni di euro), grazie al contributo delle nuove società del gruppo Exploris, entrate nell'area di consolidamento nel 2024.

I Ricavi da servizi di infrastruttura, pari a 4,6 miliardi di euro, registrano un aumento di circa il 9,5% rispetto al periodo precedente (+402 milioni di euro) per effetto dell'andamento dei corrispettivi di servizio e concessionari legati alla circolazione stradale e ferroviaria.

Gli Altri ricavi operativi, pari a 3,1 miliardi di euro, aumentano complessivamente di 506 milioni di euro. La variazione è dovuta prevalentemente all'operazione di vendita dello scalo Farini e San Cristoforo nell'ambito dell'Accordo di Programma sottoscritto con il Comune di Milano e all'incremento dei servizi offerti alle Imprese Ferroviarie e dei servizi accessori alla circolazione.

Highlights Risultati Economici e Finanziari	2024	2023	Variazione	€ mln
				%
Ricavi operativi	16.529	14.804	1.725	11,7
EBITDA	2.242	2.228	14	0,6
EBIT	343	338	5	1,5
Risultato netto	(208)	100	(308)	(>200)
Investimenti tecnici	17.559	16.423	1.136	6,9
Posizione Finanziaria Netta	13.496	11.158	2.338	21,0
Mezzi Propri	41.752	42.089	(337)	(0,8)

(Fonte: Gruppo FS Italiane)

Figura 5 – I risultati di bilancio Gruppo FS Italiane, in sintesi.

I Costi operativi si attestano a 14,3 miliardi di euro, in crescita di 1,7 miliardi di euro (+14%) rispetto all'esercizio precedente per effetto dell'incremento dell'organico medio e dell'aumento del costo unitario del lavoro nonché di maggiori costi per servizi ed energia elettrica per la trazione.

L'EBITDA si incrementa di 14 milioni di euro, pari a +1% rispetto al 31 dicembre 2023 per effetto, principalmente, della variazione del perimetro di consolidamento.

L'EBIT si attesta a 343 milioni di euro con una crescita di +1,5% rispetto al 2023.

La Perdita Netta si attesta a 208 milioni di euro (rispetto all'utile di 100 milioni di euro del 2023) per il peggioramento del saldo della gestione finanziaria riconducibile a fenomeni non ricorrenti legati a variazioni di perimetro di consolidamento e a maggiori oneri finanziari a servizio del debito.

Sul fronte degli Investimenti, il 2024 conferma il ruolo centrale del Gruppo a sostegno del sistema industriale nazionale. Il Gruppo FS Italiane ha infatti sviluppato e gestito un livello complessivo di spesa per investimenti tecnici pari a 17,6 miliardi di euro, con una crescita del 7% rispetto al 2023 (il 96% degli investimenti in Italia e quasi 15 miliardi di euro relativi ad infrastrutture ferroviarie e stradali, tra le quali si segnalano, in particolare, le opere sulla linea AV/AC Verona-Padova tratta Verona-Vicenza, sulla Milano-Verona tratta Brescia-Verona e sulla tratta Terzo Valico dei Giovi e Napoli-Bari).

In parallelo, il Gruppo FS Italiane mantiene un elevato livello di solidità patrimoniale e finanziaria, con un

Patrimonio Netto che a fine 2024 ammonta a 41,7 miliardi di euro.

La Posizione Finanziaria Netta, pari a 13,5 miliardi di euro, registra un incremento di 2,3 miliardi di euro rispetto al 31 dicembre 2023, per il maggior ricorso alla provvista finanziaria finalizzata a supportare il piano di sviluppo e ammodernamento del Gruppo. Il rapporto PFN/Patrimonio si attesta anche per il 2024 intorno allo 0,3.

I giudizi delle agenzie di rating danno il pieno riconoscimento dell'affidabilità patrimoniale e finanziaria del Gruppo, con "BBB/A-2" da Standard & Poor's, che ha lasciato invariato a fine novembre 2024 il proprio giudizio con outlook "stable" e lo "Stand Alone Credit Profile" (SACP) a 'bbb+', un notch superiore a quello della Repubblica Italiana, e con Fitch che ha confermato nel mese di ottobre il proprio giudizio in "BBB/F2", alzando l'outlook da "stabile" a "positivo". Fitch ha inoltre confermato lo Standalone Credit Profile (SCP) di FS Italiane a 'bbb'.

In questo quadro, assumono un ruolo significativo gli strumenti di finanza sostenibile. In particolare, nel corso del 2024 è stata sottoscritta una nuova linea di credito *committed* e *revolving Sustainability Linked*, di ammontare pari a 3,5 miliardi di euro con durata triennale, con meccanismi di revisione del margine e della *commitment fee* al raggiungimento di target relativi a tre *Key Performance Indicator* legati a temi ESG; è stata finalizzata una nuova emissione in private placement riservata alla Banca Europea per gli Investimenti per 100 milioni di euro per finanziare l'acquisto da parte di Trenitalia di treni ibridi dedicati al servizio regionale;

è stato sottoscritto un finanziamento quadriennale con Intesa Sanpaolo - IMI CIB per un totale di 2 miliardi di euro i cui proventi saranno rivolti in particolare a finanziare spese di manutenzione straordinaria per l'ammodernamento dell'infrastruttura ferroviaria, totalmente rispondenti ai principi ESG perché relative a progetti in grado di produrre significativi benefici ambientali e sociali.

I dipendenti del Gruppo FS Italiane passano da 92.446 a 96.335 unità, con un turnover determinato da 9.736 assunzioni e 6.374 uscite. Continua la crescita della presenza femminile con un'incidenza nel 2024 pari al 21,5%.

## PRINCIPALI RISULTATI DEI SETTORI DI BUSINESS

- Infrastruttura Ferroviaria

I Ricavi operativi dell'infrastruttura ferroviaria nel 2024 ammontano a oltre 3 miliardi di euro e sono in incremento rispetto al 2023 per 62 milioni di euro (+2%).

L'EBITDA è pari a 86 milioni di euro in diminuzione dell'81,3% per effetto del piano assunzioni del personale a servizio della manutenzione e degli investimenti (Fig. 6).

In evidenza, gli investimenti tecnici dell'infrastruttura ferroviaria che nel 2024 superano gli 11 miliardi di euro (10,8 miliardi di euro nel 2023) e rappresentano oltre il 64% del totale investimenti tecnici del Gruppo FS Italiane.

Nel corso del 2024 RFI ha pubblicato 359 bandi di gara per un valore di 13,4 miliardi di euro e ci sono state aggiudicazioni definitive di 293 gare per un importo pari a circa 10 miliardi di euro.

	2024	2023	Variazione	€ mln
				%
Ricavi operativi	3.202	3.140	62	2,0
EBITDA	86	460	(374)	(81,3)
Investimenti tecnici	11.273	10.839	434	4,0

(Fonte: Gruppo FS Italiane)

Figura 6 – I risultati di bilancio Gruppo FS Italiane, in sintesi: Infrastruttura ferroviaria.

- **Infrastruttura stradale**

I Ricavi operativi dell'infrastruttura stradale nel 2024 ammontano a oltre 4 miliardi di euro e sono in incremento rispetto al 2023 per 313 milioni di euro (+8,0%).

L'EBITDA è pari a 119 milioni di euro in diminuzione dell'11,9% per effetto della crescita dei costi per servizi di gestione dell'infrastruttura stradale e dei costi del personale (Fig. 7).

Gli investimenti tecnici dell'infrastruttura stradale nel 2024 sono pari a 3,6 miliardi di euro (3,2 miliardi di euro nel 2023) e rappresentano il 21% del totale investimenti tecnici del Gruppo FS Italiane.

Nel corso del 2024 ANAS ha pubblicato 54 bandi di gara per un valore di 3,8 miliardi di euro e ci sono state aggiudicazioni definitive di 102 gare per un importo pari a circa 5,2 miliardi di euro.

- **Trasporto Passeggeri**

I volumi complessivi di traffico passeggeri su rotaia realizzati nel 2024 dalle società impegnate nel trasporto passeggeri sono stati pari a 49 miliardi di viaggiatori km (di cui 37,7 miliardi, pari circa al 77%, relativi a Trenitalia), in crescita del 6,7% rispetto al 2023.

I Ricavi operativi del Trasporto Passeggeri nel 2024 ammontano a 8,6 miliardi di euro e sono in incremento rispetto al 2023 per 905 milioni di euro (+12%), essenzialmente attribuibile alla componente dei ricavi da traffico trainati dall'incremento della domanda correlato alla ripresa della mobilità dei viaggiatori e alla ripresa del business travel e del traffico pendolare (Fig. 8).

L'EBITDA registra un valore positivo pari a 1,8 miliardi di euro, con un incremento pari a 312 milioni di euro rispetto al 2023 derivante dai maggiori ricavi parzialmente mitigato dai costi legati principalmente alla maggiore offerta e ai maggiori costi del personale.

Gli investimenti tecnici legati al Trasporto passeggeri sono pari nel 2024 a oltre 2 miliardi di euro (+13,4% vs il 2023) principalmente per rinnovo materiale rotabile in capo a Trenitalia.

- **Trasporto Merci**

I Ricavi operativi del Trasporto Merci ammontano a 1.358 milioni di euro e registrano un incremento rispetto al 2023 pari a 207 milioni di euro (+18%) legati ai maggiori volumi di traffico realizzati, in territorio nazionale ed estero, pari a 22,9 miliardi di tonnellate km (+8,6% rispetto al 2023) a fronte di una maggiore offerta di treni km (+11,7%). Le performance del Trasporto Merci sono state trainate dal contributo del Gruppo TX Logistik, in particolare per l'acquisizione del Gruppo Exploris a fine 2023, i cui effetti economici patrimoniali e finanziari hanno avuto piena manifestazione sulla situazione del Gruppo FS Italiane a partire dal 2024 (Fig. 9).

L'EBITDA si attesta nel 2024 ad un valore positivo di 61 milioni di euro, in aumento dell'1,7% rispetto al 2023 come derivata dell'incremento di fatturato.

Il Trasporto Merci ha sviluppato nel 2024 investimenti tecnici pari a 297 milioni di euro (+64,1% vs il 2023) per il proseguimento del piano di rinnovo della flotta e per la manutenzione del parco loco e carri operativo.

- **Urbano**

I Ricavi operativi del Settore Urbano nel 2024 ammontano a 586 milioni di euro, registrando un incremento (>200%) attribuibile principalmente all'operazione di vendita dello Scalo Farini e San Cristoforo di Milano.

L'EBITDA del Settore Urbano si attesta nel 2024 ad un valore positivo di 158 milioni di euro e registra un miglioramento di 125 milioni di euro trainato dall'incremento dei ricavi operativi (Fig. 10).

Nel 2024 gli investimenti tecnici del Settore Urbano sono pari a 10 milioni di euro (48 milioni di euro nel 2023) e si riferiscono alla manutenzione e valorizzazione degli asset immobiliari di proprietà del Gruppo FS Italiane.

- **Sostenibilità ambientale, sociale e di governance**

Il Gruppo FS Italiane prosegue l'impegno nella mitigazione del cambiamento climatico verso l'obiettivo "Net Zero": in particolare, le emissioni dirette e indirette (derivanti dall'energia acquistata), pari a circa 2,5 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente, registrano una riduzione dell'1,5% rispetto al 2019, anno base dei target di decarbonizzazione certificati attraverso SBTi (*Science Base Target Initiative*), iniziativa internazionale che supporta il settore privato nel percorso di riduzione delle emissioni.

Tra le altre tematiche ambientali, è necessario sottolineare il ruolo di rilievo che riveste la corretta gestione delle acque nelle attività del Gruppo (nel 2024 si registra un consumo idrico pari a 17 milioni di m<sup>3</sup>, con una riduzione di circa il 16% dei prelievi idrici rispetto al 2019), e la gestione efficiente e "circolare" delle risorse

	2024	2023	Variazione	€ mln
				%
Ricavi operativi	4.220	3.907	313	8,0
EBITDA	119	135	(16)	(11,9)
Investimenti tecnici	3.625	3.214	411	12,8

(Fonte: Gruppo FS Italiane)

Figura 7 – I risultati di bilancio Gruppo FS Italiane, in sintesi: Infrastruttura stradale.

	2024	2023	Variazione	€ mln
				%
Ricavi operativi	8.554	7.649	905	11,8
EBITDA	1.865	1.553	312	20,1
Investimenti tecnici	2.255	1.988	267	13,4

(Fonte: Gruppo FS Italiane)

Figura 8 – I risultati di bilancio Gruppo FS Italiane, in sintesi: Trasporto passeggeri.

	2024	2023	Variazione	€ mln
				%
Ricavi operativi	1.358	1.151	207	18,0
EBITDA	61	60	1	1,7
Investimenti Tecnici	297	181	116	64,1

(Fonte: Gruppo FS Italiane)

Figura 9 – I risultati di bilancio Gruppo FS Italiane, in sintesi: Trasporto merci.

	2024	2023	Variazione	€ mln
				%
Ricavi operativi	586	156	430	>200
EBITDA	158	33	125	>200
Investimenti tecnici	10	48	(38)	(79,5)

(Fonte: Gruppo FS Italiane)

Figura 10 – I risultati di bilancio Gruppo FS Italiane, in sintesi: Urbano.

naturali, anche nell'ottica di minimizzare la produzione di rifiuti (97% è la percentuale in peso di rifiuti speciali inviati a recupero nel 2024).

Si registra un generale aumento delle attività economiche classificate come ecosostenibili ai sensi della Tassonomia europea. La quota ecosostenibile delle spese in conto capitale (88,3%), in crescita di circa il 10% rispetto al 2023, conferma la direzione degli investimenti ecosostenibili che il Gruppo prevede di attuare nell'arco di Piano industriale, pari a oltre l'80% di tutti gli investimenti previsti nel prossimo decennio.

Con 96.335 persone, il Gruppo FS Italiane rappresenta una delle più grandi realtà industriali del Paese. Costante è l'impegno per garantire

condizioni di lavoro, benessere, inclusione e valorizzazione per tutti i dipendenti. A tal proposito, proseguono le attività per raggiungere importanti obiettivi quali, ad esempio, gli infortuni mortali zero sul lavoro (entro il 2031) e l'incremento delle donne che ricoprono ruoli manageriali (33,5% da raggiungere entro il 2029).

È proseguito il percorso per supportare la catena di fornitura nel miglioramento delle proprie performance di sostenibilità, attraverso l'applicazione di un sistema di Rating ESG, messo a disposizione da FS Italiane, che ha coinvolto oltre 450 aziende/business partner e vedrà, a partire dal 2026, la partecipazione di 5 mila operatori economici e fornitori.

Nella sezione Relazioni finanzia-

rie del sito web fsitaliane.it è disponibile un documento di sintesi con il dettaglio dei principali risultati conseguiti nel periodo dal Gruppo FS Italiane (Da: *Comunicato Stampa Gruppo FS Italiane*, 3 aprile 2025).

## VARIE

### **Marche: FS Italiane - Cantieri parlanti, potenziamento linea Orte-Falconara, RFI dà il via allo scavo della galleria Chiarodovo**

Rete Ferroviaria Italiana (Gruppo FS Italiane) ha dato il via allo scavo della galleria Chiarodovo in località Genga (Ancona), lotto Genga-Serra San Quirico della linea Orte-Falconara.

ra. Lo scavo è avvenuto tramite quella che in gergo tecnico è definita la prima “volata”, ovvero l’abbattimento attraverso l’utilizzo di esplosivi, dei primi 2,5 m dei complessivi 267 (Fig. 11).

All’evento hanno partecipato il Presidente della Regione Marche, F. ACQUAROLI, il Sindaco di Genga, M. FILIPPONI, l’Amministratore Delegato del Consorzio Stabile Eteria, V. ONORATO, il Direttore Investimenti di Rete Ferroviaria Italiana, L. MENTA, il Commissario Straordinario potenziamento linea Orte-Falconara, V. MACELLO, e il Parroco di Albacina, Don L. PALONI, che ha impartito la benedizione del fronte e della statua di Santa Barbara che verrà collocata in una nicchia all’ingresso della galleria.

L. MENTA, Direttore Investimenti di RFI: “Iniziano i lavori di scavo di una delle gallerie più importanti della tratta, un passaggio fondamentale per la realizzazione di questa infrastruttura strategica. L’avvio con l’impiego di microcariche è una tecnica che garantisce un impatto ambientale minimo sul territorio circostante. L’impegno su questa tratta, la Orte-Falconara, è massimo sia in termini di risorse che di programmazione. Per il Lotto 1 abbiamo completato la progettazione e avvieremo a breve il dibattito pubblico, passo essenziale per il proseguimento dell’iter autorizzativo”.

V. MACELLO, Commissario Straordinario potenziamento linea Orte-Falconara: “Il Lotto 2 è particolarmente complesso, con 5 gallerie e 4 viadotti, ed è uno dei tre interventi inclusi nel PNRR per il raddoppio della tratta Genga – Serra San Quirico. La prossima settimana avvieremo anche i lavori sulla tratta PM228-Albacina, e andiamo avanti col potenziamento tecnologico dell’intera direttrice Orte-Falconara. Questo intervento non solo aumenterà la capacità dell’infrastruttura per i viaggiatori, ma consentirà anche una riduzione dei tempi di percorrenza fino a 20 minuti. L’investimento complessivo è di circa 540 milioni di euro e le imprese sono pronte a partire. Alcuni tratti della linea consentiranno di raggiungere

velocità fino a 200 km/h, mentre in questo specifico lotto si arriverà fino a 170 km/h”.

**IL LOTTO** – Il lotto 2, ritenuto prioritario rispetto agli altri lotti, è stato inserito tra gli interventi finanziati dal PNRR. Seguiranno, in futuro, gli interventi per il lotto 3 (iter autorizzativo in corso) e, successivamente, per il lotto 1.

Il nuovo tracciato del lotto 2 (8,9 km) verrà realizzato prevalentemente in variante e, per oltre la metà della sua estensione, in galleria.

I principali interventi riguardano:

- la realizzazione di una serie di gallerie alternate a viadotti;
- la realizzazione di una nuova stazione a Genga in prossimità del parco delle Grotte di Frasassi;
- l’adeguamento e la nuova realizzazione delle viabilità per il ripristino dei collegamenti con la SS 76;
- la riqualificazione della stazione di Serra San Quirico.

I lavori sono stati affidati da Rete Ferroviaria Italiana (Gruppo FS Italiane), committente dell’opera, al Raggruppamento Temporaneo Imprese Eteria Consorzio Stabile e Salcef sotto la direzione dei lavori di Italferr (Gruppo FS Italiane) per un valore complessivo dell’investimento

di circa 545 milioni di euro (di cui 438 con fondi PNRR).

**IL PROGETTO** – Il potenziamento della linea Orte-Falconara prevede diversi interventi, tra i quali è presente il Raddoppio della tratta PM 228-Castelplanio, che risulta essere suddiviso in 3 lotti:

- lotto 1 tratta PM 228-Genga;
- lotto 2 tratta Genga-Serra San Quirico (PNRR);
- lotto 3 tratta Serra San Quirico-Castelplanio.

**I BENEFICI** - L’opera consentirà di incrementare la velocità di linea fino a 200 km/h, minori tempi di percorrenza, per la relazione Roma-Ancona (15 minuti in meno) e Roma-Perugia (10 minuti in meno), potenziamento dell’intermodalità e decongestionamento del sistema stradale.

**CANTIERI PARLANTI** – Il potenziamento della linea Orte-Falconara rientra tra le opere strategiche del progetto Cantieri Parlanti, un’iniziativa del Gruppo FS Italiane (con le società RFI e Italferr), condotta in collaborazione con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, sotto l’egida del Commissario Straordinario di Governo V. MACELLO. I cantieri del Gruppo FS Italiane “parlano” un linguaggio semplice, trasparente e immediato,



(Fonte: RFI Gruppo FSI)

Figura 11 – Lo scavo della galleria Chiaradovo.

condiviso con i territori, per raccontare la loro storia e la loro mission e per rendere i cittadini e gli stakeholder più consapevoli e aggiornati sull'importanza delle opere in corso.

L'obiettivo è quello di perseguire un'operazione di trasparenza, oltre che di informazione, per illustrare i vantaggi dell'opera e fornire dati aggiornati attraverso pannelli collocati all'interno dei cantieri, ma sempre ben visibili alla cittadinanza e a chi transita sulle linee e sulle strade limitrofe ai cantieri.

I Cantieri Parlanti comunicano anche tramite una pagina dedicata alle opere strategiche, presente su [fsitaliane.it](http://fsitaliane.it), aggiornata sullo stato dei fatti e sull'avanzamento delle attività. Potranno, infine, essere organizzate iniziative ad hoc che trasformeranno i cantieri in veri hub di comunicazione, aperti al pubblico esterno (cittadini, associazioni, studenti, ecc) per favorire momenti di confronto sulle trasformazioni che intere aree urbane vivono e vivranno grazie all'opera

in corso (Da: *Comunicato Stampa RFI Gruppo FS Italiane*, 26 marzo 2025).

### **Nazionale: MIT, decreto per l'istituzione del Reparto Operativo Laghi della Guardia Costiera**

Il vicepresidente del Consiglio e ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, M. SALVINI, su proposta del Comandante generale del Corpo delle Capitanerie di porto – Guardia Costiera, Ammiraglio N. CARLONE, ha firmato il decreto che istituisce il Reparto Operativo Laghi - Guardia Costiera (R.O.L.-GUAR.COST.), che avrà il compito di coordinare le attività dei Nuclei Guardia costiera già presenti sui laghi di Garda, Maggiore e Como.

Il Reparto Operativo Laghi, che avrà sede a Milano e dipendenza dalla Direzione Marittima della Liguria, rappresenta un passo fondamentale per garantire un esercizio integrato e coordinato delle attività operative di ricerca e soccorso, di polizia di sicu-

rezza della navigazione, dei controlli in materia di sicurezza della navigazione da diporto e di tutte le funzioni che la normativa attribuisce alla Guardia Costiera sui tre grandi laghi.

Il Reparto svolgerà un ruolo cruciale nel coordinamento delle attività di ricerca e soccorso quale Lake Rescue Sub Center - LRSC, a supporto dei Nuclei, e permetterà una risposta più rapida ed efficace in caso di emergenza, come previsto dal Piano S.A.R. "laghi maggiori".

"Rafforziamo in maniera significativa la presenza e l'efficacia della nostra Guardia Costiera sui grandi laghi" - ha dichiarato il Ministro SALVINI - "Un impegno per garantire la massima sicurezza e una maggiore tutela di chi naviga e vive questi territori. È un'altra promessa mantenuta".

Il provvedimento è volto ad assicurare una presenza ancora più capillare e ad ottimizzare ulteriormente l'efficienza del servizio senza oneri aggiuntivi per lo Stato (Da: *Comunicato Stampa MIT*, 4 aprile 2025).

## NUOVA EDIZIONE DEL CIFI

Giuseppe ACQUARO

### LA SICUREZZA FERROVIARIA

#### Principi, approcci e metodi nelle norme nazionali ed europee

Il progetto politico comunitario di riassetto del comparto ferroviario europeo si basa sul principio della libera circolazione di persone, beni e servizi.

Scopo del progetto è rendere il “sistema di trasporto ferroviario”, sia delle merci sia delle persone, strategico fra tutti gli strumenti a disposizione per raggiungere obiettivi di sostenibilità sociale.

In particolare, l’obiettivo primario posto dall’Unione, è dar vita a uno spazio unico europeo privo di ostacoli residui tra i sistemi nazionali, facilitando in tal modo sia il processo di integrazione che l’emergere di nuovi operatori multinazionali e multimodali.

Tutto ciò deve però avvenire all’interno di un quadro normativo di tutela della pubblica sicurezza nei trasporti mediante la definizione di un sistema di regole che garantiscono trasporti sicuri ispirati a criteri universalmente riconosciuti di buona gestione.

I recenti cambiamenti introdotti nella normativa europea e nazionale in tema di sicurezza dei sistemi ferroviari. In particolare i recenti decreti legislativi 50 e 57 di giugno 2019, hanno recepito il pilastro tecnico del cosiddetto pilastro tecnico del IV pacchetto ferroviario europeo nonché il nuovo regolamento europeo (n. 762/2016) sui requisiti dei sistemi di gestione della sicurezza.

Con questi nuovi provvedimenti il legislatore ha voluto rimarcare l’importanza, nella gestione dei servizi ferroviari, di un approccio di tipo rischio-centrico. Ciò in quanto, nel trasporto ferroviario gli incidenti possono dare origine a conseguenze catastrofiche e questi sono prevalentemente legati a fattori umani: l’uomo, infatti, nonostante gli enormi progressi raggiunti dalla tecnologia a favore della sicurezza, rimane ancora un elemento nella gestione della sicurezza.

Per garantire elevati standard di sicurezza, i sistemi ferroviari devono quindi essere gestiti con approcci e metodi che consentano di ottenere il giusto equilibrio fra l’offerta di un servizio di mobilità (delle persone e delle merci) efficiente ed economico oltreché interoperabile nell’Unione e i vincoli - e i costi - della sicurezza: in altre parole, è necessario che nelle aziende sia radicata la cosiddetta “giusta cultura”.

A tale scopo, già da tempo sia legislatore (nazionale ed europeo) che gli organismi di normazione tecnica, si sono preoccupati di regolamentare minuziosamente tutti gli aspetti gestionali che possono avere un impatto sulla sicurezza. Tuttavia, l’enorme sforzo profuso nella definizione di norme a garanzia della incolumità della popolazione ha generato un quadro normativo che, allo stato attuale, si presenta copioso e, molto frammentato.

Questo volume si propone di fornire al lettore un quadro organico ed omogeneo degli approcci e dei modelli gestionali che devono essere adottati nel rispetto dei principi e dei criteri definiti nelle norme tecniche e nella vigente legislazione in tema di sicurezza ferroviaria, ivi compreso, appunto, il recente pilastro tecnico del quarto pacchetto ferroviario e le principali norme attuative ad esso correlate: un significativo numero di figure tabelle aiutano ad acquisire una visione d’insieme di molti aspetti altrimenti descritti in modo frammentato nella normativa.

Il libro è suddiviso in tre parti. Nella parte prima è descritto il contesto normativo di riferimento europeo e nazionale, il quale viene descritto all’interno della cornice costituita dal processo di liberalizzazione del trasporto ferroviario.



Nella parte seconda è affrontata la tematica legata alla implementazione dei sistemi di gestione della sicurezza e, più in generale, alla gestione della sicurezza integrata. Infatti, ormai è universalmente riconosciuta - e questo è anche l’orientamento del legislatore - la necessità di gestire gli aspetti di sicurezza dell’esercizio, di sicurezza dei lavoratori e degli addetti nonché di tutela dell’ambiente con un approccio di tipo integrato, vista la loro mutua interferenza.

In questa parte, quindi, particolare attenzione è posta al tema del controllo e della gestione dei rischi, alla gestione degli asset in logica rischio-centrica e alla realizzazione dell’interoperabilità, vista non già solo come strumento per abbattere le barriere nazionali, ma anche come definizione di standard di sicurezza tecnici e operativi minimi da realizzare.

Infine, nella parte è affrontato il grande tema della valutazione e del miglioramento delle prestazioni di sicurezza. In questa parte, una particolare attenzione è stata dedicata alla tematica della cultura della sicurezza e dell’importanza dei ritorni di esperienza, quale strumento fondamentale per tenere sotto controllo e ridurre la probabilità di accadimento degli errori umani.

Formato cm 24x17, 331 pagine in b/n,

Prezzo di copertina € 25,00.

E’ acquistabile presso il CIFI con modalità e sconti come riportato nelle pagine “Elenco di tutte le pubblicazioni CIFI” sempre presente in questa rivista.

## Notizie dall'estero

### *News from foreign countries*

Massimiliano BRUNER

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

##### **Regno Unito: nuovo contratto per costruire treni interurbani a batteria**

Arriva Group ha annunciato un ordine per nove treni ibridi a batteria all'avanguardia per sostituire l'intera flotta Grand Central, dando una spinta importante alle economie regionali e offrendo ai passeggeri opzioni di viaggio più comode e più ecologiche.

L'ordine per 45 carrozze "tri-mode" Hitachi Rail, che hanno la flessibilità di circolare su binari elettrificati e non elettrificati, insieme a un contratto di manutenzione decennale, rappresenta un investimento di circa 300 milioni di sterline. Tri-mode significa che i treni possono essere alimentati tramite elettricità, batteria o gasolio.

Segue l'approvazione da parte dell'autorità di regolamentazione ferroviaria per i diritti di accesso ai binari estesi per i servizi esistenti di Grand Central fino al 2038, con l'investimento che sostiene l'impegno a lungo termine di Arriva nei confronti delle ferrovie del Regno Unito e per fornire soluzioni di trasporto pubblico sostenibili alle comunità in tutto il paese e in tutta Europa.

I treni saranno prodotti nello stabilimento Hitachi di Newton Aycliffe, contribuendo a proteggere posti di lavoro e competenze nella loro base di produzione nel Regno Unito. Nel frattempo, l'elemento batteria dell'ordine sblocca una nuova opportunità di produzione avanzata per la fabbrica e una più ampia catena di fornitura. L'ordine supporta sia la strategia

industriale del governo del Regno Unito sia la missione per la crescita economica, consolidando il ruolo del Nord Est come hub delle batterie del Regno Unito.

I nuovi treni aumenteranno il numero di posti a sedere del 20 per cento, il che significa che 400.000 posti aggiuntivi all'anno saranno disponibili per i passeggeri che viaggiano tra il Nord Est, lo Yorkshire e Londra. Grazie alla loro capacità tri-mode, i treni potrebbero essere utilizzati su altre tratte in futuro. Si prevede inoltre che ridurranno sia le emissioni che il rumore.

- I treni saranno consegnati nel 2028 nell'ambito di un accordo di leasing decennale, in partnership e finanziato da Angel Trains.

A. FURLONG, amministratore delegato di Arriva UK Trains, ha affermato: "Questo importante investimento sottolinea il nostro impegno nei confronti del mercato del Regno Unito. Siamo orgogliosi di collegare le comunità meno servite con i centri regionali e nazionali, contribuendo a rendere il viaggio in treno sostenibile la scelta più semplice. Questi treni, i migliori della categoria e più ecologici, offriranno viaggi più confortevoli e un cambiamento radicale nella capacità dei nostri popolari servizi Grand Central. Non vediamo l'ora di annunciare ulteriori ordini di materiale rotabile, creando posti di lavoro e maggiori benefici economici, man mano che la nostra rete crescerà".

Il Segretario di Stato per i trasporti, H. ALEXANDER MP, ha affermato: "A soli quattro mesi da quando il Primo Ministro e io abbiamo accolto con favore un accordo significativo per Hitachi e la sua forza lavoro a Newton

Aycliffe, questo nuovo investimento da 300 milioni di sterline segna un altro passo avanti per garantire il futuro della produzione ferroviaria nel Nord Est. L'accordo storico è la prova che il nostro Piano per il cambiamento sta dando risultati, creando l'ambiente giusto per gli investimenti, che a sua volta supporta lavori altamente qualificati, guida la crescita economica e apporta un reale miglioramento nella vita delle persone. Non solo questa nuova tecnologia delle batterie offrirà viaggi più ecologici per i passeggeri, ma stimolerà anche le competenze della forza lavoro e i lavori a prova di futuro qui a Newton Aycliffe mentre continuiamo a fornire una ferrovia adatta al 21° secolo".

Il sindaco del Nord Est, K. McGUINNESS, ha affermato: "Ho fatto della mia prima priorità come sindaco quella di garantire il futuro di Hitachi nella contea di Durham, e con ciò i posti di lavoro di centinaia di persone che lavorano nello stabilimento di Newton Aycliffe. Questo annuncio, che conferma un nuovo ordine da 300 milioni di sterline da parte di Arriva per treni all'avanguardia, è solo l'ultimo segnale che stiamo avendo con successo. Questa è una grande notizia per Hitachi e la sua forza lavoro altamente qualificata, che dimostra che c'è una vera fiducia nella produzione avanzata nel Nord Est dell'Inghilterra. Sono così orgoglioso di dire che nel prossimo futuro, l'intera flotta Grand Central che collega Sunderland a York e Londra sarà orgogliosamente costruita nella nostra regione".

J. BREWIN, Direttore generale di Hitachi Rail per Regno Unito e Irlanda, ha affermato: "Mentre celebriamo i 200 anni dalla nascita della ferrovia moderna nel Nord Est, è simbolico che a Newton Aycliffe vengano sviluppati treni a batteria innovativi". La capacità dei treni a batteria di offrire viaggi più economici, più ecologici e più affidabili significa che stiamo sbloccando una nuova opportunità di produzione avanzata per le ferrovie. Dopo la sperimentazione di successo di questa tecnologia pionieristica delle batterie lo scorso anno, Arriva

e Angel Trains stanno trasformando l'investimento di 17 milioni di sterline di Hitachi in R&S nel primo ordine di treni a batteria da costruire nel Regno Unito”.

D. JORDAN, COO di Angel Trains, ha affermato: “Il nostro investimento multimilionario in questi treni trimodali all'avanguardia offrirà vantaggi significativi ai passeggeri di Grand Central, collegando le comunità nel nord dell'Inghilterra e guidando una crescita economica essenziale. Questo ultimo sviluppo si basa sullo slancio creato dalla conclusione positiva della nostra sperimentazione sulle batterie con Hitachi Rail alla fine dell'anno scorso e dimostra il potenziale trasformativo della tecnologia delle batterie sia nelle flotte esistenti che in quelle nuove”.

La tecnologia pionieristica ridurrà le emissioni e il consumo di carburante di circa il 30 per cento. I treni possono entrare e uscire dalle stazioni in modalità batteria a zero emissioni, contribuendo a migliorare la qualità dell'aria e a ridurre il rumore nei centri urbani. I nuovi treni includeranno il 20 per cento in più di posti a sedere rispetto al materiale rotabile esistente, contribuendo a soddisfare la crescente domanda dei passeggeri e incoraggiando il passaggio al trasporto pubblico. I viaggiatori beneficeranno anche di più spazio per i bagagli, alimentazione nei sedili e un sistema di prenotazione elettronico.

Arriva ha accolto con favore la rapida decisione del regolatore, l'ORR (*Office of Rail and Road*) e il sostegno del Department for Transport e Network Rail per estendere i suoi diritti di accesso ai binari. Ha altre due domande in sospeso attualmente in esame, che se concesse, estenderebbero le rotte esistenti per portare servizi ferroviari diretti alle comunità sottoservite nel Regno Unito. Il Gruppo ha anche un'opzione per acquistare più treni se le domande vengono approvate.

- Nota per i lettori

L'ordine sul materiale rotabile segue l'approvazione da parte dell'*Office of Rail and Road* (ORR) della richiesta di Arriva di estendere i diritti di

accesso ai binari esistenti per Grand Central fino al 2038.

Grand Central gestisce i servizi sulla linea principale della costa orientale dal 2007 come operatore ad accesso libero, il che significa che non riceve finanziamenti o sussidi governativi.

Il mese scorso (marzo), Arriva ha formalmente presentato domanda all'ORR per espandere i suoi servizi Grand Central nel Lincolnshire dal 2026, fornendo il primo servizio ferroviario diretto da Cleethorpes a Londra dal 1992. Sta inoltre cercando l'approvazione per le proposte per due servizi di andata e ritorno giornalieri aggiuntivi tra Bradford e Londra e un ritorno al mattino presto e alla sera tardi da York a Londra, insieme ai servizi per Seaham nella contea di Durham, che sarebbe il primo e unico collegamento diretto della città con la capitale.

Gli operatori ferroviari di Arriva Group includono Grand Central, Chiltern Railways, CrossCountry e Arriva Rail London. È l'unico gruppo proprietario con esperienza di tutti i tipi di contratto attualmente in uso sulle ferrovie britanniche, inclusi i contratti ferroviari nazionali, un contratto di concessione e una società ad accesso aperto. Arriva supporta anche la manutenzione critica del materiale rotabile tramite Arriva Train Care e fornisce servizi di sostituzione ferroviaria tramite Arriva Road Transport Solutions. Possiede anche una piattaforma digitale di biglietteria intelligente, Arriva Customer Engine. Hitachi Rail e Angel Trains hanno sperimentato con successo la tecnologia tri-mode sulla rete ferroviaria del Regno Unito nel 2024 (Da: *Comunicato Stampa Gruppo Hitachi*, 3 aprile 2025).

### **United Kingdom: new contract to build intercity battery trains**

*Arriva Group announced an order for nine cutting-edge battery hybrid trains to replace its entire Grand Central fleet, providing a major boost to regional economies and offering passengers more comfortable, greener travel options.*

*The order for 45 Hitachi Rail 'tri-*

*mode' cars, which have the flexibility to run on electrified and non-electrified tracks, along with a 10-year maintenance contract, represents an investment of around £300 million. Tri-mode means the trains can be powered using electricity, battery or diesel.*

*It follows approval by the rail regulator for extended track access rights for Grand Central's existing services through to 2038, with the investment underpinning Arriva's long-term commitment to UK rail and to delivering sustainable public transport solutions to communities up and down the country and across Europe.*

*The trains will be manufactured at Hitachi's Newton Aycliffe factory, helping to protect jobs and skills at their UK manufacturing base. Meanwhile, the battery element of the order unlocks a new advanced manufacturing opportunity for the factory, and wider supply chain. The order supports both the UK Government's Industrial Strategy and mission for economic growth, cementing the North East's role as UK battery hub.*

*The new trains will increase seat numbers by 20 per cent which means 400,000 additional seats per year will be available to passengers travelling between the North-East, Yorkshire and London. Because of their tri-mode capability the trains could be used on other routes in the future. They are also expected to reduce both emissions and noise. The trains will be delivered in 2028 under a 10-year leasing arrangement, in partnership and financed by Angel Trains.*

*A. FURLONG, Managing Director of Arriva UK Trains, said: "This major investment underscores our commitment to the UK market. We are proud to connect under-served communities with regional and national centres, helping make sustainable train travel the easy choice. These best-in-class, greener trains will deliver more comfortable journeys and a step-change in capacity on our popular Grand Central services. We look forward to announcing further rolling stock orders, providing jobs and wider economic benefits, as and when our network grows."*

Secretary of State for Transport, *H. ALEXANDER MP*, said: “Just four months since the Prime Minister and I welcomed a significant deal for Hitachi and its workforce in Newton Aycliffe, this new £300m investment marks yet another step forward in securing the future of rail manufacturing in the North East. The landmark deal is proof that our Plan for Change is delivering results – creating the right environment for investment, which in turn supports high-skilled jobs, drives economic growth and delivers real improvement in people’s lives. Not only will this new battery technology deliver greener journeys for passengers, but it will also boost skills for the workforce and futureproof jobs here in Newton Aycliffe as we continue to deliver a railway fit for the 21st century.”

North East Mayor, *K. McGUINNESS*, said: “I made it one of my first priorities as Mayor to secure the future of Hitachi in County Durham, and with that the jobs of hundreds of people who work at the Newton Aycliffe plant. This announcement confirming a new £300m order by Arriva for state-of-the-art trains is just the latest sign we are succeeding. This is great news for Hitachi and its highly skilled workforce, showing there’s real confidence in advanced manufacturing in North-East England. I’m so proud to say that in the very near future, the entire Grand Central fleet which links Sunderland to York and London will have been proudly built in our region.”

*J. BREWIN*, Hitachi Rail Chief Director of UK & Ireland, said: “As we celebrate 200 years since the birth of the modern railway in the North-East, it’s symbolic that innovative battery trains are being developed in Newton Aycliffe. Battery trains’ ability to deliver cheaper, greener, and more reliable journeys means we are unlocking a new advanced manufacturing opportunity for rail. Following the successful trial of this pioneering battery technology last year, Arriva and Angel Trains are transforming Hitachi’s £17 million R&D investment into the first battery train order to be built in the UK.”

*D. JORDAN*, COO of Angel Trains, said: “Our multimillion-pound invest-

ment into these state-of-the-art tri-mode trains will deliver significant benefits for Grand Central passengers, connecting communities across the North of England and driving essential economic growth. This latest development builds on the momentum created by the successful conclusion of our battery trial with Hitachi Rail at the end of last year and demonstrates the transformative potential of battery technology in both existing and new fleets.”

The pioneering technology will cut emissions and fuel consumption by around 30 per cent. The trains can enter and exit stations in zero-emission battery mode, helping improve air quality and reduce noise in urban centres. The new trains will include 20 per cent more seats than existing rolling stock, helping to meet increased passenger demand and encouraging the switch to public transport. Travelers will also benefit from more luggage storage, in-seat power and an electronic reservation system.

Arriva has welcomed the swift decision-making by the regulator, the ORR (Office of Rail and Road) and the backing of the Department for Transport and Network Rail to extend its track access rights. It has two further outstanding applications currently under consideration, which if granted, would extend existing routes to bring direct rail services to under-served communities in the UK. The Group also has an option to buy more trains if applications are approved.

- Note to the readers

The rolling stock order follows approval by the Office of Rail and Road (ORR) of Arriva’s application to extend existing track access rights for Grand Central until 2038.

Grand Central has been running services on the East Coast mainline since 2007 as an open access operator, which means it receives no government funding or subsidy.

Last month (March), Arriva formally applied to the ORR to expand its Grand Central Services into Lincolnshire from 2026, providing the first direct train service from Cleethorpes to London since 1992. It is also seeking

approval for proposals for two extra daily return services between Bradford and London and an early morning and late evening return from York to London, together with services to Seaham in County Durham, which would be the town’s first and only direct connection to the Capital.

Arriva Group’s train operators include Grand Central, Chiltern Railways, CrossCountry and Arriva Rail London. It is the only owning group with experience of all contract types currently in use on Britain’s railway, including national rail contracts, a concessionary contract and an open access company. Arriva also supports the critical maintenance of rolling stock through Arriva Train Care and provides rail replacement services through Arriva Road Transport Solutions. It also owns a digital smart ticketing platform, Arriva Customer Engine. Hitachi Rail and Angel Trains successfully trialed the tri-mode technology on the UK rail network in 2024. More information on the trial and the capabilities of tri-mode technology can be viewed here (From: Hitachi Group Press Release, April 3<sup>rd</sup>, 2025).

### TRASPORTI URBANI URBAN TRANSPORTATION

#### USA: estensione del contratto di sette anni per gestire e mantenere l’AirTrain dell’aeroporto internazionale John F. Kennedy a New York

Alstom ha firmato un’estensione del contratto con la Port Authority of New York and New Jersey (PANYNJ) per fornire servizi di gestione e manutenzione per l’AirTrain dell’aeroporto internazionale JFK per i prossimi sette anni. L’estensione del contratto è valutata circa 518 milioni di dollari e include un’opzione per altri tre anni (Fig. 1).

L’AirTrain JFK è una parte fondamentale per ridurre la congestione del traffico intorno all’aeroporto. Il sistema collega tutti i terminal passeggeri ai parcheggi dell’aeroporto, all’area di prelievo delle navette degli hotel, al

centro di autonoleggio e alla rete di trasporto pubblico di New York presso le stazioni Jamaica e Howard Beach, dove i passeggeri e i dipendenti dell'aeroporto possono collegarsi con la metropolitana, la Long Island Railroad e gli autobus pubblici.

In base all'accordo, Alstom sarà responsabile di garantire che l'AirTrain funzioni ventiquattro ore al giorno, sette giorni alla settimana e di mantenere la flotta di veicoli, le porte delle stazioni, le guide, i sistemi di distribuzione dell'energia, l'autolavaggio, il sistema di segnalazione e le strutture. La flotta è composta da 32 treni metropolitani leggeri automatizzati, che variano in dimensioni da una a quattro carrozze in base alla domanda dei passeggeri, e servono nove stazioni.

“Siamo orgogliosi della nostra partnership in corso con la Port Authority di New York e New Jersey e l'aeroporto internazionale JFK”, ha affermato M. KEROULLÉ, Presidente di Alstom Americas. “Dal 2003, il nostro sistema aeroportuale leader del settore ha trasportato in modo sicuro e affidabile milioni di viaggiatori e dipendenti tra i terminal. In qualità di partner preferito di JFK, Alstom è entusiasta di supportare la modernizzazione e l'espansione del servizio AirTrain in uno degli aeroporti più trafficati al mondo”.

“Mentre estendiamo la nostra partnership con Alstom, rafforziamo il nostro impegno nel fornire un servizio di prima classe per i milioni di viaggiatori che ogni anno si affidano all'AirTrain dell'aeroporto JFK”, ha affermato T. RIZZUTO, Direttore generale dell'aeroporto internazionale JFK. “Questa collaborazione di lunga data va oltre l'efficienza operativa; l'AirTrain svolge un ruolo fondamentale nel ridurre la congestione del traffico e migliorare la connettività per i passeggeri. La Port Authority non vede l'ora di continuare a lavorare con Alstom sul JFK AirTrain, un elemento fondamentale dell'infrastruttura del JFK, che promuove anche la sostenibilità, la creazione di posti di lavoro locali e lo sviluppo della comunità. Incoraggiamo inoltre tutti i nostri clienti a prendere in considerazione



(Fonte - Source: Alstom)

Figura 1 – Alstom firma un'estensione contrattuale di sette anni per la gestione e la manutenzione dell'AirTrain dell'aeroporto internazionale John F. Kennedy di New York: l'AirTrain di Alstom trasporta milioni di passeggeri e dipendenti tra i terminal dell'aeroporto dal 2003.

*Figure 1 – Alstom signs a seven-year contract extension to operate and maintain John F. Kennedy International Airport's AirTrain in New York: Alstom's airTrain has been transporting millions of passengers and employees between airport terminals since 2003.*

l'utilizzo del JFK AirTrain per evitare il traffico correlato ai lavori mentre ricostruiamo l'aeroporto”.

- Un sistema altamente affidabile, saldamente radicato nella sua comunità

L'anno scorso, quasi 25 milioni di passeggeri hanno viaggiato sul JFK AirTrain, con una media giornaliera di oltre 68.000 viaggiatori e dipendenti dell'aeroporto. Per soddisfare gli elevati volumi di passeggeri, il sistema è operativo 24 ore su 24, 7 giorni su 7, 365 giorni all'anno, e i team operativi e di manutenzione di Alstom garantiscono elevate prestazioni, con una disponibilità media del sistema del 98,56% nel 2024. La completa automazione del sistema garantisce maggiore sicurezza, elevata affidabilità, maggiore capacità con intervalli più brevi tra i treni e costi di manutenzione inferiori. Il progetto manterrà oltre 230 dipendenti, tra cui 59 addetti al servizio clienti per fornire assistenza ai passeggeri.

Come parte del suo impegno nei confronti della comunità locale, l'Alstom JFK Service Delivery Center offre ai richiedenti di lavoro con un passato coinvolgimento nel sistema

di giustizia penale l'accesso a opportunità di lavoro attraverso la sua partecipazione all'Office of Second Chance Employment (OSCE) del Council for Airport Opportunity, un'iniziativa sponsorizzata da PANYNJ.

Inoltre, il team JFK Alstom ha collaborato con Workforce One e Grant Associates per collaborare con il Career and Technical Education (CTE) Industry Scholars Program, che supporta gli studenti delle scuole superiori nel perseguimento di un'istruzione post-secondaria avanzata e nelle aspirazioni di carriera attraverso una preziosa esperienza pratica. Quaranta studenti promettenti hanno partecipato al programma dall'autunno del 2021. Alstom si impegna inoltre a far crescere e coltivare la partecipazione di Minority and Women Owned Business (MWBE) in questo sito. L'anno scorso l'azienda ha speso 7 milioni di dollari con le MWBE locali. Alstom sta inoltre collaborando con il JFK Redevelopment Team per ospitare una serie di workshop volti al tutoraggio e all'inclusione per le nostre MWBE locali.

- Un leader mondiale in Operations and Maintenance

Il portafoglio FlexCare Operate di Alstom copre l'intero spettro di esigenze dei clienti, comprese le operazioni per tutti i tipi di flotte e la manutenzione per l'intero sistema di transito. I suoi clienti beneficiano di costi operativi ridotti e di una maggiore efficienza operativa attraverso tecnologie e best practice basate su oltre 40 anni di esperienza nella gestione e manutenzione di treni e sistemi. Con oltre 25 progetti di gestione e manutenzione attivi in tutto il mondo, Alstom è un partner affidabile nell'aiutare le autorità di transito e le comunità a raggiungere i loro obiettivi di mobilità (Da: *Comunicato Stampa Alstom*, 1 aprile 2025).

### **USA: a seven-year contract extension to operate and maintain John F. Kennedy International Airport's AirTrain in New York**

*Alstom has signed a contract extension with the Port Authority of New York and New Jersey (PANYNJ) to provide operations and maintenance services for JFK International Airport's AirTrain for the next seven years. The contract extension is valued at approximately \$518 million and includes an option for three additional years (Fig. 1).*

*The JFK AirTrain is a crucial part of reducing traffic congestion around the airport. The system connects all passenger terminals to airport parking lots, the hotel shuttle pick-up area, the rental car center, and NYC's public transportation network at Jamaica and Howard Beach Stations, where passengers and airport employees can connect with the subway, the Long Island Railroad, and public buses.*

*Under the agreement, Alstom will be responsible for ensuring the AirTrain is running twenty-four hours a day, seven days a week, and for maintaining the vehicle fleet, station doors, guideways, power distribution systems, car wash, signalling system and facilities. The fleet is composed of 32 automated light metro trains, which range in size from one to four cars based on passenger demand, serving nine stations.*

*"We are proud of our ongoing part-*

*nership with the Port Authority of New York and New Jersey and JFK International Airport," said M. KEROULLÉ, President of Alstom Americas. "Since 2003, our industry-leading airport system has safely and reliably transported millions of travellers and employees between terminals. As JFK's partner of choice, Alstom is excited to support the modernization and expansion of AirTrain service at one of the world's busiest airports".*

*"As we extend our partnership with Alstom, we strengthen our commitment to providing world-class service for the millions of travellers who rely on JFK Airport's AirTrain each year," said T. RIZZUTO, General Manager of JFK International Airport. "This long-standing collaboration goes beyond operational efficiency; the AirTrain plays a key role in reducing traffic congestion and enhancing connectivity for passengers. The Port Authority looks forward to continue working with Alstom on JFK AirTrain, a critical piece of JFK's infrastructure, and one that also fosters sustainability, local job creation, and community development. We also encourage all of our customers to consider using JFK AirTrain to avoid construction-related traffic while we rebuild the airport."*

- A highly reliable system, firmly rooted in its community

*Last year, nearly 25 million passengers rode the JFK AirTrain, with an average daily ridership of more than 68,000 travellers and airport employees. To accommodate the high passenger volumes, the system operates 24/7, 365 days a year, and Alstom's operations and maintenance teams ensure high performance, delivering an average system availability of 98.56% in 2024. Full automation of the system provides improved safety, high reliability, higher capacity with shorter headways between trains, and lower maintenance costs. The project will retain over 230 employees, including 59 customer service agents to provide assistance to passengers.*

*As part of its commitment to the local community, the Alstom JFK Service Delivery Center provides job seekers with past involvement in the criminal jus-*

*tice system access to job opportunities through its participation in the Council for Airport Opportunity's Office of Second Chance Employment (OSCE), an initiative sponsored by PANYNJ.*

*In addition, the JFK Alstom team partnered with Workforce One and Grant Associates to collaborate with the Career and Technical Education (CTE) Industry Scholars Program, which supports High School students' pursuit of advanced postsecondary education and career aspirations through valuable hands-on experience. Forty promising students participated in the program since the fall of 2021. Alstom is also committed to growing and nurturing Minority and Women Owned Business (MWBE) participation at this site. Last year the company spent \$7 million with local MWBEs. Alstom is also working with the JFK Redevelopment Team to host a series of workshops aimed at mentorship and inclusion for our local MWBEs.*

- A world leader in Operations and Maintenance

*Alstom's FlexCare Operate portfolio covers the full spectrum of customer needs, including operations for all types of fleets and maintenance for the full transit system. Its customers benefit from reduced operating costs and increased operational efficiencies through technologies and best practices based on over 40 years of experience operating and maintaining trains and systems. With over 25 active operations and maintenance projects worldwide, Alstom is a trusted partner in helping transit authorities and communities achieve their mobility goals (From: Alstom Press Release, April 1<sup>st</sup>, 2025).*

### **TRASPORTI INTERMODALI** **INTERMODAL TRANSPORTATION**

#### **Internazionale: MSC, rete autonoma Est/Ovest ed efficienza portuale alla Singapore Maritime Week 2025**

- Business con la nuova rete di MSC  
Come sponsor argento di SMW 2025, MSC parlerà per la prima volta all'Expo Theatre. J. SEE, Direttore ge-

nerale del dipartimento commerciale del nostro ufficio regionale asiatico, e J. DENG, Line Manager per Transpacific Trade, forniranno aggiornamenti essenziali sulla nuova rete autonoma Est/Ovest di MSC e su come questa favorisca il successo delle attività dei clienti, seguiti da una sessione interattiva di domande e risposte.

Questa rete unica è costruita attorno ai clienti, offrendo le coppie di porti diretti, la flessibilità e la velocità di cui hanno bisogno per operare in un'epoca di rischio elevato e modelli di supply chain in evoluzione. Saranno presentati un totale di 34 loop su cinque traffici chiave, tra cui collegamenti rapidi e affidabili dall'Asia al Nord America, al Mediterraneo e al Nord Europa.

- Efficienza portuale al centro dell'attenzione

Il direttore generale delle operazioni, K. TAN, sarà poi raggiunto dall'ospite T. L. HUI, vicepresidente di Tuas Development, Strategic Port Technology, Solutions & Services di PSA, per spiegare come Tuas Port stia portando l'efficienza operativa a nuovi livelli. MSC-PSA Asia Terminal (MPAT) opera in questa struttura all'avanguardia, che sta svolgendo un ruolo sempre più importante nelle operazioni a Singapore, il più grande hub di transhipment al mondo. Attualmente il più grande terminal container completamente automatizzato al mondo, Tuas Port avrà una capacità di movimentazione annuale di 65 milioni di TEU quando sarà completamente completato nel 2040.

- Incontro con il team MSC

A SMW dal 25 al 27 marzo, MSC darà il benvenuto ai clienti anche allo stand, presso il Suntec Singapore Convention and Exhibition Centre, livello 4, padiglione 405, stand H19. Rispecchiando il tema di SMW "Le azioni incontrano l'ambizione", lo stand si concentrerà sul percorso di decarbonizzazione di MSC. Saranno mostrate le ultime iniziative, come l'impegno del settore per la protezione delle balene. Con un portafoglio ordini di 150 navi a doppio combustibile LNG (gas naturale liquefatto),

MSC sta investendo nel più grande e ambizioso programma di rinnovo della flotta nel nostro settore.

- Collega l'Asia e Singapore al mondo dal 1996

MSC spedisce merci da e per Singapore da quasi 30 anni e ha aperto sia l'ufficio regionale in Asia che MSC Singapore nella Garden City nel 1996. Ora, con il lancio della nostra nuova rete autonoma, MSC è lieta di offrire ancora più opportunità commerciali ai clienti in tutta la regione (Da: *Comunicato Stampa MSC*, 13 aprile 2025).

### **International: MSC, standalone east/west network and port efficiency at Singapore Maritime Week 2025**

- *Unlock your business with MSC's new network*

*As a silver sponsor of SMW 2025, MSC will be speaking at the Expo Theatre for the first time. J. SEE, General Manager of our Asia Regional Office's Trade Department, and J. DENG, Line Manager for Transpacific Trade, will provide essential updates on the new MSC standalone East/West network and how it drives success for customers' businesses, followed by an interactive Q&A session.*

*This unique network is built around our customers, offering the direct port pairs, flexibility and speed they need to operate in an era of elevated risk and evolving supply chain patterns. It features a total of 34 loops across five key trades, including fast and reliable connections from Asia to North America, the Mediterranean and Northern Europe.*

- *Port efficiency in focus*

*Our General Manager of Operations, K. TAN, will then be joined by guest speaker T. L. HUI, PSA's Vice President of Tuas Development, Strategic Port Technology, Solutions & Services, to explain how Tuas Port is taking operational efficiency to new heights. MSC-PSA Asia Terminal (MPAT) is operating at this state-of-the-art facility, which is playing an increasingly important role in our operations in*

*Singapore, the world's largest transshipment hub. Currently the world's largest fully automated container terminal, Tuas Port will have an annual handling capacity of 65 million TEUs when fully completed in the 2040s.*

- *Meet MSC team*

*At SMW from 25 to 27 March, MSC will also be welcoming customers to booth at Suntec Singapore Convention and Exhibition Centre, Level 4, Hall 405, Booth H19. Reflecting SMW's theme of 'Actions Meet Ambition', the booth will focus on MSC's decarbonization journey. Come and learn about our latest initiatives, such as our industry-leading whale protection efforts. With an order book of 150 dual-fuel LNG (liquefied natural gas) vessels, MSC is investing in the largest and most ambitious fleet renewal programme in our industry.*

- *Connecting Asia and Singapore to the World since 1996*

*MSC has been shipping cargo to and from Singapore for nearly 30 years, and we opened both our Asia Regional Office and MSC Singapore in the Garden City in 1996. Now, with the launch of our new standalone network, we are delighted to offer even more business opportunities to customers across the region (From: MSC Press Release, April 13<sup>th</sup>, 2025).*

## **INDUSTRIA MANUFACTURES**

### **Internazionale: l'eccellenza dell'ingegneria premiata agli IRJ Top Projects Awards 2025**

Il progetto Nuova linea ferroviaria Torino-Lione, sezione transfrontaliera vince nella categoria New construction - high-speed della prima edizione degli IRJ Top Projects Awards 2025, competizione indetta dall'International Railway Journal, una tra le principali pubblicazioni internazionali dedicate al settore ferroviario. L'obiettivo è quello di premiare progetti infrastrutturali di rilevanza globale, riguardanti ferrovie ad alta velocità, convenzionali, sistemi di trasporto urbano, ponti e stazioni.

Italferr, prima società di ingegneria in Italia e parte del Gruppo FS, già coinvolta nella progettazione della linea Torino-Lione, è attualmente impegnata insieme alle francesi Setec, Systra France e alla svizzera Pini Group/ARX, nella attività delle direzioni lavori per lo scavo del tunnel di base del Moncenisio per conto di TELT, il promotore pubblico binazionale.

Oggetto dell'award sono due dei quattro lotti operativi in cui è suddivisa la galleria e su cui il raggruppamento di imprese è attivo: il lotto CO6-7 sul versante francese e il lotto CO3-4 sul versante italiano. Nel complesso, lo sviluppo dei lavori in questi due fondamentali lotti costituisce circa il 60% delle attività necessarie alla realizzazione dell'intera opera e rappresenta un'ambiziosa sfida ingegneristica visto l'assetto geologico ad elevata complessità che contraddistingue l'area, caratterizzato da imponenti coperture rocciose fino a 2.200 metri di altezza.

Più che di un singolo tunnel, si tratta di un sistema di gallerie e due tubi paralleli da 12 metri di diametro ciascuno che ospiteranno i binari ferroviari e attraverseranno il confine italo-francese all'interno della rete europea TEN-T, nel cuore del Corridoio Mediterraneo. Il piano di scavo dell'opera prevede l'impiego simultaneo di sette TBM - di cui la prima è stata battezzata il primo aprile alla presenza delle autorità francesi e italiane - operanti su altrettanti fronti di scavo. I tratti geologicamente più complessi, le caverne tecniche e i bypass saranno invece scavati con metodi tradizionali, aggiungendo otto ulteriori fronti di scavo da gestire in parallelo.

Una volta completata, l'opera sarà la galleria ferroviaria più lunga al mondo. Inoltre, vista la magnitudine e le caratteristiche dell'opera, non esistono esperienze pregresse direttamente comparabili a cui fare riferimento. Per questo motivo, anche la gestione tecnico-amministrativa del progetto rappresenta una sfida senza precedenti.

Il premio ricevuto in occasione

degli IRJ Top Projects Awards 2025 ribadisce il valore dell'alta ingegneria firmata Italferr, Setec, Systra France e Pini Group/ARX, intervenendo su un'opera che parte integrante e fondamentale dei corridoi prioritari che costituiscono l'ossatura portante delle reti di trasporto transeuropee (Da: *Comunicato Stampa Italferr Gruppo FSI*, 1 aprile 2025).

### **International: engineering excellence rewarded at the IRJ Top Projects Awards 2025**

*The project New Turin-Lyon railway line: cross-border section wins in the New construction - high-speed category of the first edition of the IRJ Top Projects Awards 2025, a competition organized by the International Railway Journal, one of the main international publications dedicated to the railway sector. The aim is to reward infrastructure projects of global importance, concerning high-speed railways, conventional railways, urban transport systems, bridges and stations.*

*Italferr, the leading engineering company in Italy and part of the FS Group, already involved in the design of the Turin-Lyon line, is currently involved, together with the French companies Setec, Systra France and the Swiss Pini Group/ARX, in the work management activity for the excavation of the Moncenisio base tunnel on behalf of TELT, the binational public promoter.*

*The award is for two of the four operational lots into which the tunnel is divided and on which the group of companies is active: lot CO6-7 on the French side and lot CO3-4 on the Italian side. Overall, the development of the works in these two fundamental lots constitutes approximately 60% of the activities necessary for the construction of the entire work and represents an ambitious engineering challenge given the highly complex geological structure that characterizes the area, characterized by imposing rock covers up to 2,200 meters high.*

*More than a single tunnel, it is a system of tunnels and two parallel tubes of 12 meters in diameter each that will*

*house the railway tracks and will cross the Italian-French border within the European TEN-T network, in the heart of the Mediterranean Corridor. The excavation plan for the work involves the simultaneous use of seven TBMs - the first of which was christened on April 1st in the presence of French and Italian authorities - operating on as many excavation fronts. The most geologically complex sections, the technical caverns and the by-passes will instead be excavated with traditional methods, adding eight additional excavation fronts to be managed in parallel.*

*Once completed, the work will be the longest railway tunnel in the world. Furthermore, given the magnitude and characteristics of the work, there are no directly comparable previous experiences to refer to. For this reason, the technical-administrative management of the project also represents an unprecedented challenge.*

*The award received at the IRJ Top Projects Awards 2025 reaffirms the value of the high-level engineering by Italferr, Setec, Systra France and Pini Group/ARX, intervening on a project that is an integral and fundamental part of the priority corridors that form the backbone of the trans-European transport networks (From: Italferr Gruppo FSI Press Release, April 1<sup>st</sup>, 2025).*

### **Internazionale: mercato auto europeo in calo anche a febbraio (-3,1%)**

Secondo i dati diffusi da ACEA, nel complesso dei Paesi dell'Unione europea allargata all'EFTA e al Regno Unito a febbraio le immatricolazioni di auto ammontano a 963.540 unità, il 3,1% in meno rispetto a febbraio 2024.

Nei primi due mesi del 2025, i volumi immatricolati raggiungono 1.959.580 unità, in calo del 2,6% rispetto allo stesso periodo dell'anno precedente. Nell'area UE+EFTA+UK, a febbraio risultano in crescita le auto BEV (+26,1%, con il 17,1% di quota) e le ibride tradizionali (+18,3%, con il 35,3% di quota), mentre le ibride plug-in si mantengono stabili a +0,0%

(con il 7,5% di quota). Nel complesso, sono state immatricolate 577.449 vetture ibride di tutti i tipi ed elettriche, che rappresentano, insieme, il 59,9% del mercato. Le auto ricaricabili (BEV e PHEV) raggiungono il 24,6% di quota. Se consideriamo i soli 5 major market, le vendite di auto ricaricabili ammontano invece a 141.851 unità a febbraio, in aumento del 18,5% e con una quota del 21,6%.

In Italia, i volumi totalizzati a febbraio 2025 si attestano a 138.020 unità (-6,3%). Nei primi due mesi del 2025, le immatricolazioni complessive ammontano a 271.710 unità, con un calo del 6,1% rispetto ai volumi dello stesso periodo del 2024.

Secondo i dati ISTAT, a febbraio l'indice nazionale dei prezzi al consumo aumenta dello 0,2% su gennaio e dell'1,6% su febbraio 2024 (da +1,5% del mese precedente). La dinamica tendenziale dell'indice generale risente dell'accelerazione dei prezzi dei Beni energetici regolamentati (da +27,5% a +31,4%), del mercato ridimensionamento della flessione di quelli dei Beni energetici non regolamentati (da -3% a -1,9%) e dell'aumento del ritmo di crescita dei prezzi dei Beni alimentari non lavorati e lavorati. Di contro, si assiste a una decelerazione dei prezzi dei Servizi relativi ai trasporti (da +2,5% a +1,9%), dei Servizi relativi alle comunicazioni (da +1,1% a +0,5%) e di quelli dei Servizi ricreativi, culturali e per la cura della persona (da +3,3% a +3,1%). Nell'ambito degli Energetici non regolamentati, la flessione tendenziale dei prezzi risulta sensibilmente più contenuta a causa della dinamica dei prezzi del Gas di città e gas naturale mercato libero (da -7,9% a -2,2%) e dell'Energia elettrica mercato libero (da -10,9% a -6%). I prezzi del Gasolio per mezzi di trasporto, invece, accentuano il loro calo su base annua (da -1,8% a -4,4%; +1,5% su gennaio), così come quelli del Gasolio per riscaldamento (da -3,3% a -5,6%; +0,4% su gennaio); i prezzi della Benzina invertono la loro tendenza (da +1,2% a -1,2%; +1,4% su gennaio).

Analizzando nel dettaglio le immatricolazioni per alimentazione, le

autovetture a benzina chiudono febbraio in calo del 20,9%, con una quota di mercato del 26,4%. In flessione anche le autovetture diesel (-36,4% su febbraio 2024), con una quota del 9,9%. Nel cumulato, le immatricolazioni di autovetture a benzina sono in calo del 19% (26,6% di quota) e prosegue il trend negativo delle auto diesel (-39,0% e 9,7% di quota nel periodo). Le autovetture elettrificate rappresentano il 53,8% del mercato di febbraio, mentre nel cumulato hanno una quota del 53,5%, con volumi in aumento sia nel mese (+14%) che nel cumulato (+15,4%). Tra queste, le ibride mild e full crescono del 10,2% nel mese, con una quota di mercato del 44,4%, mentre nel cumulato risultano in rialzo del 10,4%, con una quota del 44,5%. Le immatricolazioni di autovetture ricaricabili incrementano del 35,9% nel mese (quota di mercato: 9,5%) e del 48,4% nel cumulato (con quota al 9,1%). Nel dettaglio, le auto elettriche hanno una quota del 5% e aumentano del 38,2% nel mese. Aumentano anche le ibride *plug-in*: +33,3%, con il 4,4% di quota del mercato del mese. Nel cumulato bimestrale, sia le BEV che le PHEV risultano in crescita, rispettivamente +70,9% (quota: 5%) e +27,6% (quota: 4,1%). Infine, le autovetture a gas rappresentano il 9,9% dell'immatricolato di febbraio, quasi interamente composto da autovetture Gpl (-4,1% su febbraio 2024). Nel cumulato annuo del 2025, le autovetture Gpl risultano in calo dell'8,4% (quota: 10%), mentre considerando la totalità delle alimentate a gas il calo è del 10,1%.

La Spagna totalizza 90.327 immatricolazioni a febbraio 2025, l'11% in più rispetto allo stesso mese dello scorso anno. Nei primi due mesi del 2025, il mercato risulta in crescita dell'8,4%, con 162.643 unità immatricolate.

L'Associazione spagnola dell'automotive ANFAC rileva che dopo un buon gennaio in termini di vendite, il trend positivo continua anche a febbraio con un rialzo a doppia cifra. Si tratta di una buona notizia, ma, secondo ANFAC, i dati potrebbero essere influenzati dalle vendite extra regi-

strate nelle zone colpite dall'alluvione DANA lo scorso ottobre, soprattutto a Valencia, dove cittadini e aziende stanno sostituendo i veicoli danneggiati dall'ondata di maltempo. Secondo i dati di IDEAUTO, a febbraio si sono registrate 4.270 vendite in più nelle zone colpite rispetto agli stessi distretti nel febbraio 2024. Senza l'effetto DANA, il mercato crescerebbe "soltanto" del 5,8%.

Nel dettaglio, secondo i canali di vendita, a febbraio 2025 aumenta il noleggio (+13%), come anche nel cumulato dei due mesi (+5%). Anche le immatricolazioni intestate a società crescono nel secondo mese del 2025, +4%, e nel cumulato, del 3%. Infine, il canale dei privati registra un +16% a febbraio e un +14% nel cumulato.

Le autovetture a benzina rappresentano il 31% del mercato di febbraio (-11,4% rispetto a febbraio 2024). A seguire, le vetture ibride non ricaricabili rappresentano il 44,1% del mercato di febbraio (+39% rispetto a febbraio 2024). Le autovetture diesel sono il 5,7% del mercato mensile, ma diminuiscono del 37,7% rispetto al secondo mese del 2024. Fanno meglio le elettriche (6,8% nel mese e una variazione di +60,6% rispetto a febbraio 2024) e le ibride *plug-in* (7,6% la quota del mese e +24,1% sullo scorso anno), mentre le auto a gas detengono una quota di mercato del 4,9% e aumentano dell'81,2%. Le emissioni medie di CO<sub>2</sub> nel mese di gennaio 2025 scendono a 110,3 g/km (-5,4%).

In Francia, a febbraio 2025, si registrano 141.570 nuove immatricolazioni, in calo dello 0,7% rispetto a febbraio 2024. A gennaio-febbraio 2025, le immatricolazioni si attestano a 256.243 (-3,3%).

Rispetto allo stesso mese dello scorso anno, calano ancora le autovetture diesel (-34,4%), a bioetanolo (-100%) e a benzina (-27%). Le PHEV diminuiscono del 45%, mentre le ibride mild e full aumentano, rispettivamente, dell'81,3% e del 28,4%. Le elettriche hanno una quota di mercato nel mese del 17,9%, mentre 12 mesi fa detenevano il 18,1%. Nel cumulato da inizio anno, le diesel calano del 41,2% e detengono una quota

del 4,6%, mentre le auto elettriche (quota del 17,7%) calano dell'1,4%. Infine, le PHEV (quota del 4,4%) diminuiscono del 49,3%.

Nel mercato tedesco sono state immatricolate a febbraio 203.434 unità, in calo del 6,4%.

Nei primi due mesi del 2025, le immatricolazioni si attestano a 411.074, con una variazione negativa del 4,6% rispetto a gennaio-febbraio 2024, ma una flessione del 23% rispetto ai livelli pre-covid del 2019.

Rispetto allo stesso mese dell'anno precedente, a febbraio 2025 si è registrato un calo del 7% degli ordini domestici. Dal punto di vista delle alimentazioni, le auto ibride (+12% nel mese) rappresentano il 38,2% del mercato mensile, di cui il 9,6% sono ibride *plug-in* (+34%). Con una quota del 17,7%, le auto elettriche (BEV) registrano un aumento del 30,8%. Infine, le vetture a GPL calano: -23,8%, con appena 767 nuove immatricolazioni.

Le emissioni medie di CO<sub>2</sub> delle auto di nuova immatricolazione diminuiscono del 10,7% rispetto a febbraio 2024 e si attestano a 109,7 g/km.

Il mercato inglese, infine, a febbraio totalizza 84.054 nuove autovetture immatricolate, con una flessione dell'1% rispetto allo stesso mese dello scorso anno, segnando così il quinto calo mensile consecutivo.

Nei primi due mesi dell'anno, le immatricolazioni si attestano a 223.399 unità, l'1,9% in meno rispetto a gennaio-febbraio 2024. L'Associazione inglese dell'automotive SMMT sottolinea che sebbene i dati di febbraio mostrino un mercato complessivamente debole, la buona notizia è che la diffusione delle auto elettriche continua ad aumentare, anche se con un costo enorme per i produttori in termini di sostegno al mercato. Non è opportuno, tuttavia, trarre conclusioni dai risultati di un solo mese, soprattutto da uno così breve e variabile come febbraio. Con l'importante cambio delle targhe di marzo ormai alle porte e le modifiche fiscali che entreranno in vigore ad aprile e che, paradossalmente, disincentiveran-

no l'acquisto di veicoli elettrici, ci si aspetta una domanda significativa di nuovi autoveicoli il mese prossimo - ma, nel lungo termine, i consumatori avranno bisogno di carote e non di altri bastoni.

Nel mese, le immatricolazioni delle flotte calano del 4%, mentre le vetture intestate a privati registrano una crescita del 4,6% e quelle intestate alle aziende aumentano del 3,3%.

Le vendite di veicoli elettrici registrano un trend positivo: +41,7% e una quota di mercato del 25,3% nel mese di febbraio. Le ibride *plug-in* (PHEV) hanno fatto segnare una crescita (+19,3%) e hanno una quota dell'8,7%, superiore a quella dello scorso anno, che era del 7,2%. Nel cumulo dei due mesi, le BEV aumentano del 41,6% e le PHEV del 10,1%. Le vetture diesel calano nel mese (-15,1%, con quota al 5%), mentre le auto a benzina fanno registrare il 17,3% in meno di volumi rispetto allo scorso febbraio, attestandosi su una quota di mercato del 47,4%. Nel cumulo dei due mesi, le diesel calano del 10,3% (quota del 5,8%) e le auto a benzina del 16,1% (quota del 49,2%) (Da: *Comunicato Stampa ANFIA*, 25 marzo 2025).

### **International: European car market also down in February (-3.1%)**

According to data released by ACEA, in the countries of the European Union enlarged to EFTA and the United Kingdom, in February car registrations amounted to 963,540 units, 3.1% less than in February 2024.

In the first two months of 2025, registered volumes reached 1,959,580 units, down 2.6% compared to the same period of the previous year. In the EU+EFTA+UK area, BEV cars (+26.1%, with a 17.1% share) and traditional hybrids (+18.3%, with a 35.3% share) grew in February, while *plug-in* hybrids remained stable at +0.0% (with a 7.5% share). Overall, 577,449 hybrid and electric vehicles of all types were registered, representing, together, 59.9% of the market. *Plug-in* vehicles (BEV and PHEV) reached

24.6% of the market share. If we consider only the 5 major markets, sales of *plug-in* vehicles amounted to 141,851 units in February, up 18.5% and with a share of 21.6%.

In Italy, the total volumes in February 2025 stood at 138,020 units (-6.3%). In the first two months of 2025, total registrations amounted to 271,710 units, with a decrease of 6.1% compared to the volumes of the same period of 2024.

According to ISTAT data, in February the national consumer price index increased by 0.2% on January and by 1.6% on February 2024 (from +1.5% in the previous month). The trend dynamics of the general index is affected by the acceleration of the prices of regulated energy goods (from +27.5% to +31.4%), the marked reduction in the decline of those of non-regulated energy goods (from -3% to -1.9%) and the increase in the growth rate of the prices of unprocessed and processed food products. On the other hand, there is a deceleration in the prices of Transport-related services (from +2.5% to +1.9%), Communications-related services (from +1.1% to +0.5%) and Recreational, cultural and personal care services (from +3.3% to +3.1%). In the area of non-regulated energy, the trend decline in prices is significantly more contained due to the dynamics of the prices of town gas and natural gas on the free market (from -7.9% to -2.2%) and of electricity on the free market (from -10.9% to -6%). The prices of diesel for means of transport, on the other hand, accentuate their decline on an annual basis (from -1.8% to -4.4%; +1.5% on January), as do those of heating diesel (from -3.3% to -5.6%; +0.4% on January); Gasoline prices reverse their trend (from +1.2% to -1.2%; +1.4% on January).

Analyzing registrations by fuel in detail, petrol cars closed February down 20.9%, with a market share of 26.4%. Diesel cars also fell (-36.4% on February 2024), with a share of 9.9%. In the cumulative, registrations of petrol cars fell by 19% (26.6% share) and the negative trend of diesel cars continued (-39.0% and 9.7% share in the period). Electrified cars represent

53.8% of the February market, while in the cumulative they have a share of 53.5%, with volumes increasing both in the month (+14%) and in the cumulative (+15.4%). Among these, mild and full hybrids grew by 10.2% in the month, with a market share of 44.4%, while in the cumulative they increased by 10.4%, with a share of 44.5%. Registrations of plug-in cars increased by 35.9% in the month (market share: 9.5%) and by 48.4% in the cumulative (with a share of 9.1%). In detail, electric cars have a share of 5% and increased by 38.2% in the month. Plug-in hybrids also increased: +33.3%, with a 4.4% market share in the month. In the cumulative bimonthly data, both BEVs and PHEVs increased, respectively +70.9% (share: 5%) and +27.6% (share: 4.1%). Finally, gas-powered cars represent 9.9% of February registrations, almost entirely composed of LPG cars (-4.1% on February 2024). In the cumulative annual figure for 2025, LPG cars are down 8.4% (share: 10%), while considering all gas-powered cars the drop is 10.1%.

Spain totals 90,327 registrations in February 2025, 11% more than in the same month last year. In the first two months of 2025, the market grew by 8.4%, with 162,643 units registered.

The Spanish automotive association ANFAC notes that after a good January in terms of sales, the positive trend continues in February with a double-digit increase. This is good news, but, according to ANFAC, the data could be influenced by the extra sales recorded in the areas affected by the DANA flood last October, especially in Valencia, where citizens and companies are replacing vehicles damaged by the wave of bad weather. According to IDEAUTO data, in February there were 4,270 more sales in the affected areas than in the same districts in February 2024. Without the DANA effect, the market would "only" grow by 5.8%.

In detail, according to sales channels, rentals increased in February 2025 (+13%), as well as in the cumulative of the two months (+5%). Registrations registered to companies also grew in the second month of 2025, +4%, and in the cumulative, by 3%.

Finally, the private channel recorded a +16% in February and a +14% in the cumulative.

Petrol cars represent 31% of the February market (-11.4% compared to February 2024). Following this, non-plug-in hybrid cars represent 44.1% of the February market (+39% compared to February 2024). Diesel cars account for 5.7% of the monthly market, but are down 37.7% compared to the second month of 2024. Electric cars are doing better (6.8% in the month and a variation of +60.6% compared to February 2024) and plug-in hybrids (7.6% share of the month and +24.1% on last year), while gas-powered cars hold a market share of 4.9% and increase by 81.2%. Average CO<sub>2</sub> emissions in January 2025 fall to 110.3 g/km (-5.4%).

In France, in February 2025, 141,570 new registrations were recorded, down 0.7% compared to February 2024. In January-February 2025, registrations stood at 256,243 (-3.3%).

Compared to the same month last year, diesel cars (-34.4%), bioethanol (-100%) and petrol (-27%) are still decreasing. PHEVs are decreasing by 45%, while mild and full hybrids are increasing by 81.3% and 28.4%, respectively. Electric cars have a market share in the month of 17.9%, while 12 months ago they held 18.1%. In the cumulative since the beginning of the year, diesel cars are decreasing by 41.2% and have a share of 4.6%, while electric cars (share of 17.7%) are decreasing by 1.4%. Finally, PHEVs (share of 4.4%) are decreasing by 49.3%.

In the German market, 203,434 units were registered in February, down 6.4%.

In the first two months of 2025, registrations stood at 411,074, with a negative variation of 4.6% compared to January-February 2024, but a decrease of 23% compared to pre-covid levels of 2019.

Compared to the same month of the previous year, in February 2025 there was a 7% drop in domestic orders. From the point of view of fuels, hybrid cars (+12% in the month) represent 38.2% of the monthly market, of which 9.6% are plug-in hybrids (+34%). With

a share of 17.7%, electric cars (BEV) recorded an increase of 30.8%. Finally, LPG vehicles are down: -23.8%, with just 767 new registrations.

The average CO<sub>2</sub> emissions of newly registered cars are down 10.7% compared to February 2024 and stand at 109.7 g/km.

Finally, the English market totals 84,054 new cars registered in February, with a 1% decrease compared to the same month last year, thus marking the fifth consecutive monthly decline.

In the first two months of the year, registrations stand at 223,399 units, 1.9% less than in January-February 2024. The English automotive association SMMT underlines that although the February data show an overall weak market, the good news is that the spread of electric cars continues to increase, even if at a huge cost for manufacturers in terms of market support. However, it is not appropriate to draw conclusions from the results of a single month, especially one as short and variable as February. With the major license plate change in March now upon us and the tax changes that will come into force in April and which, paradoxically, will discourage the purchase of electric vehicles, significant demand for new vehicles is expected next month - but, in the long term, consumers will need carrots, not more sticks.

Fleet registrations fell 4% in the month, while privately registered vehicles grew 4.6% and those registered to companies increased 3.3%.

Electric vehicle sales are trending positive: +41.7% and a market share of 25.3% in February. Plug-in hybrids (PHEVs) have grown (+19.3%) and have a share of 8.7%, higher than last year's 7.2%. In the cumulative of the two months, BEVs increased by 41.6% and PHEVs by 10.1%. Diesel cars decreased in the month (-15.1%, with a share of 5%), while petrol cars recorded 17.3% less volumes than last February, settling at a market share of 47.4%. In the cumulative of the two months, diesel cars decreased by 10.3% (share of 5.8%) and petrol cars by 16.1% (share of 49.2%) (From: ANFIA Press Release, March 25<sup>th</sup>, 2025).

**VARIE  
OTHERS**

**Internazionale: due nuovi  
esperimenti italiani  
sulla stazione spaziale  
internazionale**

Con l'arrivo della capsula SpaceX Crew-10 sulla Stazione Spaziale Internazionale (ISS), il 15 marzo scorso, si avviano due nuovi esperimenti finanziati dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI). I loro nomi sono IRIS e Drain Brain 2.0 e saranno indossati e sperimentati da astronauti internazionali. Non è la prima volta che esperimenti italiani vengono effettuati sulla Stazione Spaziale da astronauti che non appartengono al nostro Paese. Questo privilegio deriva da accordi presi con la NASA nel lontano 1997 per la fornitura di tre moduli pressurizzati utilizzati per il trasporto di materiali da e per la ISS.

“La sperimentazione scientifica sulla ISS rappresenta un filone di ricerca importante per l'ASI, che finanzia e gestisce da oltre 20 anni progetti per lo studio della fisiologia umana in ambienti ostili e per l'individuazione delle possibili contromisure a protezione degli astronauti. - commenta B. NEGRI responsabile Ufficio Volo Umano e Sperimentazione dell'Agenzia Spaziale Italiana - I risultati che si otterranno con i due progetti IRIS e Drain Brain 2.0 contribuiranno ad aumentare la conoscenza dell'ambiente radiativo in cui operano gli astronauti e forniranno indicazioni sull'adattamento del sistema cardiovascolare in condizioni di microgravità. L'ambiente ostile, la lunga durata del viaggio e le radiazioni cosmiche sono fra i principali ostacoli che gli astronauti dovranno affrontare per voli di lunga durata verso la Luna o Marte”.

IRIS è realizzato dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - TRLAB insieme all'Università di Bologna ed ha come obiettivo quello di monitorare in tempo reale la quantità di radiazioni ionizzanti ricevute durante le attività quotidiane dagli astronauti. “L'esplorazione umana dello spazio è

una delle sfide e imprese più affascinanti, un motore potente per stimolare e sviluppare la ricerca scientifica e l'innovazione tecnologica. - spiega B. FRABONI, Principal Investigator del progetto e docente del Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Bologna.- Ma le radiazioni ionizzanti presenti nello spazio sono considerate dalla NASA uno dei cinque maggiori rischi da mitigare per consentire l'esplorazione umana del Sistema Solare I sensori sviluppati da IRIS sono dosimetri personali attivi, ossia in grado di rivelare e trasmettere in tempo reale alla centrale operativa (di terra o della stessa base spaziale) la dose ricevuta da chi li indossa, permettendo di attivare un allarme immediato in caso di sovrapposizione. Grazie all'impiego di materiali innovativi (semiconduttori organici e perovskiti) tali sensori sono stati fabbricati con comuni processi di stampa su substrati non convenzionali, quali plastica o tessuti, realizzando rivelatori ultrasottili e flessibili. Il volume ed il peso estremamente ridotto, uniti alla bassissima potenza di alimentazione richiesta, offrono un ulteriore significativo vantaggio per il payload delle missioni e per la sicurezza dell'equipaggio spaziale, che potrà indossarli impercettibilmente per tutto il tempo di permanenza in habitat extraterrestre, prevedendo un futuro monitoraggio in-situ dell'esposizione di organi particolarmente delicati. Per consentire una sicura ed efficace esplorazione spaziale umana, non possiamo tuttavia limitarci a mitigare gli effetti delle radiazioni sugli astronauti, ma dovremo estendere lo studio a tutti gli strumenti a supporto della vita nello spazio (come per esempio piante, cibo, medicine) - conclude FRABONI - Grazie agli studi effettuati è stato possibile raggiungere traguardi impensabili qualche decennio fa, ma ancora tanta stimolante ricerca ci aspetta per poter rendere sempre più sicura l'esplorazione umana nello spazio”.

Il secondo esperimento è il progetto “Drain Brain 2.0” realizzato con la collaborazione dell'Università di Ferrara. Durante la missione, gli astronauti indosseranno uno stru-

mento progettato per rilevare e monitorare in modo non invasivo alcuni importanti parametri per la salute cardiovascolare. “Lo strumento diagnostico realizzato con i fondi ASI, è uno speciale pletismografo, - spiega il Principal Investigator P. ZAMBONI, professore del Dipartimento di Medicina Traslazionale e per la Romagna e direttore del Centro delle Malattie Vascolari dell'Ateneo ferrarese - cioè un sensore sottilissimo a forma di collarino che può essere facilmente indossato da tutte/i gli astronauti a bordo e che è sincronizzato con l'elettrocardiogramma. Questo strumento permette di rilevare a distanza i segnali di flusso nella vena giugulare e nell'arteria carotide, i vasi principali del cosiddetto asse cuore-cervello. Con gli astronauti in orbita, potremo analizzare il loro adattamento fisico alla nuova situazione, in assenza di peso. Va considerato che i problemi cardiovascolari e neurologici dovuti allo stato di microgravità e ai fenomeni di adattamento sono tra i primi ostacoli alla possibilità di prolungare i voli spaziali al di sopra dei sei mesi. Quindi lo strumento che abbiamo sviluppato potrebbe fornire dati indispensabili per organizzare le necessarie contromisure per la sicurezza degli astronauti nelle future missioni spaziali, in vista di viaggi più impegnativi come quelli su Marte. Non secondarie anche le ricadute a terra che potrebbero scaturire dalla sperimentazione. - continua ZAMBONI - Spesso molte persone si chiedono se sia giusto allocare finanziamenti per qualcosa che sembra così lontano dai bisogni quotidiani, come la ricerca dell'ASI. Noi ricercatori siamo consapevoli che la tecnologia sviluppata presso la nostra Università potrebbe avere un notevole impatto in telemedicina. Ad esempio, potremmo fornire assistenza sanitaria a distanza alle persone con scompenso cardiaco, che sono diversi milioni solo nel nostro Paese. Il pletismografo non invasivo permette il monitoraggio della funzione cardiaca, potendo fornire ai medici di base con anticipo aggiustamenti terapeutici che in molti casi permettono di evitare la necessità di un ricovero in condizioni

drammatiche. Se le aziende sanitarie scommetteranno su questo sistema miglioreranno la qualità dei servizi offerti, limitando costi e tempi di attesa. Si apre così uno scenario nuovo sull'utilizzo di prodotti per la ricerca spaziale che sono anche a favore della popolazione e della medicina" (Da: *Comunicato Stampa ASI*, 17 marzo 2025).

### **International: two new Italian experiments on the International Space Station**

*With the arrival of the SpaceX Crew-10 capsule on the International Space Station (ISS), on March 15, two new experiments funded by the Italian Space Agency (ASI) are starting. Their names are IRIS and Drain Brain 2.0 and they will be worn and tested by international astronauts. It is not the first time that Italian experiments are carried out on the Space Station by astronauts who do not belong to our country. This privilege comes from agreements made with NASA way back in 1997 for the supply of three pressurized modules used for the transport of materials to and from the ISS.*

*"Scientific experimentation on the ISS represents an important line of research for ASI, which has been funding and managing projects for over 20 years for the study of human physiology in hostile environments and for the identification of possible countermeasures to protect astronauts. - comments B. NEGRI, head of the Human Flight and Experimentation Office of the Italian Space Agency - The results that will be obtained with the two projects IRIS and Drain Brain 2.0 will contribute to increasing knowledge of the radiation environment in which astronauts operate and will provide indications on the adaptation of the cardiovascular system in microgravity conditions. The hostile environment, the long duration of the journey and cosmic radiation are among the main obstacles that astronauts will have to face for long-duration flights to the Moon or Mars".*

*IRIS is created by the National Institute of Nuclear Physics - TTLAB to-*

*gether with the University of Bologna and has the objective of monitoring in real time the amount of ionizing radiation received during the daily activities of astronauts. "Human space exploration is one of the most fascinating challenges and endeavors, a powerful engine for stimulating and developing scientific research and technological innovation. - explains B. FRABONI, Principal Investigator of the project and professor at the Department of Physics and Astronomy of the University of Bologna. - But ionizing radiation in space is considered by NASA to be one of the five major risks to be mitigated to enable human exploration of the Solar System. The sensors developed by IRIS are active personal dosimeters, that is, capable of detecting and transmitting in real time to the operations center (on the ground or at the space base itself) the dose received by the wearer, allowing an immediate alarm to be activated in the event of overexposure. Thanks to the use of innovative materials (organic semiconductors and perovskites), these sensors were manufactured with common printing processes on unconventional substrates, such as plastic or fabrics, creating ultra-thin and flexible detectors. The extremely small volume and weight, combined with the very low power required, offer a further significant advantage for the mission payload and for the safety of the space crew, who will be able to wear them imperceptibly for the entire time spent in an extraterrestrial habitat, foreseeing future in-situ monitoring of the exposure of particularly delicate organs. To allow safe and effective human space exploration, however, we cannot limit ourselves to mitigating the effects of radiation on astronauts, but we will have to extend the study to all the tools that support life in space (such as plants, food, medicines) - concludes FRABONI - Thanks to the studies carried out to date it has been possible to reach goals that were unthinkable a few decades ago, but a lot of stimulating research still awaits us to be able to make human exploration in space increasingly safe".*

*The second experiment is the "Drain Brain 2.0" project, carried out in collaboration with the University*

*of Ferrara. During the mission, astronauts will wear a device designed to non-invasively detect and monitor some important parameters for cardiovascular health. "The diagnostic tool created with ASI funds is a special plethysmograph," explains Principal Investigator P. ZAMBONI, professor of the Department of Translational Medicine and for Romagna and director of the Center for Vascular Diseases at the University of Ferrara, "that is, a very thin sensor in the shape of a collar that can be easily worn by all astronauts on board and that is synchronized with the electrocardiogram. This tool allows us to remotely detect flow signals in the jugular vein and carotid artery, the main vessels of the so-called heart-brain axis. With the astronauts in orbit, we will be able to analyze their physical adaptation to the new situation, in the absence of weight. It should be considered that to date cardiovascular and neurological problems due to the state of microgravity and adaptation phenomena are among the main obstacles to the possibility of extending space flights beyond six months. Therefore, the tool we have developed could provide essential data to organize the necessary countermeasures for the safety of astronauts in space. future space missions, in view of more challenging journeys such as those to Mars. The repercussions on Earth that could arise from the experimentation are also not secondary. - continues ZAMBONI - Often many people wonder whether it is right to allocate funding for something that seems so far from daily needs, such as ASI research. We researchers are aware that the technology developed at our University could have a significant impact on telemedicine. For example, we could provide remote healthcare to people with heart failure, who are several million in our country alone. The non-invasive plethysmograph allows monitoring of cardiac function, being able to provide general practitioners with therapeutic adjustments in advance that in many cases allow them to avoid the need for hospitalization in dramatic conditions. If healthcare companies bet on this system, they will improve the quality of the services offered, limiting costs and waiting times.*

*This opens up a new scenario on the use of products for space research that are also in favor of the population and medicine” (From: ASI Press Release, March 17<sup>th</sup>, 2025).*

### **Germania: Siemens acquisisce Altair per creare il portafoglio più completo di software industriale basato sull’intelligenza artificiale**

Siemens ha annunciato di aver completato l’acquisizione di Altair Engineering Inc., un fornitore leader di software nel mercato della simulazione e dell’analisi industriale, per un valore aziendale di circa 10 miliardi di USD. Con questa acquisizione, Siemens estende la sua leadership nella simulazione e nell’intelligenza artificiale (IA) industriale aggiungendo nuove capacità nella simulazione meccanica ed elettromagnetica, nell’elaborazione ad alte prestazioni (HPC), nella scienza dei dati e nell’IA. L’aggiunta del team e della tecnologia Altair a Siemens migliorerà ulteriormente il Digital Twin più completo e renderà la simulazione più accessibile, così le aziende di qualsiasi dimensione potranno immettere sul mercato prodotti complessi più rapidamente.

“Diamo il benvenuto alla comunità di clienti, partner e colleghi di Altair in Siemens. L’aggiunta delle innovazioni rivoluzionarie di Altair alla piattaforma Siemens Xcelerator creerà il portafoglio di progettazione, ingegneria e simulazione basato sull’intelligenza artificiale più completo al mondo. Insieme, aiuteremo i nostri clienti a innovare alla scala e alla velocità che il mondo odierno guidato dalla complessità richiede”, ha affermato R. BUSCH, Presidente e CEO di Siemens AG. “Attraverso il programma ONE Tech Company, amplieremo la nostra leadership nel software industriale. Ciò consente a tutti i settori di trarre vantaggio dalla rivoluzione guidata dai dati e dall’intelligenza artificiale”.

L’integrazione delle capacità di Altair nelle aree di simulazione, HPC, scienza dei dati e intelligenza artificiale migliora la capacità di Sie-

mens di guidare prodotti e processi più efficienti e sostenibili. Ora, tutti i clienti Siemens, dagli ingegneri ai generalisti, avranno accesso a nuove competenze di simulazione, potranno ottimizzare i loro processi di elaborazione ad alte prestazioni, creare nuovi strumenti di intelligenza artificiale ed eseguire analisi dei dati per aiutare ad accelerare l’innovazione e la trasformazione digitale per aziende di tutte le dimensioni.

L’acquisizione di Altair fa parte del programma ONE Tech Company di Siemens e aumenterà significativamente la quota di fatturato digitale di Siemens. Questo programma di crescita consente a Siemens di espandere ulteriormente la sua solida posizione di mercato e raggiungere il livello successivo di prestazioni e creazione di valore. Attraverso acquisizioni come questa, nonché investimenti in R&S in aree tra cui software, prodotti abilitati all’intelligenza artificiale, hardware connesso e sostenibilità, Siemens sta chiaramente dando priorità all’allocazione del capitale in campi di crescita strategica.

Con il completamento dell’acquisizione di Altair e le recenti espansioni degli stabilimenti Siemens in California e Texas, Siemens ha investito oltre 100 miliardi di dollari negli Stati Uniti negli ultimi 20 anni (Da: *Comunicato Stampa Siemens Mobility*, 26 marzo 2025).

### **Germany: Siemens acquires Altair to create most complete AI-powered portfolio of industrial software**

*Siemens announced that it has completed the acquisition of Altair Engineering Inc., a leading provider of software in the industrial simulation and analysis market, for an enterprise value of approximately USD 10 billion. With this acquisition, Siemens extends its leadership in simulation and industrial artificial intelligence (AI) by adding new capabilities in mechanical and electromagnetic simulation, high-performance computing (HPC), data science and AI. The addition of the Altair team and technology to Siemens will*

*further enhance the most comprehensive Digital Twin and make simulation more accessible, so companies of any size can bring complex products to market faster.*

*“We welcome the Altair community of customers, partners and colleagues to Siemens. Adding Altair’s groundbreaking innovations to the Siemens Xcelerator platform will create the world’s most complete AI-powered design, engineering and simulation portfolio. Together, we will help our customers to innovate at the scale and speed that complexity-driven world demands,” said R. BUSCH, President and CEO of Siemens AG. “Through the ONE Tech Company program, we will extend our leadership in industrial software. This enables all industries to benefit from the revolution driven by data and AI.”*

*Integrating Altair’s capabilities in the areas of simulation, HPC, data science, and AI enhances the ability of Siemens to drive more efficient and sustainable products and processes. Now, all Siemens customers, from engineers to generalists, will have access to new simulation expertise, can optimize their high-performance computing processes, create new AI tools and perform data analytics to help accelerate innovation and digital transformation for companies of all sizes.*

*The acquisition of Altair is part of Siemens’ ONE Tech Company program and will meaningfully increase Siemens’ digital revenue share. This growth program enables Siemens to further expand its strong market position and reach the next level of performance and value creation. Through acquisitions like this, as well as R&D investments into areas including software, AI-enabled products, connected hardware and sustainability, Siemens is clearly prioritizing capital allocation to strategic growth fields.*

*With the completion of the acquisition of Altair as well as the recent expansions of Siemens’ factories in California and Texas, Siemens has now invested over USD 100 billion into the United States in the past 20 years (From: Siemens Mobility Press Release, March 26<sup>th</sup>, 2025).*

**L. Franceschini, A. Garofalo, R. Marini e V. Rizzo**  
**ELEMENTI GENERALI DELL'ESERCIZIO FERROVIARIO**  
**Tradizione, evoluzione, sviluppi**  
Seconda edizione

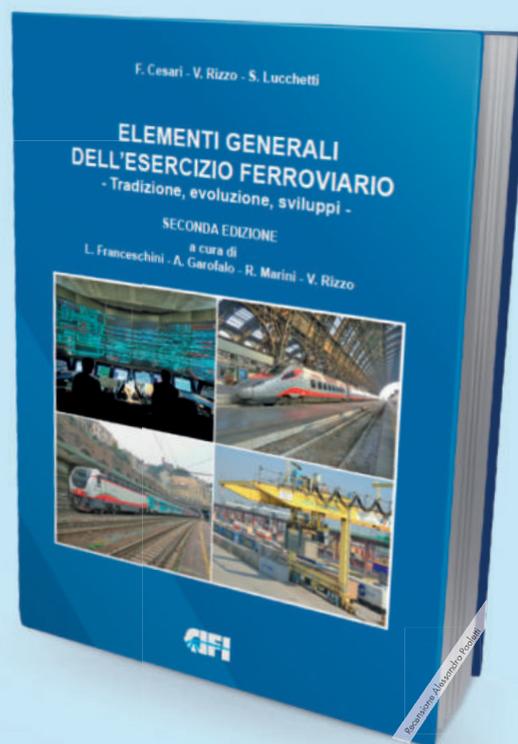
Il CIFI ha pubblicato la seconda edizione del libro "Elementi generali dell'esercizio ferroviario". La prima edizione era stata data alle stampe nel 1999. Andata esaurita anche la ristampa, il CIFI ha giustamente ritenuto opportuno, anziché procedere ad un'ulteriore ristampa, di pubblicare una nuova edizione, aggiornando ed integrando i contenuti del testo originario, in base agli sviluppi intervenuti nel frattempo. In effetti gli ultimi quindici anni hanno visto realizzarsi tali e tanti cambiamenti nell'organizzazione, nelle infrastrutture, nelle tecnologie ferroviarie che una semplice rilettura non era sufficiente.

Partendo da tali considerazioni, gli autori di questa seconda edizione, una squadra affiatata ed eterogenea di tre generazioni di ferrovieri, lasciando traccia dell'evoluzione storica, hanno svolto un completo lavoro di revisione ed aggiornamento ma anche di integrazione ed aggiunta di nuove parti. Nella prima edizione il sistema ad Alta Velocità era in fase di progetto, ora è in fase di consolidato esercizio. Il modello di esercizio prevalente era quello in cui le stazioni erano affidate ai "dirigenti movimento", ora sono ampiamente diffusi evoluti sistemi di comando e controllo delle linee che interessano nodi ferroviari e direttrici di traffico.

Per quanto riguarda il materiale rotabile, l'elettronica di potenza e di comando ha definitivamente sostituito la regolazione reostatica e consentito l'adozione generalizzata di motori asincroni trifasi. I sistemi per la ripetizione dei segnali in macchina erano facoltativi, ora i sistemi per la protezione della marcia dei treni sono obbligatori. Inoltre, le Ferrovie italiane si stanno proiettando sempre di più all'estero e non mancano riferimenti e confronti con le ferrovie straniere. Infine l'interoperabilità è anch'essa nel pieno della applicazione pratica, mentre era prima solo accennata come intenzione.

Il volume espone quindi in un quadro ordinato e logicamente articolato gli elementi essenziali, i concetti e le informazioni di base dell'esercizio ferroviario considerato nel suo complesso e nei diversi settori in cui si differenzia.

Nel volume sono inserite, quando opportune, notizie storiche e di costume dell'esercizio ferroviario. Questo consente al lettore di comprendere il perché di certe scelte tecnologiche e normative, quasi sempre dettate dalla necessità di risolvere problematiche magari oggi considerate banali,



ma all'epoca di elevato spessore e sfidanti per coloro che le hanno dovute affrontare e risolvere.

Il volume ha intenti formativi e si indirizza ad una estesa platea di lettori: operatori dell'esercizio ferroviario, professionisti, tecnici, studenti e cultori della materia, rappresentando un'introduzione di base al sistema ferroviario. Il testo comprende tutte le diverse discipline della ferrovia, riportando l'evoluzione e la descrizione degli attuali sviluppi relativi all'infrastruttura, alle tecnologie, al materiale rotabile ed alla normativa.

Il volume costituisce un "classico" del CIFI, in edizione completamente aggiornata e rinnovata, indispensabile per ogni percorso di inquadramento e aggiornamento della materia.

Formato 17x24 cm, 640 pagine, 157 figure in bianco e nero, 120 figure a colori, 42 tabelle.  
Prezzo di copertina Euro 40,00 (Sconto del 20% ai Soci CIFI).

# IF Biblio

Massimiliano BRUNER, Ivan CUFARI

## INDICE PER ARGOMENTO

- 1 - CORPO STRADALE, GALLERIE, PONTI, OPERE CIVILI
- 2 - ARMAMENTO E SUOI COMPONENTI
- 3 - MANUTENZIONE E CONTROLLO DELLA VIA
  
- 4 - VETTURE
- 5 - CARRI
- 6 - VEICOLI SPECIALI
- 7 - COMPONENTI DEI ROTABILI
  
- 8 - LOCOMOTIVE ELETTRICHE
- 9 - ELETTROTRENI DI LINEA
- 10 - ELETTROTRENI SUBURBANI E METRO
- 11 - AZIONAMENTI ELETTRICI E MOTORI DI TRAZIONE
- 12 - CAPTAZIONE DELLA CORRENTE E PANTOGRAFI
- 13 - TRENI, AUTOMOTRICI E LOCOMOTIVE DIESEL
- 14 - TRASMISSIONI MECCANICHE E IDRAULICHE
- 15 - DINAMICA, STABILITÀ DI MARCIA, PRESTAZIONI, SPERIMENTAZIONE
  
- 16 - MANUTENZIONE, AFFIDABILITÀ E GESTIONE DEL MATERIALE ROTABILE
- 17 - OFFICINE E DEPOSITI, IMPIANTI SPECIALI DEL MATERIALE ROTABILE
  
- 18 - IMPIANTI DI SEGNALAMENTO E CONTROLLO DELLA CIRCOLAZIONE - COMPONENTI
- 19 - SICUREZZA DELL'ESERCIZIO FERROVIARIO
- 20 - CIRCOLAZIONE DEI TRENI
  
- 21 - IMPIANTI DI STAZIONE, NODALI E LORO ESERCIZIO
- 22 - FABBRICATI VIAGGIATORI
- 23 - IMPIANTI PER SERVIZIO MERCI E LORO ESERCIZIO
  
- 24 - IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA
  
- 25 - METROPOLITANE, SUBURBANE
- 26 - TRAM E TRAMVIE
  
- 27 - POLITICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI, TARIFFE
- 28 - FERROVIE ITALIANE ED ESTERE
- 29 - TRASPORTI NON CONVENZIONALI
- 30 - TRASPORTI MERCI
- 31 - TRASPORTO VIAGGIATORI
- 32 - TRASPORTO LOCALE
- 33 - PERSONALE
  
- 34 - FRENI E FRENATURA
- 35 - TELECOMUNICAZIONI
- 36 - PROTEZIONE DELL'AMBIENTE
- 37 - CONVEGNI E CONGRESSI
- 38 - CIFI
- 39 - INCIDENTI FERROVIARI
- 40 - STORIA DELLE FERROVIE
- 41 - VARIE

**I lettori che desiderano fotocopie delle pubblicazioni citate in questa rubrica, e per le quali è autorizzata la riproduzione, possono farne richiesta al CIFI - Via Giolitti, 48 - 00185 ROMA. Prezzo forfettario delle riproduzioni: - € 6,00 fino a quattro facciate e € 0,50 per facciata in più, oltre le spese postali ed IVA. Spedizione in porto assegnato. Si eseguono ricerche bibliografiche su argomenti a richiesta, al prezzo di € 6,00 per un articolo segnalato e € 2,00 per ogni copia in più dello stesso articolo, oltre le spese postali ed IVA.**

**Tutte le riviste citate in questa rubrica sono consultabili presso la Biblioteca del CIFI - Via Giolitti, 48 - 00185 ROMA - Tel. 0647306454; FS (970) 66454 - Segreteria: Tel. 064882129.**

IF Biblio	Componenti dei rotabili	7
<p>257 <i>Materiali innovativi nel progetto del telaio del carrello.</i> (VENTURA) <i>Innovative materials in the bogie frame design.</i> <i>Ingegneria Ferroviaria</i>, novembre 2022, pp. 857-880, figg. 16, tabb. 14. Biblio 18 titoli.</p> <p>Lo scopo di questo documento è focalizzato sui materiali utilizzati per la fabbricazione dei telai dei carrelli ferroviari. Il documento evidenzierà i materiali ammissibili e innovativi dopo aver discusso i materiali tradizionali relativi alla produzione di questo sottosistema vitale del materiale rotabile. <i>The aim of this paper is focused on the materials used for the manufacturing of the railway bogie frames. The paper will highlight the allowable and innovative materials after discussing the traditional materials related to the production of this vital rolling stock subsystem.</i></p> <hr/> <p>258 <i>Selezione ottimale del materiale per applicazione tribologica ad alta temperatura: uno</i></p>	<p><i>studio di decisione multi-criteri integrato.</i> (TAKELE - YESUFIKAD FENTIE – WOLDEYOHANNES - ABRAHAM DEBEBE) <i>Optimal material selection for high temperature tribological application: an integrated multi criteria decision study</i> <i>Discover Materials</i>, Open Access, volume 5, numero 1, dicembre 2024, numero articolo 33.</p> <p>La ricerca mira a affrontare i problemi fondamentali associati alla selezione dei materiali nella produzione di componenti automobilistici tribologici ad alta temperatura. I risultati dello studio evidenziano che tra le tre varianti delle leghe di alluminio 6xxx (AA6061, AA6082 e AA6005) in esame, AA6082 emerge come la scelta più ottimale. <i>The research aims to address the fundamental problems associated with material selection in the production of high temperature tribological automotive component. The study's findings highlight that among the three variants of 6xxx aluminum alloys (AA6061, AA6082, and AA6005) under examination, AA6082 emerges as the most optimal choice.</i></p>	

IF Biblio	Trasporti viaggiatori	31
<p>68 <i>Un modello multimodale per la simulazione della mobilità di media e lunga percorrenza delle persone in Italia.</i> (TARTAGLIA – NOURBAKSH – VANNACCI – CHINDEMI – CARBONE – FERRARA – SOMMARIO - MARINO) <i>A multimodal model for the simulation of medium and long-distance mobility of people in Italy.</i> <i>Ingegneria Ferroviaria</i>, marzo 2023, pp. 217-253, figg. 23, tabb. 4. Biblio 68 titoli.</p> <p>Questo articolo presenta la struttura metodologica dei modelli messi a punto, i risultati di una applicazione di riferimento volta a simulare le scelte di viaggio nella fase di avvio di uno scenario "New Normal" successivo alle crisi menzionate, oltre che le conclusioni e le prospettive di ulteriore sviluppo e di ricerca derivanti dal lavoro svolto. <i>This article presents the methodological structure of the models developed, the results of a reference application aimed at simulating travel choices in the startup phase of a "New Normal" scenario following the aforementioned crises, as well as the conclusions and prospects for further development and research deriving from the work carried out.</i></p>	<p>69 <i>Valutazione dell'impatto sulla competitività della modalità dei miglioramenti della rete ferroviaria trans-eurasiana.</i> (MOHSENI - VAN HASSEL – VANELSLANDER) <i>Assessing the impact on mode competitiveness of improvements of the Trans-Eurasian railway network</i> <i>Journal of Shipping and Trade</i>, Open Access, volume 10, numero 1, dicembre 2025, articolo numero 3.</p> <p>Questo documento si occupa del potenziale delle diverse modalità di trasporto sulla connessione eurasiatica, concentrandosi sulla ferrovia e confrontando il mare e l'aria. Dal 2008 è stata osservata una sostanziale assorbimento del collegamento ferroviario. La domanda principale è quindi se la competitività di questo ponte terrestre sia reale e sostenibile o meno. <i>This paper deals with the potential of the different modes of transport on the Eurasian connection, focusing on rail, and comparing with sea and air. Since 2008, a substantial uptake of the rail connection has been observed. The main question then is whether the competitiveness of this land bridge is actual and sustainable or not.</i></p>	

**PICCHETTI INDICATORI**  
in materiale plastico

I Picchetti indicatori sono enti di piazzale di diverse forme e funzioni, quelli da noi proposte sono i seguenti:

- Picchetto indicatore per circuiti di binario CdB
- Picchetto indicatore punto informativo posticipato (PI posticipato)
- Picchetto limite speciale per CdB per im mobilizzazione dei deviatori telecomandati.
- Picchetto indicatore della posizione dei pedali di comando dei P.L. automatici
- Picchetto indicatore della posizione dei pedali B.E.

**Proprietà migliorative:**

- Peso (≈ 4 Kg), decisamente ridotto rispetto al prodotto in uso;
- Maggior stabilità del prodotto in condizioni di pietrisco, grazie allo storico supporto utilizzato per la messa in posa delle cassette da CdB;
- Maggior durata delle colorazioni nel corso degli anni grazie al materiale plastico PC colorato sottoposto a trattamento anti-UV che compone il picchetto di cui è formato e la verniciatura dello stesso con i colori indicati;
- Prezzo estremamente ridotto rispetto al prodotto tradizionale, grazie al materiale, al peso ridotto, manutenzione, e facilità di gestione.

info@plastiroma.it

**Copertura in plastica**  
per picchetto indicatore in calcestruzzo da CdB

Per eliminare il problema della sverniciatura del picchetto, la nostra azienda propone una copertura in materiale plastico verniciato con trattamento anti-UV.

Dis. PLA.23.PIC.316.A

## CONDIZIONI DI ABBONAMENTO A IF - INGEGNERIA FERROVIARIA ANNO 2025

**(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 2025

**(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.*

## 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
- 1.2.4 F. SCHINA “La Costruzione del Binario” ..... € 30,00
- 1.2.5 F. NATONI “Gli scambi ferroviari” ..... € 30,00

#### 1.3 – Cultura Professionale - Impianti Elettrici Ferroviari

- 1.3.16 A. FUMI – “La gestione degli impianti elettrici ferroviari” ..... € 35,00
- 1.3.17 U. ZEPPA – “Impianti di Sicurezza - Gestione guasti e lavori di manutenzione” ..... € 30,00

### 2 – TESTI GENERALI DI FORMAZIONE ED AGGIORNAMENTO

- 2.2 L. MAYER – “Impianti ferroviari - Tecnica ed Esercizio” (Nuova edizione a cura di P.L. Guida-E. Milizia) ..... € 50,00
- 2.5 G. BONO - C. FOCACCI - S. LANNI – “La Sovrastruttura Ferroviaria” ..... € 50,00
- 2.7 L. FRANCESCHINI - A. GAROFALO - R. MARINI - V. RIZZO – “Elementi generali dell’esercizio ferroviario” 2a Edizione ..... € 40,00
- 2.8 P.L. GUIDA - E. MILIZIA – “Dizionario Ferroviario - Movimento, Circolazione, Impianti di Segnalamento e Sicurezza” ..... € 35,00
- 2.9 P. DE PALATIS – “L’avvenire della sicurezza - Esperienze e prospettive” ..... € 20,00
- 2.10 AUTORI VARI – “Principi ed applicazioni pratiche di Energy Management” ..... € 25,00
- 2.12 R. PANAGIN – “Costruzione del veicolo ferroviario” .... € 40,00
- 2.13 F. SENESI - E. MARZILLI – “Sistema ETCS Sviluppo e messa in esercizio in Italia” ..... € 40,00
- 2.14 AUTORI VARI – “Storia e Tecnica Ferroviaria - 100 anni di Ferrovie dello Stato” ..... € 50,00
- 2.15 F. SENESI - E. MARZILLI – “ETCS, Development and implementation in Italy (English ed.)” ..... € 60,00
- 2.16 E. PRINCIPE – “Il veicolo ferroviario - carrozze e carri” ..... € 20,00
- 2.18 B. CIRILLO - L.C. COMASTRI - P.L. GUIDA - A. Ventimiglia – “L’Alta Velocità Ferroviaria” ..... € 40,00
- 2.19 E. PRINCIPE – “Il veicolo ferroviario - carri” ..... € 30,00

- 2.20 L. LUCCINI – “Infortuni: Un’esperienza per capire e prevenire” ..... € 7,00
- 2.21 AUTORI VARI – “Quali velocità quale città. AV..... e i nuovi scenari territoriali e ambientali ..... in Europa e in Italia” ..... € 150,00
- 2.22 G. ACQUARO – “I Sistemi di Gestione della Sicurezza Ferroviaria” ..... € 25,00
- 2.24 G. ACQUARO – “La Sicurezza Ferroviaria - Principi, approcci e metodi nelle norme nazionali ed europee” ..... € 25,00
- 2.25 F. BOCCHIMUZZO – “La Realizzazione dei Lavori pubblici nelle Ferrovie - volume 1 Le regole generali” ..... € 38,00
- 2.26 ERTMS/ETCS – Pianificazione e Funzioni Base - Volume A - Fabio Senesi e Autori Vari prezzo di copertina ..... € 32,00
- 2.33 Collana ERTMS/ETCS – Cofanetto contenente i Volumi A-B-C-D-E-F + Appendice - Fabio Senesi e Autori Vari ..... € 224,00
- 2.34 M. MORZIELLO – “High Speed Railway System” ..... € 34,00
- 2.35 F. SENESI e AUTORI VARI – “ERTMS/ETCS - Planning and Basic Functions” ..... € 32,00
- 2.36 G.P. PAVIRANI “La Manutenzione della Infrastruttura” ..... € 36,00
- 2.37 V. VALFRÈ – G. STANZANI – D. OCCHIENA “Le Protezioni da Doppie Contatti Ordinati e Separati Con Verifica Dimensionale dei Parametri di Linea” Formato Digitale PDF ..... € 34,00
- 2.38 G.P. PAVIRANI “La Manutenzione della Infrastruttura” ..... € 36,00

### 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. M. GERLINI – P. MORI – R. PAIELLA “Architettura Ferroviaria” ..... € 120,00

### 4 – ATTI CONVEGNI

- 4.4. ROMA – “Next Station”, bilingue italo inglese (3-4 febbraio 2005) ..... € 40,00
- 4.8. ROMA – “Stazioni ferroviarie italiane - qualità,.... funzionalità” ..... € 40,00
- 4.9. BARI – DVD “Stato dell’arte e nuove progettualità per la rete ferroviaria pugliese” (6 giugno 2008) Omaggio per residenti Regione Puglia ..... € 15,00
- 4.10. BARI – DVD Convegno “Il sistema integrato dei trasporti nell’area del mediterraneo” (18 giugno 2010) Omaggio per residenti Regione Puglia ..... € 25,00
- 4.11 Una Stagione Straordinaria – Atti Convegno Milano del 20 aprile 2021 ..... € 25,00

## 6 – TESTI ALTRI EDITORI

6.5.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Treni italiani con Carrozze Media Distanza” .....	€ 25,00	6.12.	A. BUSSI (ed. Luigi Pellegrini Editore) “Due Vite, Tante Vite (Storie di ferrovia e resistenza)” .....	€ 16,00
6.6.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Treni italiani con carrozze a due piani” .....	€ 28,00	6.61.	M. MORZIELLO “Sistema Ferroviario Italiano Alta Velocità” .....	€ 34,00
6.7.	E. PRINCIPE (ed. La Serenissima) – “Treni italiani Eurostar City Italia” .....	€ 35,00	6.64.	G. MAGENTA (ed. Gaspari) – “Un Mondo su rotaia” .....	€ 29,00
6.8.	E. PRINCIPE – “Treni italiani - ETR 500 Frecciarossa” .....	€ 25,00	6.65.	A. CARPIGNANO – “La Locomotiva a vapore (Viaggio tra tecnica e condotta di un Mezzo di ieri)” 2° Edizione - L'Artistica Editrice Savigliano (CN) .....	€ 70,00
6.9.	V. FINZI (ed. Coedit) – “I miei 50 anni in ferrovia” .....	€ 20,00	6.66.	P. MESSINA – “Ferrovie e Filobus nella Pubblicità” ...	€ 26,00
6.10.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Le carrozze dei nuovi treni di Trenitalia” .....	€ 24,00	6.67.	P. MESSINA – “Per Mare intorno all’Elba e verso il Continente – Traghetti, imbarcazioni e navi da crociera” .....	€ 23,00
6.11.	R. MARINI (ed. Plasser & Theurer - Plasser Italiana) . “Treni nel Mondo” .....	€ 30,00	6.68.	P. MESSINA – “I Trasporti all’Elba” .....	€ 28,00

N.B.: I prezzi indicati sono comprensivi dell’I.V.A. Gli acquisti delle pubblicazioni, con pagamento anticipato, possono essere effettuati mediante versamento sul conto corrente postale 31569007 intestato al Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani, Via Giolitti, 46 – 00185 Roma o tramite bonifico bancario: UNICREDIT – AGENZIA ROMA ORLANDO – VIA V. EMANUELE, 70 – 00185 ROMA – IBAN: IT29U0200805203000101180047. Nella causale del versamento si prega indicare: “Acquisto pubblicazioni”. La ricevuta del versamento dovrà essere inviata unitamente al modulo sottoindicato. Per spedizioni l’importo del versamento dovrà essere aumentato del 10% per spese postali.

**Sconto del 20% per i soci CIFI (individuali, collettivi e loro dipendenti)**

**Sconto del 15% per gli studenti universitari - Sconto alle librerie: 25%**

**Sconto del 10% per gli abbonati alle riviste La Tecnica Professionale e Ingegneria Ferroviaria  
(Solo tramite bonifico bancario o conto corrente postale; per informazioni contattare info@cifi.it)**

### 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
- S** Servizi assicurativi

**A** **Lavori ferroviari, edili e stradali  
Impianti di riscaldamento e sanitari  
Lavori vari**

**B** **Studi e indagini  
geologiche-palificazioni**

**C** **Attrezzature e materiali  
da costruzione**

**MARGARITELLI FERROVIARIA S.p.A. – Via Adriatica, 109 – 06135 PONTE SAN GIOVANNI (PG) – Tel. 075/597211 – Fax 075/395348 – www.margaritelli.com – Progettazione e produzione di manufatti per armamento**

ferroviario, tranviario e per metropolitane in cemento armato, cemento armato precompresso, legno e legno impregnato – Trattamenti preservanti del legno.

**MEFA ITALIA, VIA GB MORGAGNI 16/B, 20005 POGLIANO M.SE (MI), T. 02 93 54 01 95, HYPERLINK “mailto:info@mefa.it”info@mefa.it, HYPERLINK “http://www.mefa.it”www.mefa.it** Vendita e dimensionamento di elementi di supporto e fissaggio di impianti, sistemi modulari di sostegno anche antisismici, collari per tubazioni, giunti, raccordi, stazioni di allarme per impianti antincendio.

**D** **Meccanica, 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@fluryitalia.it** – Produzione materiali per linee aeree ferroviarie, tranviarie e metropolitane (trazione elettrica). Isolatori di sezioni per tutte le velocità (da 30 a 250 Km/h) e tensioni elettriche in corrente continua e alternata. Morsetteria in CuNiSi ad alta resistenza meccanica per tutti i tipi di filo di contatto, terminali, morse di amarro e giunti a innesto rapido per fune portante. Pendini tradizionali e regolabili in altezza, pendini elastici – smorzatori per usi su alta velocità e linee tradizionali. Dispositivi di messa a terra e corto circuito. Soluzioni personalizzate e speciali su misura.

**BONOMI EUGENIO S.p.A. – Via Mercanti, 17 – 25018 MONTICHIARI (BS) – Tel. 030/9650304 – Fax 030/962349 – E-mail: info.eb@gruppo-bonomi.com – www.gruppo-bonomi.com** – Progettazione linee ferroviarie e tranviarie – Produzione di componenti ed accessori per i settori trazione elettrica e segnalamento – Sospensioni per linee tradizionali ed Alta Velocità – Dispositivi di pensionamento a contrappesi ed oleodinamici, morsetteria e connettori, attrezzatura ed utensili meccanici ed oleodinamici (prodotti per linee da 1,5 kV a 25 kV).

**BOSCH SECURITY SYSTEMS S.p.A. – Via M.A. Colonna, 35 – 20149 MILANO (MI) – Tel. 02/36961 – E-mail: it.securitysystems@bosch.com** – Prodotti e soluzioni in ambito Security, Safety e Communication per applicazioni di: videosorveglianza e artificial intelligence, rilevazione intrusione, rivelazione incendio, audio evacuazione e controllo degli accessi. Tecnologie innovative per la protezione dei beni e delle persone, e per l'efficientamento dei processi e dei servizi.

**CANAVERA & AUDI S.p.A. – Regione Malone, 6 – 10070 CORIO (TO)** – Tel. 011/928628 – Fax 011/9282709 – E-mail: canavera@canavera.com – www.canavera.com – Stampaggio a caldo particolari in acciaio fino a 200 kg – Lavorazioni meccaniche – Costruzione componenti per carri, carrozze, tram e metropolitane.

**CEMBRE S.p.A. – Via Serenissima, 9 – 25135 BRESCIA** – Tel. 030/36921 – (r.a. + Sel. pass.) – Fax 030/3365766 – E-mail: info@cembre.com – Produzione e commercio di: capicorda e connettori elettrici – Utensili per la compressione dei capicorda e connettori, tranciacavi e tranciacuni oleodinamici – Trapani adatti alla foratura di rotaie e di apparecchi del binario nelle applicazioni ferroviarie – Trapani per traverse in legno – Pandrolatrici – Avvitatori portatili – Troncatrici di rotaie.

**CINEL OFFICINE MECCANICHE S.p.A. Via Sile, 29 – 31033 CASTELFRANCO VENETO (TV)** – Tel. 0423/490471 – Fax 0423/498622 – E-mail: info@cinelspa.it – www.cinelspa.it – Stabilimenti: Via Sile, 29 – 31033 Castelfranco Veneto (TV) – Via Scalo Merci, 21 – 31030 Castello di Godego (TV) – Forniture per i settori ferroviario e tranviario: scambi ferroviari e tranviari, Kit cuscinetti elastici e autolubrificanti, Kit piastre per controrotaie 33C1, giunti isolanti incollati, piastre, piastrine, ganasce di giunzione, blocchi, caviglie, chiavarde, casse di manovra per deviatoio e accessori, tiranterie, zatteroni, traverse cave, fermascambi, immobilizzatori, dispositivi di bloccaggio, apparecchiature per segnalamento e sicurezza, passaggi a livello, materiali per rotabili.

**G.C.F.E. 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.

**DOT SYSTEM S.r.l. – Via Marco Biagi, 34 – 23871 LOMAGNA (LC)** – Tel. +39/039/92259202 – Fax +39/039/92259290 – E-mail: info@dotssystem.it – www.dotssystem.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 – 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 telediagnostici di bordo – Sistemi di videosorveglianza.

**FASE S.a.s. di Eugenio Di Gennaro & C. – Via del Lavoro, 41 – 20030 SENAGO (MI)** – Tel. 02/9986557-02/9980622 – Fax 02/9986425 – E-mail: info@fase.it – www.fase.it – Strumentazione da quadro (indicatori analogici e digitali – TA e TV – Shunts e divisori di tensione) – Convertitori statici di misura – Strumentazione di bordo per mezzi rotabili (Treni A.V. – Locomotive elettriche e diesel-idrauliche – Veicoli ferroviari – Metropolitane e tranvie) – Apparecchiature elettroniche di misura e diagnostica costruite su specifica del Cliente – Fanali di coda e indicatori luminosi a led.

**GALLOTTI 1881 S.r.l. – Via Codrignano, 57/a – 40026 IMOLA (BO)** – Tel. 0542/690987 – Fax 0542/690987 – E-mail: gallotti@gallotti1881.com – www.gallotti1881.com – Costruzione con progettazione di strutture metalliche per

il segnalamento ferroviario, strutture metalliche speciali, piantane ed attrezzature unifer, carpenterie metalliche e meccaniche.

**GECO S.r.l. – Via Ugo Foscolo, 9 – 28066 GALLIATE (NO)**

– CF e P. Iva: IT01918320035 – Tel. 0321/806957 – E-mail: info@gecoitalia.biz – Progettazione, integrazione, prodotti, servizi ingegneristici e sviluppo software per applicazioni di informazione al pubblico, sincronizzazione oraria, videosorveglianza, diffusione audio, rilevazione incendio, sicurezza, antintrusione avvalendosi di tecnologie innovative e partner altamente qualificati in ambito ferroviario.

**GEOSEC S.r.l. – Via Mercalli 2/a, 43126 Parma – Tel.**

0521/339323 - E-mail: commerciale@geosec.it - http://www.geosec.it - GEOSEC S.r.l. è specializzata nel consolidamento dei rilevati ferroviari attraverso iniezioni mirate di polimeri ad espansione controllata, con monitoraggio degli effetti tramite tomografia della resistività elettrica (ERT 3D), anche in configurazione wireless e senza interruzione del traffico ferroviario. Offriamo inoltre: Interventi di iniezione per la riduzione e il blocco delle infiltrazioni d'acqua nelle gallerie. Posa di pali presso-infissi per barriere antirumore. Iniezioni di polimeri espandenti per la mitigazione del rischio di liquefazione del terreno.

**ISOIL INDUSTRIA S.p.A. – Via F.lli Gracchi, 27 – 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Tel. 02/660271 – Fax 02/6123202 – E-mail: vendite@isoil.it – www.isoil.com –**

Strumentazione del materiale rotabile: Pick-up ad effetto Hall per misure di velocità anche multicanale – Generatori di velocità – Sensori Radar ad effetto doppler per velocità e distanza – Indicatori di velocità standard e applicazioni di sicurezza (SIL 2) – Juridical Recorder – MMI: Multifunctional Display per ERTMS – Videocamere – Passenger Information – Switch e Fotocellule di Sicurezza per porte – Livelli carburante – Pressostati e Termostati – Agente esclusivo di: DEUTA WERKE / JAQUET / GEORGIN / KAMERA & SYSTEM TECHNIK.

**LA CELSIA SAS – Via A. Di Dio, 109 – 28877 ORNAVASSO (VB) – Tel. 0323/837368 – Fax 0323/836182 – Dal 1974**

progettazione, produzione e vendita di contatti elettrici sinterizzati ed affini, materiali sinterizzati da metallurgia delle polveri, connessioni flessibili e particolari vari, annessi per interruttori, commutatori, sezionatori per tutte le apparecchiature elettromeccaniche di potenza e trasmissione dell'energia.

**LUCCHINI RS S.p.A. – Via G. Paglia, 45 – 24065 LOVERE (BG) – Tel. 035/963562 – Fax 035/963552 – E-mail: rollinstock@lucchini.it – www.lucchini.it –**

Materiale rotabile per trasporti ferroviari urbani, suburbani e metropolitani; ruote cerchiato; ruote elastiche; ruote monoblocco; assili; cerchioni; boccole; sale montate da carro, carrozza e locomotiva completa di componenti; cuori fusi al manganese per scambi ferroviari – Riparazione e ripristino di sale montate con sostituzione di ruote e cerchioni – Revisione e collaudo di altri componenti.

**MARINI IMPIANTI INDUSTRIALI S.p.A. – Via A. Chiarucci, 1 – 04012 CISTERNA DI LATINA – Tel. 06/96871088**

– Fax 06/96884109 – E-mail: info@mariniimpianti.it – www.mariniimpianti.it – Registratori Cronologici di Eventi (RCE) – Monitoraggio della temperatura delle rotaie (UMTR) – Apparecchiature di diagnostica centralizzate degli impianti di Segnalamento di linea e di stazione (SDC) – Sistemi di supervisione – Strumenti di misura per sotto stazioni – Rilevatore differenziale per segnali luminosi alti a commutazione statica SDO – Generatore di alimentazione 83 Hz PSK – Progettazione ed installazione degli impianti.

**MATISA S.p.A. – Via Ardeatina, km. 21 – Loc. S. Palomba – 00040 POMEZIA (ROMA) – Tel. 06/918291 – Telefax 06/91984574 – E-mail: matisa@matisa.it –**

Vagliatrici, rinalzatrici, profilatrici, veicoli di servizio per infrastruttura e catenaria, drasine di misura della geometria del binario, treni di costruzione nuovo binario, 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 Sezinatori fino a 4.000V ca/cc – Interruttori Extrarapidi in fino a 4.000V e 10.000A in cc – Relè di protezione ca/cc – Trasduttori e Sistema di Misura – Resistenze di frenatura, MAT del neutro, filtri e banchi di carico – Metering, Sistemi di misura in Tensione e Corrente, Misura dell'Energia a bordo veicolo secondo norma EN50463 – Unità Funzionali e Box integrati – Ventilatori Assiali e Ventilatori Centrifughi.

**MONT-ELE S.r.l. – Via Cavera, 21 – 20034 GIUSSANO (MI) – Tel. 0362/850422 – Fax 0362/851555 – E-mail: mont-ele@mont-ele.it – www.mont-ele.it –**

Ingegneria di sottostazioni di conversione e di sottostazioni di alimentazione sistemi A.V. 25 kV – Produzione di quadri innovativi, alimentatori, raddrizzatori, sezionatori bipolari, quadri filtri, quadri misure – Produzione commutatori 3600 V 3000 A, sezionatori bipolari 3000 A, trasduttori di corrente, quadri di sezionamento 25 kV (52 kW) e sezionatori di alta tensione – Realizzazione di impianti, sottostazioni fisse e mobili lato alternata e continua.

**MOSDORFER RAIL S.r.l. – Sede operativa: Via Achille Grandi, 46 – 20017 RHO (MI) – Tel. +39 02/64088142 – E-mail: inforail.it@mosdorfer.com –**

Sviluppo e produzione di componenti T.E. per la linea di contatto ferroviaria e tramviaria: TENSOREX C+, sospensioni in alluminio ed acciaio, isolatori compositi, dispositivi di messa a terra, morsetti in CuNiSi, in bronzo/alluminio ed acciaio forgiato. MOSDORFER RAIL S.r.l. fa parte della Multinazionale austriaca KNILL GROUP, leader mondiale nella progettazione, produzione e fornitura di morsetteria per linee di trasmissione ad alta tensione.

**ORA ELETTRICA S.r.l. a socio unico – Sede legale: Corso XXII Marzo, 4 – 20135 MILANO – Sede operati-**

**va: Via Filanda, 12 – 20010 CORNAREDO (MI)** – Tel. +39/02/93563308 – Fax +39/02/93560033 – E-mail: info@ora-elettrica.com – www.ora-elettrica.com – Progettazione, produzione, commercializzazione, installazione e manutenzione di apparecchiature elettroniche specifiche per la gestione del tempo: centrali orarie controllate via DCF e GPS, NTP server, sistemi di supervisione, orologi analogici e digitali (per interni ed esterni), orologi da pensilina, orologi monumentali da facciata, RCE Registratori Cronologici di Eventi, sistemi integrati per il controllo degli accessi veicolari e pedonali, sistemi TVPL, TVCC, sistemi di rilevamento presenze certificati SAP.

**PANDROL S.r.l. – Via De Capitani, 14/16 – 20864 AGRATE BRIANZA (MB)** – Tel. +39/039/9080007/ +39/039/9153752 – E-mail: info.it@pandrol.com – www.pandrol.com – Sistemi di attacco ferroviari per traverse in calcestruzzo armato e precompresso.

**PISANI S.r.l. – Via Vilfredo Pareto, 20 – 27058 VOGHERA (PV)** – Tel. +39/347/4318990 – E-mail: giorgio@pisani.eu – Sistemi informatizzati, non invasivi di monitoraggio e certificazione dei processi di realizzazione e controllo in esercizio della lunga rotaia saldata e della posizione planimetrica del binario.

**PLASSER ITALIANA S.r.l. – Via del Fontanaccio, 1 – 00049 VELLETRI (ROMA)** – Tel. 06/9610111 – Fax 06/9626155 – E-mail: info@plasser.it – www.plasser.it – Commercializzazione, riparazione e manutenzione di macchine per la costruzione e la manutenzione del binario ferroviario – Risanatrici, rinalzatrici, profilatrici, stabilizzatrici dinamiche, vetture di rilevamento e sistemi per la diagnostica del binario e della linea di contatto, saldatrici mobili per rotaie, autocarrelli con gru e piattaforme, autocarrelli per tesatura frenata linee di contatto, carrelli portabobine, dispositivi per video-ispezione linee ferroviarie e binario, rappresentanza attrezzature Robel.

**POSEICO S.p.A. – Via Pillea, 42-44 – 16153 GENOVA** – Tel. 010/8599400 – Fax 010/8682006-010/8681180 – E-mail: semicond@poseico.com – www.poseico.com – Dispositivi a semiconduttori di potenza (Diodi, Tiristori, GTO's, IGBT Press-pack, ecc.) – Dissipatori ad acqua per il raffreddamento di dispositivi di potenza sia press-pack che moduli – Assiemati di potenza con raffreddamento in aria naturale, aria forzata ed acqua – Ponti raddrizzatori per applicazioni industriali e di trazione – Analisi di guasto e servizio di collaudo – Riparazioni di assiemati di potenza – Distribuzione e/o commercializzazione di componenti nel campo dell'elettronica di potenza.

**PROJECT AUTOMATION S.p.A. – Viale Elvezia, 42 – 20052 MONZA (MI)** – Tel. 039/2806233 – Fax 039/2806434 – www.p-a.it – Sistemi ed apparecchiature di segnalamento, controllo e supervisione del traffico per metrotranvie e tranvie – Radiocomando scambi, casse di manovra carrabili, sistemi di controllo semaforico – Priorità mezzi pubblici – Sistemi di controllo e gestione traffico stradale.

**RAND ELECTRIC S.r.l. – Via Padova, 100 – 20131 MILANO** – Tel. 02/26144204 – Fax 02/26146574 – Canaline, fascette, sistemi di identificazione, guaine corrugate, guaine metalliche ricoperte, tutte con caratteristiche di reazione al fuoco e tossicità entro i parametri della specifica FS 304142 – Connettori elettrici di potenza standard o custom.

**SCHAEFFLER ITALIA S.r.l. – Via Dr. Georg Schaeffler, 7 – 28015 MOMO (NO)** – Tel. 0321/929211 – Fax 0321/929300 – E-mail: info.it@schaeffler.com – www.schaeffler.it – Cuscinetti volventi a marchio FAG e INA, standard e speciali, boccole ferroviarie, snodi sferici, attrezzature di montaggio e smontaggio, diagnostica.

**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.it – www.sirtel.it – Lanterne portatili ricaricabili ad uso ferrotranviario con luce principale LED e segnalazione posteriore con corone LED ad elevata luminosità (fino a 3 diversi colori sulla stessa lanterna).

**SITE S.p.A. – Divisione Trasporti – Via della Chimica, 3 – 40064 OZZANO DELL'EMILIA (BO)** – Tel. 051/794820 – E-mail: site@sitespa.it – www.sitespa.it/railways – IMPIANTI DI SEGNALAMENTO FERROVIARIO: Progettazione e realizzazione di impianti di segnalamento per la sicurezza ferroviaria – Progettazione, fornitura, installazione, integrazione e messa in servizio di sistemi di segnalamento come il Blocco Automatico a Correnti Codificate, Sistemi di Controllo Marcia del Treno, Apparat Centrali Elettrici a Itinerari, etc. – Manutenzione, formazione e assistenza tecnica – RETI & SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI: Progettazione e realizzazione di reti Wireline e Wireless, di reti GSM-R e di sistemi SDH – Progettazione, fornitura, installazione, integrazione e messa in servizio di sistemi di: Informazione al Pubblico, Videosorveglianza, Supervisione per la sicurezza e la manutenzione, telefonia selettiva, Bigliettazione, etc. – Manutenzione, Formazione e assistenza tecnica – MESSA IN SICUREZZA GALLERIE: Progettazione layout impianti di Messa in Sicurezza delle Gallerie – Realizzazione di impianti per la copertura radio, il rilevamento e spegnimento incendi, la telefonia d'emergenza, diffusione sonora d'emergenza, illuminazione d'emergenza, etc.

**SPII S.p.A. – Via Don Volpi, 37 angolo Via Montoli – 21047 SARONNO (VA)** – Tel. 02/9622921 – Fax 02/9609611 – www.spil.it – info@spil.it – Temporizzatori elettromeccanici, multifunzione e digitali – Programmatori elettromeccanici, multifunzionali e digitali – Microinterruttori ed elementi di contatto di potenza – Elettromagneti –

Relè di potenza e ausiliari – Relè di controllo tensione frequenza e corrente – Teleruttori per c.a. e per c.c., per bassa ed alta tensione – Sezionatori – Motori e motoriduttori frazionari in c.c. – Connettori – Dispositivi di interblocco multiplo a chiave – Combinatori e manipolatori – Equipaggiamenti integrati completi per la trazione pesante e leggera.

**SUPERUTENSILI S.r.l. – Via A. Del Pollaiuolo, 14 – 50142 FIRENZE** – Tel. 055/717457 – Fax 055/7130576 – Forniture ferrotranviarie: filtri e pannelli filtranti, utensili, macchinari, strumenti di misurazione, rimozione graffiti, certificazioni CE e rimessa a norma macchinari, grassi e lubrificanti.

**TECNEL SYSTEM S.p.A. – Via Brunico, 15 – 20126 MILANO** – Tel. 02/2578803 r.a. – Fax 02/27001038 – E-mail: tecnel@tecnelsystem.it – www.tecnelsystem.it – Pulsanti – Interruttori – Selettori – Segnalatori serie SWT04 per banchi manovra – Segnalatori a LED serie SI 30 – Pulsanti apertura/chiusura porte serie 56 e 57 – Pulsanti mancorrente richiesta fermata serie SWT84 – Pulsanti ed interruttori antivandalò - Sistemi di comando e protezione porte – Avvisatori ottici ed acustici – Sirene – Temporizzatori – Sensori movimento/presenza apertura porte – Pressacavi AGRO in materiale sintetico, ottone nichelato, acciaio inox – Guaina aperta autoavvolgente AGROsnap.

**TEKFER S.r.l. – Via Gorizia, 43 – 10092 BEINASCIO (TO)** – Tel. 011/0712426 – Fax 011/0620580 – E-mail: segreteria@tekfer.com – www.tekfer.com – Sistemi per impianti di sicurezza e segnalamento – Apparecchiature per il blocco automatico – INFILL – Codificatori statici – Relè elettronici (TR, HR, DR, relè a disco e altri) – Prodotti per 83,3 Hz (generatori di potenza fino a 15 kVA, filtri e rifasatori) – Telecomandi in sicurezza – Diagnostica impianti – Progettazione e installazione impianti.

**THERMIT ITALIANA S.r.l. – Via Sirtori, 11 – 20017 RHO (MI)** – Tel. 02/93180932 – Fax 02/93501212 – Materiali ed attrezzature per la saldatura alluminotermica delle rotaie.

**TESMEC RAIL – C/Da Bajone z.i. snc – Via Fogazzaro, 51 – 70053 MONOPOLI (BA)** – Tel. 080/9374002 – Fax 080/4176639 – E-mail: info@tesmec.com – www.tesmec.com – Progettazione, costruzione e commercializzazione di mezzi d'opera ferroviari per l'elettrificazione e la manutenzione della catenaria: autoscale multifunzione ad assi e carrelli, scale motorizzate e unità di stendimento. Veicoli e sistemi per la diagnostica dell'armamento e della catenaria; sistemi diagnostici per il rilievo di difetti nelle gallerie ferroviarie e per la valutazione degli apparecchi di binario.

**T&T S.r.l. – Via Vicinale S. Maria del Pianto – Complesso Polifunzionale Inail – Torre 1 – 80143 NAPOLI** – Tel./Fax 081/19804850/3 – E-mail: info@ttsolutions.it – www.ttsolutions.it – T&T (Technology & Transportation) opera da anni in ambito ferroviario offrendo servizi di consulenza ingegneristica – Specializzata per attività di System

& Test Engineering – Progettazione e Sviluppo di Sistemi Embedded Real-Time per applicazioni Safety-Critical, Analisi RAMS, Verifica & Validazione, Preparazione Safety Assessment, Supporto alla Progettazione e alla Configurazione di Impianti di Segnalamento Ferroviario, Commissioning & Maintenance.

**VAIA CAR S.p.A. – Via Isorella, 24 – 25012 CALVISANO (BS)** – Tel. 030/9686261 – Fax 030/9686700 – E-mail: vaiacar@vaiacar.it – Saldatrici mobili strada-rotaia per la saldatura elettrica a scintillio delle rotaie – Gru mobili/ Escavatori strada-rotaia completi di accessori intercambiabili – Macchine operatrici mobili strada-rotaia con equipaggiamenti specifici – Macchine operatrici mobili ferroviarie e/o strada-rotaia per la manutenzione delle linee ferroviarie e delle linee elettriche aeree – Attrezzature speciali per il sollevamento, la movimentazione, la posa e la sostituzione di scambi ferroviari, campate, traverse e rotaie – Attrezzature speciali per il sollevamento, la movimentazione, la posa e la sostituzione di scambi e campate tranviari e/o metropolitani – Treni completi di sistemi per la costruzione delle linee ferroviarie ad alta velocità – Treni di sostituzione delle rotaie con sistemi per il carico e lo scarico delle rotaie – Unità di rinalzata del binario e di compattamento della massicciata.

**VOESTALPINE RAILWAY SYSTEMS GMBH – Sales Office Italia – Via Alessandria, 91 – 00198 ROMA** – Tel. 06/84241106 – Fax 06/96037869 – E-mail: Railwaysystems-Italia@voestalpine.com – www.voestalpine.com/railway-systems – Scambi ferroviari A.V., apparecchi di binario convenzionali e tranviari, cuscinetti autolubrificanti, piastre per controrotaia, casse di manovra ferroviarie e tranviarie – Sistemi diagnostici e monitoraggio per scambi e materiale rotabile – Rotaie Vignole, a gola, consulenza saldature, analisi LCC e service (rilievi usura e difettosità, fresatura profili in loco).

**E Impianti di aspirazione e di depurazione aria**

**F Prodotti chimici ed affini**

**G Articoli di gomma, plastica e vari**

**FLUORTEN S.r.l. – Via Cercone, 34 – 24060 CASTELLI CALEPIO (BG)** – Tel. 035/4425115 – Fax 035/848496 – E-mail: fluorten@fluorten.com – www.fluorten.com – Semilavorati e prodotti finiti in PTFE e RULON® per industria meccanica, chimica, elettrica ed elettronica – Progettazione, costruzione stampi e stampaggio tecnopolimeri – Esclusivista Du Pont per l'Italia di semilavorati e finiti

in Du Pont™ VESPEL®. Produzione di piastre in PTFE Certificate dal Politecnico di Milano a norma EN 1337-2. Certificazione sistema di gestione qualità per il settore aerospaziale EN 9100:2009 Certificate n. 5695/0. Certificazione sistema di gestione qualità ISO 9001:2008 Certificate n. 21. Certificazione sistema di gestione ambientale ISO 14001:2004 Certificate n. 27.

**KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG – Goellstrasse, 8 – D-84529 TITTMONING (Germania)** – Tel. +49(8683)701-151 – Fax +49(8683)701-45151 – www.strail.com – STRAIL sistemi di attraversamenti a raso & STRAILastic sistemi di isolamento per rotaie – Goellstrasse, 8 – D 84529 TITTMONING – Tel. +39/392/9503894 – Fax +39/02/87151370 – E-mail: tommaso.sa vi@strail.it – www.strail.it – Sistemi modulari in gomma vulcanizzata per attraversamenti a raso STRAIL, innoSTRAIL, pedeSTRAIL, pontiSTRAIL – Moduli esterni per i carichi più pesanti – veloSTRAIL – Moduli interni che eliminano la gola – Per tutti i tipi di traffico, strade e armamento (anche per ponti, scambi, gallerie, curve, impianti industriali) – Dispositivi elastici per la riduzione del rumore, delle vibrazioni oltre che per l'isolamento elettrico del binario – STRAILastic\_P, STRAILastic\_S, STRAILastic\_R, STRAILastic\_K, STRAILastic\_DUO, STRAILastic\_USM ed infine STRAILastic\_A costituiscono la gamma completa di questa nuova linea.

**PANTECNICA S.p.A. – Via Magenta, 77/14A – 20017 RHO (MI)** – Tel. 02/93261020 – Fax 02/93261090 – E-mail: info@pantecnica.it – www.pantecnica.it – Sistemi antivibranti per materiale rotabile e per armamento ferrotranviario – Completa gamma di guarnizioni per tenuta fluidi – Certificata ISO 9001:2015 e EN 9120:2018 – Fornitore Trenitalia.

**PLASTIROMA S.R.L. – VIA PALOMBARESE, km 19,100 – 00012 GUIDONIA MONTECELIO (ROMA)** – Tel. 0774/367431-32 – Fax 0774/367433 – E-mail: info@plastiroma.it – www.plastiroma.it – Morsetterie, contropiastre, cassette per C.D.B., materiale isolante per C.D.B., segnali bassi di manovra, segnali alti di chiamata, shunt, componenti in materiale plastico per relè FS, progettazione di articoli tecnici.

## H Rilievi e progettazione opere pubbliche

**ABATE dott. ing. Giovanni – Via Piedicavallo, 14 – 10145 TORINO** – Tel./Fax 011/755161 – Cell. 335/6270915 – E-mail: abateing@libero.it – Armamento ferroviario – Progettazione e direzione lavori di linee ferroviarie, metropolitane e tranviarie – Armamento ferroviario e linee per trazione elettrica – Redazione di progetti costruttivi preliminari e definitivi comprensivo dei piani di sicurezza e di coordinamento sia in fase di progettazione che in fase di esecuzione per raccordi industriali – Rilievi e traccia-

menti finalizzati alla progettazione di linee ed impianti ferroviari.

**ARMAMENTO FERROVIARIO – Ing. Marino CINQUEPALMI** – Tel. 347/6766033 – E-mail: info@armamentoferroviario.com – www.armamentoferroviario.com – Rilievo dello stato dei luoghi con restituzione cartografica in coordinate rettilinee assolute e relative – Progettazione preliminare, definitiva, esecutiva, costruttiva dell'armamento in coordinate rettilinee assolute e relative – Redazione, valutazione computi metrici estimativi armamento – Redazione, valutazione fabbisogno materiali armamento – Redazione piani di manutenzione armamento – Redazione piani della qualità per lavori d'armamento – Correzione delle curve su base relativa con il metodo Hallade – Analisi di adeguamento delle infrastrutture ferroviarie alle STI "Infrastruttura" – Analisi di velocizzazione delle linee ferroviarie – Studi di fattibilità per nuove linee ferroviarie e stazioni – Project Management nei progetti di infrastrutture ferroviarie.

**ISiFer S.r.l. – Sede legale: Via Mazzini, 15 – 80053 CASTELLAMMARE DI STABIA (NA) – Sede operativa: Via Gorizia, 1 – CICCIANO (NA)** – Tel. 081/5741055 – Fax 081/5746835 – E-mail: segreteria@isifer.com – info@isifer.com – www.isifer.com – Azienda di ingegneria specializzata nel settore ferroviario con particolare riferimento alle attività di Concezione, Progettazione, Realizzazione, Verifica, Validazione, Collaudo, Messa in Servizio, Diagnostica e Manutenzione.

**PRISMA ENGINEERING S.r.l. – Via Villa Lidia, 45 – 16014 CERANESI (GE)** – Tel./Fax 010/7172078 – E-mail: nadia.barbagelata@prismaengineering.net – www.prismaengineering.net – Impianti di segnalamento ferroviario – Realizzazione Progetti di Fattibilità, Definitivi, Esecutivi e Costruttivi di impianti IS (ACEI-ACC-ACCM-SCMT-ERT-MS\_L2) – Realizzazioni di Verifiche e Validazioni dei progetti comprese prove di campo.

## I Trattamenti e depurazione delle acque

## L Articoli e dispositivi per la sicurezza sul lavoro

**SCHWEIZER ELECTRONIC S.r.l. (SEIT) – Sede Centrale: Via Santa Croce, 1 – 20122 MILANO** – Tel. +39/02/89426332 – Fax +39/02/83242507 – E-mail: franco.pedrinazzi@schweizer-electronic.com – www.schweizer-electronic.com – **Sede legale: Via Gustavo Modena, 24 – 20129 Milano** – Sistemi di Sicurezza Protezione Cantieri (SAPC) e può fornire servizio chiavi in mano, di protezione cantieri con SAPC "Sistema Minimel 95", comprensivo di: Progettazione, installazione, formazione del personale, disinstallazione, manutenzione ed a richiesta gestione del SAPC in cantiere con proprio personale – Sistemi di

segnalamento fisso, Minimel, ISP, che integrano le parti mobili di SAPC Minimel 95 nel segnalamento esistente – Sistemi di comunicazione nell'ambito della sicurezza ad alto contenuto tecnologico.

## **M** Tessuti, vestiario, copertoni impermeabili e manufatti vari

## **N** Vetrofanie, targhette e decalcomanie

## **O** Formazione

**D&T srl – Largo Promessi Sposi - 20142 Milano – Tel. 3486979791 - E-mail: dt.marketing@datatech.net - <http://www.datatech.com/> - Shrail è una divisione di D&T, azienda che crea sofisticati simulatori per mezzi di trasporto (treni, tram, metro, filobus) e di apparati centrali. Fornisce anche simulazioni di folle e un simulatore 3D per supportare la formazione sulla manutenzione ferroviaria.**

## **P** Enti di certificazione

**ITALCERTIFER S.p.A. – Piazza della Stazione, 45 – 50123 FIRENZE – Tel. 055/2988811 – Fax 055/264279 – [www.italcertifer.it](http://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](mailto:info@interlanguage.it) – [www.interlanguage.it](http://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](mailto:alessandroferrentino@gmail.com) – [www.ferrentinoconsulship.com](http://www.ferrentinoconsulship.com) – Consulenza e organizzazione trasporti, imbarchi, sbarchi per materiale ferroviario – Assistenza e consulenza per imballo, protezione e movimentazione pezzi eccezionali.**

## **S** Servizi assicurativi

**ASSIFIDI SPA – Piazza del Sole 81 – 00144 Roma – tel.06.87652053 – E-mail: [info@assifidi.it](mailto:info@assifidi.it) - <http://www.assifidi.it> - Broker di Assicurazioni specializzato nel settore degli appalti, delle costruzioni e professioni tecniche. Assistenza nella partecipazione a gare d'appalto, affidamenti cauzioni, analisi dei bandi di gara, per quanto attiene aspetti fideiussori ed assicurativi, collocamento delle garanzie e coperture previste in caso di aggiudicazione. Responsabilità Civile Professionale, RC Progettista “ex Merloni”, Responsabilità Civile verso Terzi e Dipendenti, All Risks studio professionale, Tutela Legale, Cyber Risk, Piani Sanitari.**

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 2025*

# IL CIFI PRESENTA UNA NUOVA PUBBLICAZIONE



Intero € 120,00  
Soci CIFI € 96,00

Architettura Ferroviaria

*Progetti di fabbricati civili e industriali in Italia dall'Ottocento all'alta velocità*

Massimo Gerlini - Paolo Mori - Raffaello Paiella



PER INFO E PRENOTAZIONI

info@cifi.it 

+39 - 064742986 - 064882129 



# PER SVILUPPARE LA CULTURA DEI TRASPORTI SCEGLI I CORSI SU



<https://www.ferrovie.academy/corsi/>  
<https://www.cifi.it/cifi-servizi/acquisto-corsi/>



## FORMAZIONE TECNICO AMMINISTRATIVA

- Codice appalti, gestione progetti e lavori di ferrovie
- Codice appalti 2023 gestione progetti e lavori ferrovie, strade e aeroporti
- Esperto tecnico gare d'appalto di ferrovie
- Gare d'appalto e criteri di aggiudicazione
- Direzione lavori negli appalti di ferrovie
- Subappalto ferroviario
- Computo metrico ferroviario e contabilità Lavori
- Modifiche e varianti, appalti di ferrovie e impianti fissi
- Riserve dell'appaltatore
- CCT Collegio Consultivo Tecnico
- Esperto collaudo tecnico amministrativo di ferrovie, strade e impianti fissi

## FORMAZIONE SPECIALISTICA

- Fondamenti di tecnica ferroviaria
- Organizzazione, tecnica e sicurezza delle ferrovie
- Esperto in valutazione del rischio e verifica CE dei sottosistemi ferroviari
- Sicurezza nei cantieri temporanei o mobili di ferrovie
- Esperto sicurezza elettrica in ambito ferroviario
- IS-0 Installatori di impianti di sicurezza e segnalamento di tipo elettromeccanico
- IS-1 Progettisti, verificatori, validatori di impianti di sicurezza e segnalamento
- Progettista funzionale ERTMS
- Esperto ERTMS
- ACC-ACCM-ERTMS: come applicare le norme CENELEC
- Esperto telecomunicazioni ferroviarie
- Installatore TLC telecomunicazioni ferroviarie
- Esperto in trazione elettrica linea di contatto
- Tracciati e armamento ferroviario e impianti fissi: progettazione, costruzione e manutenzione
- Esperto Diagnostica del Binario
- Progettista tracciati ferroviari e stradali
- Ponti, viadotti e gallerie ferroviarie e stradali
- Esperto ponti e viadotti: progetto e costruzione
- Ingegnere del veicolo ferroviario

SCARICA IL  
PROGRAMMA  
COMPLETO  
DEI CORSI



[cifiservizi@cifi.it](mailto:cifiservizi@cifi.it)  
[segreteria.cifiservizi@cifi.it](mailto:segreteria.cifiservizi@cifi.it)



06 4742987