



SALCEF GROUP
Leading the **Railway**

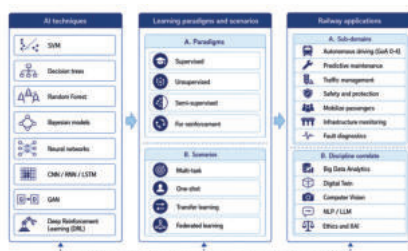
Overail
track solutions

InnoTrans 2026

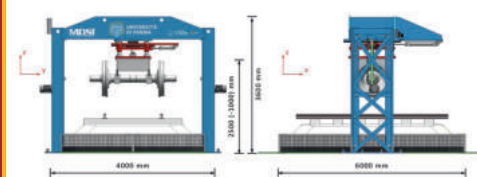
22 - 25 settembre
Messe Berlin

Hall 26B - Stand 240

In questo numero
In this issue



Intelligenza artificiale nel settore ferroviario
Artificial intelligence in the railway sector



Railway Superstructure Test Frame: prototipo multifunzionale
Railway Superstructure Test Frame: multifunctional prototype



WE SHAPE STEEL TO DRIVE THE RAILWAY PROGRESS. FOR 170 YEARS.

Since 1856, Lucchini RS has forged steel with deep metallurgical expertise and a clear industrial vision. A resilient, fully integrated supply chain supports responsible innovation and long term reliability. Today, as for generations, we contribute to the evolution of railway mobility worldwide, looking to the future with the strength of tradition.

Come and visit us at the fair, you'll find us at:

INNOTRANS, SEPTEMBER 22-25 2026, MESSE BERLIN, HALL 21A – BOOTH 410.

GROUP
LUCCHINI RS

I SOCI COLLETTIVI DEL COLLEGIO INGEGNERI FERROVIARI ITALIANI

A.M.T. – GENOVA	INRAIL S.p.A. - GENOVA
A.N.I.A.F. – ASSOCIAZIONE NAZIONALE IMPRESE ARMAMENTO FERROVIARIO – ROMA	ISOLGOMMA S.r.l. – ALBETTONE (VI)
A.N.M. S.p.A. - NAPOLI	ITALCERTIFER S.p.A. – FIRENZE
A.T.M. S.p.A. – MILANO	ITALFERR S.p.A. – ROMA
AET S.r.l. - NAPOLI	ITALO – N.T.V. S.p.A. – MILANO
AI2 S.r.l. – APPLICAZIONI DI INGEGNERIA S.r.l. – BARI	IVECOS S.p.A. – COLLE UMBERTO (TV)
AIAS – ASS.NE ITALIANA AMBIENTE E SICUREZZA – SESTO SAN GIOVANNI (MI)	KNORR-BREMSE RAIL SYSTEMS ITALIA S.r.l. – CAMPI BISENZIO (FI)
AKKODIS ITALY S.r.l. - BOLOGNA	KRAIBURG STRAIL GMBH & CO KG – TITTMONING (GERMANIA)
ALLEGRI S.r.l. – ROMA	LA FERROVIARIA ITALIANA S.p.A. – AREZZO
ALPINA S.p.A. – MILANO	LATERLITE S.p.A. – MILANO
ALSTOM FERROVIARIA S.p.A. – SAVIGLIANO (CN)	LEF S.r.l. – FIRENZE
ALTEN ITALIA S.p.A. – MILANO	LUCCHINI RS S.p.A. – LOVERE (BG)
ANCEFERR – ROMA	M. PAVANI SEGNALAMENTO FERROVIARIO S.r.l. – CONCORDIA SULLA SECCHIA (MO)
ANGELSTAR S.r.l. - MOLA DI BARI (BA)	M2 RAILTECH S.r.l. - LA VALLE – BOLZANO
ANSFISA – FIRENZE	MARGARITELLI FERROVIARIA S.p.A. – PONTE SAN GIOVANNI (PG)
ANTFERR – ASS.NE NAZIONALE TECNOLOG. DEL SETTORE FERROVIARIO – ROMA	MARINI IMPIANTI INDUSTRIALI S.p.A. – CISTERNA DI LATINA (LT)
ARMAFER S.r.l. – LECCE	MATISA S.p.A. – SANTA PALOMBA (RM)
ASS.TRA – ASSOCIAZIONE TRASPORTI – ROMA	MEDIACOM S.r.l. – MARSALA (TP)
ASSIFER – ASSOCIAZIONE INDUSTRIE FERROVIARIE – MILANO	MEDTEC S.r.l. – PAOLA (CS)
ASSIFIDI S.p.A. - ROMA	MERCITALIA SHUNTING & TERMINAL S.r.l. - GENOVA
ASTRAL S.p.A. - ROMA	MER MEC S.p.A. – MONOPOLI (BA)
ATAC S.p.A. – ROMA	MICOS S.p.A. – LATINA
AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE ADRIATICO ORIENTALE – TRIESTE	MONT-ELE S.r.l. – GIUSSANO (MI)
B. & C. PROJECT S.r.l. – SAN DONATO MILANESE (MI)	MORFU' S.r.l. – ROSSANO (CS)
BITECNO S.r.l. - BOLOGNA	MOSDORFER RAIL S.r.l. – RHO (MI)
BONIFICA S.p.A. - ROMA	NET INTEGRA CONSULTING S.r.l. – SCANDIANO (RE)
BONOMI EUGENIO S.p.A. – MONTICHIARI (BS)	NICCHERI TITO S.r.l. – AREZZO
BRESCIA INFRASTRUTTURE S.r.l. – BRESCIA	NIER INGEGNERIA S.p.A. SOCIETÀ BENEFIT – CASTEL MAGGIORE (BO)
BRUNO S.r.l. - BRESCIA	NORD-ING S.r.l. – MILANO
BTP INFRASTRUTTURE - ROMA	NOTARI SRL – ACQUI TERME - AL
BUREAU VERITAS ITALIA S.p.A. – MILANO	PLASSER ITALIANA S.r.l. – VELLETRI (RM)
C.E.F.I. S.r.l. – NAPOLI	PRATI ARMATI S.r.l. – OPERA (MI)
C.E.M.E.S. S.p.A. – PISA	PROGETTO BR S.r.l. – COSTA DI MEZZATE (BG)
C.L.F. COSTRUZIONI LINEE FERROVIARIE S.p.A. – BOLOGNA	PROGRESS RAIL SIGNALING S.p.A. – SERRAVALLE PISTOIESE (PT)
CAD CONNECT S.a.s. DI SIMONE SPINACI	PROJECT AUTOMATION S.p.A. – MONZA (MI)
CARROZZERIA NUOVA S. LEONARDO S.r.l. – SALERNO	PTF S.r.l. – CARINI (PA)
CEMBRE S.p.A. – BRESCIA	RAIL TRACTION COMPANY – VERONA
CEPRINI COSTRUZIONI S.r.l. – ORVIETO (TR)	RAILWAY ENTERPRISE S.r.l. - ROMA
CIRCET ITALIA S.p.A. – SAN GIOVANNI TEATINO (CH)	RAVA – REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA – POLLEIN (AO)
COET S.r.l. – SAN DONATO MILANESE (MI)	RINA CONSULTING S.p.A. – GENOVA
COGESIRM S.r.l. - NAPOLI	ROMA METROPOLITANE S.r.l. - ROMA
COMMEL S.r.l. – ROMA	R.F.I. S.p.A. – RETE FERROVIARIA ITALIANA – ROMA
CONSORZIO SATURNO – ROMA	S.I.C.E. – CHIUSI (SI)
CZ LOKO ITALIA S.r.l. – PORTO MANTOVANO (MN)	S.I.I.P. S.r.l. - NAPOLI
D&T S.r.l. – MILANO	S.T.A. S.p.A. – STRUTTURE TRASPORTO ALTO ADIGE – BOLZANO
D'ADDETTA S.p.A. – BERCETO (PR)	S.T.E.L. S.r.l. - COLLESALVETTI (LI)
D'ADIUTORIO COSTRUZIONI S.p.A. – MONTORIO AL VOMANO (TE)	SADEL S.p.A. – CASTEL MAGGIORE (BO)
DITECFER – PISTOIA	SAGA S.r.l. – RAVENNA (RA)
DUCATI ENERGIA S.p.A. – BOLOGNA	SAIPEM S.p.A. – MILANO
DYNASTES S.r.l. – ROMA	SALCEF GROUP S.p.A. – ROMA
ELEN MACHINES S.r.l. - ALBANO LAZIALE (RM)	SATFERR S.r.l. – FIDENZA (PR)
E.L.U.S. S.r.l. – VENEZIA MESTRE (VE)	SCALA VIRGILIO & FIGLI S.p.A. – MONTEVARCHI (AR)
EMMEFER S.r.l. – MONTEMIETTO (AV)	SCHAEFFLER ITALIA S.r.l. - NOVARA
ENTE AUTONOMO VOLTURNO S.r.l. – NAPOLI	SENAF S.r.l. - MILANO
EREDI GIUSEPPE MERCURI S.p.A. – NAPOLI	SICURFERR S.r.l. – CASORIA (NA)
ESERCIZIO RACCORDI FERROVIARI DI PORTO MARGHERA S.p.A. - VENEZIA	SIE-FER S.r.l. - MILITELLO IN VAL DI CATANIA (CT)
ESIM S.r.l. - BARI	SIEMENS S.p.A. SETTORE TRASPORTI – MILANO
ESIN S.p.A. - NAPOLI	SILSUD S.r.l. – FERENTINO (FR)
ESPERIA S.r.l. - PAOLA (CS)	SIMPRO S.p.A. – TORINO
ETS SRL SOCIETÀ DI INGEGNERIA – LATINA	SINERGO S.p.A. - BOLOGNA
EUROS S.r.l. – NAPOLI	SINTAGMA S.r.l. - SAN MARTINO IN CAMPO (PG)
FAIVELEY TRANSPORT ITALIA S.p.A. – PIOSSASCO (TO)	SIRME S.r.l. – TORINO
FER S.r.l. – FERROVIE EMILIA ROMAGNA – FERRARA	SO.CO.FER S.p.A. - ROMA
FERONE PIETRO & C. S.r.l. – NAPOLI	SPEKTRA S.r.l. A TRIMBLE COMPANY – VIMERCATE (MB)
FERROTRAMVIARIA ENGINEERING S.p.A. - NAPOLI	SPERI S.p.A. - ROMA
FERROTRAMVIARIA S.p.A. – BARI	SPII S.p.A. – SARONNO (MI)
FERROVIE APPULO LUCANE S.r.l. - BARI	STUDIO TECHNE' S.r.l. - FIRENZE
FERROVIE DEL GARGANO S.r.l. – BARI	SVECO S.p.A. – BORGO PIAVE (LT)
FERROVIE DEL SUD EST SERVIZI AUTOMOBILISTICI - BARI	SVI S.p.A. - FIRENZE
FERROVIE DELLO STATO S.p.A. – ROMA	SYSTRA S.p.A. - ROMA
FERROVIENORD S.p.A. – MILANO	T BRIDGE S.p.A. - GENOVA
FIBRE NET S.p.A. – PAVIA DI UDINE (UD)	T&T S.r.l. – NAPOLI
FIDA S.r.l. – BRUGHERIO (MB)	T.M.C. S.r.l. – TRANSPORTATION MANAGEMENT CONSULTANT – POMPEI (NA)
FONDAZIONE FS ITALIANE – ROMA	TE.SI.FER. S.r.l. – FIRENZE
FOR.FER S.r.l. – ROMA	TEAM ENGINEERING S.p.A. – ROMA
FRAUSCHER SENSOR TECHNOLOGY GMBH – ZAGREB - CROATIA	TEB S.p.A. - TRAMVIE ELETTRICHE BERGAMASCHES S.p.A. – RANICA (BG)
G.B.M. COMPAGNIA FINANZIARIA COMMERCIALE S.P.A. - MILANO	TECNOSISTEM S.p.A. - NAPOLI
G.C.F. GEN.LE COSTRUZIONI FERROVIARIE S.p.A. – ROMA	TEKFER S.r.l. – BEINASCO (TO)
G.C.F.E. S.p.A. - SAN DONATO MILANESE (MI)	TEKNO KONS INNOVATION S.r.l. – AVERSA (CE)
GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO BBT SE – BOLZANO	TELEFIN S.p.A. – VERONA
GECO S.r.l. – GALLIATE (NO)	TELT SAS - TORINO
GEISMAR ITALIA S.p.A. - POVIGLIO (RE)	TERMINALI ITALIA – VERONA
GEMATICA S.r.l. - NAPOLI	TESMEC RAIL S.r.l. – MONOPOLI (BA)
GEOSEC S.r.l. - PARMA	TPER S.p.A. - TRASP. PASS.RI EMILIA ROMAGNA - BOLOGNA
GEOSINTESI S.p.A. – GOZZANO (NO)	TRAINING S.r.l. – VERONA
GESTIONE GOVERNATIVA FERROVIA CIRCUMETNEA – ROMA	TRENITALIA S.p.A. – ROMA
GETZNER WERKSTOFFE GmbH - BÜRS - AUSTRIA	TRENITALIA TPER – BOLOGNA
GOLDSCHMIDT ITALIA S.r.l. – RHO (MI)	TRENTINO TRASPORTI S.p.A. – TRENTO
GRANDI STAZIONI RAIL S.p.A. – ROMA	TTF S.r.l. – TECNOLOGIE TUNNEL FERROVIARI SRL – VADO LIGURE (SV)
HARPACEAS S.r.l. – MILANO	TUA – SOCIETÀ UNICA ABRUZZESE DI TRASPORTO S.p.A. – CHIETI
HILTI ITALIA S.r.l. – SESTO SAN GIOVANNI (MI)	TX LOGISTIK TRANSALPINE GMBH - BOLZANO
HIMA ITALIA – MILANO	ULIXES S.r.l. UNIPERSONALE - FROSINONE
HITACHI RAIL GTS ITALIA S.r.l. - SESTO FIORENTINO (FI)	URETEK ITALIA S.p.A. – BOSCO CHIESANUOVA (VR)
HITACHI RAIL STS S.p.A. – NAPOLI	VALSECCHI ARMAMENTO FERROVIARIO S.r.l. – MILANO
HUPAC S.p.A. – BUSTO ARSIZIO (VA)	VALTELLINA S.p.A. – GORLE (BG)
I.C.E.P. S.p.A. - INDUSTRIA CEMENTI PREFABBRICATI - BUCCINO (SA)	VLD.R. S.r.l. – CATENANUOVA (EN)
IMAF S.r.l. - NAPOLI	VOITH TURBO S.r.l. – REGGIO EMILIA
IMPRESA LUIGI NOTARI S.p.A. - MILANO	VOSSLOH SISTEMI S.r.l. – CESENA
IMPRESA SILVIO PIEROBON S.r.l. – BELLUNO	VTG RAIL EUROPE GmbH – SARONNO (VA)
IMPRESA SIMEONE E FIGLI S.r.l. - NAPOLI	WEGH GROUP S.p.A. - FORNOVO DI TARO (PR)
IN PROGRESS S.r.l. – CESA (CE)	Z LAB S.r.l. – VERONA
INFRARAIL FIRENZE S.r.l. - FIRENZE	
INFRASTRUTTURE VENETE S.r.l. – PIOVE DI SACCO (PD)	

INDICE DEGLI ANNUNZI PUBBLICITARI

SALCEF GROUP S.p.A. – Roma	I copertina
LUCCHINI RS S.p.A. - Lovere (BG)	II copertina
KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. – Tittmoning (Germania)	pagina 565
CLF – Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.A. – Bologna	pagina 566
CIFI Servizi S.r.l. – Roma	pagina 579
D&T S.r.l. - Milano	pagina 580
PLASSER Italiana S.r.l. – Velletri (RM)	III copertina
BONOMI EUGENIO S.p.A. – Montichiari (BS)	IV copertina

CONDIZIONI DI ASSOCIAZIONE AL CIFI

QUOTE SOCIALI ANNO 2026

- ☐ Soci Ordinari e Aggregati **85,00 €/anno** con distribuzione di entrambe le riviste periodiche (cartaceo oppure online)
- ☐ Soci Under 35 Ordinari e Aggregati **60,00 €/anno** con distribuzione di entrambe le riviste periodiche (cartaceo oppure online)
- ☐ Soci Juniores **25,00 €/anno** con distribuzione di entrambe le riviste periodiche (solo online)
- ☐ Soci Collettivi **600,00 €/anno** con distribuzione di entrambe le riviste in formato cartaceo e in formato elettronico (si può richiedere anche il solo recapito delle riviste in formato cartaceo oppure solo in formato elettronico)

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

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

- ☐ Conto corrente postale n.31569007 intestato a Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani - Via Giolitti Giovanni, 46 - 00185 Roma specificando nella causale **quota associativa anno 2026** ed inviando una copia della ricevuta via e-mail ad areasoci@cifi.it
- ☐ Bonifico bancario sul conto: Codice IBAN: IT 29 U 02008 05203 000101180047 - Codice BIC/SWIFT: UNCRITM1704, intestato a Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani, presso UNICREDIT BANCA - Ag. 704 - ROMA ORLANDO specificando nella causale **quota associativa anno 2026** ed inviando una copia della ricevuta via e-mail ad areasoci@cifi.it
- ☐ Eseguendo il pagamento on-line collegandosi al sito <https://www.cifi.it/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

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
Virginia INFANTE
Marino LUPI
Adoardo LUZI
Gabriele MALAVASI
Giampaolo MANCINI
Vito MASTRODONATO
Elena MOLINARO
Francesco NATONI
Umberto PETRUCCCELLI
Luca RIZZETTO
Stefano ROSSI
Dario ZANINELLI

Consulenti - Consultants

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

Redazione - Editorial Staff

Massimiliano BRUNER
Ivan CUFARI
Francesca PISANO



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

(conv. In l. 27/02/2004 n. 46) art. 1 - DBC Roma

Via Giovanni Giolitti, 46 - 00185 Roma

E-mail: info@cifi.it – 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 LXXXI | **Luglio-Agosto 2026** | 7-8**Condizioni di Associazione al CIFI 538****Attualità – Gianpiero STRISCIUGLIO 541****Attualità – Mauro MORETTI, Michele Mario ELIA 542**

**INTELLIGENZA ARTIFICIALE NEL SETTORE FERROVIARIO:
UNA RASSEGNA DELLA RICERCA RECENTE**
*ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE RAILWAY SECTOR:
A REVIEW OF RECENT RESEARCH*

FRANCESCO FLAMMINI

543

**RAILWAY SUPERSTRUCTURE TEST FRAME (RSTF):
UN PROTOTIPO MULTIFUNZIONALE IN VERA
GRANDEZZA PER LE PROVE IN LABORATORIO
SU SOVRASTRUTTURE FERROVIARIE**
*RAILWAY SUPERSTRUCTURE TEST FRAME (RSTF):
A FULL-SCALE, MULTIFUNCTIONAL PROTOTYPE USED FOR
THE LABORATORY TESTING OF RAILWAY SUPERSTRUCTURES*

Aldo LA PLACA

Federico AUTELITANO

Francesco FREDDI

Erika GARILLI

Felice GIULIANI

567**Vita del CIFI - Giornata del CIFI 2026 581****Notizie dall'interno 585****Notizie dall'estero***News from foreign countries***595****IF Biblio 609**

Condizioni di Abbonamento a IF – Ingegneria Ferroviaria
Terms of subscription to IF – Ingegneria Ferroviaria

610**Elenco di tutte le Pubblicazioni CIFI 612****Fornitori di prodotti e servizi 614**

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 editate 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

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

Gianpiero STRISCIUGLIO

Amministratore Delegato e Direttore Generale del Gruppo FS Italiane

Gianpiero STRISCIUGLIO è stato nominato nuovo AD e DG del Gruppo FS Italiane. L'ing. Strisciuglio si è laureato con lode presso il Politecnico di Bari in Ingegneria dei Trasporti, ha conseguito il Master di II livello a Napoli, Università Parthenope, ed è iscritto al Consiglio Nazionale degli

Ingegneri dal 2001.

Dal 2013 al 2014 è stato Responsabile di Pianificazione e Sviluppo Servizi e dal 2014 al 2017 ha rivestito il ruolo di Direttore Commerciale ed Esercizio di Rete Ferroviaria Italiana.

Dal 2017 al 2018 è stato Responsabile della Divisione Passeggeri Long Haul in Trenitalia.

Dal 2018 al 2022 ha ricoperto il ruolo di Director of Strategy, Industrial Planning, Innovation & Sustainability in Mercitalia Logistics e nell'aprile 2022 è stato nominato AD e DG di Mercitalia Logistics (ora FS Logistix), incarico che conserverà fino a maggio 2023.

Da maggio 2023 a marzo 2025 è stato AD e DG di Rete Ferroviaria Italiana, concentrandosi sull'attuazione degli interventi del Piano PNRR per l'ammodernamento della rete ferroviaria.

Da marzo 2025 a luglio 2026 ha ricoperto l'incarico di AD e DG di Trenitalia, operando sull'innovazione e sul potenziamento della flotta, in particolare con il lancio del *Frecciarossa 1000* di nuova generazione.

Negli anni trascorsi nel Gruppo FS ha sviluppato una competenza trasversale sugli asset ferroviari strategici, contribuendo alla crescita di una delle più grandi realtà industriali del Paese. Tra gli altri incarichi, è stato Commissario Straordinario per l'Anello Ferroviario di Roma.

Attualmente è Presidente AGENS - Agenzia Confederale dei Trasporti e Servizi - aderente a Confindustria e Vicepresidente di Federturismo Confindustria.

Da aprile 2024 è Presidente del Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani.

Mauro MORETTI Michele MARIO ELIA

condannati in via definitiva per l'incidente ferroviario di Viareggio



Il 25 giugno 2026 la Magistratura giudicante ha condannato in via definitiva Mauro MORETTI e Michele Mario ELIA per l'incidente ferroviario di Viareggio del 29 giugno 2009, disponendo la loro immediata detenzione.

Il Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani esprime grande vicinanza ai suoi due Soci Benemeriti, che hanno innovato radicalmente la modalità ferroviaria italiana attivando il sistema AV, le cui caratteristiche tecniche e gestionali sono state recepite e adottate come standard in diverse reti ferroviarie europee.



Intelligenza artificiale nel settore ferroviario: una rassegna della ricerca recente

Artificial intelligence in the railway sector: a review of recent research

(<https://www.medra.org/servlet/view?lang=it&doi=10.57597/IF.0708.2026.ART.1>)

Francesco FLAMMINI^(*)

Sommario - Il presente articolo propone una rassegna strutturata della ricerca recente sull'intelligenza artificiale (IA) applicata al settore ferroviario. La selezione delle fonti privilegia contributi pubblicati dal 2020 in poi, revisioni sistematiche, sondaggi, sistemi di dati pubblici, standard, regolamenti, progetti europei e casi applicativi con evidenze sperimentali o quantitative. Sono analizzati i principali sotto-domini applicativi - guida autonoma, manutenzione predittiva, gestione del traffico, sicurezza, regolamentazione e tecnologie abilitanti - con particolare attenzione ai contributi scientifici recenti. Il lavoro introduce una tassonomia delle tecniche di IA nel contesto ferroviario, chiarisce i principali modelli di *machine learning* e *deep learning* richiamati, esamina il ruolo di *digital twin*, sensori intelligenti e comunicazioni avanzate, e discute le principali sfide normative, etiche e di certificazione. L'analisi mostra che l'IA costituisce una tecnologia trasformativa per il trasporto ferroviario, ma che l'adozione di funzioni "safety-critical" richiede ancora progressi significativi in termini di maturità tecnologica, disponibilità di dati, spiegabilità, validazione, confronto quantitativo e standardizzazione.

Parole chiave: Intelligenza Artificiale, Apprendimento Automatico, *Deep Learning*, Trasporto Ferroviario, Guida Autonoma, Manutenzione Predittiva, *Digital Twin*, Sicurezza Funzionale.

1. Introduzione

L'intelligenza artificiale (IA) sta diventando pervasiva nella maggior parte dei domini ingegneristici, e il trasporto ferroviario non fa eccezione [1]. Negli ultimi anni, l'IA ha trovato numerose applicazioni in medicina, energia, industria e nei vari settori del trasporto, incluso quello ferroviario e stradale [2]. Essendo uno dei pilastri fondamentali dell'Industria 4.0, l'IA rappresenta una tecnologia in grado di incrementare drasticamente la produttività e l'efficienza del settore [3][5]. Tuttavia, a causa della pletora di nuovi termini e significati ad essi associati, esiste il rischio che i

Summary - This paper provides a narrative-structured review of recent research on artificial intelligence (AI) applied to the railway sector. The source-selection approach gives priority to works published from 2020 onwards, systematic reviews, surveys, public datasets, standards, regulations, European projects, and application cases with experimental or quantitative evidence. The main application sub-domains are analyzed - autonomous driving, predictive maintenance, traffic management, safety, regulation, and enabling technologies - with attention to recent scientific contributions. The paper introduces a taxonomy of AI techniques in the railway context, clarifies the main machine learning and deep learning models mentioned, examines the role of digital twins, intelligent sensing, and advanced communications, and discusses regulatory, ethical, and certification challenges. The analysis shows that AI is a transformative technology for railway transport, while its adoption in safety-critical functions still requires substantial progress in technological maturity, data availability, explainability, validation, quantitative benchmarking, and standardization.

Keywords: Artificial intelligence, Machine Learning, Deep Learning, Railway Transport, Autonomous Driving, Predictive Maintenance, Digital Twin, Functional Safety.

1. Introduction

Artificial intelligence (AI) is becoming pervasive in most engineering domains, and rail transport is no exception [1]. In recent years, AI has found numerous applications in medicine, energy, industry, and various transportation sectors, including rail and road [2]. As one of the fundamental pillars of Industry 4.0, AI represents a technology being able of drastically increasing productivity and efficiency of the sector [3][5]. However, due to the plethora of new terms and meanings associated with them, there is a risk that professionals in the railway sector will get lost in ambiguities and blurred boundaries, thus missing the real opportunities and the power of machine learning, machine vision and big data analysis [1].

^(*) Università di Firenze, Dipartimento di Matematica e Informatica "Ulisse Dini", Italia, francesco.flammini@unifi.it, e Istituto Dalle Molle di Studi sull'Intelligenza Artificiale (IDSIA USI-SUPSI), Svizzera, francesco.flammini@supsi.ch.

^(*) University of Florence, Department of Mathematics and Computer Science "Ulisse Dini", Italy, francesco.flammini@unifi.it, and Dalle Molle Institute of Artificial Intelligence Studies (IDSIA USI-SUPSI), Switzerland, francesco.flammini@supsi.ch.

professionisti del settore ferroviario si perdano nelle ambiguità e nei confini sfumati, mancando così le reali opportunità e il potenziale dell'apprendimento automatico, della visione artificiale e dell'analisi dei *big data* [1].

L'Unione Europea promuove attivamente programmi destinati a orientare e sostenere la ricerca e lo sviluppo nella modernizzazione dell'ambiente ferroviario comunitario [4]. L'uso dell'IA per la guida autonoma dei treni è elencato come una delle sfide di ricerca nel nuovo *Master Plan dell'Europe's Rail Joint Undertaking* [2]. In questo contesto, la digitalizzazione e l'automazione del trasporto ferroviario rappresentano una priorità strategica, con l'obiettivo di aumentare la capacità della rete, la puntualità, l'efficienza operativa e ridurre il consumo energetico [2] [5]. Le tecnologie dell'Industria 4.0, tra cui IA, *Internet of Things* (IoT), *Cloud Computing* e *Big Data*, sono state ampiamente utilizzate nell'industria ferroviaria, concentrandosi principalmente su compiti di manutenzione, esercizio e controllo necessari nell'infrastruttura ferroviaria [21].

Il presente articolo fornisce una sintesi strutturata dei filoni più rilevanti dell'IA ferroviaria, con particolare attenzione alla guida autonoma, alla manutenzione predittiva, alla gestione del traffico, alla sicurezza e alle tecnologie abilitanti. L'obiettivo non è soltanto descrittivo: la rassegna collega tecniche di IA, processi ferroviari, vincoli di sicurezza, disponibilità di dati e livelli di maturità tecnologica, così da offrire una base utile per individuare casi d'uso, architetture e criteri di validazione nella transizione verso il *Railway 4.0*.

La rassegna è di tipo narrativo-strutturato. La selezione delle fonti è stata svolta in tre passaggi: (i) identificazione di revisioni sistematiche, rilevamento e contributi recenti su IA ferroviaria, manutenzione, gestione del traffico, automazione, *dataset* e "*digital twin*"; (ii) integrazione con standard, regolamenti, "*roadmap*" di progetti europei e contributi pubblicati da riviste tecniche del settore su temi affini; (iii) estrazione di esempi applicativi e indicatori quantitativi confrontabili, quali numero di articoli analizzati, dimensione dei *dataset*, origine dei dati, metrica di validazione e contesto operativo. Sono stati privilegiati lavori pubblicati nel periodo 2020-2025, includendo fonti precedenti quando necessarie per standard, tassonomie o riferimenti fondativi. Sono stati esclusi contributi non specifici del dominio ferroviario, privi di elementi tecnici rilevanti o non collegabili a funzioni operative, manutentive, regolatorie o di *safety*. La selezione non pretende di essere esaustiva in senso bibliometrico, ma mira a offrire una sintesi ragionata dei filoni più maturi e delle direzioni emergenti [33][34][35].

2. Tassonomia dell'IA nel Settore Ferroviario

2.1. Concetti fondamentali e classificazione

Una visione olistica dell'IA nel settore ferroviario è stata a lungo assente nella letteratura. Mentre i ricercatori si sono comunemente concentrati su sotto-domini specifici

The European Union actively promotes programmes aimed at guiding and supporting research and development in the modernisation of the Community's railway environment [4]. *The use of AI for autonomous train driving is listed as one of the research challenges in Europe's new Rail Joint Undertaking Master Plan* [2]. *In this context, the digitalisation and automation of rail transport represent a strategic priority, with the aim of increasing network capacity, punctuality, operational efficiency and reducing energy consumption* [2][5]. *Industry 4.0 technologies, including AI, Internet of Things (IoT), Cloud Computing and Big Data, have been widely used in the railway industry, focusing mainly on maintenance, operation and control tasks needed in railway infrastructure* [21].

This article provides a structured summary of the most relevant strands of rail AI, with particular attention to autonomous driving, predictive maintenance, operational management, safety and enabling technologies. The objective is not only descriptive: the review connects AI techniques, railway processes, safety constraints, data availability and technology maturity levels, providing a useful basis for identifying use cases, architectures and validation criteria in the transition to Railway 4.0.

The review is narrative structured. The selection of sources was carried out in three steps: (i) identification of systematic reviews, surveys and recent contributions on railway AI, maintenance, operational management, automation, datasets and digital twins; (ii) integration with standards, regulations, roadmaps of European projects and contributions published by technical journals of the sector on related topics; (iii) extraction of application examples and comparable quantitative indicators, such as number of articles analysed, size of datasets, data source, validation metrics and operational context. Significance was given to works published in the period 2020-2025, including previous sources when necessary for standards, taxonomies or founding references. Not specific contributions about railway domain, lacking relevant technical elements or not in relation to operational, maintenance, regulatory or safety functions were excluded. The selection does not claim to be exhaustive in a bibliometric sense but aims to offer a reasoned synthesis of the most mature branches and emerging directions [33][34][35].

2. Taxonomy of AI in the railway sector

2.1. Fundamental concepts and classification

A holistic view of AI in the railway sector has long been absent in literature. While researchers have commonly focused on specific sub-domains of AI, by providing taxonomies in different fields, an overall taxonomy for the railway sector has only recently been proposed. BEŠINOVIĆ et al. [1] presented a structured taxonomy to guide researchers and professionals in understanding AI techniques, research fields, disciplines and applications, both in general terms and close to railway applications, such as autonomous driving, maintenance and operational management.

dell'IA, determinando tassonomie in campi diversi, una tassonomia complessiva per il settore ferroviario è stata proposta solo recentemente. In particolare, BEŠINOVIĆ *et al.* [1] hanno presentato una tassonomia strutturata per guidare ricercatori e professionisti nella comprensione delle tecniche di IA, dei campi di ricerca, delle discipline e delle applicazioni, sia in termini generali sia in stretta connessione con le applicazioni ferroviarie, quali la guida autonoma, la manutenzione e la gestione del traffico.

La tassonomia proposta in [1] distingue diversi livelli concettuali dell'IA: l'algoritmo di ML (*Machine Learning*) rappresenta la sequenza di operazioni utilizzata per addestrare un modello specifico, come le macchine a vettori di supporto (SVM), gli alberi decisionali, i metodi bayesiani e le reti neurali artificiali; il paradigma di apprendimento si riferisce alla strategia utilizzata per guidare l'algoritmo durante il processo di apprendimento (supervisionato, non supervisionato, per rinforzo); lo scenario di apprendimento descrive le caratteristiche distintive del compito in analisi (*multi-task*, *single-task*, *one-shot*). La Fig. 1 sintetizza graficamente questa tassonomia e ne evidenzia il collegamento con i sotto-domini applicativi ferroviari.

Gli acronimi della Fig. 1 sono utilizzati nel seguito con il seguente significato. SVM (*Support Vector Machine*) indica modelli supervisionati che separano classi o stimano grandezze continue massimizzando il margine tra esempi; Random Forest combina molti alberi decisionali per ridurre varianza e *overfitting*; CNN (*Convolutional Neural Network*) indica reti neurali convoluzionali, particolarmente adatte a immagini e segnali spaziali; RNN (*Recurrent Neural Network*) e LSTM (*Long Short-Term Memory*) elaborano sequenze temporali, con le LSTM progettate per preservare dipendenze a lungo termine; GAN (*Generative Adversarial Network*) usa due reti neurali in competizione per generare dati sintetici realistici; DRL (*Deep Reinforcement Learning*) combina apprendimento per rinforzo e reti profonde per apprendere politiche decisionali tramite ricompense; NLP (*Natural Language Processing*) riguarda l'elaborazione del linguaggio naturale, mentre LLM (*Large Language Model*) indica grandi modelli linguistici addestrati su corpora estesi; XAI (*Explainable Artificial Intelligence*) raggruppa metodi per rendere più comprensibili le decisioni dei modelli.

The taxonomy proposed in [1] classifies different conceptual levels of AI: the ML algorithm (*Machine Learning*) represents the sequence of operations used to train a specific model, such as support vector machines (SVM), decision trees, Bayesian methods and artificial neural networks; the learning paradigm refers to the strategy used to guide the algorithm during the learning process (supervised, unsupervised, for reinforcement); the learning scenario describes the distinctive characteristics of the task under analysis (*multi-task*, *single-task*, *one-shot*). Fig. 1 graphically summarises this taxonomy and highlights its connection with the railway application sub-domains.

The acronyms in Fig. 1 are used below with the following meaning. SVM (*Support Vector Machine*) indicates super-

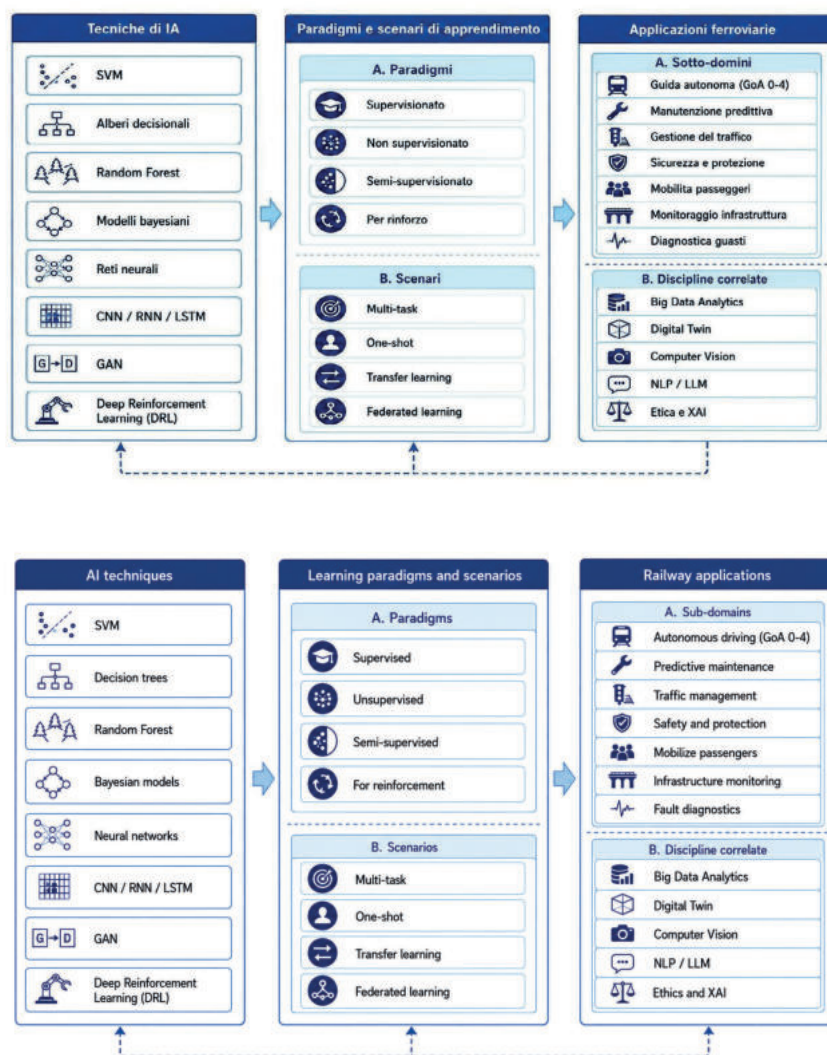


Figura 1 — Tassonomia dell'IA nel settore ferroviario: relazione tra tecniche di IA, paradigmi di apprendimento, campi di ricerca e sotto-domini applicativi ferroviari. Adattata da [1].

Figure 1 — Taxonomy of AI in the railway sector: relationship between AI techniques, learning paradigms, research fields and railway application sub-domains. Adapted from [1].

2.2. Tassonomie per l'automazione ferroviaria

Per quanto riguarda specificamente l'automazione nel trasporto ferroviario, sono stati definiti diversi livelli di automazione (Grade of Automation, GoA) secondo lo standard IEC 62267 [6][7][8][9]. La Tab. 1 riassume i livelli GoA e le relative caratteristiche.

RAMÍREZ *et al.* [4] hanno fornito una sintesi approfondita delle tassonomie più rilevanti per avanzare nella definizione di un *framework* adeguato a classificare le capacità di automazione nel trasporto merci ferroviario, identificando alcune sfide complesse. Gli autori hanno evidenziato come i professionisti del settore ferroviario differenzino i sistemi automatici dai sistemi autonomi, un aspetto cruciale per la gestione dei rischi legati all'implementazione dell'IA in aree *safety-critical* [4].

2.3. Applicazioni dell'IA per sotto-dominio ferroviario

Le applicazioni dell'IA nel settore ferroviario possono essere classificate secondo i sotto-domini identificati nella letteratura. HADJ-MABROUK [10] ha proposto una classificazione delle applicazioni di IA, distinguendo gli elementi strutturali (Infrastruttura, Energia, Comando-Controllo-Segnalamento e Materiale Rotabile) e gli elementi funzionali (Operazione e Gestione del Traffico, Manutenzione e Applicazioni Telematiche) del sistema ferroviario europeo [10].

ZHANG e ZHANG [3] hanno condotto una revisione sistematica della letteratura sull'IA applicata alla pianificazione

vised models that separate classes or estimate continuous quantities by maximising the margin between examples; Random Forest combines many decision trees to reduce variance and overfitting; CNN (Convolutional Neural Network) indicates convolutional neural networks, particularly suitable for images and spatial signals; RNN (Recurrent Neural Network) and LSTM (Long Short-Term Memory) process time sequences, with LSTMs designed to preserve long-term dependencies; GAN (Generative Adversarial Network) uses two competing neural networks to generate realistic synthetic data; DRL (Deep Reinforcement Learning) combines reinforcement learning and deep networks to learn decision-making policies through rewards; NLP (Natural Language Processing) concerns natural language processing, while LLM (Large Language Model) indicates large language models trained on extended corpora; XAI (Explainable Artificial Intelligence) groups methods to make model decisions more understandable.

2.2. Taxonomies for railway automation

Referring to automation in rail transport, different levels of automation (Grade of Automation, GoA) have been defined according to standard IEC 62267 [6][7][8][9]. Tab. 1 summarises the GoA levels and their characteristics.

RAMÍREZ et al. [4] provided an in-depth synthesis of the most relevant taxonomies to overcome in the definition of an adequate framework to classify automation capabilities in rail freight transport, identifying some complex challenges. The authors highlighted how railway professionals dif-

Tabella 1 – Table 1

Livelli di automazione ferroviaria (Grade of Automation, GoA) secondo IEC 62267; ATP = Automatic Train Protection, ATO = Automatic Train Operation, UTO = Unattended Train Operation
Levels of railway automation (Grade of Automation, GoA) according to IEC 62267; ATP = Automatic Train Protection, ATO = Automatic Train Operation, UTO = Unattended Train Operation

GoA	Denominazione Name	Descrizione Description	Ruolo del personale di condotta Role of the driver
GoA 0	Operazione a vista Visual operation	Il personale di condotta è pienamente responsabile della guida [8] <i>The driver is fully responsible for driving [8]</i>	Pieno controllo Full control
GoA 1	Operazione manuale con ATP Manual operation with ATP	Protezione automatica del treno [9] <i>Automatic train protection [9]</i>	Guida manuale con supervisione automatica Manual driving with automatic supervision
GoA 2	Operazione semi-automatica Semi-automatic operation	ATO con supervisione del personale di condotta [9] <i>ATO with driver supervision [9]</i>	Supervisione e intervento Supervision and intervention
GoA 3	Operazione <i>driverless</i> Driverless operation	Sistema automatico completo con personale a bordo [7] <i>Full automatic system with on-board personnel [7]</i>	Personale per emergenze Emergency personnel
GoA 4	Operazione non presidiata (UTO) Unattended operation (UTO)	Nessun personale a bordo [9] <i>No on-board personnel [9]</i>	Nessuno None

ne e gestione del traffico ferroviario, valutando 95 articoli di ricerca pubblicati tra il 1970 e il 2022. Parallelamente, LAITON-BONADIEZ *et al.* [21] hanno condotto una revisione sistematica della letteratura sulle tecnologie dell'Industria 4.0 applicate all'industria del trasporto ferroviario, identificando 109 lavori di riferimento [21].

GHABOURA *et al.* [22] hanno presentato un *survey* completo sul *Digital Twin* per il settore ferroviario (DTR), proponendo una tassonomia per progettisti e sviluppatori.

A complemento di tali lavori, la revisione di TANG *et al.* [33] fornisce una prospettiva olistica sulle applicazioni dell'IA nei sistemi ferroviari, evidenziando il ruolo preponderante della manutenzione e dell'ispezione e la necessità di affrontare congiuntamente sicurezza, gestione del traffico, *cybersecurity* e disponibilità dei dati. La Tab. 2 sintetizza le principali rassegne e revisioni della letteratura sull'IA nel settore ferroviario.

La letteratura tecnica nel settore ferroviario comprende contributi recenti su IoT e IA per l'analisi dei flussi pedonali [41], monitoraggio delle prestazioni del servizio ferroviario [42], posizionamento GNSS a supporto di manovre automatiche merci [43] e allocazione *data-driven* delle risorse per postazioni DCO [44]. La Tab. 3 riassume alcuni esempi applicativi e indicatori quantitativi utili a confrontare, pur in modo necessariamente eterogeneo, domini, dati e livelli di validazione.

3. Guida autonoma ferroviaria

3.1. Stato dell'arte e sfide

L'automazione è attesa come risposta efficace alla crescente domanda di trasporto passeggeri e merci, ai problemi di sicurezza, agli errori umani e alla crescente congestione. I treni autonomi (AT), noti anche come treni *driverless*, sono treni completamente automatizzati controllati centralmente mediante tecnologie avanzate di comunicazione e internet [11].

Esistono differenze fondamentali tra il concetto di autonomia e sicurezza nel trasporto stradale e ferroviario, tra cui la necessità di autorizzazione al movimento da parte del sistema di controllo e supervisione: il sistema ferroviario implementa un controllo guidato dall'infrastruttura di terra [2]. Mentre vari sistemi *driverless* di operazione automatica dei treni (ATO), supportati dalla protezione automatica dei treni con livello di integrità di sicurezza garantito (SIL 4), sono stati introdotti negli ultimi decenni principalmente su reti segregate come la metropolitana, l'obiettivo attuale è quello di andare oltre, sviluppando treni completamente autonomi per le reti ferroviarie aperte [2][6].

In questa prospettiva, FLAMMINI *et al.* [36] hanno proposto una visione del controllo intelligente del treno in cui la protezione automatica del treno può costituire un iniluppo di sicurezza per funzioni di guida intelligente, orientate all'ottimizzazione di energia, comfort e capacità,

ferentiate automatic systems from autonomous systems, a crucial aspect for the management of risks related to the implementation of AI in safety-critical areas [4].

2.3. Applications of AI for railway sub-domain

Applications of AI in the railway sector can be classified according to the sub-domains identified in literature. HADI-MABROUK [10] proposed a classification of AI applications, distinguishing the structural elements (Infrastructure, Energy, Command-Control-Signalling and Rolling Stock) and the functional elements (Operation and Traffic Management, Maintenance and Telematic Applications) of the European railway system [10].

ZHANG and ZHANG [3] conducted a systematic literature review on AI applied to rail traffic planning and management, evaluating 95 research articles published between 1970 and 2022. In parallel, LAITON-BONADIEZ et al. [21] conducted a systematic literature review on Industry 4.0 technologies applied to the rail transport industry, identifying 109 reference works [21].

GHABOURA et al. [22] presented a comprehensive survey on the Digital Twin for the Railway (DTR) sector, proposing a taxonomy for designers and developers.

Complementing such work, the review by TANG et al. [33] provides a holistic perspective on AI applications in railway systems, highlighting the preponderant role of maintenance and inspection and the need to jointly address safety, traffic management, cybersecurity and data availability. Tab. 2 summarises the main reviews and revisions of literature on AI in the railway sector.

Technical literature in the railway sector includes recent contributions on IoT and AI for the analysis of pedestrian flows [41], monitoring of the performance of the railway service [42], GNSS positioning in support of automatic freight manoeuvres [43] and data-driven allocation of resources for DCO stations [44]. Tab. 3 summarises some application examples and quantitative indicators useful for comparing domains, data and validation levels, although necessarily heterogeneous.

3. Autonomous railway driving

3.1. State of the art and challenges

Automation is expected as an effective response to the growing demand for passenger and freight transport, safety issues, human error and increasing congestion. Autonomous trains (AT), also known as driverless trains, are fully automated trains controlled centrally by advanced communication technologies and the internet [11].

There are fundamental differences between the concept of autonomy and safety in road and rail transport, including the need for movement authorisation by the control and supervision system: the rail system implements ground infrastructure-driven control [2]. While various driverless au-

Tabella 2 – Table 2

Principali rassegne e revisioni della letteratura sull'IA nel settore ferroviario
Main reviews and revisions of literature on AI in the railway sector

Riferimento <i>Reference</i>	Anno <i>Year</i>	Focus	N. articoli <i>No. of items</i>	Principali contributi <i>Key contributions</i>
BEŠINOVIĆ <i>et al.</i> [1]	2022	Tassonomia IA ferroviaria <i>Railway AI Taxonomy</i>	—	Tassonomia strutturata, etica, XAI <i>Structured taxonomy, ethics, XAI</i>
ZHANG e ZHANG [3] ZHANG and ZHANG [3]	2023	IA per TPM ferroviaria <i>AI for Railway TPM</i>	95	Roadmap in 4 fasi per IA in TPM <i>4-step roadmap for AI in TPM</i>
HADJ-MABROUK [10]	2024	IA per sicurezza ferroviaria UE <i>AI for EU Railway Safety</i>	—	Classificazione per elementi strutturali/funzionali <i>Classification by structural/functional elements</i>
LAITON-BONADIEZ <i>et al.</i> [21]	2022	Industria 4.0 nel ferroviario <i>Industry 4.0 in railways</i>	109	Monitoraggio, decisione, comunicazione <i>Monitoring, decision, communication</i>
GHABOURA <i>et al.</i> [22]	2023	Digital Twin ferroviario <i>Railway Digital Twin</i>	—	Tassonomia DTR <i>DTR Taxonomy</i>
DIRNFELD <i>et al.</i> [16]	2024	DT e IA per manutenzione <i>DT and AI for maintenance</i>	—	Sfide integrazione DT-IA <i>DT-IA integration challenges</i>
HELMİ <i>et al.</i> [30]	2024	Remote sensing e ML <i>Remote sensing and ML</i>	—	SLR su RS-ML per ispezione ferroviaria <i>SLR on RS-ML for railway inspection</i>
BIANCHI <i>et al.</i> [14]	2025	Monitoraggio infrastruttura <i>Infrastructure monitoring</i>	—	Dalle tecniche classiche alla PdM <i>From classical techniques to PdM</i>
TANG <i>et al.</i> [33]	2022	IA nei sistemi ferroviari <i>AI in Railway Systems</i>	139	Rassegna olistica su manutenzione, traffico, safety, security e guida autonoma <i>Holistic review of maintenance, traffic, safety, security and autonomous driving</i>
PAPPATERRA <i>et al.</i> [34]	2021	Dataset pubblici per IA ferroviaria <i>Railway AI Public Datasets</i>	—	Catalogazione dataset/API pubblici e gap rispetto ad altri domini <i>Cataloguing public datasets/APIs and gaps compared to other domains</i>
DE DONATO <i>et al.</i> [38]	2022	DL audio-video per manutenzione <i>DL audio-video for maintenance</i>	—	Rassegna su difetti, sensori audio- video e dataset <i>Review on defects, audio-video sensors and datasets</i>
FLAMMINI e VITTORINI [35] FLAMMINI and VITTORINI [35]	2021	Roadmap IA ferroviaria <i>Railway AI Roadmap</i>	—	Obiettivi RAILS e percorsi di integrazione per Railway 4.0 <i>RAILS Objectives and Integration Paths for Railway 4.0</i>

mentre percezione e riconoscimento dei segnali possono supportare funzioni avanzate di assistenza e supervisione in contesti, fasi e situazioni in cui la supervisione completa non è disponibile.

3.2. Tecnologie abilitanti per la guida autonoma

Per raggiungere la piena autonomia, i treni dovranno essere equipaggiati con telecamere avanzate, sensori ad alta precisione e sistemi di posizionamento all'avanguardia [12]. La percezione, il rilevamento delle persone, la supervisione dell'imbarco e dello sbarco dei passeggeri, la localizzazione del treno e la guida remota/driverless a bassa velocità nei depositi sono tutti problemi che si intendono risolvere utilizzando algoritmi di IA e ML [2]. La Fig.

tomatic train operation systems (ATO), supported by automatic train protection with guaranteed safety integrity level (SIL 4), have been introduced in recent decades mainly on segregated networks such as the metro, the current goal is to go further, developing fully autonomous trains for open rail networks [2][6].

In this perspective, FLAMMINI *et al.* [36] proposed a vision of intelligent train control in which automatic train protection can constitute a safety envelope for intelligent driving functions, aimed at optimising energy, comfort and capacity, while signal perception and recognition can support advanced assistance and supervision functions in contexts, phases and situations where full supervision is not available.

Tabella 3 – Table 3

Esempi applicativi e indicatori quantitativi nella letteratura recente sull'IA ferroviaria
Application examples and quantitative indicators in recent railway AI literature

Ambito o caso <i>Scope or case</i>	Dato quantitativo o validazione <i>Quantitative data or validation</i>	Tecnica/evidenza principale <i>Main Technique/Evidence</i>
Pianificazione e gestione del traffico [3] <i>Traffic planning and management [3]</i>	95 articoli analizzati nel periodo 1970-2022 <i>95 papers analysed in the 1970-2022 period</i>	Confronto tra ottimizzazione, ML e reinforcement learning; proposta di roadmap di adozione <i>Comparison between optimisation, ML and reinforcement learning; proposal of adoption roadmaps</i>
Industria 4.0 ferroviaria [21] <i>Railway Industry 4.0 [21]</i>	109 lavori di riferimento <i>109 reference works</i>	IoT, cloud, big data e ML per monitoraggio, decisione e comunicazione <i>IoT, cloud, big data and ML for monitoring, decision and communication</i>
Applicazioni IA nei sistemi ferroviari [33] <i>AI Applications in Railway Systems [33]</i>	139 contributi analizzati <i>139 contributions analysed</i>	Prevalenza di manutenzione e ispezione; necessità di integrare safety, security e traffico <i>Prevalence of maintenance and inspection; need to integrate safety, security and traffic</i>
Percezione visiva e segnali ferroviari [12][34] <i>Visual Perception and Railway Signals [12][34]</i>	>100.000 immagini nel dataset FRSign <i>>100,000 images in the FRSign dataset</i>	Computer vision e CNN per rilevamento e riconoscimento dei segnali luminosi <i>Computer vision and CNN for detection and recognition of light signals</i>
Manutenzione predittiva di asset RFI [23] <i>Predictive maintenance of RFI assets [23]</i>	Dati reali di una porzione della rete italiana; asset critici: segnali, circuiti di binario, scambi, sale relè <i>Real data of a portion of the Italian network; critical assets: signals, track circuits, exchanges, wheel sets</i>	Modello di ML informato e non regressivo, orientato a semplicità e interpretabilità <i>Informed and non-regressive ML model, oriented towards simplicity and interpretability</i>
Droni per ispezione ferroviaria [24] <i>Drones for railway inspection [24]</i>	47 articoli selezionati da 7.900 pubblicazioni <i>47 articles selected from 7,900 publications</i>	Visione artificiale e monitoraggio mobile di infrastrutture e contesto operativo <i>Artificial vision and mobile monitoring of infrastructure and operating context</i>
Flussi pedonali in nodi affollati [41] <i>Pedestrian flows in crowded nodes [41]</i>	Trial site presso lo Stabilimento Hitachi Rail di Napoli; confronto LiDAR/stereocamere <i>Trial site at the Hitachi Rail Plant in Naples; LiDAR/stereo camera comparison</i>	IoT e IA per conteggio e monitoraggio dei passeggeri in tempo reale <i>IoT and AI for real-time passenger counting and monitoring</i>
Manovre automatiche merci con GNSS [43] <i>Automatic freight handling with GNSS [43]</i>	Accuratezza media submetrica in condizioni ottimali e inferiore a 3 m in tutti i test <i>Average sub-metric accuracy in optimal conditions and less than 3 m in all tests</i>	Posizionamento satellitare, simulazioni macro/micro e validazione sperimentale <i>Satellite positioning, macro/micro simulations and experimental validation</i>
Risorse per postazioni DCO [44] <i>Resources for DCO stations [44]</i>	Fattori quantitativi: numero di treni, stazioni, interruzioni; fattori qualitativi via AHP <i>Quantitative factors: number of trains, stations, interruptions; qualitative factors via AHP</i>	Regressione lineare multipla e analisi multicriterio per supporto decisionale <i>Multiple linear regression and multi-criteria analysis for decision support</i>

2 schematizza l'architettura funzionale di riferimento per tali sistemi di guida autonoma.

3.3. Dataset e percezione visiva per treni a guida automatica

Nel campo dei veicoli autonomi stradali, sono state numerose le iniziative di open-sourcing di dataset, ma molto meno per metodi di trasporto alternativi come i treni.

3.2. Enabling technologies for autonomous driving

To achieve full autonomy, trains shall be equipped with advanced cameras, high-precision sensors, and state-of-the-art positioning systems [12]. Perception, detecting people, supervising passenger boarding and disembarking, locating the train, and low-speed remote/driverless driving in warehouses are all problems that are intended to be solved using AI and ML algorithms [2].

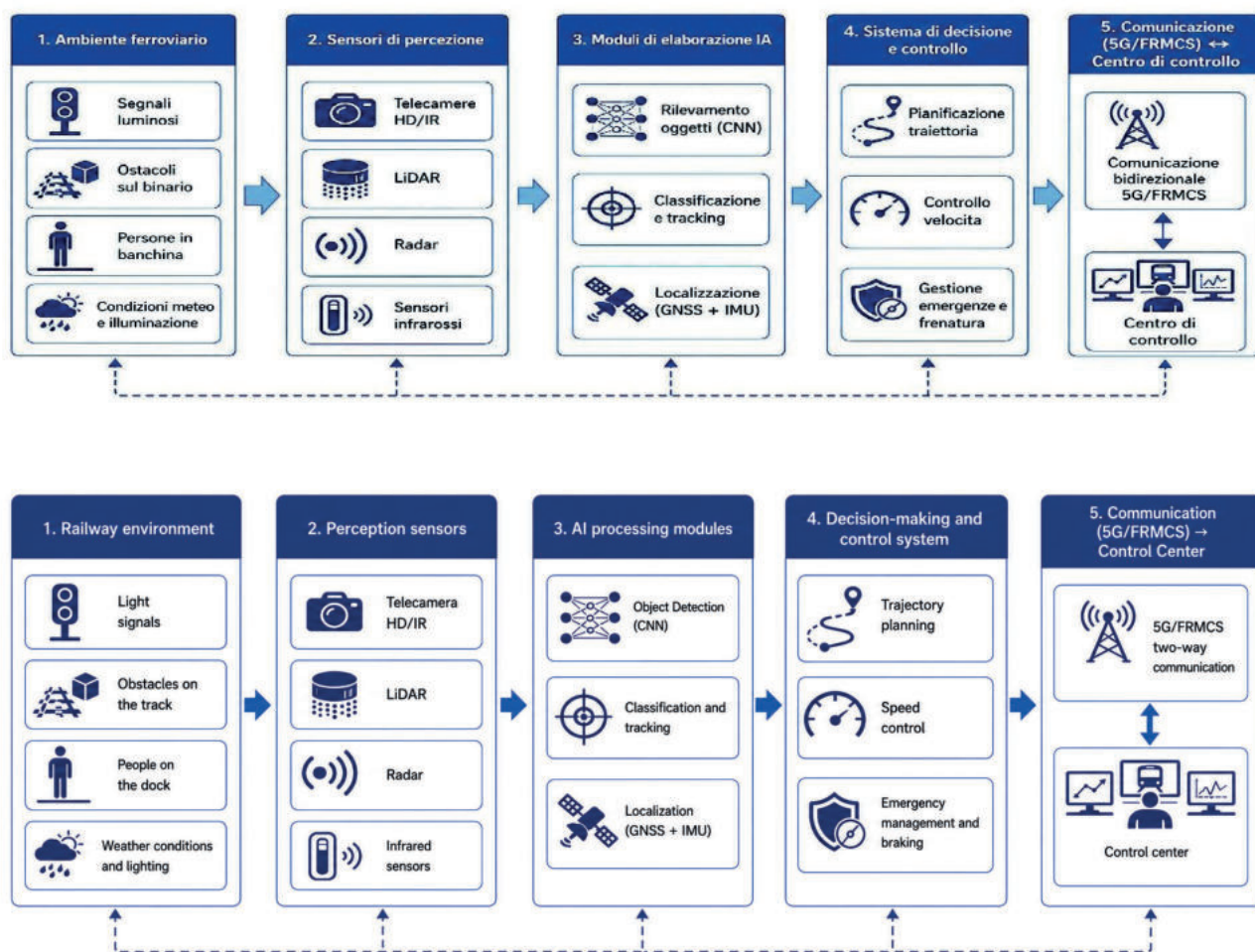


Figura 2 — Architettura funzionale di un sistema di guida autonoma ferroviaria (basata su [2][11][12]).
Figure 2 — Functional architecture of a railway self-driving system (based on [2][11][12]).

HARB *et al.* [12] hanno introdotto FRSign, un *dataset* su larga scala e accurato per il rilevamento e il riconoscimento dei segnali luminosi ferroviari basato sulla visione artificiale, contenente più di 100.000 immagini.

La scarsità di *dataset* pubblici specifici per il dominio ferroviario è stata analizzata sistematicamente da PAPPATERRA *et al.* [34], che evidenziano la necessità di cataloghi condivisi, API aperte e *benchmark* riproducibili per favorire il confronto tra modelli di IA e il trasferimento verso applicazioni industriali.

HELMİ *et al.* [30] hanno condotto una revisione sistematica della letteratura sull'integrazione di telerilevamento (*remote sensing*, RS) e *machine learning* per migliorare l'efficienza e l'accuratezza del monitoraggio dei difetti ferroviari, evidenziando la predominanza di approcci basati su reti neurali convoluzionali (CNN) [30]. La Tab. 4 riassume i principali *dataset* pubblici disponibili per la percezione visiva ferroviaria.

Fig. 2 outlines the reference functional architecture for such self-driving systems.

3.3. Dataset and visual perception for self-driven trains

There have been numerous dataset open-sourcing initiatives in the field of self-driven road vehicles, but much less for alternative transport methods such as trains. HARB *et al.* [12] introduced FRSign, a large-scale and accurate dataset for the detection and recognition of railway light signals based on computer vision, containing more than 100,000 images.

The lack of public datasets specific to the railway domain has been systematically analysed by PAPPATERRA *et al.* [34], which highlight the need for shared catalogues, open APIs and reproducible benchmarks to facilitate comparison between AI models and transfer to industrial applications.

Tabella 4 – Table 4

Principali dataset pubblici per la percezione visiva nel dominio ferroviario
Main public datasets for visual perception in the railway domain

Dataset Datasets	Anno Year	Contenuto Contents	N. immagini No. of images	Applicazione Application
RailSem19 [34]	2019	Immagini annotate semanticamente <i>Semantically annotated images</i>	~8.500 ~8,500	Comprensione scena ferroviaria <i>Railway scene understanding</i>
FRSign [12] [34]	2020	Segnali luminosi ferroviari francesi <i>French Railway Light Signals</i>	>100.000 >100,000	Rilevamento e riconoscimento segnali <i>Signal detection and recognition</i>

Riguardo possibili sinergie tra il trasporto stradale e quello ferroviario, FILIP [2] ha condotto un'analisi comparativa per mostrare come la sicurezza richiesta sia assicurata nella guida automatizzata di treni e automobili. I risultati dell'analisi descrivono le differenze, le intersezioni e le sinergie in queste due diverse aree applicative [2]. Come anticipato, i due domini sono molto diversi pur condividendo aspetti comuni, per cui il trasferimento di tecnologie per il rilevamento veicoli, segnali, ostacoli e pedoni è in parte percorribile, con i dovuti adattamenti.

Relativamente all'automazione del trasporto merci ferroviario, l'obiettivo principale è aumentare la sicurezza e l'efficienza al fine di rappresentare un'opzione competitiva e più sostenibile rispetto alle altre modalità [4]. GATTUSO [13] ha descritto come la ricerca sull'automazione dei treni merci possa essere classificata in due categorie: le tecnologie di automazione volte a migliorare le prestazioni del treno e il treno completamente autonomo (*driverless*) [13].

4. Manutenzione predittiva

4.1. Fondamenti e approcci

La manutenzione predittiva (PdM) è considerata un'opportunità chiave per un accurato monitoraggio strutturale della salute (*Structural Health Monitoring*, SHM), specialmente per l'infrastruttura ferroviaria [14]. La PdM basata su modelli *Data-Driven* è uno degli approcci più promettenti tra le tecnologie emergenti, supportata dalla straordinaria crescita del settore dell'IA [14].

Nel contesto italiano, ONETO *et al.* [23] hanno proposto un modello semplice di *Machine Learning* informato e non regressivo per la manutenzione predittiva degli *asset* ferroviari critici. Segnali, circuiti di binario, scambi e sale relè sono simultaneamente gli *asset* ferroviari più critici e più soggetti a manutenzione. Il modello è stato validato su dati reali provenienti da una porzione della rete ferroviaria italiana gestita da Rete Ferroviaria Italiana [23]. Il flusso logico della manutenzione predittiva basata su IA è rappresentato in Fig. 3.

Nella manutenzione predittiva ferroviaria i modelli sono scelti in funzione del tipo di dato e della decisione da supportare. SVM e SVR sono adatti a classificazione

HELMI *et al.* [30] conducted a systematic literature review on the integration of remote sensing (RS) and machine learning to improve the efficiency and accuracy of railway defect monitoring, highlighting the predominance of convolutional neural network-based (CNN) approaches [30]. Tab. 4 summarises the main public datasets available for railway visual perception.

With reference to possible synergies between road and rail transport, FILIP [2] conducted a comparative analysis to show how the required safety is ensured in the automated driving of trains and cars. The results of the analysis describe the differences, intersections and synergies in these two different application areas [2]. As anticipated, the two domains are very different while sharing common aspects, so the transfer of technologies for the detection of vehicles, signals, obstacles and pedestrians is partly feasible, with the necessary adaptations.

Regarding the automation of rail freight transport, the main objective is to increase safety and efficiency to represent a competitive and more sustainable option compared to other modes [4]. GATTUSO [13] described how research on freight train automation can be classified into two categories: automation technologies aimed at improving train performance and the fully autonomous (*driverless*) train [13].

4. Predictive maintenance

4.1. Fundamentals and approaches

Predictive maintenance (PdM) is considered a key opportunity for accurate Structural Health Monitoring (SHM), especially for railway infrastructure [14]. PdM based on *Data-Driven* models is one of the most promising approaches among emerging technologies, supported by the extraordinary growth of the AI sector [14].

In the Italian framework, ONETO *et al.* [23] proposed a simple model of informed and non-regressive Machine Learning for predictive maintenance of critical railway assets. Signals, track circuits, turnouts and wheeled relays are simultaneously the most critical and most subject to maintenance railway assets. The model was validated on real data from a portion of the Italian railway network managed by Rete Ferroviaria Italiana [23]. The logical flow of AI-based predictive maintenance is depicted in Fig. 3.

e regressione su *dataset* di dimensioni contenute; CNN e architetture residue come ResNet-50 sono efficaci nell'analisi di immagini di rotaie, organi di fissaggio e componenti; RNN e LSTM trattano serie temporali di misure diagnostiche o georadar; reti bayesiane e logica *fuzzy* permettono di rappresentare incertezza e conoscenza esperta; DNN più generali sono impiegate quando sono disponibili grandi moli di dati etichettati. Nei casi *safety-critical*, la scelta del modello deve essere bilanciata con interpretabilità, robustezza, qualità dei dati e possibilità di validazione sul campo.

4.2. Digital Twin e IA per la manutenzione ferroviaria

Un *digital twin* (DT) è una rappresentazione digitale dinamica di un *asset* o processo fisico - ad esempio binario, scambio, veicolo, impianto di segnalamento o sottosistema energetico - alimentata da dati provenienti da sensori, diagnostica, sistemi di esercizio e modelli ingegneristici. La sua utilità consiste nel confrontare stato atteso e stato osservato, stimare degrado e vita residua, simulare scenari di manutenzione, valutare l'impatto operativo di un guasto e fornire supporto decisionale agli operatori. Negli ultimi anni, il DT è quindi diventato un paradigma promettente per il monitoraggio continuo di sistemi cyber-fisici [16]. DIRNFELD *et al.* [16] hanno fornito una revisione narrativa della letteratura scientifica sui DT per le applicazioni di manutenzione ferroviaria, con un focus speciale sulla loro relazione con l'IA. Il ML applicato ai DT ferroviari si concentra principalmente sulla manutenzione predittiva come applicazione naturale [16].

GHAPOURA *et al.* [22] hanno confermato che i *framework data-driven* per DT possono essere creati utilizzando *machine learning* e altre tecniche di IA per apprendere dai dati generati dall'infrastruttura ferroviaria [22].

In tale direzione, DE DONATO *et al.* [37] hanno proposto linee guida preliminari e un'architettura di riferimento per *digital twin* ferroviari assistiti da IA, ponendo l'accento sull'integrazione

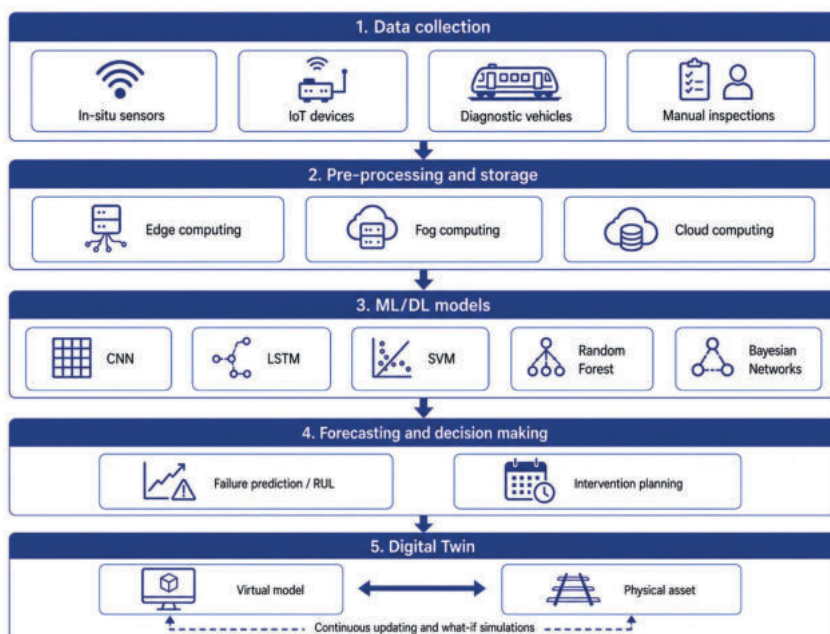
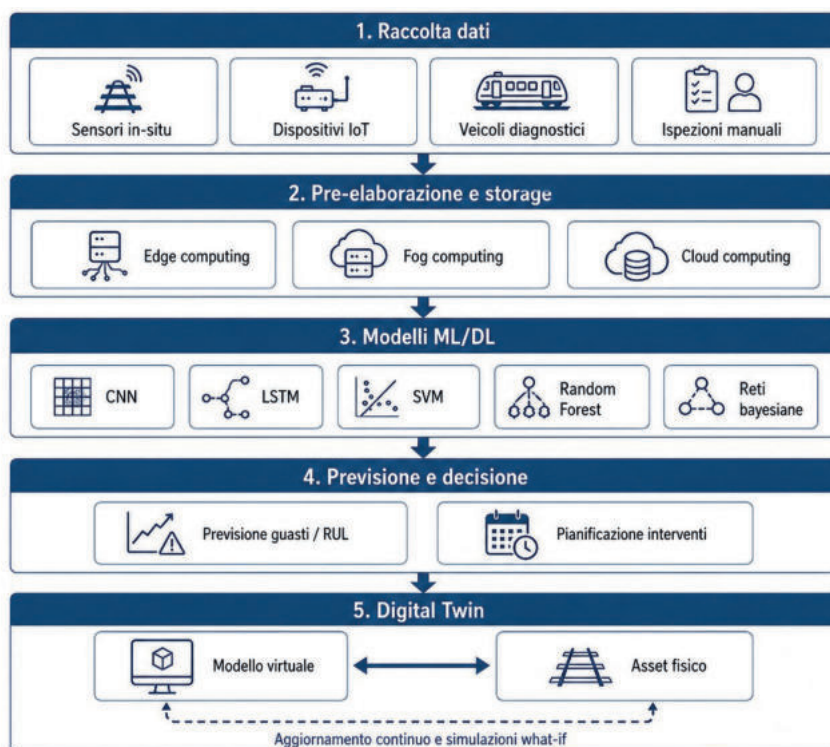


Figura 3 — Schema concettuale della manutenzione predittiva basata su IA per l'infrastruttura ferroviaria (basato su [14][16][23]).

Figure 3 — Conceptual scheme of AI-based predictive maintenance for railway infrastructure (based on [14][16][23]).

tra dati operativi, modelli cyber-fisici e funzioni di supporto decisionale.

Come evidenziato in [1], i *digital twin* che implementano modelli di *machine learning* per la manutenzione predittiva *data-driven* possono essere adatti all'implementazione hardware, software o ibrida a più livelli di *edge*, *fog* e *cloud computing* [1]. Spostandosi verso il livello *edge*, si possono garantire maggiore sicurezza e minore latenza nelle risposte; per contro, la potenza di elaborazione risulterà più limitata così come la base di conoscenza sulla quale effettuare le analisi predittive. Pertanto, architetture cooperative distribuite possono rappresentare il giusto compromesso.

4.3. Tecniche di ML/DL per il monitoraggio dell'infrastruttura e del materiale rotabile

I metodi di *deep learning* sono frequentemente utilizzati nelle applicazioni di visione artificiale per l'analisi della resilienza e la protezione delle infrastrutture critiche [15]. BIANCHI *et al.* [14] hanno condotto una revisione sistematica del monitoraggio dell'infrastruttura ferroviaria, dalle tecniche classiche alla manutenzione predittiva. In particolare, la rassegna di DE DONATO *et al.* [38], co-firmata dall'autore, analizza l'impiego di *deep learning* per il rilevamento di difetti tramite dati audio-video, individuando applicazioni promettenti ma anche limiti relativi a disponibilità dei *dataset*, robustezza e validazione sul campo (Tab. 5).

NEUHOLD *et al.* [31] hanno introdotto uno strumento per la gestione del ciclo di vita del binario ferroviario basato su analisi innovative dei dati di binario, includendo analisi di serie temporali per la previsione del comportamento qualitativo futuro [31].

Relativamente al monitoraggio del materiale rotabile, il rilevamento dei guasti nei componenti dei veicoli ferroviari è essenziale per mantenere la sicurezza operativa e l'affidabilità [17]. KHONGSOMCHIT e KAEWUNRUEN [17] hanno presentato una revisione sullo stato dell'arte dell'integrazione di *digital twin* e intelligenza artificiale per avanzare l'economia circolare nell'implementazione del materiale rotabile dei treni ad alta velocità.

4.4. Utilizzo di droni per l'ispezione ferroviaria

I droni sono recentemente diventati un nuovo strumento nell'ispezione e nel monitoraggio ferroviario (RIM) a livello mondiale [24]. ASKARZADEH *et al.* [24] hanno condotto una revisione sistematica della letteratura sulle applicazioni, opportunità e sfide dell'utilizzo dei droni per il RIM, identificando 47 articoli filtrati da 7.900 pubblicazioni dal 2014 al 2022.

In particolare, le applicazioni della visione artificiale tramite droni si focalizzano sul monitoraggio e la sorveglianza nei confronti di anomalie e minacce sia di tipo naturale/casuale (ad es. cedimenti infrastrutturali, eventi

In predictive railway maintenance, the models are chosen according to the type of data and the decision to be supported. SVM and SVR are suitable for classification and regression on small datasets; CNN and residual architectures such as ResNet-50 are effective in the analysis of images of rails, fasteners and components; RNN and LSTM deal with time series of diagnostic measures or georadars; Bayesian networks and fuzzy logic allow representing uncertainty and expert knowledge; more general DNN are used when large masses of labelled data are available. In safety-critical cases, the choice of the model must be balanced with interpretability, robustness, data quality and the possibility of validation in the field.

4.2. Digital Twin and AI for railway maintenance

*A digital twin (DT) is a dynamic digital representation of a physical asset or process - for example track, switch, vehicle, signalling system or energy subsystem - powered by data from sensors, diagnostics, operating systems and engineering models. Its usefulness consists in comparing expected and observed condition, estimating degradation and residual life, simulating maintenance scenarios, assessing the operational impact of a failure and providing decision support to operators. In recent years, DT has therefore become a promising paradigm for the continuous monitoring of cyber-physical systems [16]. DIRNFELD *et al.* [16] provided a narrative review of the scientific literature on DTs for railway maintenance applications, with a special focus on their relationship with AI. The ML applied to railway DTs focuses mainly on predictive maintenance as a natural application [16].*

GHABOURA *et al.* [22] confirmed that data-driven frameworks for DT can be created using machine learning and other AI techniques to learn from data generated by the railway infrastructure [22].

*In this direction, DE DONATO *et al.* [37] proposed preliminary guidelines and a reference architecture for AI-assisted digital twin railways, emphasising the integration between operational data, cyber-physical models and decision support functions.*

As highlighted in [1], digital twins that implement machine learning models for data-driven predictive maintenance can be suitable for hardware, software or hybrid implementation at multiple levels of edge, fog and cloud computing [1]. By moving towards the edge level, greater security and lower latency in responses can be guaranteed; on the other hand, processing power will be more limited as well as the knowledge base on which to carry out predictive analyses. Therefore, distributed cooperative architectures can represent the right compromise.

4.3. ML/DL infrastructure and rolling stock monitoring techniques

Deep learning methods are frequently used in machine

Tabella 5 – Table 5

Tecniche di ML/DL utilizzate nella manutenzione predittiva ferroviaria
ML/DL techniques used in predictive railway maintenance

Tecnica Technique	Applicazione Application	Riferimenti References
CNN (<i>Convolutional Neural Network</i>)	Rilevamento di difetti di rotaie ed elementi di fissaggio da immagini <i>Detection of defects of rails and fasteners from images</i>	[14][30]
ResNet-50 (rete CNN residuale) <i>ResNet-50 (CNN residual network)</i>	Rilevamento elementi di fissaggio; le connessioni residuali facilitano l'addestramento di reti profonde <i>Detection of fasteners; residual connections facilitate the training of deep networks</i>	[14]
LSTM (<i>Long Short-Term Memory</i>)	Previsione delle condizioni del binario da serie temporali e dati Ground Penetrating Radar (GPR) <i>Forecast of track conditions from time series and Ground Penetrating Radar (GPR) data</i>	[15]
SVM/SVR (<i>Support Vector Machine/Regression</i>)	Diagnosi guasti, classificazione e regressione su dataset strutturati <i>Fault diagnosis, classification and regression on structured datasets</i>	[14][15][17]
DNN (<i>Deep Neural Network</i>)	Rilevamento guasti ruote, giunti e componenti quando sono disponibili dati numerosi <i>Wheels, couplings and component's fault detection when numerous data are available</i>	[17]
Reti Bayesiane <i>Bayesian Networks</i>	Previsione guasti con rappresentazione esplicita dell'incertezza <i>Fault forecasting with explicit representation of uncertainty</i>	[14]
Logica Fuzzy <i>Fuzzy Logic</i>	Termografia e manutenzione della trazione elettrica con regole esperte e valori non binari <i>Thermography and maintenance of electric traction with expert rules and non-binary values</i>	[15]
ML informato non regressivo <i>Non-regressive informed ML</i>	PdM asset critici (segnali, scambi) con vincoli e conoscenza di dominio <i>PdM critical assets (signals, turnouts) with constraints and domain knowledge</i>	[23]
DL audio-video	Rilevamento difetti e anomalie tramite sensori audio/visivi <i>Detection of defects and anomalies by means of audio/visual sensors</i>	[38]

geologici, ecc.) che intenzionale/doloso (ad es. manomissioni, attacchi terroristici, ecc.). Rispetto alla sensoristica fissa, l'uso di droni consente un'ispezione più capillare e mobile, con un potenziale risparmio sui costi di implementazione. Per contro, risoluzione, autonomia e conformità normativa rappresentano difficoltà e sfide da affrontare. I droni possono anche essere utilizzati per supportare le operazioni di intervento, analisi e ripristino in caso di incidenti, implementando diversi livelli di autonomia e *payload* con sensoristica adatta a supportare il *situation awareness*. Le principali applicazioni operative dei droni nell'ispezione ferroviaria sono richiamate in Fig. 4.

5. Gestione del traffico e pianificazione operativa

L'IA ha ricevuto molta attenzione nel dominio della pianificazione e gestione del traffico ferroviario (TPM) sia dall'accademia che dall'industria [3]. ZHANG e ZHANG [3] hanno sintetizzato lo stato dell'arte dell'IA applicata alla TPM ferroviaria da diverse prospettive rilevanti.

Il *deep reinforcement learning* (DRL) è una metodologia

vision applications for resilience analysis and critical infrastructure protection [15]. BIANCHI et al. [14] conducted a systematic review of rail infrastructure monitoring, from classical techniques to predictive maintenance. In particular, the review by DE DONATO et al. [38], co-signed by the author, analyses the use of deep learning for the detection of defects through audio-video data, identifying promising applications but also limits related to data set availability, robustness and field validation (Tab. 5).

NEUHOLD et al. [31] introduced a tool for railroad track life cycle management based on innovative analyses of track data, including time series analyses for prediction of future qualitative behaviour [31].

About the monitoring of rolling stock, fault detection in railway vehicle components is essential to maintain operational safety and reliability [17]. KHONGSOMCHIT and KAEWUNRUEN [17] presented a review on the state of the art of integrating digital twin and artificial intelligence to advance circular economy in the implementation of high-speed train rolling stock.

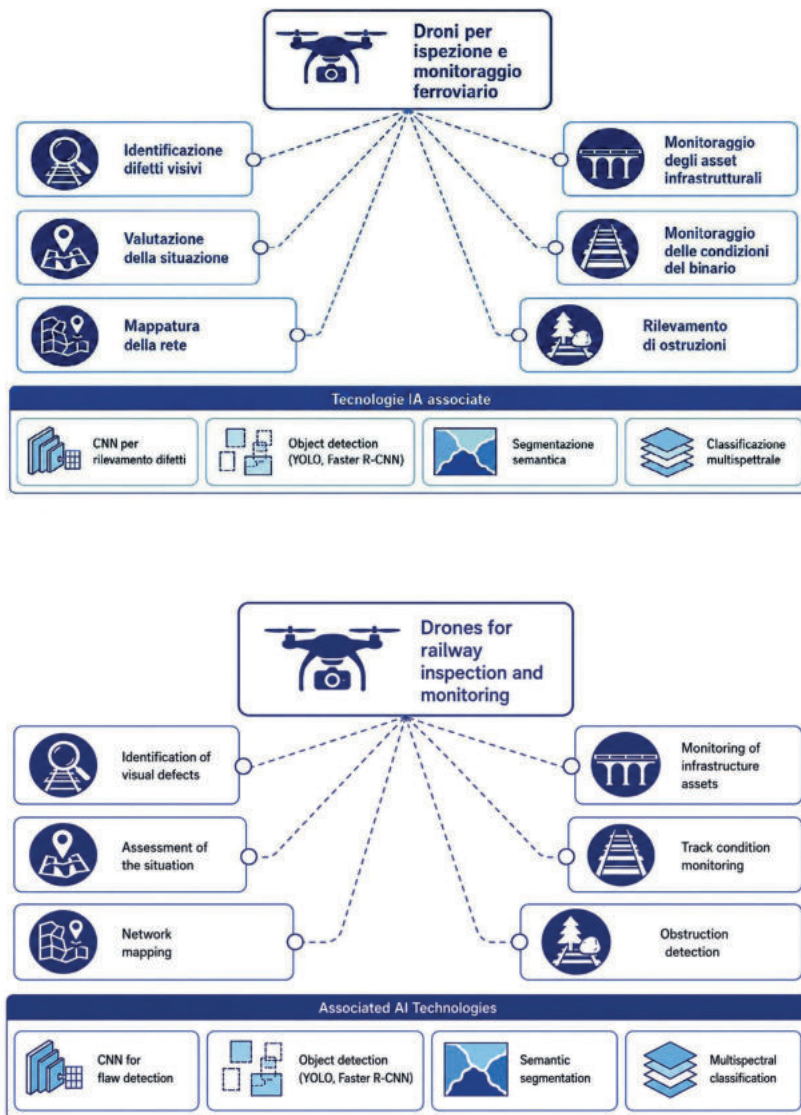


Figura 4 — Applicazioni dei droni nell'ispezione ferroviaria. Adattata da [24].

Figure 4 — Applications of drones in railway inspection. Adapted from [24].

emergente per problemi complessi di *decision-making* in tempo reale nel trasporto [3]. Nell'apprendimento per rinforzo un agente sceglie azioni, osserva gli effetti sull'ambiente e riceve ricompense o penalità; nella versione deep, reti neurali approssimano la politica decisionale o il valore degli stati. Nel contesto ferroviario, il DRL può essere applicato a *dispatching*, *rescheduling*, regolazione di precedenza, assegnazione di binari e recupero da perturbazioni, tipicamente in ambienti simulati prima di qualsiasi trasferimento operativo. La Fig. 5 riporta una *roadmap* sintetica per l'adozione dell'IA nella pianificazione e gestione del traffico ferroviario.

Accanto al DRL, la gestione del traffico utilizza tecniche di ottimizzazione matematica, ricerca euristica, pia-

4.4. Use of drones for railway inspection

Drones have recently become a new tool in worldwide railway inspection and monitoring (RIM) [24]. ASKARZADEH et al. [24] conducted a systematic literature review on the applications, opportunities, and challenges of using drones for RIM, identifying 47 articles filtered from 7,900 publications from 2014 to 2022.

Applications of artificial vision by drones focus on monitoring and surveillance against both natural/random anomalies and threats (e.g. infrastructure failures, geological events, etc.) and intentional/malicious ones (e.g. tampering, terrorist attacks, etc.). Compared to fixed sensors, the use of drones allows for a more capillary and mobile inspection, with potential savings on implementation costs. On the other hand, resolution, autonomy, and regulatory compliance represent difficulties and challenges to be faced. Drones can also be used to support intervention, analysis and recovery operations in the event of accidents, implementing different levels of autonomy and payload with sensors suitable for supporting situation awareness. Fig. 4 shows the main operational applications of drones in railway inspection.

5. Traffic management and operational planning

AI has received considerable interest in application to the rail operational planning and management (TPM) domain from both academia and industry [3]. ZHANG and ZHANG [3] summarised the state of the art of AI applied to railway TPM from several relevant perspectives.

Deep reinforcement learning (DRL) is an emerging methodology for complex real-time decision-making problems in transport [3]. In reinforcement learning an agent chooses actions, observes effects on the environment, and receives rewards or penalties; in the deep version, neural networks approximate decision-making policy or the value of statuses. In the railway context, DRL can be applied to dispatching, rescheduling, priority adjustment, track assignment and disturbance recovery, typically in simulated environments before any operational transfer. Fig. 5 shows a synthetic roadmap for the adoption of AI in rail traffic planning and management.

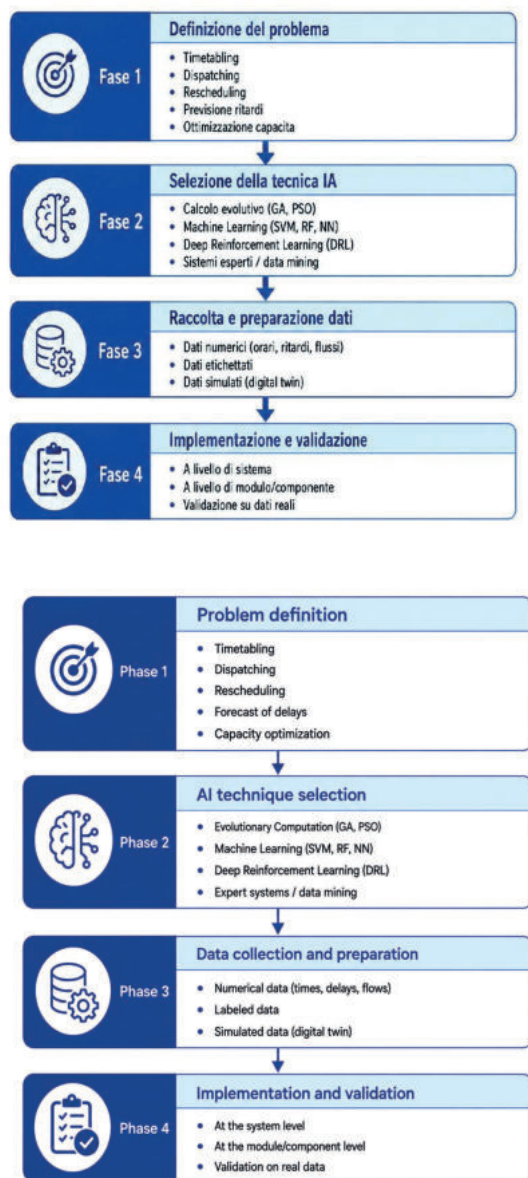


Figura 5 — Roadmap per l'applicazione dell'IA nella gestione del traffico ferroviario. Adattata da [3].
Figure 5 — Roadmap for the application of AI in rail traffic management. Adapted from [3].

nificazione automatizzata e modelli *data-driven*. La pianificazione automatizzata rappresenta vincoli, obiettivi e azioni ammissibili del sistema ferroviario, generando sequenze operative coerenti con la capacità infrastrutturale. Gli approcci multi-agente modellano invece treni, stazioni o gestori di risorse come entità decisionali coordinate. In esercizio, tali tecniche sono più realisticamente impiegate come supporto decisionale *human-in-the-loop*, con l'operatore che mantiene responsabilità e supervisione sulle scelte proposte dall'IA.

Relativamente all'evoluzione dei centri di controllo operativo, ROZENBERG e OZEROV [18] hanno fornito una pa-

Alongside DRL, traffic management uses mathematical optimisation techniques, heuristic research, automated planning and data-driven models. Automated planning represents constraints, objectives and eligible actions of the railway system, generating operational sequences consistent with the infrastructural capacity. Multi-agent approaches, on the other hand, model trains, stations or resource managers as coordinated decision-making entities. In operation, these techniques are more realistically employed as human-in-the-loop decision support, with the operator maintaining responsibility and supervision over the choices proposed by AI.

Concerning the evolution of operational control centres, ROZENBERG and OZEROV [18] provided an overview of the evolutionary trends and phases of railway operations control centres (ROCC). The further evolution of ROCC, considering the ROCC 4.0 target status, involves the automation of AI-based intelligent control functions [18]. In this context, the role of the so-called "human-centric AI" is fundamental, in which AI provides decision-making support to the operators of the control centres through advanced information fusion capabilities for situational awareness.

Regarding the aspects of AI-based dispatching and re-scheduling, CARDELLINI et al. [25] described an approach to address the problem of dispatching at the station using automated planning techniques, using real data provided by the Italian Railway Network (RFI) [25], while MA et al. [26] proposed an innovative AI-based method for the problem of rescheduling operations at railway sorting stations [26].

6. Safety, ethics and regulation

Integrating AI into rail systems poses significant regulatory and certification challenges. GESMANN-NUSSL and KUNITZ [7] highlighted how the current requirements of European railway regulations for the functional safety of railway systems and their verification procedures are not prepared for AI-based applications [7].

Cybersecurity of railway infrastructure is another critical aspect. NUNES et al. [32] presented a state-of-the-art analysis on railway cybersecurity, focusing on existing solutions based on the application of the technical specification CENELEC TS 50701 - Railway Applications - Cybersecurity. Tab. 6 summarises the main standards and regulations that contribute to the framework for railway AI, automation, safety and cybersecurity.

In the railway regulatory framework EN 50716:2023 must also be considered, which rationalises the requirements for railway software development and coexists with EN 50128 and EN 50657 until October 2026, then becoming the reference for new software implementations [45]. For AI in a general sense, prEN 18286 is relevant because it defines a quality management system for regulatory purposes of the EU AI Act, with implications for governance, traceability, risk management, documentation, monitoring and continuous improvement of high-risk AI systems [46].

Ethics and explainability aspects of AI in the railway sec-

noramica delle tendenze evolutive e delle fasi dei centri di controllo delle operazioni ferroviarie (ROCC). L'ulteriore evoluzione dei ROCC, tenendo conto dello stato target ROCC 4.0, prevede l'automazione delle funzioni di controllo intelligente basate sull'IA [18]. In questo contesto, è fondamentale il ruolo della cosiddetta "human-centric AI", in cui l'IA fornisce supporto decisionale agli operatori dei centri di controllo attraverso capacità avanzate di fusione delle informazioni per la consapevolezza situazionale.

Riguardo gli aspetti di *dispatching* e *rescheduling* basati su IA, CARDELLINI *et al.* [25] hanno descritto un approccio per affrontare il problema del *dispatching* in stazione mediante tecniche di pianificazione automatizzata, utilizzando dati reali forniti da Rete Ferroviaria Italiana (RFI) [25], mentre MA *et al.* [26] hanno proposto un metodo innovativo basato sull'IA per il problema di *rescheduling* delle operazioni nelle stazioni di smistamento ferroviario [26].

6. Sicurezza, etica e regolamentazione

L'integrazione dell'IA nei sistemi ferroviari pone sfide significative dal punto di vista normativo e della certificazione. GESMANN-NUISSL e KUNITZ [7] hanno evidenziato come le attuali prescrizioni delle normative ferroviarie europee per la sicurezza funzionale dei sistemi ferroviari e le loro procedure di verifica non sono preparate per le applicazioni basate sull'IA [7].

La *cybersecurity* dell'infrastruttura ferroviaria rappresenta un ulteriore aspetto critico. NUNES *et al.* [32] hanno presentato un'analisi dello stato dell'arte sulla *cybersecurity* ferroviaria, focalizzata sulle soluzioni esistenti basate sull'applicazione della specifica tecnica CENELEC TS 50701 - *Railway Applications - Cybersecurity*. La Tab. 6 sintetizza i principali standard e regolamenti che concorrono al quadro di riferimento per IA, automazione, *safety* e *cybersecurity* ferroviaria.

Nel quadro normativo ferroviario va inoltre considerata la EN 50716:2023, che razionalizza i requisiti per lo sviluppo software ferroviario e coesiste con EN 50128 ed EN 50657 fino a ottobre 2026, diventando poi il riferimento per le nuove realizzazioni software [45]. Per l'IA in senso generale, la prEN 18286 è rilevante perché definisce un sistema di gestione della qualità per finalità regolatorie dell'EU AI Act, con implicazioni per governance, tracciabilità, gestione dei rischi, documentazione, monitoraggio e miglioramento continuo dei sistemi IA ad alto rischio [46].

Gli aspetti dell'etica e della spiegabilità dell'IA nel settore ferroviario sono stati introdotti nella tassonomia proposta da BEŠINOVIĆ *et al.* [1]. Per spiegabilità si intende la capacità di fornire, a un utente umano o a un valutatore tecnico, informazioni comprensibili sulle ragioni di un risultato: variabili più influenti, condizioni operative considerate, incertezza, limiti di validità, dati utilizzati e versione del modello. Nel dominio ferroviario la XAI non serve soltanto a rendere più accettabile una decisione, ma an-

tor were introduced in the taxonomy proposed by BEŠINOVIĆ *et al.* [1]. Explainability means the ability to provide understandable information about the reasons for a result, to a human user or a technical evaluator: most influential variables, operating conditions considered, uncertainty, validity limits, data used and model version. In the railway domain, the XAI is not only used to make a decision more acceptable, but also to support audits, verification and validation, event analysis, construction of the safety case and interaction with operators of the control or maintenance centres. Techniques such as attribute importance, interpretable surrogate models, extracted rules, counterfactual explanations, and probabilistic approaches can be used in conjunction with or as an alternative to deep learning; explainability, however, must be assessed against the operational task and cannot replace evidence of robustness, accuracy, and safety [10].

As noted by DIRNFELD *et al.* [16], the railway sector seems to be one of the most flourishing sectors from the point of view of AI applications, but it is still in its initial phase, given the immaturity of AI techniques that currently do not seem able to meet the strict safety requirements [16]. Fig. 6 summarises the interdependencies between functional safety, AI regulation and cybersecurity in the railway domain.

Remarking about the use of formal and agile development methods for safety-critical railway subsystems, FERRARI and TER BEEK [27] highlighted a systematic mapping study on the applications of formal methods to the development of railway systems, identifying 328 relevant primary studies [27].

BARBARESCHI *et al.* [28] proposed a new agile methodology for the development and innovation of safety-critical systems (Scrum for Safety, S4S), validating its applicability on a real case study from the railway domain funded by the Italian Railway Network (RFI) [28].

The introduction of software engineering techniques based on generative AI, including so-called *vibe coding*, represents a major challenge for the railway sector. *Vibe coding* refers to an interactive process in which the developer describes the desired objective in natural language, the generative model produces code, models or test scripts, and the human iteration with new prompts and revisions. In the safety-critical field, this practice cannot constitute evidence of correctness or replace requirements, design, traceability, code review, static/dynamic analysis, verification and validation. However, it can be useful, if appropriately governed, for prototyping, generation of test cases, modelling support and automation of repetitive activities, provided that the artefacts produced are traced back to a process that complies with the applicable railway standards [39][45].

7. Emerging technologies and communication infrastructures

Pointing to the Internet of Things (IoT) and advanced communications, KLJAIĆ *et al.* [15] presented a review of cutting-edge technologies intended to shape the future of rail transport systems, including LTE and 5G NR networks

Tabella 6 – Table 6

Principali standard e regolamenti per l'IA e l'automazione nel settore ferroviario
Main standards and regulations for AI and automation in the railway sector

Standard/Regolamento <i>Standards/Regulations</i>	Ambito <i>Scope</i>	Stato <i>Status</i>
IEC 62267	Sicurezza sistemi di trasporto guidato urbano automatizzato <i>Automated urban guided transport systems safety</i>	In vigore <i>Effective</i>
CENELEC TS 50701	Cybersecurity ferroviaria <i>Railway Cybersecurity</i>	In vigore <i>Effective</i>
EU AI-Act	Regolamento europeo sull'IA <i>European AI Regulation</i>	In vigore; applicazione progressiva <i>Effective; phasing in</i>
ISO/IEC e CEN/CENELEC AI (in sviluppo) <i>ISO/IEC and CEN/CENELEC AI (under development)</i>	Terminologia, <i>framework</i> ML e requisiti per sicurezza funzionale e IA <i>Terminology, ML frameworks and requirements for functional safety and AI</i>	In sviluppo / aggiornamento <i>Developing / updating</i>
IEEE P7009	Progettazione <i>fail-safe</i> sistemi autonomi <i>Fail-safe design autonomous systems</i>	In bozza <i>In draft</i>
CENELEC EN 50126/50128/50129	Sicurezza funzionale ferroviaria, RAMS e software <i>safety-critical</i> <i>Railway functional safety, RAMS and safety-critical software</i>	In vigore; EN 50128 in transizione verso EN 50716 <i>Effective; EN 50128 transitioning to EN 50716</i>
CENELEC EN 50716:2023	Requisiti per lo sviluppo software ferroviario, includendo CCS e applicazioni a bordo veicolo <i>Requirements for railway software development, including CCS and in-vehicle applications</i>	In vigore; coesistenza con EN 50128/EN 50657 fino a ottobre 2026 <i>Effective; coexistence with EN 50128/EN 50657 until October 2026</i>
CEN/CENELEC prEN 18286	Sistema di gestione della qualità per finalità regolatorie dell'EU AI Act <i>Quality Management System for Regulatory Purposes of the EU AI Act</i>	Progetto di norma / iter di approvazione <i>Draft standard / approval process</i>

che a supportare audit, verifica e validazione, analisi degli eventi, costruzione del *safety case* e interazione con operatori dei centri di controllo o della manutenzione. Tecniche come importance degli attributi, modelli surrogati interpretabili, regole estratte, spiegazioni controfattuali e approcci probabilistici possono essere usate insieme o in alternativa al *deep learning*; la spiegabilità, tuttavia, deve essere valutata rispetto al compito operativo e non può sostituire evidenze di robustezza, accuratezza e sicurezza [10].

Come osservato da DIRNFELD *et al.* [16], il settore ferroviario sembra essere uno dei settori più fiorenti dal punto di vista delle applicazioni dell'IA, ma è ancora nella sua fase iniziale, data l'imaturità delle tecniche di IA che attualmente non sembrano in grado di soddisfare i rigorosi requisiti di sicurezza [16]. La Fig. 6 riassume le interdipendenze tra sicurezza funzionale, regolazione dell'IA e *cybersecurity* nel dominio ferroviario.

Riguardo gli aspetti relativi all'uso dei metodi formali e di sviluppo agile per sottosistemi ferroviari *safety-critical*, FERRARI e TER BEEK [27] hanno condotto uno studio di mappatura sistematica sulle applicazioni dei metodi for-

for rail applications and the integral role of Industrial IoT [15].

The European RAILS project has helped defining road-maps for the integration of AI in the railway sector, with attention to safety, automation, predictive maintenance, traffic management and reliable and explainable technologies [35].

TANG *et al.* [19] highlighted how the development of self-powered technology, IoT, AI and other emerging technologies offers more energy-efficient and smarter ways to maintain railway infrastructure [19]. Large Language Models (LLMs) are neural models trained on large amounts of text to understand, generate and transform natural language; in rail transport they can support consultation of manuals, analysis of maintenance reports, querying of knowledge bases, assisted generation of tests and equipment health management (PHM). Their operational use, however, requires control of hallucinations, management of sources, data protection, traceability of responses and integration with verified knowledge bases.

GRIECO *et al.* [20] described the ITA NTN project, in the framework of the PNRR research programme, which will study the integration of terrestrial and non-terrestrial net-

mali allo sviluppo dei sistemi ferroviari, identificando 328 studi primari rilevanti [27].

BARBARESCHI *et al.* [28] hanno proposto una nuova metodologia agile per lo sviluppo e l'innovazione di sistemi *safety-critical* (*Scrum for Safety, S4S*), validandone l'applicabilità su un caso di studio reale dal dominio ferroviario finanziato da Rete Ferroviaria Italiana (RFI) [28].

L'introduzione di tecniche di ingegneria del software basate su IA generativa, tra cui il cosiddetto *vibe coding*, rappresenta una sfida importante per il settore ferroviario. Con *vibe coding* si intende un processo interattivo nel quale lo sviluppatore descrive in linguaggio naturale l'obiettivo desiderato, il modello generativo produce codice, modelli o script di test, e l'umano itera con nuovi prompt e revisioni. In ambito *safety-critical* tale pratica non può costituire evidenza di correttezza né sostituire requisiti, progettazione, tracciabilità, code review, analisi statica/dinamica, verifica e validazione. Può però essere utile, se opportunamente governata, per prototipazione, generazione di casi di test, supporto alla modellazione e automazione di attività ripetitive, purché gli artefatti prodotti siano ricondotti a un processo conforme agli standard ferroviari applicabili [39][45].

7. Tecnologie emergenti e infrastrutture di comunicazione

Per quanto riguarda l'Internet delle cose (IoT) e le comunicazioni avanzate, KLJAIĆ *et al.* [15] hanno presentato una revisione delle tecnologie all'avanguardia destinate a plasmare il futuro dei sistemi di trasporto ferroviario, includendo le reti LTE e 5G NR per le applicazioni ferroviarie e il ruolo integrale dell'*Industrial IoT* [15].

Il progetto europeo RAILS ha contribuito a definire *roadmap* per l'integrazione dell'IA nel settore ferroviario, con attenzione a *safety*, automazione, manutenzione predittiva, gestione del traffico e tecnologie affidabili e spiegabili [35].

TANG *et al.* [19] hanno evidenziato come lo sviluppo della tecnologia *self-powered*, dell'IoT, dell'IA e di altre tecnologie emergenti offra modi più efficienti dal punto di vista energetico

works to provide ubiquitous, resilient and three-dimensional wireless connectivity [20].

ROUYENDEGH and NACAR [29] presented the latest advances in big data applications in the transport sector industries, including rail [29]. Fig. 7 summarises the overall technological ecosystem for intelligent rail transport.

8. Challenges and Future Directions

About technical challenges, the biggest obstacles for AI applied

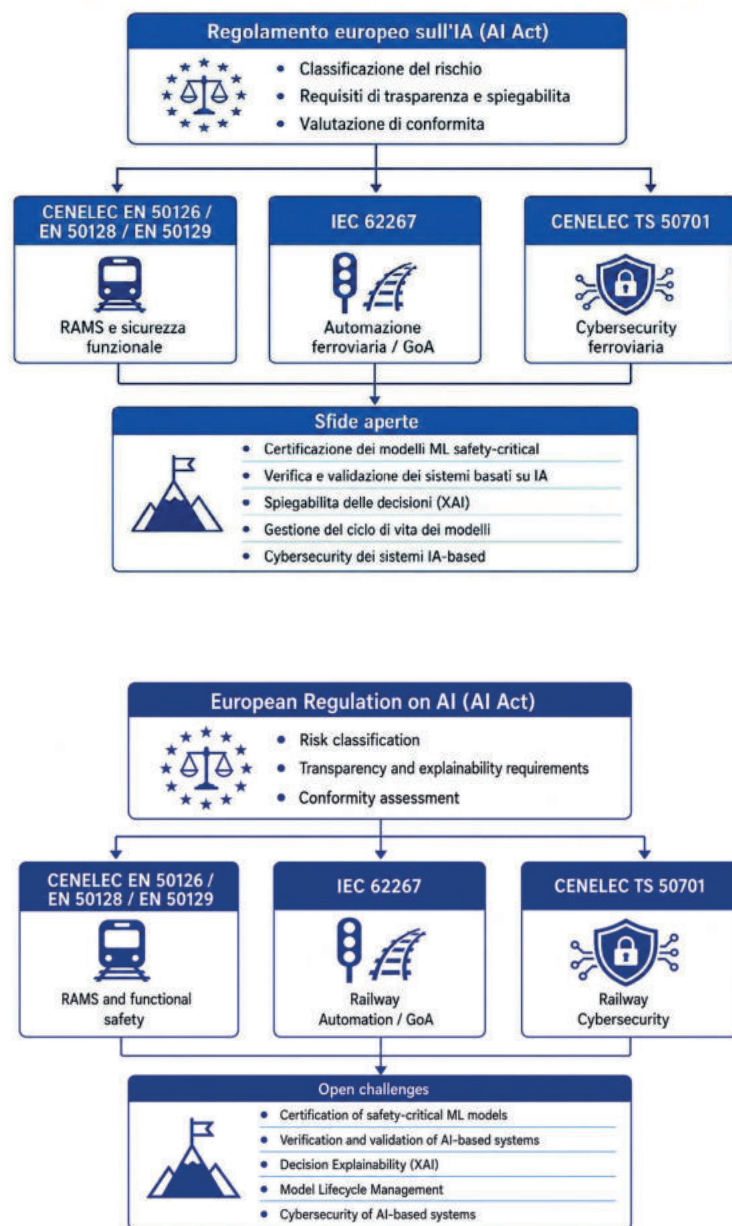


Figura 6 — Relazione tra standard di sicurezza funzionale ferroviaria, regolamento europeo sull'IA e specifica di *cybersecurity* (basata su [7] e [32]).

Figure 6 — Relationship between railway functional safety standard, European AI regulation and cybersecurity specification (based on [7] and [32]).

e più intelligenti per mantenere l'infrastruttura ferroviaria [19]. I *Large Language Models* (LLM) sono modelli neurali addestrati su grandi quantità di testo per comprendere, generare e trasformare linguaggio naturale; nel trasporto ferroviario possono supportare consultazione di manuali, analisi di rapporti manutentivi, interrogazione di *knowledge base*, generazione assistita di test e gestione della salute delle apparecchiature (PHM). Il loro uso operativo richiede però controllo delle allucinazioni, gestione delle fonti, protezione dei dati, tracciabilità delle risposte e integrazione con basi di conoscenza verificate.

GRIECO *et al.* [20] hanno descritto il progetto ITA NTN, nel *framework* del programma di ricerca PNRR, che studierà l'integrazione di reti terrestri e non terrestri per fornire connettività *wireless* ubiqua, resiliente e tridimensionale [20].

ROUYENDEGH e NACAR [29] hanno presentato gli ultimi progressi nelle applicazioni dei *big data* nelle industrie del settore dei trasporti, inclusa la ferrovia [29]. L'ecosistema tecnologico complessivo per il trasporto ferroviario intelligente è sintetizzato in Fig. 7.

8. Sfide e direzioni future

Per quanto riguarda le sfide tecniche, i maggiori ostacoli per l'IA applicata alla gestione del traffico ferroviario risiedono nella selezione delle tecniche di IA più applicabili e nella progettazione di un modello adeguato a rappresentare gli scenari operativi e la rete [3]. Le sfide specifiche includono: la gestione dello squilibrio delle classi nei *dataset* [17]; la dipendenza da dati basati su simulazione [17]; e la necessità di garantire che le tecniche di IA soddisfino i rigorosi requisiti di sicurezza [16].

Inoltre, la gestione dell'incertezza diventa fondamentale in sistemi in rapida evoluzione e sempre più dotati di funzionalità di adattamento al contesto. In questo ambito, tecniche emergenti di monitoraggio della sicurezza al tempo di esecuzione possono gestire situazioni non completamente note a tempo di sviluppo o legate a variazioni impreviste nell'ambiente di esercizio [40].

Dal punto di vista delle sfide normative e di standardizzazione, l'automazione richiede nuove funzioni basate su tecnologie in rapida evoluzione, come l'IA, la cui certificazione è incerta quando applicata a funzioni relative alla sicurezza [5][7]. L'evoluzione da

to rail traffic management lie in the selection of the most applicable AI techniques and in the design of an appropriate model to represent the operational scenarios and the network [3]. Specific challenges include: managing class imbalance in datasets [17]; reliance on simulation-based data [17]; and the need to ensure AI techniques meet stringent security requirements [16].

In addition, uncertainty management becomes fundamental in rapidly evolving systems that are increasingly equipped with context-adaptive functionality. In this context, emerging safety monitoring techniques at runtime can handle situations not completely known at development time or related to unforeseen changes in the operating environment [40].

From the perspective of regulatory and standardisation challenges, automation requires new functions based on rapidly evolving technologies, such as AI, whose certifica-



Figura 7 — Ecosistema tecnologico per il trasporto ferroviario intelligente (basato su [15][19][20][22]).

Figure 7 — Technological ecosystem for intelligent rail transport (based on [15][19][20][22]).

EN 50128/EN 50657 verso EN 50716 e l'avanzamento della prEN 18286 indicano che la futura accettazione dell'IA ferroviaria dovrà combinare *safety case*, *cybersecurity*, qualità del software, gestione del rischio IA e governance del ciclo di vita [45][46]. Le principali direzioni future di ricerca, con i relativi riferimenti chiave, sono riassunte in Tab. 7.

9. Conclusioni

Questa rassegna ha fornito una panoramica strutturata della ricerca recente sull'intelligenza artificiale applica-

tion is uncertain when applied to safety-related functions [5] [7]. The evolution from EN 50128/EN 50657 to EN 50716 and the evolution of prEN 18286 indicate that the future acceptance of railway AI will have to combine safety case, cybersecurity, software quality, AI risk management and life cycle governance [45][46]. Tab. 7 summarises the main future directions of research, with their key references.

9. Conclusions

This paper provided a structured overview of recent re-

Tabella 7 – Table 7

Principali direzioni future di ricerca sull'IA nel settore ferroviario
Main future directions of research on AI in the railway sector

Direzione <i>Direction</i>	Descrizione <i>Description</i>	Riferimenti chiave <i>Key References</i>
Ontologie e grafi della conoscenza <i>Knowledge ontologies and graphs</i>	Capitalizzare, condividere e riutilizzare la conoscenza ferroviaria <i>Capitalising, sharing and reusing railway knowledge</i>	[10]
Integrazione DT-IA <i>DT-IA integration</i>	Manutenzione predittiva avanzata con validazione su dati reali <i>Advanced predictive maintenance with validation on real data</i>	[16][17][22][37]
Deep Reinforcement Learning	Decision-making in tempo reale per gestione traffico <i>Real-time decision-making for traffic management</i>	[3]
Dataset pubblici <i>Public Datasets</i>	Colmare il divario con il settore automobilistico; definire benchmark e dataset ferroviari riproducibili <i>Bridging the gap with the automotive industry; defining reproducible rail benchmarks and datasets</i>	[12][34][41]
IA spiegabile (XAI) <i>Explainable AI (XAI)</i>	Trasparenza, certificazione, fiducia <i>Transparency, certification, trust</i>	[1][10]
Comunicazioni di nuova generazione <i>Next Generation Communications</i>	Reti terrestri/non terrestri per operazione autonoma <i>Terrestrial/non-terrestrial networks for independent operation</i>	[20]
Self-powered sensing	Monitoraggio intelligente e sostenibile <i>Smart and sustainable monitoring</i>	[19]
Standardizzazione <i>Standardisation</i>	Standard e metodi di test per IA ferroviaria, sviluppo software, qualità e governance AI Act <i>Railway AI Standards and Test Methods, Software Development, Quality and AI Governance Act</i>	[4][7][35][45][46]
Economia circolare <i>Circular economy</i>	DT e IA per principi 10R nel materiale rotabile <i>DT and AI for 10R principles in rolling stock</i>	[17]
Cybersecurity	Protezione sistemi IA-based da minacce cyber <i>Protection of AI-based systems from cyber threats</i>	[32]
DL per ispezione audio-video <i>DL for audio-video inspection</i>	Rilevamento robusto e validabile di difetti e anomalie <i>Robust and assessable detection of defects and anomalies</i>	[38]
Utilizzo di IA generativa <i>Utilising generative AI</i>	Integrazione governata dell'IA generativa nel ciclo di sviluppo, con tracciabilità e V&V <i>Governed integration of generative AI into the development cycle, with traceability and V&V</i>	[39][45]
Monitoraggio a tempo di esecuzione <i>Runtime monitoring</i>	Rilevamento di anomalie in fase di esercizio basato su IA <i>Detection of anomalies during operation based on AI</i>	[40]

ta al settore ferroviario, coprendo i principali sotto-domini: guida autonoma, manutenzione predittiva, gestione del traffico, sicurezza e regolamentazione e tecnologie emergenti. L'IA sta emergendo come tecnologia trasformativa per il settore ferroviario, con applicazioni che spaziano dal rilevamento di segnali e ostacoli per la guida autonoma [2][12][36] alla manutenzione predittiva basata su *digital twin* [16][23][37], dalla pianificazione ottimizzata del traffico [3] al monitoraggio in tempo reale dell'infrastruttura [14][38]. L'integrazione di casi e indicatori quantitativi mostra tuttavia che la maturità delle applicazioni è disomogenea: alcuni ambiti dispongono di *dataset* o validazioni sperimentali, mentre altri dipendono ancora da simulazioni, dati proprietari o prove pilota.

La tassonomia proposta da BEŠINOVIĆ *et al.* [1] fornisce un *framework* di riferimento essenziale per orientare ricercatori e professionisti. Le sinergie tra il trasporto stradale e ferroviario [2], l'integrazione di tecnologie emergenti come i *digital twin* [16][17][22], le reti di comunicazione di nuova generazione [20], i casi *data-driven* documentati nella letteratura tecnica di settore (da [41] a [44]) e lo sviluppo di approcci di IA spiegabile [10] rappresentano direzioni promettenti per la ricerca futura.

Tuttavia, diverse sfide rimangono aperte. Dal punto di vista tecnico, l'imaturità di molte tecniche di IA rispetto ai rigorosi requisiti di sicurezza del settore ferroviario rappresenta un ostacolo significativo [16]. Dal punto di vista normativo, l'adeguamento degli standard e delle procedure di certificazione esistenti alle applicazioni basate sull'IA è una necessità urgente [7], che dovrà tenere conto anche di EN 50716 e prEN 18286 [45][46]. La *cybersecurity* dei sistemi ferroviari basati su IA rappresenta un'ulteriore sfida critica, come evidenziato da NUNES *et al.* [32].

Il settore ferroviario si trova in una posizione unica per beneficiare dell'IA: da un lato, la sua tradizione consolidata nella sicurezza funzionale e nella standardizzazione fornisce una base solida per l'integrazione di nuove tecnologie [6][27]; dall'altro, le sfide specifiche del dominio richiedono soluzioni innovative che solo l'IA può offrire. La digitalizzazione e l'automazione del settore ferroviario rappresentano una trasformazione inevitabile e irreversibile [5][8]. La collaborazione tra accademia, industria e istituzioni regolatorie sarà fondamentale per realizzare il pieno potenziale dell'IA nel trasporto ferroviario del futuro.

search on artificial intelligence applied to the railway sector, covering the main sub-domains: autonomous driving, predictive maintenance, traffic management, safety and regulation, and emerging technologies. AI is emerging as a transformative technology for the rail sector, with applications ranging from signal and obstacle detection for autonomous driving [2][12][36] to digital twin-based predictive maintenance [16][23][37], from optimised traffic planning [3] to real-time infrastructure monitoring [14][38]. However, the integration of cases and quantitative indicators shows that the maturity of applications is unbalanced: some areas have experimental datasets or validations, while others still depend on simulations, proprietary data or pilot tests.

The taxonomy proposed by BEŠINOVIĆ et al. [1] provides an essential framework for guiding researchers and practitioners. The synergies between road and rail transport [2], the integration of emerging technologies such as digital twins [16][17][22], next-generation communication networks [20], the data-driven cases documented in the technical literature of the sector (from [41] to [44]) and the development of explainable AI approaches [10] represent promising directions for future research.

However, several challenges remain open. From a technical point of view, the immaturity of many AI techniques compared to the strict safety requirements of the railway sector represents a significant obstacle [16]. From the regulatory point of view, the adaptation of existing standards and certification procedures to AI-based applications is an urgent need [7], which must also consider EN 50716 and prEN 18286 [45][46]. The cybersecurity of AI-based railway systems represents an additional critical challenge, as highlighted by NUNES et al. [32].

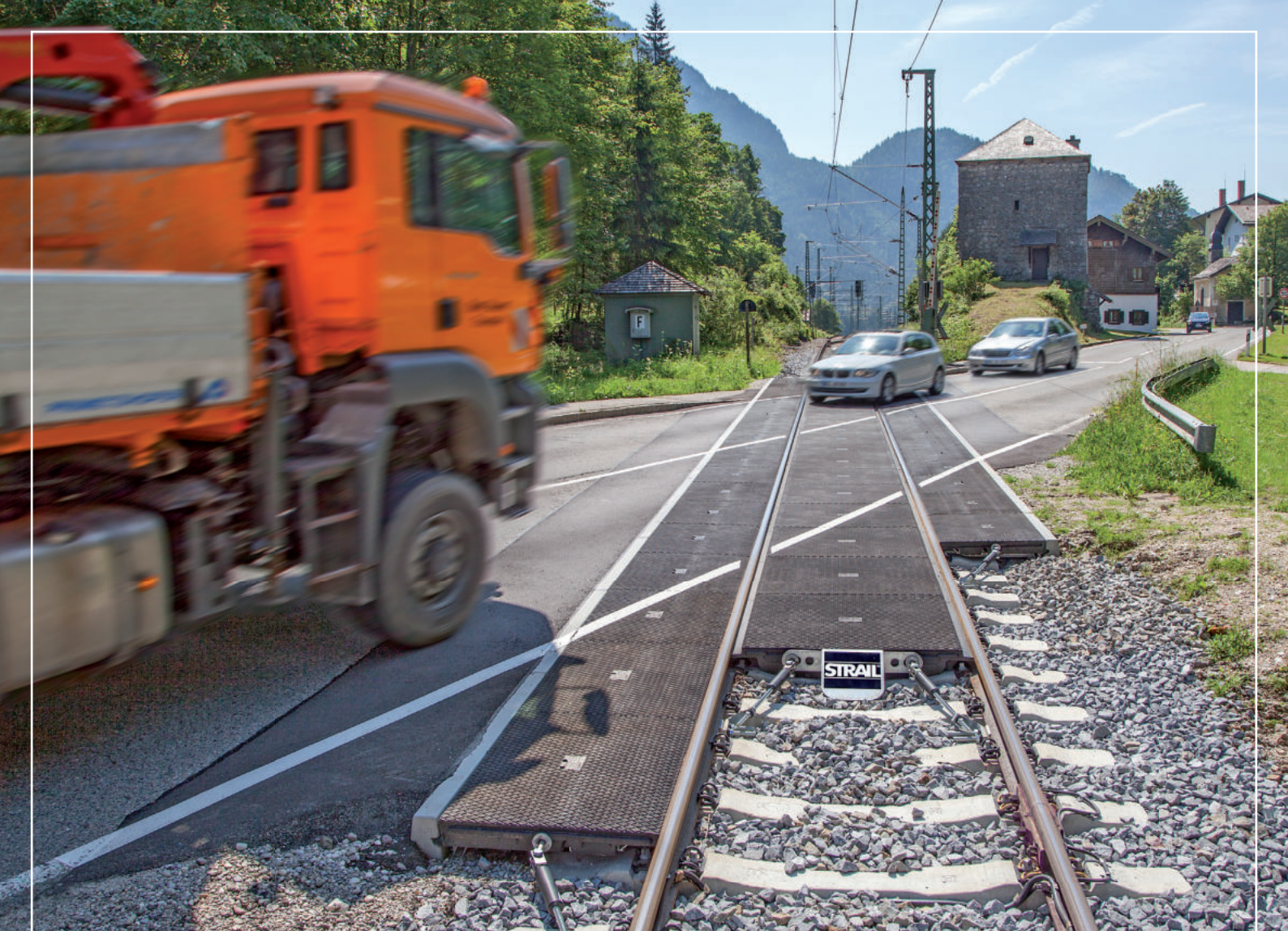
The railway sector is in a unique position to benefit from AI: on the one hand, its well-established tradition in functional safety and standardisation provides a solid basis for the integration of new technologies [6][27]; on the other hand, the specific challenges of the domain require innovative solutions that only AI can offer. The digitalisation and automation of the railway sector represent an inevitable and irreversible transformation [5][8]. Collaboration between academia, industry and regulatory institutions will be critical to realising the full potential of AI in future rail transport.

BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

- [1] N. BEŠINOVIĆ *et al.* (2022), "Artificial Intelligence in Railway Transport: Taxonomy, Regulations, and Applications", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 23, no. 12, pp. 25011-25024, 2022.
- [2] A. FILIP (2022), "Synergies between Road and Rail Transport in the Development of Safe Self-driving Vehicles", *International Journal of Transport Development and Integration*, vol. 6, no. 3, pp. 203-218, 2022.
- [3] Y. ZHANG, A. ZHANG (2023), "Artificial Intelligence Applied on Traffic Planning and Management for Rail Transport: A Review and Perspective", *Discrete Dynamics in Nature and Society*, vol. 2023, art. 5537590, 2023.
- [4] D. RAMÍREZ *et al.* (2022), "Freight Train in the Age of Self-Driving Vehicles: A Taxonomy Review", *IEEE Access*, vol. 10, pp. 133768-133790, 2022.

- [5] J. LOIZAGA *et al.* (2023), "Analysis of the Challenges Faced by the Rail Sector: Understanding the Rail Industry of the Future through the Incorporation of Technology and Digitisation", *Open Journal of Business and Management*, vol. 11, no. 3, pp. 1124-1154, 2023.
- [6] R. TIUSANEN *et al.* (2020), "An Overview of Current Safety Requirements for Autonomous Machines: Review of Standards", *Open Engineering*, vol. 10, no. 1, pp. 665-673, 2020.
- [7] D. GESMANN-NUSSL, S. KUNITZ (2022), "Auditing of AI in Railway Technology: A European Legal Approach", *Digital Society*, vol. 1, art. 24, 2022.
- [8] B. KRAWCZYK (2021), "The Era of the Unmanned Vehicles is Coming", *Przegląd Nauk o Obronności*, vol. 6, no. 12, pp. 73-90, 2021.
- [9] A. NIKITAS *et al.* (2021), "The Environmental and Resource Dimensions of Automated Transport: A Nexus for Enabling Vehicle Automation to Support Sustainable Urban Mobility", *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 46, pp. 167-192, 2021.
- [10] H. HADJ-MABROUK (2024), "A Literature Review on the Applications of Artificial Intelligence to European Rail Transport Safety", *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 18, no. 4, pp. 589-612, 2024.
- [11] P. SINGH *et al.* (2021), "Deployment of Autonomous Trains in Rail Transportation: Current Trends and Existing Challenges", *IEEE Access*, vol. 9, pp. 91427-91461, 2021.
- [12] J. HARB *et al.* (2020), "FRSign: A Large-Scale Traffic Light Dataset for Autonomous Trains", 2020.
- [13] D. GATTUSO (2022), "Energy Savings through Innovative and Automated Freight Trains", *European Transport/Trasporti Europei*, no. 87, 2022.
- [14] F. BIANCHI *et al.* (2025), "Systematic Review Railway Infrastructure Monitoring: From Classic Techniques to Predictive Maintenance", *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 17, no. 1, 2025.
- [15] Z. KLJAČ *et al.* (2023), "An Overview of Current Challenges and Emerging Technologies to Facilitate Increased Energy Efficiency, Safety, and Sustainability of Railway Transport", *Future Internet*, vol. 15, no. 7, art. 223, 2023.
- [16] R. DIRNFELD *et al.* (2024), "Integrating AI and Digital Twins: Challenges and Opportunities in Railway Maintenance Application and Beyond", *Simulation*, vol. 100, no. 10, pp. 1029-1050, 2024.
- [17] K. KHONGSOMCHIT, S. KAEWUNRUEN (2025), "Advancing Circular Economy Implementation for High-Speed Train Rolling Stocks by the Integration of Digital Twins and Artificial Intelligence", *Sensors*, vol. 25, no. 3, art. 892, 2025.
- [18] O. ROZENBERG, A. OZEROV (2022), "Evolution of Rail Operations Control Centres", *JITA - Journal of Information Technology and Applications*, vol. 12, no. 2, pp. 85-92, 2022.
- [19] X. TANG *et al.* (2024), "Sustainable and Smart Rail Transit Based on Advanced Self-Powered Sensing Technology", *iScience*, vol. 27, no. 5, art. 109685, 2024.
- [20] L.A. GRIECO *et al.* (2023), "Integration of Terrestrial and Non-Terrestrial Networks for Automotive: Challenges and Perspectives within the S11 RESTART Project", 2023.
- [21] C. LAITON-BONADIEZ *et al.* (2022), "Industry 4.0 Technologies Applied to the Rail Transportation Industry: A Systematic Review", *Sensors*, vol. 22, no. 7, art. 2491, 2022.
- [22] S. GHABOURA *et al.* (2023), "Digital Twin for Railway: A Comprehensive Survey", *IEEE Access*, vol. 11, pp. 120237-120257, 2023.
- [23] L. ONETO *et al.* (2022), "Simple Non-Regressive Informed Machine Learning Model for Predictive Maintenance of Railway Critical Assets", in *Proc. European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning (ESANN)*, 2022.
- [24] T. ASKARZADEH *et al.* (2023), "Systematic Literature Review of Drone Utility in Railway Condition Monitoring", *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, vol. 149, no. 7, 2023.
- [25] M. CARDELLINI *et al.* (2021), "A Planning-Based Approach for In-Station Train Dispatching", in *Proc. International Symposium on Combinatorial Search (SoCS)*, 2021.
- [26] Y. MA *et al.* (2025), "A Two-Step Method for the Operation Rescheduling Problem at the Railway Marshalling Station", *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 19, no. 1, 2025.
- [27] A. FERRARI, M. H. TER BEEK (2022), "Formal Methods in Railways: A Systematic Mapping Study", *ACM Computing Surveys*, vol. 55, no. 4, art. 81, 2022.
- [28] M. BARBARESCI *et al.* (2022), "Scrum for Safety: An Agile Methodology for Safety-Critical Software Systems", *Software Quality Journal*, vol. 30, pp. 807-842, 2022.

- [29] B. E. ROUYENDEGH AND O. K. NACAR (2021), “*Advances in Big Data Applications for Transportation: Airline, Highway, and Railway*”, Central European Review of Economics and Management, vol. 5, no. 4, pp. 7-26, 2021.
- [30] H. HELMI *et al.* (2024), “*Remote Sensing and Machine Learning for Safer Railways: A Review*”, Applied Sciences, vol. 14, no. 9, art. 3573, 2024.
- [31] J. NEUHOLD *et al.* (2020), “*Measurement Data-Driven Life-Cycle Management of Railway Track*”, Transportation Research Record, vol. 2674, no. 11, pp. 249-260, 2020.
- [32] P. NUNES *et al.* (2024), “*Railway Infrastructure Cybersecurity: An Overview*”, in Proc. European Conference on Cyber Warfare and Security (ECCWS), vol. 23, no. 1, 2024.
- [33] R. TANG *et al.* (2022), “*A Literature Review of Artificial Intelligence Applications in Railway Systems*”, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol. 140, art. 103679, 2022.
- [34] M. J. PAPPATERRA *et al.* (2021), “*A Systematic Review of Artificial Intelligence Public Datasets for Railway Applications*”, Infrastructures, vol. 6, no. 10, art. 136, 2021.
- [35] F. FLAMMINI, V. VITTORINI (2021), “*RAILS: Roadmaps for AI Integration in the Rail Sector*”, in Leveraging Applications of Formal Methods, Verification and Validation: Tools and Trends, LNCS 13036, Springer, pp. 493-494, 2021.
- [36] F. FLAMMINI *et al.* (2022), “*A Vision of Intelligent Train Control*”, in Reliability, Safety, and Security of Railway Systems (RSSRail 2022), LNCS 13294, Springer, pp. 192-208, 2022.
- [37] L. DE DONATO *et al.* (2023), “*Towards AI-Assisted Digital Twins for Smart Railways: Preliminary Guideline and Reference Architecture*”, Journal of Reliable Intelligent Environments, 2023.
- [38] L. DE DONATO *et al.* (2022), “*A Survey on Audio-Video Based Defect Detection through Deep Learning in Railway Maintenance*”, IEEE Access, vol. 10, pp. 68135-68156, 2022.
- [39] F. FLAMMINI *et al.*, “*Opportunities and Risks of Generative AI in Model-Based Engineering of Railway Systems*”. Journeys Between Formal Methods and the Railway Industry. Lecture Notes in Computer Science, vol 16470. Springer, Cham.
- [40] F. VITALE *et al.*, “*Run-Time Monitoring of ERTMS/ETCS Control Flow by Process Mining*,” Reliability, Safety, and Security of Railway Systems. Modelling, Analysis, Verification, and Certification. RSSRail 2025. Lecture Notes in Computer Science, vol 16236. Springer, Cham.
- [41] A. LUGARÀ, A. VITRANO, N. MAZZOCCA, P. SANNINO (2025), “*Approcci e tecnologie per l'analisi dei flussi pedonali nei nodi ad elevata frequentazione tramite Internet of Things e Intelligenza Artificiale / Approaches and technologies for analyzing pedestrian flows in high-traffic hubs using Internet of Things and Artificial Intelligence*”, Ingegneria Ferroviaria, no. 10, p. 753, 2025, doi: 10.57597/IF.10.2025.ART.2.
- [42] G. SCIANNIMANICO AND V. SCHIRALDI (2025), “*Strumenti e metodologie per l'analisi e il monitoraggio delle prestazioni del servizio ferroviario / Tools and methodologies for the analysis and monitoring of the performance of the railway service*”, Ingegneria Ferroviaria, no. 6, p. 509, 2025, doi: 10.57597/IF.06.2025.ART.2.
- [43] F. DE MARINIS, S. GURRÌ, P. DABOVE (2025), “*Sviluppo di un sistema di posizionamento GNSS per il supporto alle manovre automatiche di treni merci di nuova generazione a basse velocità / Development of a GNSS positioning system to support automatic manoeuvring of new-generation freight trains at low speeds*”, Ingegneria Ferroviaria, no. 6, p. 489, 2025, doi: 10.57597/IF.06.2025.ART.1.
- [44] L. ELIA, R. STUFANO, M. TARTAGLIA (2025), “*Ottimizzazione delle risorse per le postazioni DCO tramite regressione lineare multipla e AHP: un approccio data-driven / Multiple linear regression and AHP for railway traffic control workstations resource optimization: a data-driven approach*”, Ingegneria Ferroviaria, no. 5, p. 365, 2025, doi: 10.57597/IF.05.2025.ART.1.
- [45] CENELEC, EN 50716:2023, Railway applications - Requirements for software development, European Committee for Electrotechnical Standardization, 2023.
- [46] CEN/CENELEC JTC 21, FprEN 18286, Artificial intelligence - Quality management system for EU AI Act regulatory purposes, 2026.



STRAIL®

Sistemi per attraversamenti a raso

Vieni a trovarci a InnoTrans!

📍 Berlino, Pad 25, Stand 370

📅 22 - 25 settembre 2026

KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG

Tommaso Savi // mobile +39 392 9 50 38 94 // tommaso.savi@strail.it





Costruzioni
Linee
Ferroviarie



Promofer
Safety Services

UNIFERR



dal 1945
il futuro viaggia
su binari sicuri



Strukton
Rail



Railway Superstructure Test Frame (RSTF): un prototipo multifunzionale in vera grandezza per le prove in laboratorio su sovrastrutture ferroviarie

Railway Superstructure Test Frame (RSTF): a full-scale, multifunctional prototype used for the laboratory testing of railway superstructures

Aldo LA PLACA^(*)
Federico AUTELITANO^(*)
Francesco FREDDI^(*)
Erika GARILLI^(**)
Felice GIULIANI^(***)

(<https://www.medra.org/servlet/view?lang=it&doi=10.57597/IF.0708.2026.ART.2>)

Sommario - Nell'ambito delle attività di ricerca promosse dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, si presentano le funzioni e lo schema progettuale del *Railway Superstructure Test Frame*, prototipo di piattaforma sperimentale per lo studio in laboratorio del comportamento meccanico di sovrastrutture ferroviarie a grandezza reale. Il complesso sperimentale, caratterizzato da un telaio di prova di grande luce cui è consentita una movimentazione verticale elettroattuata, è dotato di sistemi di misura, integrati e *wayside*, per l'esecuzione di prove dinamiche di carico trasmesso direttamente da una sala montata su sezioni di binario. Il lavoro illustra le potenzialità del prototipo come strumento di analisi e validazione *off-road* di soluzioni tecniche per la sovrastruttura ferroviaria fornendo informazioni preliminari di performance e supportando lo sviluppo sperimentale di soluzioni innovative o la calibrazione di specifici modelli digitali.

1. Introduzione

Le recenti politiche nazionali di innovazione e sostenibilità, promosse anche nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), hanno fornito un impulso decisivo alla modernizzazione del sistema ferroviario italiano, sostenendo il potenziamento della rete, lo sviluppo di tecnologie avanzate per il controllo, la digitalizzazione e la sicurezza dell'infrastruttura [1][2]. Nell'ambito della ricerca avanzata e del trasferimento tecnologico, questo

Summary - As part of the research activities promoted by the National Recovery and Resilience Plan, this paper presents the functions and design scheme of the *Railway Superstructure Test Frame*, a prototype experimental platform for the laboratory study of the mechanical behavior of full-scale railway superstructures. The experimental facility, featuring a long-span test frame capable of electro-actuated vertical movement, is equipped with integrated and *wayside* measurement systems for conducting dynamic load tests transmitted directly from a railway wheelset to sections of track. The work illustrates the prototype's potential as a tool for off-road analysis and validation of technical solutions for railway superstructures, providing preliminary performance data and supporting the experimental development of innovative solutions or the calibration of specific digital models.

1. Introduction

Recent national policies on innovation and sustainability, promoted within the framework of the Italian National Recovery and Resilience Plan (NRRP), have provided significant incentives to modernize the Italian railway system. These policies support network upgrades and the development of advanced infrastructure, monitoring, digitalization, and safety technologies [1][2]. Against the backdrop of advanced research and technology transfer, this renewal process has fostered remarkable synergy within the Italian National Center for Sustainable Mobility (MOST), integrat-

^(*) Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università di Parma, Parco Area delle Scienze 181/a, Parma, PR 43124, Italia.

^(**) Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, Università degli Studi di Pavia, Via Adolfo Ferrata 3, Pavia, PV 27100, Italia.

^(***) Autore di riferimento - E-mail: felice.giuliani@unipr.it - Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università di Parma, Parco Area delle Scienze 181/a, Parma, PR 43124, Italia.

^(*) Department of Engineering and Architecture, University of Parma, Parco Area delle Scienze 181/a, Parma, PR 43124, Italy.

^(**) Department of Engineering and Architecture, University of Pavia, Via Adolfo Ferrata 3, Pavia, PV 27100, Italy.

^(***) Corresponding author - E-mail: felice.giuliani@unipr.it - Department of Engineering and Architecture, University of Parma, Parco Area delle Scienze 181/a, Parma, PR 43124, Italy.

processo di rinnovamento ha visto nel Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile (MOST) una straordinaria sinergia fra università italiane, CNR e grandi imprese, organizzate in un sistema Hub-Spoke, per la promozione dell'innovazione, la transizione *green* e digitale di soluzioni sostenibili e inclusive per le infrastrutture ed i sistemi di trasporto [3]. Con il coordinamento scientifico del Politecnico di Milano, lo Spoke 4 "Trasporto Ferroviario" è specificamente rivolto all'innovazione nel settore ferroviario, con l'obiettivo di migliorare l'efficienza, la sostenibilità e la sicurezza, anche attraverso nuovi approcci progettuali e sistemi digitali che esaltino il monitoraggio avanzato dell'esercizio e dell'infrastruttura. In questo contesto, l'Università di Parma, una delle 24 sedi universitarie affiliate al MOST [4], ha intrapreso specifiche attività di ricerca incentrate sull'analisi del comportamento meccanico della sovrastruttura ferroviaria sotto carichi statici e dinamici, con l'intento di studiare fenomeni potenzialmente critici in ambiente di laboratorio, sia fisico che virtuale, prima di intraprendere più complesse sperimentazioni in esercizio. Proprio con riferimento alla sovrastruttura ferroviaria, le prove di laboratorio, in un ambiente sicuro, controllato e riproducibile consentono lo studio dell'interazione tra i diversi strati e permettono la calibrazione di modelli numerici affidabili. Tuttavia, la riproduzione in scala reale delle condizioni di esercizio richiede infrastrutture sperimentali dedicate e adeguate risorse tecniche.

Elemento centrale dell'attività sperimentale condotta dall'Università di Parma è stata la produzione dell'originale *Railway Superstructure Test Frame* (RSTF), un prototipo multifunzionale progettato per prove su porzioni di binario e relativa sovrastruttura a grandezza reale. Pensato per disambiguare le numerose fonti di incertezza proprie di allestimenti sperimentali più semplici, RSTF è forse il più avanzato sistema di test condotti in ambiente chiuso, intrinsecamente sicuro per gli operatori, concepito per la riproduzione di fenomeni critici e la calibrazione di modelli previsionali di degrado delle sovrastrutture ferroviarie e di specifiche parti dell'armamento.

2. Contesto scientifico di riferimento

Negli ultimi anni, la ricerca nazionale e internazionale ha visto lo sviluppo di numerose strutture sperimentali progettate per ricreare in laboratorio sezioni di binario ferroviario a grandezza reale e analizzarne il comportamento meccanico in condizioni controllate, anche a supporto della manutenzione [5]. Questi sistemi sono stati spesso concepiti con limitata versatilità, costruiti in funzione di specifici obiettivi di studi mirati. Le sezioni di prova replicano le dimensioni effettive del binario, solitamente con un numero limitato di traversine, e sono tipicamente installate all'interno di telai rigidi di contrasto, entro vasche di contenimento. L'applicazione dei carichi avviene tramite attuatori idraulici o elettromeccanici, capaci di simulare, con diverso grado di verosimiglianza, le condizioni determinate dal passaggio dei treni. Una rete di

ing Italian universities, the National Research Council of Italy (CNR), and major industrial partners. These institutions are organized within a hub-and-spoke structure that promotes innovation and enables the green and digital transition toward sustainable, inclusive transport infrastructure and systems [3]. Spoke 4 "Rail Transportation", under the scientific coordination of the Politecnico di Milano, is specifically dedicated to innovation in the railway sector. Its objective is to improve efficiency, sustainability and safety. This is achieved by adopting novel design approaches and digital systems that enable more advanced monitoring of operations and infrastructure. Within this framework, the University of Parma, one of MOST's 24 academic partners [4], has undertaken research activities focused on analyzing the mechanical behavior of railway superstructure systems under static and dynamic loading conditions. The objective is to examine potentially significant phenomena in controlled laboratory settings, both physical and virtual, before conducting more complex in-service experiments. For railway superstructures, laboratory testing allows for detailed investigation of interactions between different layers in a safe, controlled, and reproducible environment. It also supports the calibration of reliable numerical models. However, reproducing full-scale operational conditions requires specialized experimental facilities and appropriate technical resources.

A key element of the University of Parma's experimental activity has been developing the original Railway Superstructure Test Frame (RSTF), a multifunctional prototype designed to test full-scale track sections and their associated superstructure. The RSTF is one of the most advanced indoor testing systems, intended to minimize the multiple sources of uncertainty inherent in simpler experimental setups. It is intrinsically safe for operators and has been specifically developed to reproduce critical processes and calibrate predictive degradation models for railway superstructures and their individual components.

2. Scientific background

In recent years, national and international research has led to the development of several experimental facilities designed to reproduce full-scale sections of railway track under laboratory conditions, enabling researchers to investigate their mechanical behavior in a controlled environment, also in support of maintenance activities [5]. However, these systems are often conceived with limited versatility because they are tailored to specific research objectives. Test sections usually replicate the dimensions of actual tracks with a few sleepers and are typically installed in rigid reaction frames inside containment boxes. Loads are applied using hydraulic or electromechanical actuators, which can simulate train passage conditions with varying degrees of accuracy. A network of sensors measures displacements in real time and quantifies deformations and stresses within the different layers of the superstructure in accordance with rigorous testing protocols. Some experimental facilities worldwide are notable for their completeness, innovation, and ability to accurately reproduce loading conditions and interactions among railway super-

sensori misura in tempo reale spostamenti, quantifica le deformazioni e le pressioni nei vari strati della sovrastruttura secondo rigorosi protocolli di indagine. Alcune delle strutture sperimentali realizzate nel mondo si distinguono per completezza, innovazione e capacità di replicare con accuratezza le condizioni di carico e le interazioni tra le parti della sovrastruttura ferroviaria. Tuttavia, non tutte le strutture riproducono l'intera sovrastruttura per limiti di quota o altri vincoli operativi; alcune si concentrano esclusivamente su componenti o elementi singoli, limitando così le analisi ai comportamenti locali anziché alla risposta globale del sistema. Escludendo i grandi circuiti di prova, tra le strutture sperimentali a grandezza reale più significative a livello mondiale vi è la piattaforma cinese, denominata HTST, che si distingue quale il sistema di prova più grande e completo per lo studio del comportamento meccanico delle infrastrutture ferroviarie ad alta velocità. Questa struttura, sviluppata presso la Southwest Jiaotong University di Chengdu, misura 72,5 m di lunghezza, 6 m di larghezza e quasi 6 m di altezza, quest'ultima rappresentativa della sezione sperimentale contenuta nella vasca di prova. Costruita secondo gli standard delle linee ferroviarie ad alta velocità cinesi, comprende tutti e cinque i tipi di sistema binario utilizzati nel paese: CRTS I, CRTS II, CRTS III, binario *ballastless* a doppio blocco e binario tradizionale con ballast [6]. Un'altra importante struttura sperimentale a grandezza reale in Cina è rappresentata dal Zhejiang University High-Speed Rail Tester (ZJU-iHSRT), sviluppata presso la Zhejiang University di Hangzhou in collaborazione con l'University of Illinois (Urbana-Champaign).

Questa piattaforma è stata progettata per studiare la risposta dinamica dei binari su ballast sotto carichi realistici di treni ad alta velocità. È costituita da una sezione di binario lunga 15 m e larga 5,5 m, con otto traversine in cemento armato precompresso, ballast, sub-ballast e rilevato artificiale. Gli attuatori idraulici applicano carichi equivalenti ai diversi assi dei treni, riproducendo le sollecitazioni indotte da velocità operative fino a 300 km/h e carichi per asse fino a 216 kN (22 t) [7]. La collaborazione dell'University of Illinois nello sviluppo del ZJU-iHSRT si inserisce in un più ampio impegno dell'ateneo statunitense nella ricerca sperimentale a scala reale, portato avanti attraverso il *Research and Innovation Laboratory (RAIL)*. All'interno di questo laboratorio è stato realizzato il *Track Loading System (TLS)*, una piattaforma full-scale progettata per studiare in condizioni controllate la risposta meccanica del binario e le interazioni tra i suoi diversi strati. Il TLS comprende una sezione di binario lunga 6,7 m, con undici traverse in calcestruzzo installate su 31 cm di ballast, 20 di sub-ballast in materiale non legato e 86 di sottofondo limoso-argilloso, ricostruiti secondo gli standard costruttivi della Burlington Northern & Santa Fe (BNSF) railway. Il carico viene applicato mediante due attuatori servoidraulici verticali e un attuatore laterale montati su un telaio in acciaio, che consentono di riprodurre combinazioni di carichi verticali e trasversali su una sala montata [8]. Un ruolo

structure components. However, not all facilities can replicate the entire superstructure due to geometric constraints or other operational limitations. Some facilities focus exclusively on individual components or elements, restricting analyses to local behavior rather than the global system response.

The Chinese platform, referred to as HTST, is one of the most significant full-scale experimental facilities worldwide, excluding large-scale test tracks. It is the largest and most comprehensive testing system for studying the mechanical behavior of high-speed railway infrastructure. Developed at Southwest Jiaotong University in Chengdu, the HTST measures 72.5 m in length, 6 m in width, and nearly 6 m in height, which corresponds to the depth of the experimental section within the testing box. Constructed according to Chinese high-speed railway standards, the facility includes all five track system types used in the country: CRTS I, CRTS II, CRTS III, double-block slab track and conventional ballasted track [6]. Another important full-scale experimental facility in China is the Zhejiang University High-Speed Rail Tester (ZJU-iHSRT), which was developed at the Zhejiang University of Hangzhou in collaboration with the University of Illinois (Urbana-Champaign). The ZJU-iHSRT is designed to study the dynamic response of ballasted tracks under realistic high-speed train loads. It consists of a 15-meter-long, 5.5-meter-wide track section with eight prestressed reinforced concrete sleepers, ballast, sub-ballast, and an artificial embankment. Hydraulic actuators apply loads equivalent to train axles, reproducing stresses induced by operating speeds of up to 300 km/h and axle loads of up to 216 kN (22 t) [7]. The University of Illinois' involvement in developing the ZJU-iHSRT is part of its broader commitment to full-scale experimental research, which is carried out through the Research and Innovation Laboratory (RAIL). Within RAIL, the Track Loading System (TLS) was developed. It is a full-scale platform designed to study the mechanical response of railway tracks and the interaction among their different layers under controlled conditions. The TLS includes a 6.7-meter track section with eleven concrete sleepers installed on 31 cm of ballast, 20 of unbound sub-ballast, and 86 of silty clay subgrade. All of these components are reconstructed according to Burlington Northern & Santa Fe (BNSF) Railway standards. Loading is applied through two vertical servo-hydraulic actuators and one lateral actuator mounted on a steel frame, enabling the reproduction of combined vertical and transverse loads on a wheelset [8]. Australia has played a significant role in full-scale laboratory research by developing the National Facility for Heavy-Haul Railroad Testing (NFHRT) at the University of Technology Sydney. The NFHRT is the first Australian platform dedicated to studying track behavior under heavy-haul freight conditions. The platform consists of a 6 × 6 × 2.3 meter rigid testing chamber designed to accommodate a complete track section, including ballast, sub-ballast, an artificial embankment, and drainage systems. Four synchronized dynamic hydraulic actuators apply loading to simulate axle loads of up to 245 kN (25 t) at realistic frequencies (up to 15 Hertz), reproducing operating conditions typical of heavy-haul railway lines [9]. In the European context, the Geo-pavement and Railways Accelerated Fatigue Testing Facility (GRAFT-

importante nella ricerca di laboratorio in scala reale è rivestito anche dall'Australia, che ha sviluppato la National Facility for Heavy-Haul Railroad Testing (NFHRT) presso la Sydney University of Technology. Si tratta della prima piattaforma australiana in scala reale dedicata allo studio del comportamento del binario sotto carichi pesanti per il traffico merci. La struttura comprende una vasca rigida di $6 \times 6 \times 2.3$ m, progettata per ospitare un'intera sezione di binario con ballast, sub-ballast, rilevato artificiale e sistemi di drenaggio. Il carico è applicato tramite quattro attuatori idraulici dinamici sincronizzati, capaci di simulare carichi equivalenti a 245 kN (25 t) per asse con frequenze realistiche (fino a 15 Hertz), replicando le condizioni operative tipiche delle linee ferroviarie per il trasporto di minerali e merci pesanti [9]. Analizzando l'ambito Europeo, il *Geo-pavement and Railways Accelerated Fatigue Testing Facility* (GRAFT-II), sviluppato presso la Heriot-Watt University di Edimburgo (UK), rappresenta una delle strutture sperimentali a grandezza reale più avanzate attualmente operative nel settore della geotecnica ferroviaria [10]. Costruita come una vasca rigida, può ospitare sezioni di binario complete, mentre attuatori idraulici simulano il passaggio degli assi ferroviari ad alta velocità [11]. Accanto alle strutture progettate per la caratterizzazione meccanica del binario, sono stati sviluppati sistemi sperimentali specifici per monitorare la risposta idraulica della struttura ferroviaria, con particolare attenzione all'evoluzione del contenuto di umidità negli strati di sub-struttura e rilevato. Un esempio significativo è rappresentato dagli studi condotti dal Department of Railway Engineering and Track Management (DRETM) della University of Žilina (SK), dove sono stati realizzati due stand sperimentali a grandezza reale (DRETM I e DRETM II) per riprodurre con precisione la stratigrafia di una sovrastruttura ferroviaria e analizzare l'influenza di fattori climatici, come precipitazioni, gelo e disgelo, sul regime termo-idraulico del rilevato [12].

Sulla scia delle esperienze internazionali, la realizzazione RSTF del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università di Parma replica in scala reale la successione stratigrafica e le condizioni di carico tipiche di una linea ferroviaria, con particolare riferimento alle configurazioni comunemente adottate nelle sezioni italiane. Trattandosi di un contesto controllato, proprio dell'ambito di laboratorio, il prototipo si presta all'implementazione di strumentazioni di monitoraggio di tipo bordo-binario, permettendo di studiare in dettaglio le risposte meccaniche della sovrastruttura simulando il transito di un treno. Il punto di forza della proposta dell'Ateneo parmense risiede nella notevole capacità di adattamento della struttura del telaio di contrasto e dei sistemi di carico, nella perfetta riproduzione del sistema binario/sala montata, nella originale interfaccia uomo/macchina HMI del sistema di comando (*Human-Machine Interface*) e nella innovativa configurazione del sistema di monitoraggio degli spostamenti basata su tecnologia no-contact.

II), which was developed at the Heriot-Watt University of Edinburgh (UK), is one of the most advanced full-scale experimental facilities operating in railway geotechnics [10]. Constructed as a rigid containment pit, GRAFT-II can accommodate full track sections while hydraulic actuators simulate the passage of high-speed train axles [11]. In addition to facilities designed for mechanical characterization, specific experimental systems have been developed to monitor the hydraulic response of railway structures, paying particular attention to moisture evolution within the substructure and embankment layers. Notable examples include studies conducted at the Department of Railway Engineering and Track Management (DRETM) of the University of Žilina (SK), where two full-scale experimental stands (DRETM I and DRETM II) were constructed to accurately reproduce railway superstructure stratigraphy and analyze how climatic factors, such as precipitation, freezing and thawing, influence the thermo-hydraulic regime of embankments [12].

Based on these international experiences, the RSTF developed by the Department of Engineering and Architecture of the University of Parma is a full-scale reproduction of the stratigraphic sequence and loading conditions typical of Italian railway lines. Operating in a controlled laboratory environment, the prototype enables the implementation of wayside monitoring instrumentation and allows for a detailed investigation of the superstructure's mechanical response under simulated train passage. Strengths of the proposed system include highly adaptable loading systems and frames, accurate reproduction of track-wheelset interaction, an original human-machine interface (HMI) for the control system, and an innovative configuration of a non-contact displacement monitoring system.

3. Structural configuration of the Railway Superstructure Test Frame

The multifunctional prototype was developed and installed at the "Structures Laboratory and Technology Transfer" of the Department of Engineering and Architecture at the University of Parma. It consists of a load-bearing structure formed by a steel portal frame structure. The frame is designed to lodge a full-scale railway superstructure section that was fully reconstructed in the laboratory. This section includes track components, ballast, and a sub-ballast layer made of an asphalt mixture. The portal frame comprises two vertical side columns and an upper horizontal crossbeam. The crossbeam serves as the reaction element and is equipped with an electro-actuated vertical movement system that adjusts its elevation according to the current experimental setup. With a range of motion of 1000 mm, the height of the underside of the crossbeam can be adjusted from 1500 mm to 2500 mm above ground level. This allows adaptation to different test section configurations, such as Profile A with a 50 cm ballast thickness or Profile B with a 35 cm ballast thickness. A movable carriage connected to the horizontal crossbeam has longitudinal and transverse guides that enable electromechanical movement within the X-Y plane (Fig. 1).

3. Configurazione strutturale del Railway Superstructure Test Frame

Il prototipo multifunzionale, realizzato e installato presso il “Laboratorio di Strutture e Trasferimento Tecnologico” del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell’Università di Parma, ha una struttura portante costituita da un portale in acciaio progettato per coprire una sezione di sovrastruttura ferroviaria completamente ricostruita in laboratorio, comprendente armamento, massicciata e lo strato di sub-ballast in conglomerato bituminoso. Il portale è composto da due colonne laterali verticali e da un traverso orizzontale superiore di contrasto cui è consentita una movimentazione verticale elettroattuata per governare la quota in base alla configurazione dell’allestimento sperimentale del momento. La corsa di 1000 mm permette di variare l’intradosso del traverso tra 1500 mm e 2500 mm da terra, adattandosi a differenti configurazioni della sezione di prova (profilo A con spessore della massicciata pari a 50 cm o profilo B con spessore pari a 35 cm). Al traverso orizzontale è collegata una slitta mobile, dotata di guide longitudinali e trasversali che ne consentono il movimento elettromeccanico nel piano (direzioni X-Y, Fig. 1).

Alla slitta mobile è collegato l’elemento sollecitante il binario attualmente consistente in una sala ferroviaria reale ($\varnothing$ 920 mm); il piano inferiore della slitta è equipaggiato con un martinetto idraulico lungo l’asse Z, caratterizzato da una corsa di 45 mm e da una capacità di carico modulabile fino a valori rappresentativi dei carichi assiali di riferimento, destinato all’applicazione di carichi statici e/o dinamici. La posizione della sala montata, rispetto alle rotaie e lungo lo sviluppo dello stesso binario, è governabile attraverso specifici attuatori idraulici. Una struttura perimetrale confina la massicciata e tutta l’area operativa del prototipo è protetta da sistemi anti-intrusione e specifici dispositivi di sicurezza propri degli ambienti di lavoro. L’intera movimentazione tridimensionale è gestita da un software di controllo dedica-

The loading element, which applies force to the track, consists of a real railway wheelset with a diameter of 920 mm connected to the mobile carriage. The lower plane of the carriage is equipped with a hydraulic actuator that operates along the Z-axis. The actuator has a 45 mm stroke and a load capacity adjustable up to values representative of reference axle loads. The actuator is intended for applying static and/or dynamic loads. The position of the wheelset relative to the rails and along the length of the track can be controlled using specific hydraulic actuators. A perimeter structure confines the ballast, while anti-intrusion systems and safety devices typical of industrial environments protect the entire operational area of the prototype. Dedicated control software manages three-dimensional movement and coordinates the action of the actuators, carriages and moving platforms. This enables accurate load application at desired frequencies ranging from 0.1 to 10 Hz according to industrial automation architecture. The hydraulic system is based on a Hydraulic Power Unit (HPU) consisting of a high-performance motor-pump assembly with pump displacement control and load-sensing technology. This optimizes energy consumption according to actual demand. The HPU integrates an offline circuit for continuous oil filtration, an air-oil heat exchanger for temperature control and an electric preheater. The dedicated software operates the whole system, enabling real-time visualization of the machine’s status and operating parameters, as well as manual control of individual functions.

4. Design and construction of the railway superstructure section

The first indoor railway test section was designed and constructed as part of the MOST project and was physically completed in 2025. The test section serves as a platform for analyzing the interactions between the various layers of the superstructure in response to applied loads. In accordance with the design manual and specifications provided by Ferrovie dello Stato Italiane, the work included preparing a 120-mm-thick asphalt sub-ballast, constructing a 350-mm-

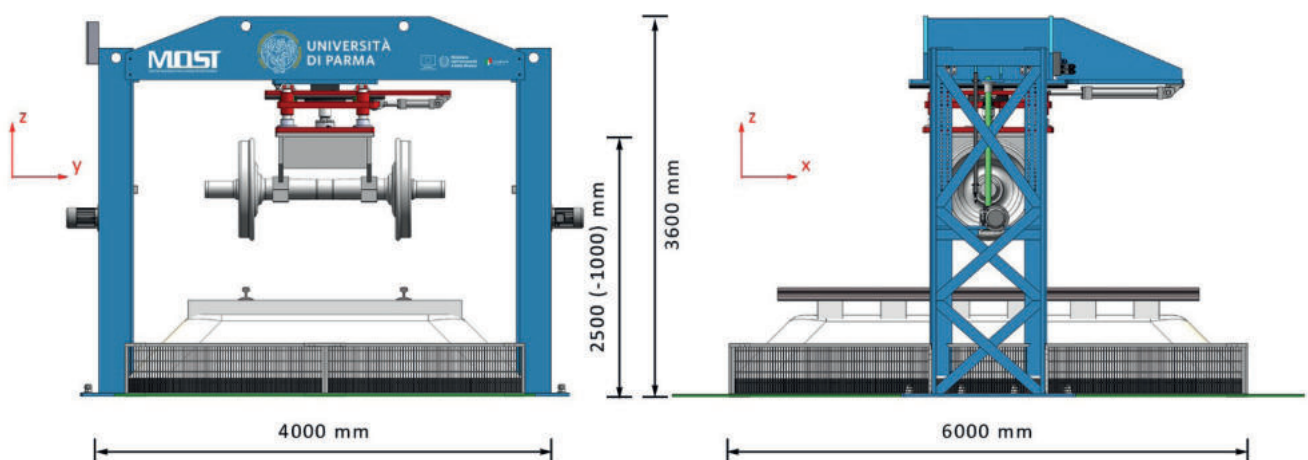


Figura 1 – Railway Superstructure Test Frame layout.
Figure 1 – Railway Superstructure Test Frame layout.

to, che coordina martinetti, slitte e piani mobili, che permette l'impostazione dei carichi con massima precisione ed alle frequenze desiderate (range da 0,1 a 10 Hz) con l'architettura propria dell'automazione industriale. Il sistema idraulico si basa su un gruppo di potenza idraulica (HPU) costituito da motore-pompa ad alte prestazioni, con controllo della cilindrata della pompa e tecnologia load-sensing (controllo in funzione del carico), che consente di ottimizzare il consumo energetico in base alla domanda effettiva. L'HPU integra un circuito offline per la filtrazione continua dell'olio, uno scambiatore aria-olio per il controllo della temperatura e un preriscaldatore elettrico. L'intero sistema è gestito tramite software dedicato, che consente la visualizzazione in tempo reale dello stato della macchina e dei parametri operativi, oltre al controllo manuale delle singole funzioni.

4. Progettazione e costruzione della sezione di sovrastruttura ferroviaria

La prima sezione ferroviaria di prova indoor, progettata e allestita quale deliverable MOST, è stata fisicamente completata nel 2025, quale banco di prova finalizzato all'analisi delle interazioni tra i diversi strati della sovrastruttura in relazione ai carichi applicati. Conformemente al manuale di progettazione ed ai capitolati di Ferrovie dello Stato Italiane l'allestimento ha incluso la preparazione del sub-ballast in conglomerato bituminoso di spessore pari a 120 mm, la costruzione dello strato di massicciata di spessore pari a 350 mm e l'installazione dei sistemi di armamento, comprensivi di binario, traverse e organi d'attacco, su specifico allettamento di base.

4.1. Prove su sub-ballast

Tra gli elementi costitutivi della prima sezione ferroviaria ricostruita in laboratorio, lo strato di sub-ballast in conglomerato bituminoso ha ruolo centrale in quanto oggetto di specifica attività di indagine prevista nel programma di ricerca MOST. In accordo con gli standard italiani di riferimento [13], è stato progettato e realizzato il sub-ballast in conglomerato bituminoso di diversa formulazione, di spessore pari a 120 mm in n. 42 lastre di dimensioni 500 mm × 500 mm × 120 mm, compattate con un particolare compattatore da laboratorio, unico in Italia, in dotazione al gruppo di ricerca (Fig. 2), fino al raggiungimento della prevista percentuale dei vuoti residui (3% ÷ 6%).

Le diverse formulazioni di conglomerato bituminoso, rispondenti al capitolato RFI Parte II - Sezione 13,

thick ballast layer and installing track systems, including rails, sleepers and fasteners, on a specially prepared sub-grade.

4.1. Tests on sub-ballast

The asphalt sub-ballast layer plays a central role among the constituent elements of the first reconstructed railway section in the laboratory because it is the subject of specific investigative activities within the MOST research program. In accordance with relevant Italian standards [13], the asphalt sub-ballast was designed and produced with different mix formulations and a thickness of 120 mm. A total of 42 slabs, each measuring 500 mm × 500 mm × 120 mm, were produced. These slabs were compacted using a dedicated laboratory compactor, unique of its kind in Italy, and available within the research group (Fig. 2), until the target residual air void content of 3%-6% was achieved.

The different asphalt mixture formulations that comply with Rete Ferroviaria Italiana's specifications (Part II, Section 13) were initially subjected to original experimental punching tests [14] and are currently the focus of research activities conducted by the University of Parma through the National Sustainable Mobility Center. Some of the asphalt slabs were instrumented with sensors embedded in the material during manufacturing (Fig. 3).

4.2. Ballast and track structure

In the adopted test configuration, the 350-mm-thick ballast layer was constructed in two stages. In the test setup, the 350-mm-thick ballast layer was installed in two stages. First, it was manually spread to ensure uniform coverage of the sub-ballast and areas where instrumentation was installed. Then, a specialized contractor me-



Figura 2 – Compattatore lastre in conglomerato bituminoso.
Figure 2 – Asphalt mixtures slab compactor.

preliminarmente sottoposte ad originali prove sperimentali di *punching* [14] sono attualmente oggetto di specifica ricerca dell'Università di Parma in seno al Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile. Alcune delle lastre in conglomerato bituminoso sono state inoltre strumentate mediante sensori integrati nel materiale in fase di realizzazione (Fig. 3).

4.2. Massicciata e armamento

Nella configurazione di prova realizzata, lo strato di massicciata, di spessore pari a 350 mm, è stato posto in opera in due fasi successive: una prima stesa manuale, finalizzata a garantire una copertura uniforme del sub-ballast e delle zone interessate dalla strumentazione, seguita da una posa meccanizzata eseguita da ditta specializzata, volta ad assicurare uniformità e adeguata compattazione. Durante le operazioni sono state eseguite attività di livellamento e cicli di vibrazione controllata mediante rinalzatore, al fine di favorire l'assettamento del pietrisco e riprodurre condizioni rappresentative di una reale sovrastruttura ferroviaria di nuovo impianto.

La campata di armamento è costituita da otto traversine monoblocco in calcestruzzo precompresso conformi alle specifiche RFI 230, sistemi di fissaggio elastico Vossloh e rotaie tipo 60 E1 di lunghezza pari a 5 m. Le rotaie sono state giuntate in mezzzeria mediante due giunzioni isolate incollate (GII), elementi che non garantiscono la perfetta continuità della rotaia [15]. Tali componenti sono stati oggetto di specifica attività di indagine prevista nel programma di ricerca MOST, finalizzata alla valutazione del comportamento sotto carico e alla misura di parametri caratteristici quali il *gap value* [16], anche in ottica di sviluppo e validazione di modelli digitali [17][18].

Analogamente a quanto svolto per il sub-ballast, alcune traversine sono state strumentate. Il binario, posato, rinalzato e livellato, presenta, in questa prima configurazione di prova, interasse tra le traversine pari a 600 mm e scartamento ordinario di 1435 mm, riferibile a tratto rettilineo privo di sopraelevazione (Fig. 4).

4.3. Sistemi di monitoraggio bordo binario

Accanto ai sistemi di monitoraggio previsti e integrati in fase di realizzazione della sovrastruttura, il prototipo è stato dotato di sistemi di monitoraggio bordo binario, concepiti per acquisire in modo non invasivo la risposta della sovrastruttura ferroviaria durante l'esecuzione delle prove [19].

chanically placed it to ensure uniformity and adequate compaction. A tamping machine performed leveling work and controlled the vibration cycles throughout the process. This process allowed the crushed stone to settle and replicated conditions typical of a newly constructed railway superstructure.

The track panel consists of eight monoblock prestressed concrete sleepers that comply with Rete Ferroviaria Italiana (RFI) specifications (type 230), as well as Vossloh elastic fastening systems and 5-meter-long, 60 E1 rails. The rails were jointed at the midpoint using two bonded insulated joints (IRJ), which do not ensure perfect rail continuity [15]. These components have been the subject of a specific investigation within the MOST research program, which aimed to evaluate the joints' behavior under load and measure characteristic parameters, such as the gap value [16], to develop and validate digital twin models [17][18].

As with the sub-ballast layer, some sleepers were instrumented. The laid, tamped, and leveled track has 600-mm sleeper spacing and a standard 1,435-mm gauge in this initial test configuration. This results in a straight track section without cant (Fig. 4).

4.3. Wayside monitoring systems

In addition to the monitoring systems planned and integrated during the superstructure construction, the prototype is equipped with wayside monitoring systems designed to capture the response of the superstructure during testing activities in a non-invasive manner [19]. Specifically, the adopted wayside monitoring framework uses optical and inertial measurement systems, which have already been validated through in-line

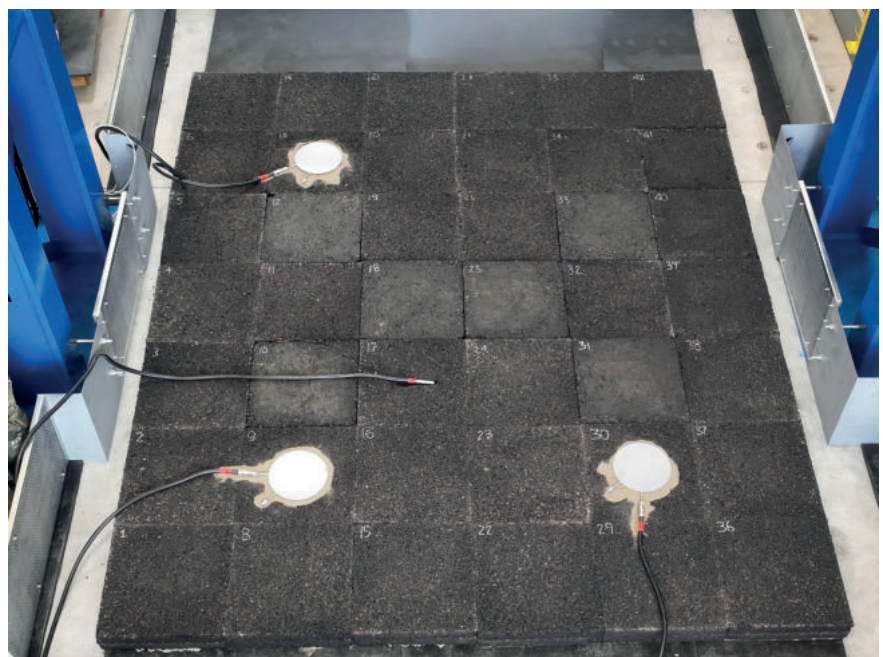


Figura 3 – Sub-ballast layout: reticolo lastre strumentate.
Figure 3 – Sub-ballast layout: grid of slabs with monitoring sensors.

In particolare, il *framework* di monitoraggio *wayside* adottato vede l'uso complementare di sistemi di misura ottici e inerziali già sperimentati sul campo in linea. I dispositivi ottici, basati su telecamere e marker retroriflettenti (Fig. 5), consentono la misura diretta degli spostamenti con precisione sub-millimetrica alle basse e medie frequenze, mentre gli accelerometri triassiali permettono di caratterizzare la risposta dinamica ad alta frequenza acquisendo le componenti vibrazionali del sistema. Tali strumenti sono stati progettati per essere installati e rimossi con elevata flessibilità, consentendo di adattare la configurazione di misura in funzione del tipo di test e delle grandezze di interesse, senza interferire con la geometria del binario o con le condizioni di carico applicate. L'ambiente di prova controllato consente di superare molte delle limitazioni tipiche del monitoraggio in linea, permettendo un'osservazione continua della sovrastruttura, inclusi elementi e superfici che in esercizio reale risultano difficilmente accessibili o temporaneamente celati dal passaggio dei convogli. La flessibilità del setup consentirà, inoltre, di introdurre variazioni controllate nella geometria e nelle condizioni di vincolo per anali-



Figura 4 – Prototipo multifunzionale RSTF.
Figure 4 – Multifunctional RSTF prototype.

field applications, complementarily. The optical device, based on cameras and retroreflective markers (Fig. 5), enable direct displacement measurements with submillimeter accuracy at low and medium frequencies. Meanwhile, tri-axial accelerometers characterize the high-frequency dynamic response by capturing the vibrational components of the system. These instruments are designed for easy installation and removal, ena-



Figura 5 – Vista d'insieme, comprensiva dei sistemi di monitoraggio bordo binario.
Figure 5 – Overview, including wayside monitoring systems.

zare sistematicamente la risposta della sovrastruttura anche in presenza di configurazioni non ordinarie o di scenari di dissesto simulato.

5. Output tipici

Tramite il pannello operatore vengono definite le condizioni di carico applicate alla sovrastruttura ferroviaria, mediante l'imposizione di segnali statici e dinamici con ampiezza e frequenza prefissate. Il software consente la visualizzazione in tempo reale dello stato della macchina e dei principali parametri operativi, oltre al controllo manuale delle singole funzioni. La posizione degli attuatori lungo gli assi X, Y e Z è monitorata in continuo tramite trasduttori di posizione, garantendo il controllo istantaneo della cinematica del sistema e il corretto svolgimento delle prove sperimentali (Fig. 6).

Parallelamente, il sistema di monitoraggio *wayside* consente l'acquisizione sincrona della risposta cinematica della sovrastruttura ferroviaria durante l'imposizione dei carichi [20][21]. In particolare, l'apparato ottico multi-camera permette di tracciare con elevata accuratezza gli spostamenti tridimensionali di punti discreti del binario, opportunamente materializzati mediante i marker retro-riflettenti. La configurazione adottata, basata su più telecamere opportunamente disposte lungo la tratta monitorata, consente di interrogare simultaneamente più punti individuati tramite i marker, ricostruendone le traiettorie e quindi valutandone direttamente gli spostamenti nelle tre direzioni principali.

6. Conclusioni e prospettive di ricerca

Il presente articolo descrive il processo di realizzazione dell'originale *Railway Superstructure Test Frame* (RSTF), un impianto di prova prototipale, realizzato presso il "Laboratorio di Strutture e Trasferimento Tecnologico" dell'Università di Parma, che consente di studiare il comportamento di un tratto di binario strumentato a grandezza naturale sottoposto a carichi ciclici continui applicati tramite una sala ferroviaria reale ($\varnothing$ 920 mm). L'installazione permette la riproduzione di una sezione completa di binario, comprensiva di sub-ballast in conglomerato bituminoso, ballast, rotaie, traversine e giunti, consentendo l'osservazione diretta delle interazioni tra strati e della trasmissione delle sollecitazioni ai diversi elementi costitutivi. I primi test hanno fornito risultati promettenti evidenziando la capacità del sistema di cogliere in modo coerente le risposte deformative e dinamiche della sovrastruttura sotto condizioni di carico controllate, confermando il potenziale dello strumento per analisi più approfondite e per lo studio di fenomeni di comportamento e degrado in condizioni operative rappresentative. In linea con gli obiettivi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) e con le attività del Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile (MOST), l'RSTF si inserisce nel quadro delle infrastrutture di ri-

bling adaptation of the measurement configuration according to the test type and quantities of interest, without interfering with the track geometry or applied loading conditions. The controlled testing environment overcomes many limitations of in-line monitoring and enables continuous observation of the superstructure, including difficult-to-access elements and surfaces that are temporarily hidden during real train operations. Furthermore, setup flexibility allows controlled variations in geometry and boundary conditions to be introduced. This makes it possible to systematically investigate the superstructure response under non-standard configurations or simulated degradation scenarios.

5. Typical outputs

The loading conditions applied to the railway superstructure are defined through the operator panel by applying static and dynamic signals with predefined amplitudes and frequencies. The software provides real-time visualization of the machine's status and main operating parameters, as well as manual control of individual functions. Displacement transducers continuously monitor the position of the actuators along the X, Y and Z axes, ensuring real-time control of the system kinematics and correct execution of experimental tests (Fig. 6).

Meanwhile, the wayside monitoring system enables the simultaneous acquisition of the kinematic response of the railway superstructure when a load is applied [20][21]. Specifically, the multi-camera optical equipment allows for the precise tracking of three-dimensional displacements of discrete track points materialized by retro-reflective markers. The adopted configuration, based on multiple cameras appropriately arranged along the monitored section, allows the simultaneous interrogation of multiple points identified via markers, reconstructing their trajectories and thus directly evaluating their displacements in the three main directions.

6. Conclusions and future research projects

This paper describes the development process of the original Railway Superstructure Test Frame (RSTF), a prototype testing facility constructed at the "Structures Laboratory and Technology Transfer" of the University of Parma. The RSTF allows researchers to investigate the behavior of a full-scale instrumented track section under continuous cyclic loading applied by a real railway wheelset ($\varnothing$ 920 mm). The installation can reproduce a complete track section, including the asphalt sub-ballast, ballast, rails, sleepers and joints. This enables direct observation of the interactions between the layers and the transmission of stress to the different structural components. Initial tests provided encouraging results, showing the capacity of the system to reliably capture the deformational and dynamic responses of the superstructure under controlled loading conditions. These results confirm the potential for in-depth analysis and investigation of behavior and degradation phenomena under representative operating conditions. In line with the objec-

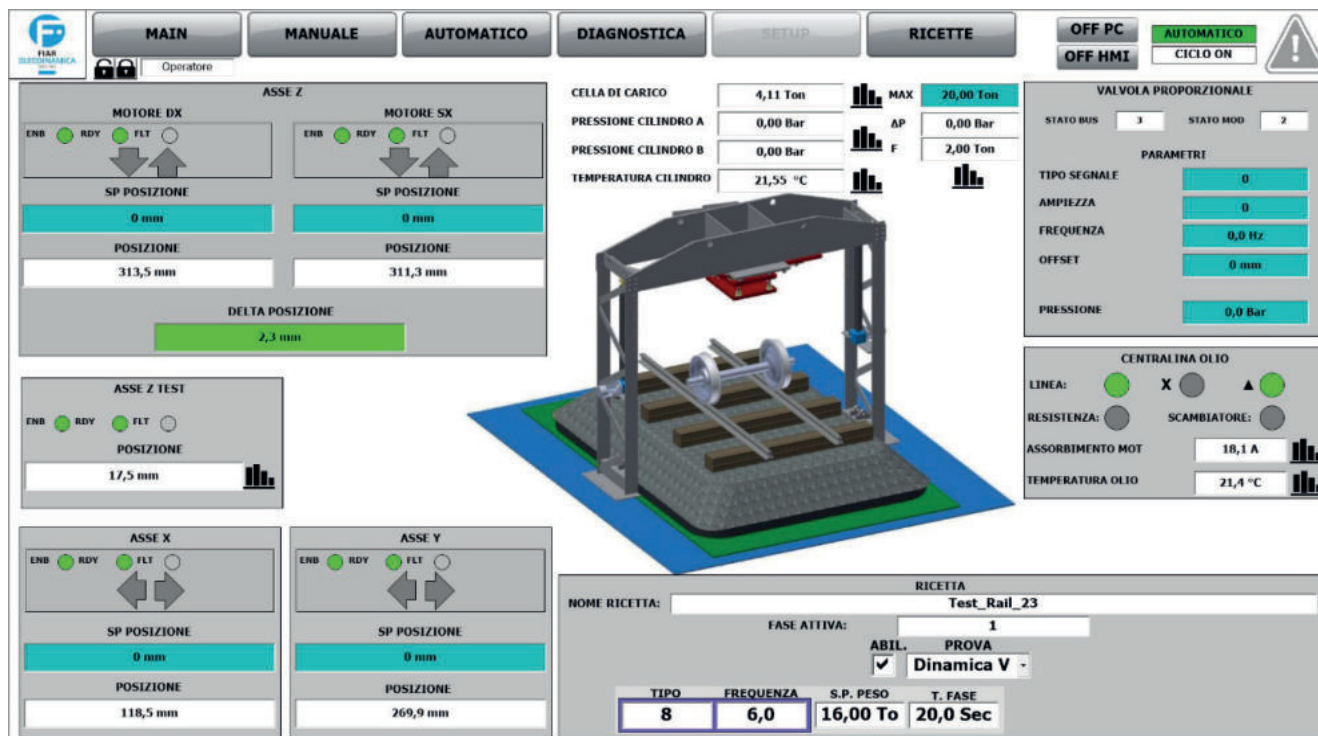


Figura 6 – Interfaccia utente del software di controllo RSTF.
Figure 6 – User interface of the RSTF control software.

cerca finalizzate alla digitalizzazione, alla sostenibilità e al miglioramento della sicurezza del sistema ferroviario. L'RSTF costituisce un complesso apparato di laboratorio a grandezza naturale progettato per riprodurre condizioni di carico dinamico controllate, rappresentative del traffico ferroviario. Proprio per questa rilevantissima versatilità, questa piattaforma sperimentale consentirà di testare sistematicamente componenti di binario (attacchi, giunti, traversine, tappetini, ecc...) di nuova concezione o predisposti per simulare specifici scenari di degrado controllato, generando così serie di dati sperimentali adatti al confronto diretto con i dati sintetici prodotti da modelli digitali che ne seguono l'evoluzione nel tempo sotto carico. RSTF può fornire quindi le basi sperimentali per nuovi progetti industriali, supportando la calibrazione, la validazione incrociata e l'integrazione progressiva della diagnostica AI basata su dati concreti derivati dal monitoraggio delle infrastrutture nel loro complesso, con la precisione e la sicurezza dell'ambiente di laboratorio. Anticipando le necessarie osservazioni in linea, i risultati derivabili da RSTF possono far parte di un percorso strutturato verso sistemi di manutenzione predittiva automatizzata per il monitoraggio delle infrastrutture ferroviarie di prossima generazione.

7. Finanziamento

Progetto finanziato nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Missione 4 Componente 2

atives of the National Recovery and Resilience Plan (NRRP) and the activities of the National Center for Sustainable Mobility (MOST), the RSTF is part of a broader framework of research infrastructures aimed at digitalization, sustainability and improving the safety of railway systems. The RSTF is a full-scale laboratory facility designed to reproduce the dynamic loading conditions experienced by railway traffic in a controlled environment. Thanks to this high level of versatility, the platform enables systematic testing of track components (fastening systems, joints, sleepers, mats, etc.), either newly developed or configured to simulate specific controlled degradation scenarios. This approach enables the generation of experimental datasets that can be directly compared with synthetic data produced by digital models, tracking the evolution of the components under load over time. The RSTF therefore provides a solid experimental foundation for new industrial applications, supporting model calibration and cross-validation, as well as the gradual integration of AI-based diagnostic tools grounded in real-world infrastructure monitoring data, within the safe and accurate confines of a laboratory environment. By anticipating the need for field observations, the results obtained from the RSTF can contribute to a structured pathway towards automated, predictive maintenance systems for next-generation railway infrastructure.

7. Funding

Project funded under the National Recovery and Resil-

Investimento 1.4 - Bando di gara n. 3138 del 16/12/2021 del Ministero dell'Università e della Ricerca italiano finanziato dall'Unione Europea - NextGenerationEU. Numero di aggiudicazione: Codice progetto CN00000023, Decreto di concessione n. 1033 del 17/06/2022 adottato dal Ministero dell'Università e della Ricerca, CUP D93C22000400001, "Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile" (CNMS). Spoke 4 - Trasporto ferroviario.

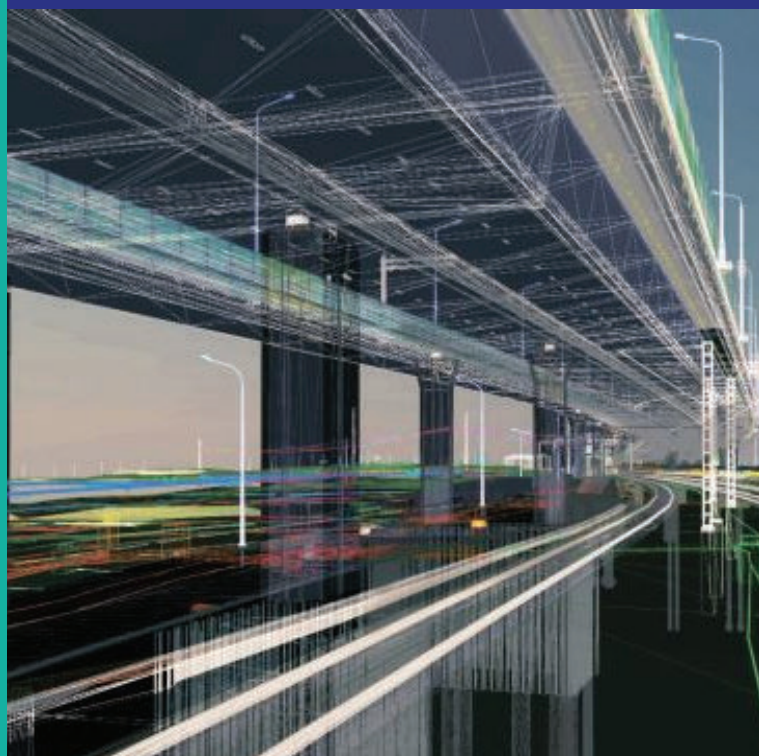
ience Plan (NRRP), Mission 4 Component 2 Investment 1.4 - Call for tender No. 3138 of 16/12/2021 of Italian Ministry of University and Research funded by the European Union – NextGenerationEU. Award Number: Project code CN00000023, Concession Decree No. 1033 of 17/06/2022 adopted by the Italian Ministry of University and Research, CUP D93C22000400001, "Sustainable Mobility Center" (CNMS). Spoke 4 - Trasporto ferroviario.

BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

- [1] MIMS (2021), "Documento strategico della mobilità ferroviaria di passeggeri e merci - *Strategic document on passenger and freight rail mobility*", Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili, Rome.
- [2] MEF (2021), "PNRR - Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza dell'Italia - NRRP - National Recovery and Resilience Plan", Ministero dell'Economia e delle Finanze, Rome.
- [3] MOST – CNMS: Sustainable Mobility Center, <https://www.centronazionalemost.it/>. Accessed 04 Jun 2026.
- [4] UNIPR – CNMS: Sustainable Mobility Center, <https://www.unipr.it/en/node/102835>. Accessed 04 Jun 2026.
- [5] SENESI F., EUSEPI R., DI FILIPPO B., FERRANTE C., RICCIARDI L. (2025), "I Laboratori di RFI a supporto della manutenzione: monitoraggio di quattro deviatori su un tratto di linea ad alta velocità - RFI laboratories supporting maintenance: monitoring of four turnouts on a section of a high-speed line", *Ingegneria Ferroviaria*, 80:97–109, Edizioni CIFI, February.
- [6] ZHAI W., WANG K., CHEN Z. *et al.* (2020), "Full-scale multi-functional test platform for investigating mechanical performance of track-subgrade systems of high-speed railways", *Railway Engineering Science* 28:213–231. <https://doi.org/10.1007/s40534-020-00221-y>.
- [7] FENG B., BASARAH Y.I., GU Q. *et al.* (2021), "Advanced full-scale laboratory dynamic load testing of a ballasted high-speed railway track", *Transportation Geotechnics* 29:100559. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2021.100559>.
- [8] RESEARCH AND INNOVATION LAB (RAIL) - RailTEC. <https://railtec.illinois.edu/laboratories/rail/>. Accessed 11 Dec 2025.
- [9] INDRARATNA B., NGO T., FERREIRA F.B. *et al.* (2021), "Large-scale testing facility for heavy haul track", *Transportation Geotechnics* 28:100517. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2021.100517>.
- [10] MAROLT ČEBAŠEK T., ESEN A.F., WOODWARD P.K., LAGHROUCHE O., CONNOLLY D.P. (2018), "Full scale laboratory testing of ballast and concrete slab tracks under phased cyclic loading", *Transportation Geotechnics* 17:33–40. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2018.08.003>.
- [11] THÖLKEN D., ABDALLA FILHO J.E., POMBO J., SAINZ-AJA J., CARRASCAL I., POLANCO J., ESEN A., LAGHROUCHE O., WOODWARD P. (2021), "Three-dimensional modelling of slab-track systems based on dynamic experimental tests", *Transportation Geotechnics* 31:100663. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2021.100663>.
- [12] DOBEŠ P. (2015), "Calibration of TDR Test Probe for Measuring Moisture in the Body of the Railway Substructure and its Subgrade", *Civil and Environmental Engineering* 11:84–94. <https://doi.org/10.1515/cee-2015-0011>.
- [13] RFI (2020), "RFI DTC SI CS SP IFS 009 E: Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili. Parte II - Sezione 13 - RFI DTC SI CS SP IFS 009 E: General Technical Specifications for Civil Works Contracts. Part II – Section 13", *Rete Ferroviaria Italiana*, Rome.
- [14] LA PLACA A., AUTELITANO F., GIULIANI F. (2025), "Punching test for mechanical characterization of asphalt railway sub-ballast", *Railway Engineering Science* 2025 1–14. <https://doi.org/10.1007/S40534-025-00407-2>.
- [15] MEGNA G., BRACCIALI A. (2025), "Progetto e verifiche di laboratorio dell'ABJ, un giunto isolante incollato innovativo - Design and laboratory tests of ABJ, an innovative insulated rail joint", *Ingegneria Ferroviaria* 80:303–319, Edizioni CIFI, April.
- [16] LA PLACA A., FREDDI F., GIULIANI F. (2023), "Monitoring of insulated rail joints based on gap value measurement", *Urban Rail Transit*. <https://doi.org/10.1007/S40864-023-00206-0>.
- [17] LA PLACA A., BENELLI F., BIANCHI G., FREDDI F., GIULIANI F. (2025), "Behaviour of supported and unsupported insulated rail joint under different preload conditions", *Transportation Research Procedia*. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2025.06.013>.

- [18] BIANCHI G., FREDDI F., GIULIANI F., LA PLACA A. (2025), *“Implementation of an AI-based predictive structural health monitoring strategy for bonded insulated rail joints using digital twins under varied bolt conditions”*, Railway Engineering Science. <https://doi.org/10.1007/s40534-024-00371-3>.
- [19] BIANCHI G., FANELLI C., FREDDI F., GIULIANI F., LA PLACA A. (2024), *“Systematic review railway infrastructure monitoring: from classic techniques to predictive maintenance”*, Advances in Mechanical Engineering. <https://doi.org/10.1177/16878132241285631>.
- [20] MOSLEH A., MOHAMMADI M., SILVA R., MAGALHÃES J., JORGE T., VALE C., RIBEIRO D., ZHAI W. (2026), *“Recent advances in wayside condition monitoring for railways: a comprehensive review”*, Railway Engineering Science. <https://doi.org/10.1007/s40534-025-00423-2>.
- [21] AELA P., CAI J., JING G., CHI H.L. (2024), *“Vision-based monitoring of railway superstructure: A review”*, Constr Build Mater 442:137385. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137385>.

**PER SVILUPPARE LA CULTURA
DEI TRASPORTI SCEGLI I CORSI SU**



FORMAZIONE SPECIALISTICA

- IS-0 Installatori di impianti di sicurezza e segnalamento di tipo elettromeccanico
- IS-1 Progettisti, verificatori, validatori di impianti di sicurezza e segnalamento
- IS-A Installatore ACC/ACCM Tradizionale e ERTMS Oriented
- Progettista funzionale ERTMS
- Esperto ERTMS
- ERTMS Certification & Authorisation (Part ETCS)
- ACC-ACCM-ERTMS: come applicare le norme CENELEC
- Esperto telecomunicazioni ferroviarie
- Installatore TLC telecomunicazioni ferroviarie
- Esperto in trazione elettrica linea di contatto
- Impianti elettrici ferroviari (LFM) Progettazione e messa in opera
- 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
- Sistemi gestione sicurezza - Valutazione del rischio - Manutenzione
- Esperto ponti e viadotti: progetto e costruzione
- Ingegnere del veicolo ferroviario
- Gestione e controllo dei veicoli ferroviari Sistema di controllo e TCMS
- Esperto ECM dei veicoli ferroviari: locomotive, materiale passeggeri, carri, mezzi d'opera
- Intelligenza artificiale applicata ai trasporti

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
- Strategie e pratiche per vincere gare nel settore ferroviario internazionale
- Direzione lavori negli appalti di ferrovie
- RUP ferroviario e supporto al RUP
- Subappalto ferroviario
- Computo metrico ferroviario e contabilità Lavori
- Modifiche e varianti, appalti di ferrovie e impianti fissi con D. Lgs 50/2016
- Modifiche e varianti in corso d'opera con D. Lgs 36/2023
- Riserve dell'appaltatore
- Collegio Consultivo Tecnico
- Esperto collaudo tecnico amministrativo di ferrovie, strade e impianti fissi

**SCARICA IL
PROGRAMMA
COMPLETO
DEI CORSI**



Via Giovanni Giolitti 46 - 00185 Roma



06 4742987



info@cifiservizi.it

InnoTrans 2026
THE FUTURE OF MOBILITY

HALL 6.1 STAND 455



22 – 25 SEPTEMBER · BERLIN

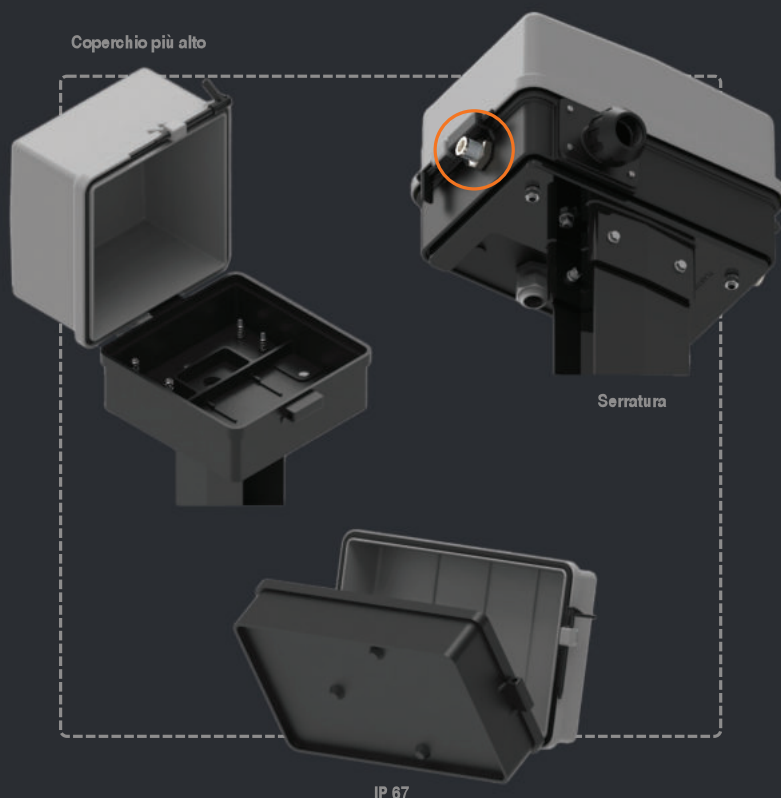


30 YEARS



+39 3486979791 - www.shrail.eu - dt.marketing@databtech.net
[@SHRAIL_DATABASE_TECHNOLOGY](https://www.instagram.com/SHRAIL_DATABASE_TECHNOLOGY)

Coperchio più alto



IP 67

Scopri la nostra gamma completa su www.plastiroma.it

CASSETTE PER DEVIATOI E DI CONTEGNO PER TRASFORMATORI

SOLUZIONI AFFIDABILI
PER L'INFRASTRUTTURA FERROVIARIA

Le nuove cassette personalizzate per deviatori e cassette di contegno trasformatori o ricezione di CDB. Progetto sulle reali esigenze degli installatori.

- COPERCHIO PIU' ALTO**
 Accesso totale e ottimale per avvitare / svitare agevolmente i componenti interni
- GRADO DI PROTEZIONE IP67**
 Ermeticità totale contro polvere e infiltrazioni d'acqua in linea
- SERRATURA DI SICUREZZA**
 Chiusura meccanica integrata per prevenire accessi non autorizzati

PLASTIROMA SRL

Contattaci per una campionatura:
info@plastiroma.it



Giornata del CIFI 2026

STEFANO LEONETTI

Il 26 giugno 2026, presso la Sala Chiostro della Facoltà di Ingegneria dell'università La Sapienza si è svolta la giornata del CIFI organizzata dal Collegio (Fig. 1).

Il Presidente del Collegio Ing. Gianpiero STRISCIUGLIO per impegni istituzionali del Gruppo FSI non ha potuto prendere parte alla manifestazione, il Segretario Generale del CIFI, Ing. Valerio GIOVINE ha dato il benvenuto ai convenuti, ringraziato il Prof. Carlo Massimo CASCIOLA Preside

della Facoltà di Ingegneria Civile ed Industriale, per aver ospitato l'Evento e passato la parola per un suo breve saluto.

L'Ing. Valerio GIOVINE ha dato inizio alla cerimonia con la premiazione ai Soci che hanno raggiunto i 40 anni di associazione (Fig. 2) ed è stato dedicato un orologio personalizzato.

Periodo di Associazione 1986/2026

I soci presenti erano: Valter Di MARIO e Guido PAOLUCCI.

I soci che non erano presenti: Giuseppe BUCCA, Giovanni DI MANICI, Ernesto MORELLI, Roberto SEGHINI e Sergio VIGANÒ.

BORSE DI STUDIO CONSEGNATE:

L'Ing. Matteo TRIGLIA Presidente della Commissione Borse di Studio e Presidente della Società Controllata del Collegio CIFI Servizi, ha consegnato il premio ai vincitori (Fig. 3).



Figura 1 – Saluto di Benvenuto del Preside di Facoltà, del Segretario Generale e il Presidente della Commissione Borse di Studio.

A - Borsa di studio PLASSER di € 1.000,00, per la migliore Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria o Specialistica in Ingegneria su argomento attinente alla manutenzione dell'infrastruttura ferroviaria, è stato assegnato il premio al:

Dott. Ing. Alessandro CHEMELLO, per la Tesi di Laurea dal titolo:

"Evoluzione tecnologica della manutenzione ferroviaria: ipotesi di utilizzo del sistema rinalzata idraulica come strumento di diagnostica della massicciata"

B - Borsa di studio CARUSO di € 1.000,00, per la migliore Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria o Specialistica in Ingegneria su argomento attinente al Sistema Intermodale Merci e Logistico Italiano, è stato assegnato il premio in ex aequo a:

- Dott.ssa Ing. Camilla DI BIASI, per la Tesi di Laurea dal titolo:

"Analisi del mercato potenziale e degli impatti trasportistici del nuovo terminal intermodale dell'Interporto di Bologna: focus sulla domanda di trasporto"

- Dott.ssa Ing. Chiara DI BIASI, per la Tesi di Laurea dal titolo:

"Analisi del mercato potenziale e

degli impatti trasportistici del nuovo terminal intermodale dell'Interporto di Bologna: focus sull'offerta di trasporto"

C - Borsa di Studio SAFFI di € 1.000,00, per la migliore Tesi di Laurea Magistrale o Specialistica in ingegneria su argomento attinente all'esercizio, all'innovazione e alla manutenzione del materiale rotabile, è stato assegnato il premio al:

- Dott. Ing. Federico TRIPOLI, per la Tesi di Laurea dal titolo:

"simulazione del comportamento dinamico di un veicolo tranviario storico restaurato".

D - Borsa di studio LANCIA di € 2.000,00, per la migliore tesi di laurea Magistrale o Specialistica in ingegneria su argomento attinente inerenti alla circolazione ferroviaria, è stato assegnato il premio al:

- Dott. Ing. Orazio ABBATE, per la Tesi di Laurea dal titolo:

"Modelli di offerta dei servizi sull'infrastruttura ferroviaria nazionale. Analisi di orari in Sicilia finalizzate alla verifica di fattibilità".

E - Borsa di Studio TRENITALIA di € 2.000,00, per la migliore



Figura 2 – Consegna dell'omaggio ai Soci con 40 anni di iscrizione al Collegio presenti alla Cerimonia.

Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria o Specialistica in Ingegneria su argomento attinente alla Progettazione Dei Servizi di Trasporto Ferroviario, è stato assegnato il premio al:

- Dott. Ing. Gianluca ELIOS POVOLATO, per la Tesi di Laurea dal titolo:

"Creazione di un modello di simulatore modulare per treni a batteria".

F - Borse di Studio ANSFISA di € 1.500,00, per la migliore Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria o Specialistica in Ingegneria su argomento attinente alla Diagnostica dei Sistemi Ferroviari per la Sicurezza, è stato assegnato il premio al:

- Dott. Ing. Hoxha ENKELED, per la Tesi di Laurea dal titolo:

"Identification of Wheel Flat Defects via Axle Box Accelerations: Experimental Field Test on a Railway Circuit".

G - Borsa di Studio CIFI di € 2.000,00, per la migliore tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria o Specialistica in Ingegneria su argomento attinente agli aspetti gestionali ed economici del sistema ferroviario, è stato assegnato il premio al:

- Dott.ssa Ing. Chiara IANNUZZI, per la Tesi di Laurea dal titolo:



Figura 3 – Foto dei vincitori delle Borse di Studio.



Figura 4 – Consegna del Premio ai due vincitori del Viaggio a Innotrans Berlin 2026.

“Analisi dell’impatto dei servizi ferroviari Alta Velocità sugli spostamenti pendolari”.

Il Dott. Pier Goffredo RONCHI (Fig. 4), Direttore Generale della de-

legazione Ufficiale MESSE BERLIN in Italia, organizzatore dell’Evento INNOTRANS 2026 ha consegnato a Adriano GUERRIERI e Flavia VITTORI, il Premio “Inno Trans Career Award 2026 Ospitalità Completa” per la loro partecipazione alle attività a Berlino.

PREMIAZIONE ARTICOLI

Premi assegnati agli autori dei migliori articoli pubblicati sulla Rivista “IF - Ingegneria Ferroviaria” nell’anno 2025, i premi sono stati consegnati dal Direttore Prof. Stefano RICCI (Fig. 5).

- I Premio, assegnato all’articolo:

Ottimizzazione delle risorse per le postazioni DCO tramite regressione lineare multipla e AHP: un approccio data-driven, pubblicato sul n. 5/2025 – Autori: Luigi ELIA – Roberto STUFANO – Mario TARTAGLIA.

- II Premio, assegnato all’articolo:

Rappresentazione fisica ed analitica dell’intervento di consolidamento nella frana detta “Busto del Cristo (Perarolo e Valle di Cadore, Belluno), pubblicato sul n. 12/2025 – Autori: Armando MAMMINO – Lorenzo CADROBBI – Luigi TONON.

- III Premio, assegnato all’articolo:



Figura 5 – Consegna del I° Premio per i migliori articoli pubblicati sulla rivista Ingegneria Ferroviaria, anno 2025.

Recupero di energia nelle ferrovie regionali a singolo binario, pubblicato sul n. 3/2025 – Autore: Valter DI MARIO – Riccardo LICCIARDELLO – Gabriele MALAVASI – Luca RIZZETTO – Angelo RUFINO – PIETRO VITALI.

In occasione del 80° anniversario della rivista “Ingegneria Ferroviaria” è stato premiato come autore con più articoli pubblicati negli ultimi dieci anni il Prof. Gabriele MALAVASI (Fig. 6)

Premi assegnati agli autori dei migliori articoli pubblicati sulla Rivista “La Tecnica Professionale” nell’anno 2025, i premi sono stati consegnati dal Direttore Ing. Domenico SCIDA (Fig. 7)

- *Quanto può essere eccezionale un trasporto ferroviario?* pubblicato sul n. 2/2025 - Autori: Riccardo BRANCHETTI – Lorenzo PISCIOITTO.
- *Raccolta di Articoli sul circuito dinamico RFI di Bologna San Donato e i Laboratori dell’Istituto Sperimentale*, pubblicato sul n. 2/2025 e sul n. 3/2025 – Autori: Fabio SENESI – Assunta NAPOLITANO – Gino CARBONI – Luca RICCIARDI – Annalisa SURIANO.



Figura 6 – Consegna al Premiato per il maggior numero di articoli scritti nel periodo 2016-2025, in occasione degli 80 anni della rivista Ingegneria Ferroviaria.



Figura 7 – Consegna del Premio agli Autori di uno dei migliori articoli pubblicati sulla rivista La Tecnica Professionale, anno 2025.

- **L'idrogeno. Le tecnologie e l'utilizzo per il trasporto ferroviario**, pubblicato sul n. 5/2025 – Autori: STEFANO GERVASINI – ALESSANDRO DONNARUMMA.
- **Sperimentazione del sistema di controllo di accettazione informatizzato del calcestruzzo**, pubblicato sul n. 1/2025 – Autori: GIORGIO ESTRAFALLACES – GIANMARCO BOSCO – GIUSEPPE VIOLO – CLARISSA DE BALSÌ.
- **Rubrica "Equipaggi"**, pubblicata per tutta l'annualità 2025, Autori: LUCA MARIA GRANIERI – MARIANGELA GENTILE – FEDERICA ROSSI – ANTONELLA GENOESE – GIOVANNI DRAGO.

Alla fine della cerimonia si è svolto un breve intrattenimento musicale, condotto con la partecipazione della Ensemble vocale "D'Ode Cantori", diretto da Marzio MONTEBELLO: brevi madrigali del XVI secolo (Fig. 8).



Figura 8 – Intrattenimento musicale condotto dall'Ensemble vocale "D'Ode Cantori".

Notizie dall'interno

Massimiliano BRUNER

TRASPORTI SU ROTAIA

Emilia Romagna: FER ottiene il rinnovo dell'autorizzazione di ANSFISA

Con l'Autorizzazione di Sicurezza e i Certificati di Idoneità all'esercizio ferroviario, ottenuti dall'Agenzia Nazionale per Sicurezza delle Ferrovie e delle Infrastrutture Stradali e Autostradali (ANSFISA), FER raggiunge anche un riconoscimento degli impegni presi in tema di gestione delle procedure di sicurezza ferroviaria. Per la prima volta, inoltre, il giudizio sulla policy interna di Ferrovie dell'Emilia-Romagna è senza limitazioni, ossia senza alcuna riserva.

L'autorizzazione di sicurezza attesta l'accettazione del sistema di gestione della sicurezza del gestore dell'infrastruttura (SGS) e contiene le procedure e le disposizioni per soddisfare i requisiti necessari per la progettazione, la manutenzione e il funzionamento, in condizioni di sicurezza, dell'infrastruttura ferroviaria - compresi la manutenzione e il funzionamento del sistema di controllo del traffico e di segnalamento.

L'Autorizzazione di Sicurezza e i Certificati di Idoneità all'esercizio ferroviario hanno una durata complessiva di cinque anni, durante i quali l'Agenzia si riserva di effettuare attività ispettive per verificare la corretta esecuzione delle procedure di gestione della sicurezza dichiarate in sede di presentazione dell'istanza.

Per l'Amministratore Unico di FER, Ing. G. BENAMATI "con il rinnovo dell'Autorizzazione di Sicurezza sino al 2031, dunque per la massima durata prevista dalla vigente normativa, FER coglie un importante risultato strategico anche grazie al continuo e proficuo impegno e confronto da parte della struttura tecnica della società con l'Agenzia".

La società continua il suo impegno nell'ammodernamento della rete di proprietà regionale con investimenti mirati all'attrezzaggio con SCMT (Sistema di Controllo Marcia Treno) - che automatizza il traffico ferroviario riducendo il rischio di errore umano; con la progressiva eliminazione di passaggi a livello; con l'attività di manutenzione, che ha conosciuto un upgrade grazie all'utilizzo del mezzo diagnostico; e con la

preventiva attenzione nella formazione e nella gestione del personale.

Per il Direttore Generale di FER, Ing. M. DEL PRETE "questo traguardo non farà venir meno l'impegno di FER nel perseguire un miglioramento continuo nella gestione in sicurezza dell'esercizio ferroviario, ma sarà uno stimolo a raggiungere nuovi obiettivi sempre più sfidanti in termini di sicurezza e qualità del servizio" (Da: *Comunicato Stampa FER*, 3 luglio 2026).

Lazio: Guidonia Montecelio, attivata la nuova stazione

Con l'attivazione della nuova stazione di Guidonia Montecelio (Fig. 1) si compie un ulteriore e significativo passo nel percorso di potenziamento dell'itinerario ferroviario Roma-Pescara. A meno di un anno dal completamento della Fase 1, è stata infatti portata a termine anche la Fase 2 del raddoppio della linea Lunghezza-Guidonia, confermando l'avanzamento concreto di un'opera strategica per il territorio.

Il risultato raggiunto è frutto di un percorso articolato che ha preso avvio dalla progettazione esecutiva, curata da FS Engineering per la componente Opere Civili, ed è proseguito con la fase realizzativa sotto la supervisione della Direzione Lavori, in costante sinergia con gli appaltatori dei contratti coinvolti.

La nuova infrastruttura rappresenta un tassello fondamentale nel processo di ammodernamento della rete ferroviaria e di valorizzazione



(Fonte: FS Engineering Gruppo FSI)

Figura 1 – Guidonia Montecelio, attivata la nuova stazione, un nuovo passo per la mobilità sostenibile del centro Italia.

della mobilità sostenibile nel centro Italia, dando continuità al raddoppio già realizzato nel tratto Tiburtina–Prenestina–Lunghezza e proseguendo fino alla nuova stazione di Guidonia. In questo modo, il territorio può contare su una stazione moderna, accessibile e funzionale, dotata di un ampio parcheggio e progettata secondo elevati standard architettonici, in grado di rispondere alle esigenze di una città in crescita e dei numerosi viaggiatori che quotidianamente si spostano verso la Capitale e le aree limitrofe.

La stazione si compone di quattro binari di corsa elettrificati, serviti da marciapiedi attrezzati con pensiline e ascensori, e di due tronchini non elettrificati. Il Fabbricato Viaggiatori, vero punto di accesso alla nuova infrastruttura, è stato concepito secondo criteri di sostenibilità, qualità architettonica e comfort per l'utenza, includendo anche un'area destinata a servizio bar. A supporto dell'intermodalità, sono stati realizzati un ampio parcheggio per auto e bus e un articolato sistema di viabilità di accesso. Completa l'intervento un bacino di laminazione progettato per raccogliere, invasare, laminare e infine infiltrare in falda le portate meteoriche provenienti dalla piattaforma ferroviaria, dalle aree intercluse, dal parcheggio e da parte della viabilità di progetto.

Particolarmente rilevante anche la componente tecnologica dell'opera, che ha previsto l'attivazione dei nuovi sistemi di segnalamento e SCMT, l'adeguamento dell'ACC di Tivoli Terme, la remotizzazione degli apparati al DCO di Roma Termini e l'integrazione della nuova stazione nel sistema di Comando Centralizzato del Traffico della linea FL2 Roma Tiburtina–Marcellina Palombara. L'intervento ha inoltre incluso il potenziamento delle infrastrutture trasmissive in fibra ottica e l'aggiornamento del sistema DOTE. L'entrata in esercizio dei nuovi sistemi ha consentito il completamento degli interventi di armamento, trazione elettrica e sicurezza necessari alla dismissione della precedente stazione di Guidonia Montecelio e alla sua riconfigurazione come piena

linea ferroviaria.

Per la comunità di Guidonia Montecelio, l'attivazione della nuova stazione segna l'ingresso in una dimensione infrastrutturale più evoluta: spazi pensati per migliorare l'esperienza del viaggiatore, maggiore accessibilità, tecnologie avanzate per l'informazione al pubblico, elevati standard di sicurezza e una più efficace integrazione con il tessuto urbano circostante.

La nuova stazione di Guidonia Montecelio non rappresenta soltanto il completamento di una fase progettuale, ma un segnale concreto di attenzione verso il territorio e verso le esigenze quotidiane di cittadini e viaggiatori. Un'infrastruttura pensata per accompagnare la crescita della mobilità regionale, migliorare la qualità degli spostamenti e contribuire alla costruzione di una rete ferroviaria sempre più moderna, efficiente e sostenibile.

Oltre ai benefici in termini di mobilità, la nuova stazione di Guidonia Montecelio ha rappresentato un'importante occasione di approfondimento della conoscenza storica del territorio, portando alla luce significative testimonianze archeologiche che hanno arricchito il quadro conoscitivo dell'area.

Nell'ambito dei lavori, le attività di assistenza archeologica svolte in costante coordinamento con la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per l'Area Metropolitana di Roma e la Provincia di Rieti hanno consentito di recuperare e documentare importanti evidenze della storia locale. Tra queste figurano resti di antichi tracciati viari, impianti produttivi, opere agricole, cave di travertino, necropoli e sepolture, oltre a una porzione di banco di travertino caratterizzata dalla presenza di impronte animali risalenti alla fine del Pleistocene Superiore, della quale è stato realizzato un calco oggi esposto all'interno della stazione (Da: *Comunicato Stampa FS Engineering Gruppo FSI*, 7 luglio 2026).

Toscana: Iris e Marika hanno raggiunto la stazione AV Firenze Belfiore

Le due TBM (*Tunnel Boring Machine*) Iris e Marika (Fig. 2) hanno abbattuto i diaframmi delle due gallerie e raggiunto oggi il camerone della nuova stazione AV di Firenze. Il "break-in" delle due macchine, impegnate nello scavo del Passante AV, segna una delle milestone fondamentali di uno degli interventi infrastrutturali strategici per il potenziamento e il miglioramento della mobilità del



(Fonte: RFI Gruppo FSI)

Figura 2 – La TBM abbatte l'ultimo diaframma completando lo scavo del passante di Firenze.

sistema ferroviario nazionale, per un investimento complessivo di 2,7 miliardi di euro.

All'evento, tenutosi presso il cantiere della stazione AV di Firenze, hanno preso parte il Vicepresidente del Consiglio dei Ministri e Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, M. SALVINI; il Presidente Regione Toscana, E. GIANI; la Sindaca di Firenze, S. FUNARO; il Prefetto di Firenze, F. FERRANDINO; l'AD e DG di Rete Ferroviaria Italiana, A. ISI; l'AD e DG di FS Engineering, D. Lo Bosco e l'AD e DG di Infrarail, P. FIRMI.

Le due TBM, impegnate rispettivamente nello scavo della canna del binario pari e di quella del binario dispari, hanno percorso circa 3 km, ciascuna dal cantiere di Campo di Marte. Con l'ingresso di entrambe nel camerone di stazione, le macchine potranno essere traslate al suo interno, per fasi successive, solo dopo il completamento del solettone di fondazione, la cui realizzazione è in corso per zone differenziate. La ripartenza dello scavo verso nord, per i restanti 2 km di ciascuna galleria, è prevista tra la fine del 2026 e l'inizio del 2027.

Presso il cantiere della stazione AV, realizzata con il metodo di scavo "top-down" (dall'alto verso il basso), prosegue nel frattempo lo scavo di approfondimento del camerone fino alla quota di -25 m dal piano campagna.

Il tratto urbano del nuovo Passante AV si sviluppa per circa 8,35 km, di cui 7 in sotterranea, con due gallerie parallele a una profondità media di circa 20 m e due tratti terminali emergenti: uno a nord, tra le stazioni di Firenze Castello e Firenze Rifredi, e uno a sud, in prossimità di Campo di Marte.

A circa metà tracciato, in zona Belfiore-Macelli, sorgerà la nuova stazione AV: un progetto firmato Foster & Partners e Ove Arup & Partners, lungo circa 450 m e largo 50 m, per un'estensione di circa 45 mila m², posto fino a 25 m sotto il livello stradale. La copertura, in acciaio e vetro, si eleverà per circa 18 m e integrerà

pannelli fotovoltaici, oltre a garantire il controllo ambientale e acustico, l'illuminazione naturale e il ricambio d'aria. Si tratta di una tipologia di stazione interamente nuova per l'Italia: interrata, ma illuminata naturalmente anche ai livelli inferiori grazie alla configurazione verticale dell'opera.

L'opera porterà un miglioramento della regolarità della circolazione del nodo fiorentino, grazie alla separazione dei flussi a lunga percorrenza da quelli regionali e merci, libererà capacità sulla tratta Firenze Rifredi-Firenze Campo di Marte e a Firenze Santa Maria Novella, consentirà l'istituzione di nuovi servizi con fermata nella nuova stazione AV e ridurrà i tempi di percorrenza per i collegamenti AV che oggi fermano a Santa Maria Novella. Il Passante si inserisce inoltre nel corridoio Scandinavo-Mediterraneo della Rete Transeuropea dei Trasporti (TEN-T), a conferma della centralità di Firenze lungo una delle direttrici strategiche per la mobilità europea.

Il valore dell'appalto in corso, affidato al Consorzio Florentia e relativo sia alla stazione sia alle gallerie del Passante, è di circa 1,1 miliardi di euro. Sulla base dell'attuale programmazione, il completamento dei lavori è previsto per la fine del 2029, con attivazione nel corso del 2030.

Il Passante AV di Firenze rientra nel progetto Cantieri Parlanti pro-

mosso dal Gruppo FS, insieme al MIT, per raccontare in modo trasparente lo sviluppo delle infrastrutture strategiche attraverso iniziative pubbliche, infopoint e strumenti informativi dedicati (Da: *Comunicato Stampa RFI Gruppo FS*, 3 luglio 2026).

TRASPORTI URBANI

Campania: il MIT al convegno "Smart roads e mobilità urbana"

Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, attraverso l'Osservatorio tecnico di supporto per le Smart Road e per il veicolo connesso e a guida automatica, ha partecipato al convegno "Smart Roads e Mobilità Urbana", tenutosi a partire dalle 16,30 presso il Chiostro della Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale dell'Università Sapienza di Roma (Fig. 3).

L'evento è stato promosso dalla stessa Facoltà in collaborazione con MOST, il Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile che nell'ambito del PNRR e delle future attività, riunisce università, centri di ricerca, imprese e istituzioni, per lo sviluppo di soluzioni innovative per mobilità sostenibile, infrastrutture intelligenti e veicolo connesso e guida automatizzata.

Sono intervenuti docenti dell'Università Federico II di Napoli, dell'U-



(Fonte: MIT)

Figura 3 – MOST: il ruolo dell'Osservatorio e la certificazione della Tangenziale di Napoli, prima Smart Road in Italia.

niversità di Salerno e della stessa Sapienza di Roma. Partendo dalla recente certificazione della Tangenziale di Napoli come la prima Smart Road italiana ai sensi del Decreto Ministeriale n. 70/2018, gli argomenti trattati hanno spaziato dalla gestione intelligente della mobilità, alla raccolta e condivisione dei dati di traffico e l'interoperabilità tra veicoli e infrastrutture attraverso l'utilizzo di servizi digitali per la gestione del traffico e della sicurezza, elemento fondamentale per definire ed implementare una Smart Road.

A rappresentare il MIT, il Presidente dell'Osservatorio tecnico di supporto per le Smart Road e per il veicolo connesso e a guida automatica, l'Ing. F. BALDONI, che nel suo intervento ha sottolineato il ruolo dell'Osservatorio nello sviluppo della mobilità digitale, quale attore di coordinamento nazionale per garantire che l'innovazione avvenga in modo sicuro, interoperabile e orientato all'interesse pubblico. BALDONI ha evidenziato che per i cittadini questo sviluppo tecnologico consentirà informazioni più tempestive sul traffico, gestione delle emergenze in tempo reale, servizi di mobilità più efficienti. Tutto ciò comporterà nel complesso una maggiore sicurezza stradale. "Le Smart Road – ha concluso BALDONI – consentono infatti di rilevare e comunicare rapidamente situazioni di rischio, favorendo la prevenzione e supportando lo sviluppo della mobilità connessa e automatizzata."

Le tematiche trattate durante il convegno sono state, inoltre, affrontate dal Presidente BALDONI nell'ambito del programma televisivo "Futura", format di approfondimenti sui principali temi della mobilità e dell'innovazione infrastrutturale, nato dalla collaborazione editoriale tra MOST e Urania TV (Da: *Comunicato Stampa MIT*, 7 luglio 2026).

Lazio: ATAC, approvato il Bilancio 2025 e conti in utile per il terzo anno consecutivo

L'Assemblea dei Soci di ATAC S.p.A., riunitasi il 7 luglio 2026, ha

approvato il Bilancio di esercizio chiuso al 31 dicembre 2025.

I risultati confermano il percorso di consolidamento economico e industriale dell'Azienda, evidenziando un miglioramento dei principali indicatori economici, finanziari e operativi e rafforzando le condizioni necessarie per sostenere gli investimenti previsti dal Piano Strategico Operativo.

Il Valore della Produzione supera il miliardo di euro, attestandosi a 1,023 miliardi, con un incremento del 7% rispetto al 2024 (+67,3 milioni di euro).

Particolarmente significativo è il risultato del Margine Operativo Lordo (EBITDA), che raggiunge 131,8 milioni di euro, in crescita del 20,5% rispetto all'anno precedente. Si tratta dell'indicatore che misura la capacità dell'azienda di generare valore attraverso la propria attività caratteristica e che conferma il rafforzamento della gestione operativa e il consolidamento del percorso di crescita avviato negli ultimi anni.

Il Bilancio si chiude inoltre con un utile netto positivo di 331 mila euro, che, come deliberato dall'Assemblea, sarà destinato in parte alla riserva legale e per la parte restante alla distribuzione al socio Roma Capitale.

Anche sotto il profilo patrimoniale e finanziario i risultati evidenziano una situazione di grande equilibrio.

La Posizione Finanziaria Netta rimane positiva per oltre 101 milioni di euro, consentendo all'Azienda di sostenere un piano di investimenti che nel solo 2025 ha quasi raggiunto i 200 milioni di euro se si considerano anche gli interventi sulle infrastrutture commissionati da Roma Capitale (23 milioni di euro).

Il Patrimonio Netto si attesta a 485,7 milioni di euro, confermando la solidità della struttura patrimoniale.

I risultati economici sono accompagnati da un miglioramento delle principali performance operative.

Nel corso del 2025 ATAC ha prodotto 147,3 milioni di vetture/chilometro, con una crescita superiore al 7% rispetto all'anno precedente, a

conferma dell'incremento dell'offerta di trasporto per cittadini e visitatori.

Prosegue anche il recupero della domanda. È stato venduto un volume di oltre 104 milioni di titoli di viaggio, quindi biglietti e abbonamenti, con un incremento dell'8,8% rispetto al 2024. A trainare la crescita sono stati soprattutto: i biglietti ordinari (+15,3%), i titoli dedicati ai turisti (+9,8%).

Continua inoltre il processo di digitalizzazione dei servizi: quasi un acquisto su tre (28,9%) avviene ormai attraverso canali digitali o sistemi contactless Tap&Go, canale privilegiato dai clienti che da solo ha generato la vendita del 50% dei biglietti, rendendo più semplice e veloce l'accesso al trasporto pubblico.

Il rafforzamento dei servizi è stato accompagnato da un importante investimento sulle risorse umane.

Nel corso del 2025 ATAC ha effettuato 566 assunzioni, inserendo 463 nuovi conducenti e 80 ulteriori figure operative e 23 figure manageriali e tecniche, fondamentali per sostenere l'incremento dell'offerta di trasporto e garantire la continuità del servizio.

L'organico aziendale si mantiene stabile intorno alle 10.200 persone, che rappresentano il principale patrimonio dell'Azienda.

I risultati approvati confermano il percorso di rilancio industriale di ATAC e la capacità di mettere a terra i processi già avviati, dal rinnovo delle flotte alla digitalizzazione dei servizi, dagli investimenti sulle infrastrutture alla sostenibilità ambientale in un'ottica di miglioramento continuo della qualità del servizio offerto a cittadini e turisti.

L'approvazione del Bilancio economico anticipa, peraltro, la presentazione del primo Bilancio di Sostenibilità che il Consiglio d'Amministrazione dell'azienda esaminerà il prossimo 29 luglio. Si tratta di un bilancio "volontario" di ATAC (l'obbligatorietà è prevista a partire dal prossimo anno) a conferma dell'impegno che l'Azienda sta mettendo in questi anni di trasformazione, nel rendicontare non solo i risultati economici,

ma anche il valore ambientale, sociale e di governance generato per la città (Da: *Comunicato Stampa ATAC Roma*, 8 luglio 2026).

TRASPORTI INTERMODALI

Lombardia: Hannibal amplia i collegamenti con il Nord Europa

Hannibal – il *Multimodal Transport Operator* del Gruppo Contship – prosegue nell’espansione della propria rete intermodale in Europa annunciando il lancio di un nuovo collegamento tra il terminal inland del Gruppo di Melzo – RHM, Rail Hub Milano – e il terminal Europoort Rotterdam, uno dei più importanti snodi logistici per la supply internazionale e piattaforma ferroviaria e marittima altamente integrata. La combinazione di collegamenti ferroviari, servizi *short sea* e connessioni *deep sea*, fa di Europoort Rotterdam un hub multimodale di primaria importanza per l’accesso ai principali corridoi logistici europei e consente di gestire flussi containerizzati e convenzionali, fungendo da punto di consolidamento e distribuzione per i traffici diretti verso il Benelux, la Germania, il Regno Unito e i principali mercati del Nord Europa.

Il Gruppo completa così la copertura operativa dei terminal del porto di Rotterdam, dove Contship, attraverso la società Hannibal, è attivo capillarmente su tutte le principali infrastrutture: Moerdijk, RSC, Botlek e infine Europoort.

Questa configurazione consente di offrire ai clienti una più ampia diversificazione delle connessioni disponibili per i servizi di rilancio verso il Regno Unito e la Scandinavia, consolidando il ruolo di Hannibal e di RHM come *gateway* ferroviario verso il Nord Europa. La nuova connessione, attiva dall’8 luglio, garantisce inoltre maggiore flessibilità operativa grazie alla disponibilità di soluzioni sia lo-lo (lift-on/lift-off) sia ro-ro (roll-on/roll-off), integrando differenti esigenze di trasporto per tutti i caricatori europei.



(Fonte: ContShip Italia)

Figura 4 – Con l’avvio del nuovo servizio, le circolazioni ferroviarie settimanali tra Melzo e l’Olanda passano a 36, confermando l’impegno di Hannibal nel potenziamento dei corridoi intermodali europei e nel fornire soluzioni logistiche sempre più efficienti, affidabili e sostenibili.

Il collegamento, destinato a semi-trailer, container e casse mobili – sarà gestito come uno shuttle ferroviario aperto (Fig. 4). Con 6 treni settimanali, potrà trasportare fino a 38 unità di carico. Nel dettaglio, le partenze dall’Italia sono previste nei giorni di lunedì, mercoledì e venerdì da Melzo e martedì, giovedì e domenica da Europoort, con un *transit time* di circa 24 ore. Una connessione che prevede una partnership con l’operatore SBB, a cui è affidata la trazione del treno.

L’espansione del network si inserisce in un più ampio percorso di sviluppo: il Gruppo è infatti a lavoro su nuovi progetti che prenderanno forma nei prossimi mesi, con l’obiettivo di consolidare e ampliare ulteriormente la propria rete di connessioni ferroviarie. Una direzione che riflette la strategia di crescita del Gruppo Contship, orientata a investire nell’intermodalità come leva fondamentale per un trasporto merci sempre più integrato e competitivo (Da: *Comunicato Stampa ContShip Italia*, 3 luglio 2026).

Nazionale: Progetto “CROSS-CONNECT”

Nel contesto dell’Adriatic Sea Forum (Venezia), si è tenuta la presen-

tazione del progetto CROSS-CONNECT, finalizzato all’integrazione gestionale tra trasporto marittimo, aereo e urbano nell’area adriatica e finanziato dal Programma Interreg Italia-Croazia 2021-2027, del quale la Regione del Veneto è Autorità di Gestione.

I partner coinvolti nel progetto – i porti di Venezia, Bari-Brindisi, Pola e Dubrovnik, gli aeroporti di Venezia e Dubrovnik, le aziende di trasporto urbano di Bari-Brindisi e Pola – hanno illustrato il documento “*Strategic Roadmap – The Framework of Innovative Intermodal Connections Between Ports and the Hinterland*” e le soluzioni sperimentate di mobilità integrata e sostenibile con le relative pianificazioni e governance.

Gli otto partner si sono concentrati sulle aree metropolitane di pertinenza (Venezia, Bari-Brindisi, Pola, Dubrovnik), contribuendo ciascuno agli obiettivi generali con una metodologia implementata e testata sulle realtà del territorio in cui insistono le loro attività.

L’incontro si è concluso con la firma di un *Memorandum of Understanding* da parte dei partner, a testimonianza della volontà di proseguire la collaborazione oltre la fase sperimentale, passando all’applicazione di

quanto elaborato e a soluzioni da proporre e esportare anche in altre realtà omogenee per attività e servizi.

- Il progetto pilota Fly & Cruise di Porto e Aeroporto di Venezia

Tra le iniziative più innovative sviluppate da CROSS-CONNECT rientra il progetto pilota realizzato nell'area veneziana grazie alla collaborazione tra Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Settentrionale e SAVE, società di gestione dell'Aeroporto Marco Polo di Venezia.

Il progetto si concentra sull'intermodalità tra trasporto aereo e marittimo, promuovendo una maggiore integrazione tra porto e aeroporto attraverso soluzioni organizzative, tecnologiche e operative, in un'ottica di accrescimento dell'efficienza e la qualità dei servizi offerti ai passeggeri.

L'oggetto specifico dello studio è la gestione fluida dei bagagli dei passeggeri crocieristi e delle procedure di viaggio. In questo modello, i passeggeri possono registrare i bagagli direttamente in aeroporto e riceverli a bordo della nave da crociera, oppure effettuare le procedure di check-in al porto e ritirare i bagagli all'aeroporto di destinazione finale. Il sistema elimina pertanto la duplicazione delle operazioni di gestione dei bagagli e semplifica il trasferimento tra le diverse modalità di trasporto.

Grazie al supporto finanziario del progetto, oltre che alla segnaletica speciale per guidare i passeggeri nel percorso Fly & Cruise, sono state acquistate nuove attrezzature, quale un sistema in tempo reale per visualizzare su pannelli LED le informazioni su orari di navi, voli e note di traffico, due postazioni dedicate di check-in indoor completamente attrezzate e montate in porto, nonché sono state rafforzate alcune dotazioni per la sicurezza, con l'acquisizione di un macchinario ETD di rilevamento di tracce di esplosivi e l'installazione di telecamere di ultima generazione, inserite nel sistema di videosorveglianza SAFE a Porto Marghera.

Visto il buon esito del test effettuato in aprile, in occasione del quale alcuni passeggeri per la prima volta

hanno potuto effettuare il check-in aeroportuale nella sala arrivi del terminal di Venezia-Fusina, l'iniziativa ha il potenziale per diventare un modello replicabile in altre realtà per future soluzioni di trasporto intermodale.

La buona riuscita è stata possibile anche grazie al costante supporto di tutti gli attori istituzionali coinvolti nel processo, quali l'Agenzia delle Dogane e dei Monopoli, la Capitaneria di Porto, l'Ente Nazionale dell'Aviazione Civile, la Guardia di Finanza e la Polizia di Frontiera, e anche degli *stakeholder* privati, quali Venice Terminal Passeggeri Spa, gli Handler bagagli, le compagnie aeree e crociere, nonché le agenzie marittime.

- Il progetto pilota di Brindisi

L'azione pilota, che vede cooperare l'ADSP del Mare Adriatico Meridionale e la società di trasporto STP Brindisi Spa, ha l'obiettivo di migliorare la connettività intermodale tra il Porto di Brindisi, il centro città e i principali nodi di trasporto attraverso infrastrutture intelligenti, sistemi informativi in tempo reale e una migliore gestione dei flussi passeggeri. Prevede l'adozione di sistemi che forniscono a passeggeri e turisti informazioni in tempo reale su collegamenti marittimi (traghetto e crociere) e trasporto pubblico locale, facilitando gli spostamenti tra le diverse modalità di trasporto.

- Il progetto pilota di Pola

Realizzato congiuntamente dall'Autorità Portuale Regionale di Pola e dall'azienda di trasporto pubblico Pula-promet d.o.o, il progetto ha l'obiettivo di migliorare i collegamenti di trasporto sostenibili e integrati tra il porto, la stazione principale degli autobus, la stazione ferroviaria, il centro città e l'ospedale, con conseguente riduzione di emissioni di CO₂.

Lo studio include la creazione di una nuova linea di autobus elettrico, la costruzione di una nuova fermata, l'installazione di una biglietteria automatica e di una stazione di ricarica per veicoli elettrici, oltre all'installazione di contenitori per la raccolta dei rifiuti con compattazione alimen-

tata da energia solare nei pressi del terminal dei catamarani.

- Il progetto pilota di Dubrovnik

Sviluppato congiuntamente da Dubrovnik Airport e dalla Dubrovnik Port Authority, il progetto si focalizza sul miglioramento dell'integrazione delle informazioni ai passeggeri tra aeroporto e porto e alla riduzione dell'impronta di carbonio associata ai trasporti.

L'intervento ha sviluppato uno strumento ICT condiviso, che integra gli orari dell'aeroporto, del porto e del trasporto pubblico, con l'obiettivo di ottimizzare i flussi di passeggeri e favorire l'intermodalità. L'applicazione web fornisce indicazioni di viaggio, informazioni sui voli in tempo reale tramite collegamento API con l'aeroporto di Dubrovnik e dati aggiornati sul traffico e sui tempi di percorrenza grazie all'integrazione con i servizi Google.

Per promuovere una mobilità più sostenibile, entrambi i partner hanno introdotto veicoli e attrezzature elettriche. L'aeroporto di Dubrovnik ha acquistato un trattore elettrico per il traino dei bagagli e biciclette elettriche destinate alle attività operative quotidiane. L'Autorità Portuale di Dubrovnik ha invece introdotto golf cart elettrici con rimorchio per il trasporto dei passeggeri all'interno dell'area portuale, collegando il punto di arrivo delle navi da crociera alle aree di imbarco (Da: *Comunicato Stampa Autorità del Sistema Portuale del Mare Adriatico Settentrionale Porti di Venezia e Chioggia*, 26 giugno 2026).

INDUSTRIA

Nazionale: DONNARUMMA rassegna le dimissioni da AD e DG

Il Consiglio di Amministrazione di Ferrovie dello Stato Italiane, riunitosi in data odierna, ha preso atto delle dimissioni di S. A. DONNARUMMA dalla carica di AD e DG del Gruppo.

Il Presidente T. TANZILLI, a nome di tutto il Consiglio, ha espresso il proprio ringraziamento a Stefano A. DONNARUMMA per il lavoro svolto alla guida del Gruppo FS Italiane, riconoscendone l'impegno, la professionalità e il contributo assicurati nel perseguimento degli obiettivi strategici dell'azienda e nello sviluppo dei principali programmi industriali.

Il Consiglio di Amministrazione provvederà ad avviare le procedure previste per assicurare la piena continuità della governance e delle attività del Gruppo, nel rispetto delle disposizioni statutarie e normative vigenti.

Il Gruppo FS Italiane conferma il proprio impegno nella realizzazione del Piano Industriale, garantendo continuità operativa, efficienza gestionale e piena attuazione dei programmi di investimento a servizio della mobilità del Paese (Da: *Comunicato Stampa Gruppo FSI*, 30 giugno 2026).

Nazionale: indice della produzione dell'industria automotive italiana ancora in crescita a maggio: +16,1%

A maggio 2026, secondo i dati ISTAT, l'indice della produzione dell'industria automotive italiana nel suo insieme (Codice Ateco 29: fabbricazione di autoveicoli, fabbricazione di carrozzerie autoveicoli, rimorchi e semirimorchi e fabbricazione di parti e accessori per autoveicoli e loro motori (esclusi pneumatici) registra una crescita del 16,1% rispetto a maggio 2025, mentre nei primi cinque mesi del 2026 aumenta del 16%.

Guardando ai singoli comparti produttivi del settore, l'indice della fabbricazione di autoveicoli (per "autoveicoli" si intendono le autovetture e i veicoli commerciali leggeri e pesanti) (codice Ateco 29.1) registra una variazione tendenziale positiva del 27,8% a maggio e del 25,5% nei primi cinque mesi del 2026 rispetto allo stesso periodo del 2025; quello della fabbricazione di carrozzerie per autoveicoli, rimorchi e semirimorchi (codice Ateco 29.2), invece, inverte la tendenza con una lieve crescita, dell'1,3%, nel mese,

ma resta in calo del 6,1% nel cumulo; infine, quello della fabbricazione di parti e accessori per autoveicoli e loro motori (Codice Ateco 29.3, non include pneumatici) aumenta del 3,4% a maggio e del 4,9% nel periodo gennaio-maggio 2026.

Secondo i dati preliminari di ANFIA, la produzione domestica delle sole autovetture a maggio 2026 ammonta a circa 29.000 unità, in aumento del 22,7% rispetto a maggio 2025. Nel cumulo dei cinque mesi, il totale delle autovetture prodotte si attesta a 139.046, il 26,9% in più rispetto a gennaio-maggio 2025.

Il fatturato dell'industria in senso stretto (escluso il comparto Costruzioni) registra un incremento del 6,6% ad aprile 2026, ultimo dato disponibile (+6,9% sul mercato interno e +6,2% sui mercati esteri) e chiude i primi quattro mesi dell'anno a +2,8% (+2,9% il mercato interno e +2,7% i mercati esteri).

A gennaio-marzo 2026 (ultimo dato disponibile), l'export di autoveicoli (autovetture e veicoli industriali nuovi) dall'Italia vale 4,23 miliardi di euro, mentre l'import vale 10,58 miliardi di euro. La Germania rappresenta, in valore, il primo Paese di destinazione dell'export di autoveicoli dall'Italia, con una quota del 17,6%, seguita da Stati Uniti (15%) e Francia (12,2%).

Nello stesso periodo, l'export della componentistica automotive vale 6,37 miliardi di euro, con un saldo positivo di 1,58 miliardi.

Il fatturato (dati grezzi; i dati aggiornati a maggio saranno pubblicati da Istat il 29 luglio 2026) del settore automotive nel suo complesso inverte nuovamente la tendenza e presenta un rialzo del 12,6% ad aprile (ultimo dato disponibile), con una componente interna in crescita del 18,1% e una componente estera a +8,4%.

Nel primo quadrimestre 2025, il fatturato aumenta invece del 6,9% (+10,9% il fatturato interno e +3,9% quello estero).

Infine, il fatturato delle parti e accessori per autoveicoli e loro motori presenta una variazione tendenziale

positiva dell'8,1% ad aprile (+11,9% la componente interna e +5,2% la componente estera). Nel periodo gennaio-aprile 2026, l'indice del fatturato di questo comparto registra un incremento del 2,2%, con una lieve crescita, dello 0,4%, della componente interna, mentre la componente estera chiude a +3,7% (Da: *Comunicato Stampa ANFIA*, 10 luglio 2026).

VARIE

In Biblioteca al CIFI: "LA MANUTENZIONE DELLA INFRASTRUTTURA - Il Gestore Infrastrutture: dall'Asset Management alla gestione dei beni fisici"

Nella letteratura mondiale e nazionale troviamo molti testi che illustrano le principali tecniche che concorrono al miglioramento della manutenzione, nella scelta delle attività manutentive e nella loro programmazione.

Questo testo (Fig. 5) raccoglie le differenti tecniche manutentive e le ottimizza nelle diverse fasi della gestione; si prefigge l'obiettivo di delineare le diverse attività che occorre elaborare per garantire al Gestore di Infrastrutture Pubbliche di assicurare la disponibilità in sicurezza dei beni avuti in concessione da un proprietario, normalmente, pubblico.

La tipologia del Gestore Infrastruttura (GI) può essere diversa, c'è chi con la liberalizzazione del trasporto si trova a "vendere" l'infrastruttura a un'altra società soggetta alle regole del mercato, oppure chi ancora ha, nel suo interno, anche la struttura di trasporto.

L'evoluzione legislativa oggi ha regolamentato tutti questi GI che troveranno nel libro le diverse attività che compongono il processo di gestione dei beni fisici, organizzati in una logica, scaturita da esperienza nazionale e internazionale, che mette in luce nelle diverse fasi, i tecnicismi più evoluti in linea con le principali norme di riferimento come "buone pratiche".

Il testo ha un primo scopo di ele-



(Fonte: CIFI)

Figura 5 – La copertina del volume, edito da CIFI.

vare la cultura di gestione dei beni in società ad alto contenuto infrastrutturale, in tutti i livelli aziendali, in quanto la gestione dei beni fisici è una attività che ha interazioni con diversi sistemi di gestione della società ed in particolare presenta attività ad alto “contenuto umano”. Una volta acquisita la consapevolezza culturale, si possono trovare spunti per migliorare le diverse fasi dell'intero processo per cercare la maturità dei diversi processi.

Il testo è quindi utile a tutti i “Gestori Infrastruttura”, al fine di sapere cosa occorre per migliorare le proprie attività sotto i diversi aspetti di disponibilità, sicurezza e costi.

Il testo è utile ai “Fornitori” per conoscere il GI e cosa può essere utile nelle diverse attività, sapendo che qualsiasi prodotto fornito, che non incide alla disponibilità, sicurezza e/o

particolare per il Sistema di Gestione della Manutenzione, come elemento fondamentale per la giusta conservazione dei beni fisici.

Nella parte seconda vengono approfonditi tutte le “conoscenze” che deve avere un Gestore Infrastruttura, per potere assicurare una integrazione delle attività, tenendo presente l'intero ciclo di vita dei beni garantendo una prospettiva sistemica, quindi attività non fini a se stesse. Questa visione sistemica si ottiene organizzando le diverse fasi del processo in una ottica “asset centrica”, non perdendo di vista l'obiettivo del gestore di rendere disponibile, in sicurezza, al minor costo l'infrastruttura.

Nella terza parte, dopo avere indicato alcuni dei principi dei “sistemi decisionali” a supporto delle diverse attività di gestione, si passa ad

costo è superfluo, in quanto non porta nessun miglioramento della attività e quindi non aiuta la “maturità” del processo.

Il testo è organizzato in quattro parti.

La prima parte ha lo scopo di introdurre la conoscenza del Sistema di Gestione della Manutenzione partendo dai principi di “Asset Management”, come norma internazionale, per supportare l'intero sistema di gestione delle diverse tipologie di beni garantendo “il buon governo” (governance) dei beni in concessione. La parte si conclude con i principi e le norme per la gestione dei beni fisici in

esporre i principi che partendo dalla pianificazione arriva alla emissione dei documenti di lavoro. Successivamente si riportano le principali attività che garantiscono il monitoraggio, definendo i principali indici di andamento (KPI), fino al miglioramento continuo.

La quarta parte riporta una elencazione dei principali testi che permettono un approfondimento dei tecnicismi che supportano le diverse attività elencate in precedenza (Da: *Commento Cortesia Ing. G. P. Pavirani*, ricevuto dalla Redazione di IF in data 26 giugno 2026, Info su www.cifi.it, prezzo euro 38,50, categoria prodotto: libri, testi generali di formazione e aggiornamento).

Nazionale: MIT e FS Italiane, focus su cantieri e piano estate 2026, massima attenzione ai passeggeri

Stato di avanzamento dei principali interventi infrastrutturali, completamento degli obiettivi PNRR e azioni per migliorare la qualità del servizio durante l'estate 2026.

Questi i temi al centro dell'incontro che si è svolto al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti tra il Vicepresidente del Consiglio dei Ministri e Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, M. SALVINI, e l'AD e DG del Gruppo FS Italiane, S.A. DONNARUMMA, alla presenza dei vertici delle principali società operative del Gruppo.

Nel corso della riunione è stato fatto il punto sullo stato di avanzamento degli investimenti e degli interventi infrastrutturali in corso, con particolare attenzione al programma dei cantieri che accompagnerà l'estate 2026 e alle misure predisposte per limitare gli impatti sulla mobilità dei cittadini. I temi affrontati hanno riguardato l'avanzamento degli interventi finanziati dal PNRR, l'evoluzione del modello di gestione dei cantieri, l'andamento della puntualità del servizio ferroviario e il Piano Estate 2026.

È stato evidenziato come il Gruppo FS stia affrontando una fase senza precedenti per volume di in-

vestimenti e numero di opere in realizzazione. Nel corso del 2026 sono attivi circa 1.300 cantieri sull'intera rete nazionale e verranno raggiunti tutti gli obiettivi previsti dal PNRR, con il conseguimento del 100% delle milestone e dei target programmati. La priorità condivisa resta quella di conciliare la realizzazione delle opere con la continuità del servizio e con la tutela della qualità dell'esperienza di viaggio.

Particolare attenzione è stata dedicata al Piano Estate 2026, costruito sulla base dell'esperienza maturata lo scorso anno e finalizzato a ridurre al minimo i disagi per i passeggeri attraverso un forte coordinamento tra RFI, Trenitalia e ANAS. Il piano prevede il potenziamento dei presidi operativi, il rafforzamento delle attività manutentive sulle principali direttrici ferroviarie, l'incremento dei servizi di assistenza ai clienti, sistemi di intervento rapido per la gestione delle criticità e un'intensificazione delle attività di comunicazione preventiva verso viaggiatori e istituzioni.

Durante la stagione estiva saranno rafforzati i servizi di customer care nelle principali stazioni, con personale dedicato, circa 60 bus di supporto pronti a intervenire e sale operative attive per assicurare un monitoraggio costante della circolazione e una gestione tempestiva delle eventuali criticità.

Nel corso dell'incontro è stato inoltre sottolineato il miglioramento nei livelli di puntualità del servizio ferroviario. Nei primi quindici giorni di giugno 2026 la puntualità ha registrato un incremento di oltre il 7% rispetto allo stesso periodo del 2025, a conferma dell'efficacia delle azioni adottate per migliorare la gestione della circolazione e la resilienza della rete.

MIT e Gruppo FS hanno condiviso l'obiettivo di accompagnare la stagione estiva garantendo ai passeggeri la massima attenzione, una gestione coordinata delle attività e una comunicazione sempre più tempestiva e trasparente, mentre prosegue il grande programma di trasformazione e sviluppo della rete ferroviaria nazionale

(Da: *Comunicato Stampa Congiunto MIT-Gruppo FSI*, 23 giugno 2026).

Lazio: porti, trimestre record per passeggeri e automotive, Civitavecchia cresce come hub strategico del Mediterraneo

I Porti di Roma e del Lazio continuano a confermarsi protagonisti nel panorama nazionale e internazionale del traffico passeggeri. I dati statistici relativi al primo trimestre del 2026 evidenziano infatti una crescita significativa dei crocieristi e dei passeggeri di linea nel porto di Civitavecchia, principale scalo del network laziale. Nei primi tre mesi dell'anno sono transitati nel porto di Civitavecchia oltre mezzo milione di passeggeri. A trainare il risultato è il comparto crocieristico che, con 335.459 crocieristi movimentati, registra un incremento del 32,1% rispetto allo stesso periodo del 2025 (+81.539 passeggeri) che è stato l'anno record per lo scalo con oltre 3,5 milioni di crocieristi. Particolarmente rilevante la crescita dei passeggeri "home port", aumentati del 40,5%, mentre quelli in transito crescono del 27,2%, confermando il ruolo sempre più centrale di Civitavecchia come porto scelto per l'inizio e la conclusione delle crociere nel Mediterraneo.

Positivo anche il dato relativo ai passeggeri delle Autostrade del Mare che, con un incremento del 17,9% (+25.871), raggiungono quota 170.692 unità nei primi novanta giorni dell'anno. La crescita del traffico passeggeri si riflette anche sul numero complessivo degli accosti, che registra un aumento del 9,8%, per un totale di 491 approdi: 128 navi da carico (+1%), 87 navi da crociera (+40,3%) e 276 navi di linea (+7%). Continua inoltre l'espansione del settore automotive nel porto di Civitavecchia che, dall'inizio del 2026, segna un incremento del 49,4% rispetto allo stesso periodo dello scorso anno, con 77.650 autovetture movimentate (+25.686). Un dato che conferma il crescente ruolo dello scalo come piattaforma logistica di riferimento per uno dei comparti industriali più importanti del Paese.

Per quanto riguarda il traffico commerciale, il network dei Porti di Roma e del Lazio registra complessivamente 2.942.025 tonnellate di merci movimentate, con un lieve incremento dello 0,2% rispetto al primo trimestre del 2025. Nel dettaglio, il porto di Civitavecchia registra un traffico complessivo pari a 1.761.362 tonnellate (-1%), ma con performance particolarmente positive in diversi comparti merceologici. Crescono le rinfuse liquide, che segnano un aumento del 27,1%, per un totale di 301.375 tonnellate movimentate (+64.280 tonnellate). All'interno del comparto, i prodotti raffinati raggiungono 291.375 tonnellate, con un incremento del 24,2% rispetto al primo trimestre del 2025. In crescita anche il settore delle merci varie in colli, che raggiunge 1.362.932 tonnellate (+2,4%; +32.181 tonnellate). Si registra invece una contrazione del traffico delle rinfuse solide (-54%; -113.812 tonnellate), legata all'ormai completo azzeramento del carbone e alla diminuzione dei prodotti metallurgici (-61,5%) e dei minerali grezzi (-60,8%).

Un calo parzialmente compensato dall'aumento della categoria "altre rinfuse solide", che cresce del 72,7%, attestandosi a 21.272 tonnellate movimentate. In lieve diminuzione anche il traffico container, con 26.428 TEU movimentati (-5,4%). Per quanto riguarda gli altri scali del network laziale, il porto di Gaeta registra nel primo trimestre del 2026 un traffico complessivo pari a 487.051 tonnellate, con una crescita del 4,2% rispetto allo stesso periodo dell'anno precedente, trainata principalmente dalle merci solide (+5,9%) e, in misura minore, dalle merci liquide (+2,5%). In aumento anche il numero degli accosti, che cresce del 13,6%, per un totale di 67. Nel porto di Fiumicino, infine, il traffico complessivo si attesta a 693.612 tonnellate (+0,5%), costituito prevalentemente dai prodotti raffinati destinati all'approvvigionamento dell'aeroporto internazionale Leonardo da Vinci. "Il primo trimestre del 2026 conferma la solidità del percorso di crescita intrapreso dal sistema dei Porti di Roma e del

Lazio e dimostra come Civitavecchia stia consolidando il proprio ruolo di hub strategico nel Mediterraneo”, dichiara il presidente dell’Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Centro Settentrionale, R. LATROFA. “I risultati registrati nel comparto crocieristico sono particolarmente significativi. L’aumento dei passeggeri, soprattutto nel segmento home port, testimonia la crescente attrattiva internazionale dello scalo e il rafforzamento del suo ruolo quale porta d’accesso privilegiata a Roma e all’Italia. Al tempo stesso, la forte crescita del traffico automotive conferma la capacità del porto di intercettare nuovi flussi di traffico legati alla logistica. Proprio per questo ho voluto proporre l’idea di realizzare un grande multipiano che possa servire anche a dare una risposta concreta alla necessità di ulteriori spazi per fare crescere ancora l’automotive”. “Stiamo portando avanti - prosegue

LATROFA - interventi strategici che saranno determinanti per il futuro dei porti dell’intero network laziale: dal completamento dell’ultimo miglio ferroviario al *cold ironing*, dalle opere previste dal PNRR ai progetti legati alla sostenibilità energetica e all’idrogeno, fino alla realizzazione del primo lotto del porto commerciale di Fiumicino. Infrastrutture moderne, intermodalità efficiente e transizione ecologica rappresentano le condizioni indispensabili per sostenere la crescita dei traffici, aumentare la competitività dei nostri scali e generare nuove opportunità di sviluppo economico e occupazionale per il territorio”. “Anche i numeri in crescita dei traffici commerciali del porto di Gaeta - aggiunge il Presidente dell’AdSP - ci restituiscono l’immagine di uno scalo in salute, che già dai prossimi mesi potrà beneficiare di un ulteriore impulso positivo anche per i passeggeri. Al Seatrade di Miami

abbiamo avviato la promozione di Gaeta come porto per le navi boutique e il segmento delle crociere del lusso, per le quali stiamo aprendo un tavolo con Comune, Capitaneria di Porto e altri *stakeholder* per cogliere nuove opportunità molto concrete”.

“Questi numeri - conclude LATROFA - sono il frutto di un lavoro di sistema che coinvolge gli operatori, le imprese, le istituzioni del territorio e l’AdSP, che ringrazio come squadra, che ho trovato lacerata internamente al mio arrivo e che insieme stiamo ricostruendo con soddisfazione di tutti, a partire dai dipendenti. I risultati rappresentano anche uno stimolo a proseguire con determinazione lungo la strada degli investimenti infrastrutturali e dell’innovazione” (Da: *Comunicato Stampa Autorità Portuale del Mar Tirreno Centro Settentrionale*, 10 giugno 2026).

Notizie dall'estero *News from foreign countries*

Massimiliano BRUNER

TRASPORTI SU ROTAIA *RAILWAY TRANSPORTATION*

Svizzera: i rilevatori di deragliamento sono ora in funzione nelle vie di accesso alla galleria di base del San Gottardo

Nella notte tra il 10 e l'11 maggio 2026, le Ferrovie Federali Svizzere (FFS) hanno messo in funzione i rilevatori di deragliamento a bordo binario in circa dieci punti lungo le vie di accesso alla galleria di base del San Gottardo (Fig. 1). Sono stati installati su un tratto particolarmente critico, ovvero prima degli scambi a portale sulle linee di accesso alla galleria di base del San Gottardo. Sia i treni passeggeri che quelli merci viaggiano ad alta velocità su questa linea, dove gli scambi ad alta velocità consentono gli incroci.

I rilevatori di deragliamento sono l'unica tecnologia collaudata per rilevare un deragliamento a livello dell'infrastruttura. Il loro scopo è prevenire una collisione tra due treni nell'improbabile eventualità di un deragliamento. Tuttavia, i rilevatori di deragliamento non possono impedire i deragliamenti; ciò richiede una migliore manutenzione dei vagoni merci e un adeguamento della normativa in materia di responsabilità nel trasporto ferroviario merci.

- Deragliamento nella galleria di base del San Gottardo causato da una frattura di una ruota

A seguito del deragliamento di un treno merci nella galleria di base del San Gottardo, l'Istituto svizzero per la sicurezza dei trasporti (STSB) ha accertato che la causa è stata la frat-

tura di una ruota di un carro merci. Per prevenire incidenti simili in futuro, è fondamentale individuare tempestivamente le crepe nelle ruote.

Le Ferrovie Federali Svizzere (FFS) condividono le conclusioni del rapporto finale dell'STSB sul deragliamento. Sono convinte che le misure adottate contribuiranno a migliorare ulteriormente la sicurezza del trasporto merci ferroviario internazionale.

La misura più importante sarà l'introduzione di significativi miglioramenti nella manutenzione dei carri merci. Attualmente, se un incidente è causato da un difetto di un vagone, la responsabilità ricade sull'impresa ferroviaria che trasporta il carro, non sul proprietario del carro stesso. Di

conseguenza, i proprietari dei carri hanno pochi incentivi a investire più del minimo indispensabile nella sicurezza dei carri. La normativa in materia di responsabilità deve pertanto essere modificata. Le FFS sostengono le direttive dell'Ufficio Federale dei Trasporti (UFMT) e promuovono un'equa ripartizione del rischio nel trasporto merci ferroviario, che è generalmente una delle modalità di trasporto più sicure.

- Revocato il limite di velocità temporaneo

Con la messa in funzione dei rilevatori di deragliamento, è stato revocato il limite di velocità temporaneo di 160 km/h in corrispondenza dei due passaggi a livello in prossimità della galleria di base del San Gottardo. Il limite era in vigore dal rientro in funzione della galleria nel settembre 2024 ed è rimasto tale fino alla messa in funzione dei rilevatori di deragliamento. La riduzione di velocità non ha avuto alcun impatto sui passeggeri né sui collegamenti in Ticino o nella Svizzera tedesca. Tuttavia, ha ridotto i tempi di percorrenza, ad esempio per assorbire eventuali ritardi (Da: *Comunicato Stampa FFS*, 12 maggio 2026).



(Fonte - Source: FFS)

Figura 1 - I rilevatori di deragliamento sulle rampe di accesso alla galleria di base del San Gottardo sono ora in funzione.

Figure 1 - Derailment detectors on the approaches to the Gotthard Base Tunnel are now in operation.

Switzerland: derailment detectors on the approaches to the Gotthard Base Tunnel are now in operation

On the night from 10 to 11 May 2026, SBB commissioned trackside derailment detectors at around ten locations on the approaches to the Gotthard Base Tunnel (Fig. 1). They have been installed on a particularly sensitive section, namely before the portal cross-over points on the access lines to the Gotthard Base Tunnel. Both passenger and freight trains travel at high speed on this line, whereby "high-speed switches" enable cross-overs.

Derailment detectors are the only proven technology for detecting a derailment on the infrastructure side. Their aim is to prevent a collision between two trains in the unlikely event of a recurrence. However, derailment detectors cannot prevent derailments; this requires better maintenance of freight wagons and adapted liability law in railway freight traffic.

- Derailment in the Gotthard Base Tunnel caused by wheel fracture

Following the derailment of a freight train in the Gotthard Base Tunnel, the Swiss Transportation Safety Investigation Board (STSB) found that the cause was a wheel fracture on a freight wagon. To prevent such incidents in future, cracks in wheels must be detected at an early stage.

SBB supports the conclusions of the STSB's final report on the derailment. It is convinced that the resulting measures will further enhance safety in international railway freight traffic.

The most important measure will be the introduction of significant improvements in freight wagon maintenance. The current situation is that if an accident is caused by a defect in a wagon, the railway undertaking (RU) transporting the wagon is liable, not the wagon keeper. Wagon keepers therefore have little incentive to invest more than the absolute minimum in wagon safety. Liability legislation must therefore be amended. SBB supports the requirements issued by the Federal Office of Transport (FOT) and advocates a

fair allocation of risk in railway freight traffic, which is generally one of the safest modes of transport.

- Temporary speed restriction lifted

With the commissioning of the derailment detectors, the temporary speed restriction to 160 km/h around the two portal cross-overs on the approaches to the Gotthard Base Tunnel has been lifted. The restriction had been in place since the tunnel returned to operation in September 2024 and remained in force until the derailment detectors were commissioned. The speed reduction had no impact on passengers or on connections in Ticino or German-speaking Switzerland. However, it did reduce travel time reserves, for example for absorbing delays (From: SBB Press Release, May 12th, 2026).

USA: la flotta NextGen Acela continua a crescere

Più treni, più opzioni, più Next Gen Acela. Con 13 di questi nuovi treni moderni e di alta qualità ora in servizio, sono offerte 32 corse giornaliere NextGen Acela nei giorni feriali, dando ai clienti maggiori opportunità di viaggiare sulla nuova flotta!

Questo rappresenta un aumento significativo rispetto alle 26 corse giornaliere Acela offerte prima dell'introduzione della nuova flotta. Con l'entrata in servizio di un numero maggiore di treni NextGen Acela, i clienti beneficeranno di una maggiore capacità e di una maggiore flessibilità di orario nella pianificazione dei loro viaggi. L'ampliamento del servizio rappresenta un'altra pietra miliare nella Nuova Era Ferroviaria di Amtrak e riflette la crescente domanda di viaggi ferroviari veloci e affidabili nel Nord-Est.

Inoltre Amtrak continuerà ad aumentare il servizio Acela nei prossimi mesi con l'ingresso in flotta di ulteriori treni NextGen Acela, offrendo ai clienti ancora più opportunità di viaggiare sul principale servizio ferroviario ad alta velocità americano (Da: Comunicato Stampa Amtrak, 6 luglio 2026).

USA: NextGen Acela Fleet Continues to Grow

More trains, more options, more NextGen Acela. With 13 of these new, modern, and premium trains now in service, there will be 32 weekday NextGen Acela trips in our schedule, giving guests more opportunities to travel on the new fleet!

This marks a significant increase from the 26 weekday Acela trips offered before the introduction of the new fleet. As more NextGen Acela trainsets enter service, customers will benefit from increased capacity and greater schedule flexibility when planning their journeys. The expanded schedule is another milestone in Amtrak's New Era of Rail and reflects growing demand for fast, reliable rail travel in the Northeast.

However, Amtrak will continue to increase Acela service in the months ahead as additional NextGen Acela trainsets join the fleet, bringing even more opportunities for customers to travel on America's premier high-speed rail service (From: Amtrak Press Release, July, 6th, 2026)

TRASPORTI URBANI URBAN TRANSPORTATION

Australia: il primo treno della metropolitana per l'aeroporto arriva a Sydney

Il primo dei 12 treni della linea Sydney Metro – Western Sydney Airport Line è arrivato a Sydney, segnando un passo importante verso l'avvio del servizio. Il treno di nuova generazione a tre carrozze ha percorso 23.000 chilometri da Vienna. È stato scaricato a Port Kembla ed è stato trasportato via autocarro al nuovo deposito e centro di manutenzione della Sydney Metro a Orchard Hills, dove è stato assemblato.

- caratteristiche di progettazione dei nuovi treni:
- Corridoi ampi e accessibili al centro del treno – circa 30 centimetri più larghi di quelli dei treni della linea M1 – per facilitare gli

- spostamenti dei passeggeri con bagagli;
- spazio per i bagagli sotto i sedili;
- schermi ad alta risoluzione che mostrano informazioni sui voli in tempo reale tramite un feed diretto dall'aeroporto;
- diverse opzioni di posti a sedere in ogni carrozza, inclusi posti rivolti in avanti e all'indietro per gruppi, oltre ai tradizionali posti a sedere longitudinali (lateralmente).
- Spazi dedicati per sedie a rotelle e aree accessibili;
- sistemi a induzione magnetica in tutte le carrozze per una maggiore accessibilità e
- quattro posti per il trasporto di biciclette su ogni treno.

I restanti 11 treni arriveranno nei prossimi mesi e i test dinamici sulla linea di 23 km con sei fermate dovrebbero iniziare entro la fine dell'anno. Il tempo di percorrenza dalla stazione della metropolitana di St. Marys alla stazione del terminal aeroportuale sarà di circa 15 minuti (Fig. 2).

- Il Ministro federale per le infrastrutture, i trasporti, lo sviluppo regionale e il governo locale, C. KING ha dichiarato:

“È fantastico vedere l'arrivo dei treni Metro, che serviranno il nuovo aeroporto internazionale di Sydney Ovest. Con spazio per i bagagli e informazioni sui voli, questi saranno tra i treni più avanzati del Paese. Questa consegna ci avvicina di un passo al collegamento ferroviario con un altro aeroporto australiano: Melbourne via Sunshine!”

- Il Ministro dei Trasporti del Nuovo Galles del Sud, J. GRAHAM ha dichiarato:

“La zona occidentale di Sydney si doterà dei treni senza conducente tecnologicamente più avanzati al mondo per servire il nuovo aeroporto internazionale e quella parte in espansione della città. Siamo entusiasti di vedere il primo treno scaricare i passeggeri al porto. Questi treni saranno unici per la linea metropolitana dell'aeroporto di Sydney occidentale, offrendo corri-



(Fonte - Source: Comunicato Stampa Ministero delle Infrastrutture dell'Australia - Australian Department of Infrastructure Press Release)

Figura 2 – Il primo treno della metropolitana in arrivo in Australia, per l'aeroporto di Sydney.

Figure 2 – Australia's first metro train arrives at Sydney Airport.

doi più ampi per i viaggiatori con bagagli, schermi digitali che mostrano informazioni sui voli in tempo reale e tutte le moderne caratteristiche di accessibilità. Le banchine e i gate della nuova stazione aeroportuale saranno più ampi per garantire un'esperienza di prima classe quando il servizio sarà operativo.”

- La deputata federale di Werriwa, A. STANLEY ha espresso il suo punto di vista:

“Il futuro del pendolarismo a Sydney occidentale è arrivato. Questi nuovi treni della metropolitana completeranno le linee di autobus che inizieranno ad attraversare la zona sud-ovest e a collegare le persone all'aeroporto a partire da luglio. Questi nuovi collegamenti di trasporto saranno un'aggiunta davvero gradita per i visitatori e per le migliaia di persone che si prevede lavoreranno nell'area aeroportuale.”

- Il deputato del Nuovo Galles del Sud per Leppington, N. HAGARTY ha detto:

“L'arrivo del primo treno della metropolitana per l'aeroporto di Western Sydney rappresenta un'altra importante pietra miliare per la nostra regione e per la rete di trasporti

che supporterà la crescita di Western Sydney. Progettati specificamente per i viaggiatori aeroportuali, questi treni faciliteranno il raggiungimento dell'aeroporto internazionale di Western Sydney, offrendo moderne funzionalità di accessibilità e informazioni sui voli in tempo reale. Con l'apertura dell'aeroporto il prossimo anno e l'arrivo di questi nuovi servizi metropolitani, è fondamentale continuare a investire nelle infrastrutture di trasporto di cui le nostre comunità in crescita hanno bisogno.” (Da: Comunicato Stampa Ministero delle Infrastrutture dell'Australia, 8 luglio 2026).

Australia: first airport metro train arrives in Sydney

The first of 12 trains for the Sydney Metro – Western Sydney Airport Line has arrived in Sydney, marking an important step towards first services. The next-generation, three-carriage train travelled 23,000 kilometres from Vienna. It was unloaded in Port Kembla on Monday and was trucked to Sydney Metro's new Stabling and Maintenance Facility at Orchard Hills, where the train was assembled (Fig. 2).

- Design features of the new trains:

- wide, accessible aisles through the centre of the train – approximately 30 centimetres wider than those on M1 Line trains - to allow for ease of movement for passengers travelling with luggage;
- room for luggage storage below seats;
- high resolution displays showing real-time flight information via a direct feed from the airport;
- multiple seating choices in each carriage, including front and rear facing seating for groups, plus traditional longitudinal (sideways) seating;
- designated wheelchair spaces and accessible areas;
- hearing loops in all carriages for enhanced accessibility and
- four bicycle storage spaces on every train.

The remaining 11 trains are due to arrive over the coming months, with dynamic testing on the 23km, six-stop line expected to commence later this year. The journey time from St. Marys metro station to Airport Terminal Station will be around 15 minutes.

- Quotes attributable to Federal Minister for Infrastructure, Transport, Regional Development and Local Government C. KING:

"It's great to see Metro trains arriving, which will serve Western Sydney's new international airport. With room for bags and flight information, these will be among the most advanced trains the country."

Today's delivery gets us a step closer to connecting another Australian airport with a rail link – Melbourne via Sunshine next!"

- Quotes attributable to NSW Minister for Transport J. GRAHAM:

"Western Sydney is getting the most technologically-advanced driverless trains in the world to service the new international airport and that growing part of the city. We are excited to see the first train unloading at the docks. These trains will be unique to the Western Sydney Airport Metro line, providing wider aisles for travellers with luggage, digital screens showing real-time flight information and all modern accessibility features. Platforms and gates at the new airport station will be wider to make it a first-class experience when services begin."

"The future of commuting in Western Sydney has arrived. These new metro trains will complement bus routes that will start criss-crossing the south west and connecting people to the airport from July. These new transport links will be really welcome additions for visitors and the thousands of people expected to work in the airport precinct."

- Quotes attributable to Federal Member for Werriwa A. STANLEY:

"The future of commuting in Western Sydney has arrived. These new metro trains will complement bus routes that will start criss-crossing the south west and connecting people to the airport from July. These new transport links will be really welcome additions for visitors and the thousands of people expected to work in the airport precinct."

- Quotes attributable to NSW Member for Leppington N. HAGARTY:

"The arrival of the first Western Sydney Airport Metro train is another exciting milestone for our region and for the transport network that will support Western Sydney's growth. Purpose-built for airport travellers, these trains will make it easier for passengers to reach Western Sydney International with modern accessibility features and real-time flight information. With the airport opening next year and these new metro services on the way, it's important we keep investing in the transport infrastructure our growing communities need." (From: Minister of Infrastructure of Australia Press Release, July 8th, 2026).

Brasile: inizio dell'esercizio sulla Linea 6-Arancione della metropolitana di San Paolo con treni prodotti a Taubaté

San Paolo celebra l'inaugurazione della Linea 6-Arancione della metropolitana (Fig. 3), una pietra miliare che segna l'inizio dell'esercizio commerciale della tratta tra Brasilândia e Perdizes. Il progetto è una partnership pubblico-privata (PPP) tra il Governo dello Stato di San Paolo e la Concessionaria LinhaUni e rappresenta un passo avanti strategico per la mobilità urbana nella città di San Paolo.

Alstom ha già consegnato 12 treni Metropolis a sei carrozze, prodotti nel suo stabilimento industriale di Taubaté (SP), nell'ambito di una flotta totale di 22 treni forniti per la linea. Le consegne dei treni sono iniziate a luglio 2025. Ogni treno è sottoposto a test approfonditi per validarne prestazioni, affidabilità e standard di sicurezza. Oltre a soddisfare tutti i requisiti contrattuali e normativi, i treni sono stati sottoposti a protocolli aggiuntivi in linea con le politiche globali di qualità di Alstom, a conferma dell'impegno dell'azienda verso l'eccellenza operativa.

Con una capacità di trasporto fino a 2.044 passeggeri e una velocità massima di 80 km/h, i treni sono realizzati in acciaio inossidabile, il che li rende più leggeri, più efficienti dal punto di vista energetico e al contempo estremamente resistenti, con una durata prevista di oltre 40 anni. La configurazione interna è stata progettata per offrire comfort e un'esperienza di viaggio ottimale, con soluzioni di accessibilità, ergonomia e sicurezza definite a partire da simulazioni effettuate presso l'Alstom Lab 4.0, il laboratorio di realtà virtuale dell'azienda.

Con una capacità di trasporto fino a 2.044 passeggeri e una velocità massima di 80 km/h, i treni sono realizzati in acciaio inossidabile, il che li rende più leggeri, più efficienti dal punto di vista energetico e al contempo estremamente resistenti, con una durata prevista di oltre 40 anni. La configurazione interna è stata progettata per offrire comfort e un'esperienza di viaggio ottimale, con soluzioni di accessibilità, ergonomia e sicurezza definite a partire da simulazioni effettuate presso l'Alstom Lab 4.0, il laboratorio di realtà virtuale dell'azienda.

- La Linea Universitaria

Conosciuta come la "Linea Universitaria", la Linea 6-Arancione collegherà almeno sette istituti di istruzione superiore nella città di San Paolo, oltre a diverse scuole situate nei pressi di Avenida Paulista, ampliando l'accesso all'istruzione e riducendo significativamente i tempi di percorrenza.

La Linea 6-Arancione rafforza inoltre l'impegno per una mobilità più sostenibile e inclusiva. I treni sviluppati da Alstom integrano tecnologie che riducono il consumo energetico e le emissioni di carbonio, contribuendo a un sistema di trasporto più efficiente dal punto di vista ambientale. Il progetto, inoltre, amplia l'accesso della popolazione a opportunità di lavoro, istruzione e servizi essenziali, promuovendo l'inclusione sociale e migliorando la qualità della vita, in linea con la strategia di Alstom a supporto dello sviluppo sostenibile delle città.

"L'inaugurazione del primo tratto della Linea 6-Arancione rappresen-



(Fonte - Source: Alstom)

Figura 3 – Alstom celebra l'avvio delle operazioni sulla Linea 6-Arancione con treni prodotti a Taubaté.

Figure 3 – Alstom celebrates the start of operations on Line 6-Orange with trains produced in Taubaté.

ta un momento davvero speciale per Alstom. Da oltre 70 anni in Brasile, partecipiamo attivamente alla costruzione e all'evoluzione della mobilità ferroviaria nel Paese, ed è motivo di orgoglio vedere i treni prodotti a Taubaté entrare in servizio in questo progetto emblematico per San Paolo. Oltre ad ampliare l'accesso a opportunità di lavoro, istruzione e servizi essenziali per la popolazione, la Linea 6-Arancione rafforza anche l'industria ferroviaria nazionale, incentivando la produzione locale e una filiera di approvvigionamento diversificata. Continueremo a collaborare con i nostri partner, contribuendo con soluzioni sicure, innovative e sostenibili per milioni di passeggeri", afferma S. SOLA, Direttore Generale di Alstom Brasile.

"È con grande orgoglio che celebriamo la consegna anticipata di sei stazioni della Linea 6-Arancione. La nuova linea porterà benefici a migliaia di persone che ogni giorno si affidano al trasporto pubblico per lavoro, studio, assistenza sanitaria e svago. La Linea 6 trasformerà la vita delle persone, lasciando un'eredità in termini di mobilità, sviluppo e maggiori opportunità", afferma F. PIERRINI, CEO di Concessionária Linha Universidade.

Con una lunghezza di 15,3 km e 15 stazioni, la Linea 6-Arancione collegherà il quartiere di Brasilândia nella Zona Nord alla stazione di São Joaquim in centro città, riducendo un

tragitto che attualmente richiede fino a un'ora e mezza in autobus a circa 23 minuti. Si prevede che la linea trasporterà circa 633.000 passeggeri al giorno e si affermerà come uno dei principali assi strutturali di mobilità della città. I lavori civili sono eseguiti da ACCIONA.

- I treni Metropolis

Da oltre 60 anni, i treni della metropolitana di Alstom soddisfano le diverse esigenze di mobilità urbana in tutto il mondo. Progettata per operare sia su infrastrutture nuove che esistenti, la piattaforma Metropolis si distingue per la sua flessibilità, offrendo configurazioni personalizzate in base alle diverse capacità e ai requisiti operativi, come ad esempio i treni forniti per la Linea 6 della metropolitana di San Paolo, che fanno parte di questa piattaforma. Con convogli da 2 a 9 carrozze, scartamenti diversi, sistemi di alimentazione e layout interni personalizzabili, i treni possono operare in modalità manuale o completamente automatizzata.

I treni Metropolis integrano inoltre soluzioni che privilegiano l'efficienza energetica, la bassa rumorosità e l'elevata riciclabilità, contribuendo a ridurre l'impatto ambientale. Ad oggi, oltre 35.000 carrozze della metropolitana sono state ordinate o sono in servizio in più di 70 città di circa 40 paesi, a conferma della posizione di Alstom come leader globale nella mobilità ferroviaria urbana.

- Da Taubaté al mondo

Inaugurato nel 2015, lo stabilimento Alstom di Taubaté è un centro di eccellenza per la produzione di vagoni passeggeri in acciaio inossidabile e ha ricevuto investimenti per 130 milioni di R\$ negli ultimi quattro anni, nell'ambito della strategia di crescita dell'azienda in Brasile. L'impianto è strategicamente situato in un polo industriale, vicino a due delle principali autostrade del paese, la Dutra e la Carvalho Pinto, e al porto di Santos, il più grande complesso portuale dell'America Latina.

Negli ultimi tre anni, Alstom a Taubaté ha prodotto o sta producendo oltre 170 treni (oltre 940 vagoni) per progetti nazionali e internazionali. Lo stabilimento è stato anche responsabile della produzione del veicolo ferroviario leggero Carioca (VLT), realizzato in tempi record per le Olimpiadi del 2016 in Brasile. Questo progetto è stato il secondo al mondo ad avere un sistema completamente senza catenaria, con alimentazione elettrica sotterranea (Da: *Comunicato Stampa Alstom*, 2 luglio 2026).

Brasil: starting of operations on Line 6-Orange of the Sao Paulo metro with trains produced in Taubaté

São Paulo's celebrates the inauguration of Line 6-Orange metro (Fig. 3), a milestone that marks the beginning of commercial operation of the section between Brasilândia and Perdizes. The project is a public-private partnership (PPP) of the São Paulo State Government, with the LinhaUni Concessionaire, and represents a strategic advancement for urban mobility in the city of São Paulo.

Alstom has already delivered 12 six-car Metropolis trains, manufactured at its industrial unit in Taubaté (SP), as part of a total fleet of 22 trains supplied it is producing the line. Deliveries of the trains began in July 2025. Each train is subjected to extensive testing to validate performance, reliability, and safety standards. In addition to meeting all contractual and regulatory requirements, the trains were subject-

ed to additional protocols aligned with Alstom's global quality policies, reinforcing the company's commitment to operational excellence.

With a capacity to transport up to 2,044 passengers and a speed of up to 80 km/h, the trains are manufactured in stainless steel, making them lighter and more energy efficient, as well as extremely durable, built to last for over 40 years. The interior layout was designed to offer comfort and a better an optimized experience for passengers, with accessibility, ergonomics, and safety solutions defined from simulations carried out in Alstom's Lab 4.0, the company's virtual reality laboratory.

- **The University Line**

Known as the "University Line," Line 6-Orange will connect at least seven higher education institutions in the city of São Paulo, as well as several schools located near Avenida Paulista, expanding access to education and significantly reducing travel times.

Line 6-Orange also reinforces the commitment to more sustainable and inclusive mobility. The trains developed by Alstom incorporate technologies that reduce energy consumption and carbon emissions, contributing to a more environmentally efficient transport system. Furthermore, the project expands access for the population to job opportunities, education, and essential services, promoting social inclusion and improving quality of life, in line with Alstom's strategy of supporting the sustainable development of cities.

"The inauguration of the first section of Line 6-Orange is a very special moment for Alstom. For over 70 years in Brazil, we have actively participated in the construction and evolution of rail mobility in the country, and it is a source of pride to see trains manufactured in Taubaté entering operation in this emblematic project for São Paulo. In addition to expanding access to job opportunities, education, and essential services for the population, Line 6-Orange also strengthens the national rail industry by boosting local production and a broad supply chain. We will continue alongside our partners, contributing with safe, innovative, and

sustainable solutions for millions of passengers," says S. SOLA, General Director of Alstom Brazil.

"It is with great pride that we celebrate the early delivery of six stations on Line 6-Orange. The new line will benefit thousands of people who rely on public transport every day to work, study, seek healthcare, and enjoy leisure activities. Line 6 will transform people's lives, creating a legacy in mobility, development, and increased opportunities," says F. PIERRINI, CEO of Concessionária Linha Universidade.

With a length of 15.3 km and 15 stations, Line 6-Orange will connect the Brasília neighborhood in the North Zone to the São Joaquim Station in the city center, reducing a journey that currently takes up to an hour and a half by bus to approximately 23 minutes. The line is expected to transport approximately 633,000 passengers per day and will establish itself as one of the city's main structural mobility axes. The civil works are being carried out by ACCIONA.

- **The Metropolis trains**

Alstom's metro trains have been meeting diverse urban mobility needs around the world for over 60 years. Designed to operate on both new and existing infrastructure, the Metropolis platform stands out for its flexibility, offering configurations tailored to varying capacity and operational requirements—such as the trains supplied for São Paulo Metro Line 6, which are part of this platform. With trainsets ranging from 2 to 9 cars, different gauges, power systems, and customizable interior layouts, the trains can operate in manual or fully automated modes.

Metropolis trains also incorporate solutions that prioritize energy efficiency, low noise levels, and high recyclability, contributing to reduced environmental impact. To date, more than 35,000 metro cars have been ordered or are in operation across over 70 cities in around 40 countries, reinforcing Alstom's position as a global leader in urban rail mobility.

- **From Taubaté to the world**

Inaugurated in 2015, the Alstom factory in Taubaté is a center of ex-

cellence in the production of stainless steel passenger cars and has received R\$ 130 million in investments over the last four years as part of the company's growth strategy in Brazil. The plant is strategically located in an industrial hub, close to two of the country's main highways, the Dutra and the Carvalho Pinto, and the Port of Santos, the largest port complex in Latin America.

Over the past three years, Alstom in Taubaté has produced or is producing more than 170 trains (over 940 cars) for national and international projects. The plant was also responsible for producing the Carioca Light Rail Vehicle (VLT), manufactured in record time for the 2016 Olympics in Brazil. This project was the second in the world to have a 100% catenary-free system, with underground power supply (From: Alstom Press Release, July 2nd, 2026).

TRASPORTI INTERMODALI INTERMODAL TRANSPORTATION

Cina-Laos: il volume di merci trasportate sulla ferrovia Cina-Laos supera i 10 milioni di tonnellate quest'anno

Al 13 giugno, il volume totale di merci trasportate sulla ferrovia Cina-Laos nel 2026 ha superato i 10 milioni di tonnellate, con oltre 2,5 milioni di tonnellate di merci transfrontaliere e un volume medio giornaliero di 67.000 tonnellate. Il traguardo dei 10 milioni di tonnellate ha dato impulso alla crescita degli scambi commerciali bilaterali e regionali, ha ulteriormente consolidato il quadro di apertura della Cina sud-occidentale e ha continuato a liberare il valore complessivo del corridoio ferroviario transfrontaliero (Da: Comunicato Stampa Ferrovie Statali Cinesi, 10 luglio 2026)

China-Laos: China-Laos railway freight volume exceeds 10 million tons this year

As of June 13, the total freight volume of the China-Laos Railway in 2026 had exceeded 10 million tons, with cross-border freight exceeding 2.5 million tons and an average dai-

ly freight volume of 67,000 tons. The milestone of surpassing 10 million tons has boosted bilateral and regional trade growth, further consolidated the opening-up landscape of southwest China, and continued to unleash the comprehensive value of the cross-border railway corridor (From: China State Railway Press Release, July 10th, 2026)

INDUSTRIA MANUFACTURES

Germania: BMW cresce negli Stati Uniti e in Europa

Il primo semestre ha presentato un quadro contrastante: mentre il mercato in Cina e nei paesi dell'area Asia-Pacifico ha registrato un calo significativo nei primi sei mesi dell'anno, il Gruppo BMW ha incrementato le vendite in Europa e negli Stati Uniti. In Europa, le vendite sono aumentate di circa il +5,4%. Negli Stati Uniti, l'azienda ha registrato una crescita del +3,9%, dove il marchio BMW sta sovraperformando il mercato complessivo. Nel primo semestre del 2026, il Gruppo BMW ha consegnato complessivamente circa 1,15 milioni di veicoli ai clienti in tutto il mondo, registrando un lieve calo delle vendite (-4,2%).

“Nonostante le difficoltà a livello globale, abbiamo conseguito risultati di vendita positivi negli Stati Uniti e in Europa”, ha dichiarato J. GOLLER, membro del Consiglio di Amministrazione di BMW AG responsabile Clienti, Marchi e Vendite. “La Neue Klasse continua a mostrare un forte slancio. Con la BMW iX3*, siamo sulla buona strada per raggiungere il prossimo importante traguardo di 100.000 nuovi ordini. Il secondo modello della Neue Klasse, la BMW i3, sta già registrando una forte domanda fin dall'apertura degli ordini, prima ancora del lancio.”

Con l'inizio delle consegne della nuova BMW iX3, le vendite di veicoli completamente elettrici hanno mostrato un trend positivo nel secondo trimestre. Il Gruppo BMW ha consegnato 116.807 veicoli elettrici

BMW e MINI ai clienti tra aprile e giugno 2026 (+5,2%). In particolare nel mercato europeo, dove la BMW iX3 è stata disponibile per prima, le vendite di veicoli elettrici a batteria sono aumentate notevolmente. Con 81.445 unità consegnate nel secondo trimestre, l'azienda ha registrato una crescita a doppia cifra del +38,0% in tutta Europa. In Germania, BMW è salita al secondo posto nel secondo trimestre per immatricolazioni di veicoli completamente elettrici.

Il marchio BMW ha consegnato circa un milione di veicoli ai clienti nella prima metà dell'anno (-6,2%). Il marchio BMW ha registrato una crescita sia in Europa (+1,5%) che negli Stati Uniti (+4,7%). Negli Stati Uniti, la crescita è stata trainata principalmente dai modelli BMW X. La nuova BMW X5 è stata presentata a fine giugno e si prevede che il suo lancio sul mercato genererà un impulso positivo alle vendite a livello globale. Nello stesso periodo, BMW M GmbH ha consegnato 99.595 veicoli ai clienti (-6,0%). Con un totale di 149.538 veicoli venduti, il marchio MINI ha registrato un significativo aumento su base annua del +11,7%, segnando il sesto trimestre consecutivo di crescita. I modelli completamente elettrici di MINI hanno registrato una forte domanda globale e sono stati il principale motore di crescita del marchio. Il marchio Rolls-Royce ha consegnato 2.523 veicoli ai clienti nella prima metà del 2026 (-9,8%). Nei primi sei mesi dell'anno, BMW Motorrad ha consegnato un totale di 102.847 motociclette e scooter (-2,9%) (Da: Comunicato Stampa Gruppo BMW, 10 luglio 2026).

Germany: BMW Growth in the US and Europe

The first half of the year presented a mixed picture: While the market in China and the countries of the Asia-Pacific region saw a significant decline in the first six months of the year, the BMW Group increased its sales in Europe and the US. In Europe, sales rose by around +5.4%. In the US, the company recorded growth of +3.9%, where the BMW brand is outperform-

ing the overall market. In the first half of 2026, the BMW Group delivered a total of around 1.15 million vehicles to customers worldwide, representing a slight decline in sales (-4.2%).

“Despite challenges worldwide, we achieved positive sales results in the US and Europe,” said J. GOLLER, member of the Board of Management of BMW AG responsible for Customer, Brands, Sales. “The Neue Klasse continues to show strong momentum. With the BMW iX3*, we are on track to reach the next major milestone of 100,000 new orders. The second Neue Klasse model, the BMW i3, is already seeing strong demand since orders opened ahead of its launch.”

With the start of deliveries of the new BMW iX3, sales of fully-electric vehicles showed a positive trend in the second quarter. The BMW Group delivered 116,807 BMW and MINI fully-electric vehicles to customers between April and June 2026 (+5.2%). Particularly in the European market, where the BMW iX3 was available first, BEV sales rose sharply. With 81,445 units delivered in the second quarter, the company recorded double-digit growth of +38.0% across Europe. In Germany, BMW rose to second place in Q2 for registrations of fully electric vehicles.

The BMW brand delivered around one million vehicles to customers in the first half of the year (-6.2%). The BMW brand recorded growth in both Europe (+1.5%) and the US (+4.7%). In the USA, growth was primarily driven by the BMW X models. The new BMW X5 was also unveiled there in late June, with its market launch expected to generate positive sales momentum worldwide. During the same period, BMW M GmbH delivered 99,595 vehicles to customers (-6.0%). With a total of 149,538 vehicles sold, the MINI brand posted a significant year-on-year increase of +11.7%, marking its sixth consecutive quarter of growth. MINI's fully-electric models experienced strong global demand and were the brand's primary growth driver. The Rolls-Royce brand handed over 2,523 vehicles to customers in the first half of 2026 (-9.8%). In the first six months of the year, BMW Motorrad delivered a to-

tal of 102,847 motorcycles and scooters (-2.9%) (From: BMW Group Press Release, July 10th, 2026).

Francia: Airbus e MTU Aero Engines creeranno una joint venture per lo sviluppo di un motore completamente elettrico a celle a combustibile a idrogeno

Airbus e MTU Aero Engines intendono intensificare la loro collaborazione creando una joint venture dedicata allo sviluppo e alla commercializzazione di un motore completamente elettrico a celle a combustibile a idrogeno. Questo importante traguardo fa seguito al Memorandum d'Intesa (MoU) firmato dalle due società al Salone Internazionale dell'Aeronautica e dello Spazio di Parigi nel giugno 2025.

Attraverso la creazione di una struttura organizzativa dedicata e altamente flessibile, i partner mirano ad accelerare lo sviluppo tecnologico, la progettazione, i test e la certificazione di un rivoluzionario sistema di propulsione per l'aviazione basato su una cella a combustibile a idrogeno. La nuova entità sarà supportata da Airbus e MTU con tutte le loro competenze e attraverso diversi team di ingegneri e produttori di entrambe le organizzazioni.

Questo accordo non vincolante è soggetto alle normali approvazioni normative e al completamento delle procedure sociali a livello europeo e nazionale. Si prevede che la nuova joint venture inizierà le operazioni nel 2027.

“La nostra joint venture pianificata rappresenta il passo successivo e logico nella nostra visione condivisa di un concetto di propulsione a idrogeno per l'aviazione”, ha dichiarato B. FICHEFEUX, responsabile dei programmi futuri di Airbus. “Mettendo in comune le nostre rispettive tecnologie e competenze in un'entità dedicata, stiamo creando un polo di eccellenza europeo in grado di trasformare la ricerca avanzata in sistemi di propulsione elettrica industrializzati e certificabili. Questa nuova società contribuirà a garantire la sovranità strategica nella prossima generazione di tecnologie

aeronautiche, rafforzando al contempo la nostra capacità di raggiungere l'obiettivo a lungo termine di ZEROe.”

“Il nostro ambizioso obiettivo è quello di aprire la strada a un sistema di propulsione di nuova concezione, sicuro, affidabile ed economico, che contribuirà a un'aviazione a impatto climatico zero”, ha affermato il Dott. S. WEBER, Vicepresidente Senior per l'Ingegneria e la Tecnologia di MTU Aero Engines. “Questo progetto rappresenta una tappa fondamentale nel nostro percorso verso il primo motore a idrogeno, e costituisce una vera e propria leadership tecnologica europea. A tal fine, vogliamo creare un'azienda che copra l'intero ciclo di vita dei sistemi di propulsione a celle a combustibile, dallo sviluppo e collaudo alla certificazione e alla commercializzazione.”

L'idrogeno ha il potenziale per svolgere un ruolo cruciale nella sostanziale riduzione dell'impatto climatico dell'aviazione a lungo termine e per trasformare il trasporto aereo in modo paragonabile all'impatto dei veicoli elettrici nel settore automobilistico.

La joint venture è guidata dalla comune ambizione dei partner di creare il leader tecnologico in questo campo e di fornire il primo sistema di propulsione a celle a combustibile a idrogeno per un aereo commerciale. Unirà la vasta esperienza di Airbus nei programmi per aerei commerciali, la sua significativa competenza nella propulsione a celle a combustibile e nell'idrogeno liquido con l'esperienza pluriennale di MTU nello sviluppo di tecnologie per celle a combustibile e la sua riconosciuta competenza nella progettazione, integrazione, validazione e certificazione di motori, nonché nella manutenzione.

Oltre alle tecnologie dei motori, Airbus e MTU continueranno a promuovere l'emergere di un'economia aeronautica basata sull'idrogeno e del relativo quadro normativo, elementi cruciali per la diffusione su larga scala del volo a idrogeno.

- Nota per i redattori

La tecnologia delle celle a combustibile a idrogeno genera elettricità

attraverso una reazione elettrochimica tra idrogeno e ossigeno, producendo come unico sottoprodotto vapore acqueo. Ciò eliminerebbe le emissioni in volo di anidride carbonica (CO₂) e ossidi di azoto (NO_x) e contribuirebbe a ridurre l'impatto climatico dell'aviazione.

Nel marzo 2025, Airbus ha annunciato di voler concentrare i propri sforzi su un sistema di propulsione completamente elettrico a celle a combustibile. I risultati dei test sul prototipo di celle a combustibile e sul gruppo propulsore, così come la ricerca su tecnologie complementari come la criogenia, hanno confermato la fattibilità di questa tecnologia.

Negli ultimi mesi MTU Aero Engines ha inoltre raggiunto alcuni traguardi importanti: il progetto della cella a combustibile volante dell'azienda è stato definito, è iniziata la produzione del prototipo, il motore elettrico eMoSys è stato testato con successo per la prima volta e la prima cella di prova è entrata in funzione a Monaco (Da: Comunicato Stampa Airbus, 7 luglio 2026).

France: Airbus and MTU Aero Engines to create a joint venture to develop a fully electric hydrogen fuel cell engine

Airbus and MTU Aero Engines intend to deepen their collaboration by establishing a joint venture dedicated to the development and commercialisation of a fully electric hydrogen fuel cell engine. This upcoming milestone follows the Memorandum of Understanding (MoU) signed by both companies at the Paris Air Show in June 2025.

By establishing a dedicated and highly agile organisational set-up, the partners aim to accelerate technology development, design, testing and certification of a revolutionary propulsion system for aviation based on a hydrogen fuel cell. The new entity will be supported by Airbus and MTU with all their competences and through various engineering and manufacturing teams from both organisations.

This non-binding agreement is sub-

ject to standard regulatory approvals and the completion of social processes at European and national levels. The new joint venture is expected to start operations in 2027.

"Our planned joint venture is the next logical step in our shared vision of a hydrogen-based propulsion concept for aviation," said B. FICHEFEUX, Head of Future Programmes at Airbus. "By pooling our respective technology and expertise into a dedicated entity, we are establishing a European powerhouse capable of transforming advanced research into industrialised, certifiable electric propulsion systems. This new company will help secure strategic sovereignty in the next generation of aviation technologies while strengthening our ability to achieve the long-term ZEROe ambition."

"Our ambitious goal is to pave the way for a newly developed, safe, reliable and economical propulsion system that will contribute to climate-neutral aviation," said Dr. S. WEBER, SVP Engineering and Technology at MTU Aero Engines. "This project is a crucial milestone on our path to the first hydrogen-powered engine – and this is true European technology leadership. To that end, we want to create a company that covers the entire life cycle of fuel cell powertrains – from development and testing through certification to commercialisation."

Hydrogen has the potential to play a crucial role in substantially reducing the climate impact of aviation in the long term and transforming air transport in a way comparable to the impact of electric vehicles in the automotive sector.

The joint venture is driven by the partners' shared ambition to create the technology leader in this field and provide the first hydrogen-based fuel cell propulsion system to a commercial aircraft. It will combine Airbus' extensive commercial aircraft programme knowledge, significant fuel cell propulsion and liquid hydrogen expertise with MTU's multi-year fuel cell technology development and its recognised engine design, integration, validation and certification as well as maintenance expertise.

Beyond the engine technologies,

Airbus and MTU will continue to foster the emergence of a hydrogen aviation economy and the associated regulatory framework, which are also critical enablers to the advent of hydrogen-powered flight at scale.

• Note to Editors

Hydrogen fuel cell technology generates electricity through an electrochemical reaction between hydrogen and oxygen, producing only water vapour as a byproduct. This would eliminate inflight emissions of carbon dioxide (CO₂) and nitrogen oxides (NO_x) and contribute to reducing aviation's climate impact.

In March 2025, Airbus announced that it was focusing efforts on a fuel cell fully-electric propulsion system. The results of the fuel cell prototype and powertrain testing, as well as research into complementary technology such as cryogenics, supported the viability of this technology.

MTU Aero Engines has also reached some important milestones over the past months: the design for the company's Flying Fuel Cell has been nailed down, stack manufacturing for the demonstrator has started, the eMoSys electric motor was successfully tested for the first time, and the first test cell went into operation in Munich (From: Airbus Press Release, July 7th, 2026).

"Degradazione graduale in caso di perdita di comunicazione radio nel livello 2 dell'ETCS: trattare la transizione frontaliere come un sottosistema "make-before-break"

• Sintesi

L'interruzione del servizio ferroviario nazionale Deutsche Bahn del 23 giugno 2026, attribuita a un'anomalia nella rete GSM-R, ci ricorda che nel sistema ETCS di Livello 2 la perdita del collegamento dati radio comporta l'arresto e il deragliament del treno. Questo comportamento, pur essendo corretto in caso di guasto, è binario: la rete può passare direttamente dalla piena operatività all'arresto completo, senza uno stato

operativo intermedio preimpostato. Questo articolo propone la tesi secondo cui la modalità di guasto dovuta alla perdita di comunicazione meriterebbe una risposta di degrado graduale e che l'elemento meno studiato sia la transizione tra gli stati operativi. Si sostiene che la transizione debba essere progettata – e certificata – come un sottosistema a sé stante, governato da un principio "prima di interrompere": in caso di perdita del segnale radio, un freno di servizio controllato a una velocità di sicurezza consente di guadagnare tempo per il passaggio di consegne, mentre viene confermata la disponibilità dello stato successivo, convergendo all'arresto completo solo se non è possibile stabilire uno stato di sicurezza. L'articolo non assegna parametri numerici e invita la comunità scientifica a fornire correzioni e critiche.

◦ L'evento e ciò che rivela

La sera del 23 giugno 2026, Deutsche Bahn ha fermato tutti i treni a livello nazionale per circa tre ore a seguito di un'interruzione della sua rete GSM-R. La causa ufficiale non è stata resa nota al momento della stesura di questo documento; l'ipotesi tecnica prevalente riportata era un aggiornamento software difettoso e nessuna fonte credibile ha confermato un'interferenza deliberata.

Qualunque sia stata la causa scatenante, l'episodio mette in luce una caratteristica architetture piuttosto che un guasto isolato. Nel sistema ETCS Livello 2, l'Autorizzazione al Movimento viene calcolata dal RBC e trasmessa via radio. In caso di perdita del collegamento dati, la logica di bordo arresta il treno al raggiungimento o prima della sua Fine Autorizzazione e lo fa scendere. Su scala di rete, un problema simultaneo del core radio si manifesta quindi come un blocco coordinato a livello nazionale.

◦ La lacuna riguarda la resilienza, non la sicurezza

Nessuno contesta la sicurezza del comportamento attuale: non si verificano movimenti non autorizzati. Ciò che manca è una degradazione graduale: uno stato intermedio defi-

nito e pre-certificato, attivato automaticamente, che permetta alla rete di continuare a funzionare a capacità ridotta anziché arrestarsi completamente. L'evento rappresenta il caso archetipico: la perdita di un singolo sottosistema ha causato un arresto nazionale perché l'unica transizione disponibile era quella verso l'arresto totale.

- La proposta, in tre parti
1. Rendere gli stati gradualmente la norma. La risposta alla perdita di comunicazione dovrebbe percorrere una scala definita di stati degradati, ognuno dei quali scambia capacità e velocità con una barriera sostitutiva, con l'arresto totale come ultimo gradino anziché come prima risposta.
 2. Trattare la transizione come l'elemento critico per la sicurezza. Il momento pericoloso è il passaggio di consegne, quando la responsabilità passa dall'automazione a una barriera di autorità inferiore (driver o segnalazione fissa). Questa transizione merita di essere specificata, modellata e certificata come un sottosistema, non trattata come un effetto collaterale istantaneo.
 3. Gestire il passaggio di consegne

con la regola "crea prima di interrompere". Confermare la nuova barriera prima di rilasciare la precedente; nel frattempo, una frenata controllata a una velocità di sicurezza preserva la sicurezza intrinseca e crea il margine necessario alla barriera di ricezione.

- Una scala di degrado basata sui concetti ETCS esistenti

Gli stati descritti di seguito non sono nuovi. "On-Sight" e "Staff Responsible" sono modalità di responsabilità del macchinista già esistenti; il classico lavoro a bordo linea è precedente all'ETCS. La proposta è di organizzarli in una scala pre-attivata (Tab. 1), che si attiva automaticamente in caso di perdita di comunicazione, anziché con il singolo salto per l'arresto che rappresenta il comportamento effettivo attualmente in uso.

- Un avvertimento sulla modernizzazione.

Lo stato S2 si basa sulla segnalazione a bordo linea, che i sistemi completi di Livello 2 spesso rimuovono. La rimozione del livello di fallback fisico durante la modernizzazione riduce quindi la resilienza: tali linee saltano lo stato S2 e passano

direttamente da S1 a S3. La scelta di preservare, sostituire o accettare la perdita di tale livello è un compromesso deliberato, non una decisione da prendere a posteriori.

- Il nocciolo della questione: la transizione

Una transizione tra stati operativi non è un istante, ma un processo con proprie proprietà di sicurezza. La comunità della segnalazione lo sa intuitivamente dalle transizioni di livello e dai cambi di modalità; l'argomento qui è di applicare lo stesso rigore al caso di perdita di comunicazione.

- Il divario di responsabilità

Durante il passaggio di consegne può crearsi un intervallo di tempo in cui la vecchia barriera ha smesso di proteggere il treno e la nuova non ha ancora preso il sopravvento. Questo divario di responsabilità è il rischio principale. È un fenomeno noto in altri ambiti automatizzati (confusione di modalità in aviazione, passaggio di consegne del controllo di processo); la particolarità del settore ferroviario è che disponiamo di un potente strumento di mitigazione: la decelerazione garantita.

- Sequenza make-before-break
- Rilevamento.

Tabella 1 – Table 1
(Fonte - Source: Autore – Author)

Due opzioni da valutare per il settore
Two options for the sector to weigh

Stato <i>State</i>	Caratteristiche rimosse <i>Capability removed</i>	Barriere di sicurezza a compensazione <i>Compensating safety barrier</i>
S0 - Completo <i>S0 – Full</i>	Nessuna. MA continuo via radio, completa supervisione <i>None. Continuous MA via radio, full supervision.</i>	(EVC + RBC) supervisione automatica continua <i>Automated continuous supervision (EVC + RBC).</i>
S1 – Ritorno voce in cabina <i>S1 – Voice-backed</i>	Perdita di dati; mantenimento di segnale voce <i>Data link lost; voice link retained.</i>	Autorità verbale, blocco dopo blocco, velocità ridotta <i>Verbal authority, block-by-block, reduced speed.</i>
S2 – Parte di terra <i>S2 – Lineside</i>	Comunicazione radio interrotta; segnalazione a bordo linea disponibile. <i>Loss of radio connection; lineside signalling available.</i>	Segnali fisici fissi; funzionamento a blocchi classico. <i>Fixed physical signals; classical block working.</i>
S3 - in loco <i>S3 – On-sight</i>	Segnalazione radio e a laterale alla linea non disponibile. <i>Radio and lineside signalling unavailable.</i>	Visibilità del conducente + velocità di manovra. <i>Driver vision + shunting-grade speed.</i>
S4 - Arresto <i>S4 – Halt</i>	Nessun servizio di supervisione dei movimenti disponibile. <i>No movement supervision available.</i>	Arresto. Impostazione predefinita/destinazione vitale di qualsiasi transizione fallita. <i>Standstill. Vital default / destination of any failed transition.</i>

Un sistema di monitoraggio vitale sul collegamento radio segnala la perdita di segnale dopo un timeout di attività definito, con una maggiore probabilità di falsi positivi (degrado inutile piuttosto che mancato degrado). Il timeout è un parametro critico: se troppo breve, le interruzioni transitorie causano un degrado fastidioso; se troppo lungo, un guasto reale lascia il treno senza protezione.

- Frenata a velocità di sicurezza

L'EVC comanda l'azionamento di un freno di servizio controllato (non di emergenza) verso una velocità dalla quale qualsiasi azione successiva sia gestibile. Questo colma il vuoto di responsabilità: non viene tentato alcun passaggio di controllo finché il treno è ancora alla velocità di linea.

- Conferma dello stato successivo

Durante la decelerazione, il sistema stabilisce con certezza quale stato di degrado è disponibile. La disponibilità è dimostrata, non presunta.

- Passaggio di controllo o convergenza all'arresto.

Solo dopo la conferma della barriera successiva e con il treno a velocità di sicurezza, la transizione viene completata. Se non è possibile confermare alcuno stato entro l'intervallo di frenata, il sistema converge all'arresto completo, la condizione predefinita fondamentale.

o Logica di default vitale

La logica inverte l'onere della prova: il treno continua a muoversi solo finché vi sono prove concrete di sicurezza, mai semplicemente in assenza di prove di pericolo. Il silenzio radio significa "fermati fino a quando non si comprende", non "procedi". L'arresto totale è quindi sia l'ultimo gradino che la destinazione sicura di ogni transizione fallita.

o La barriera umana richiede tempo

Quando la barriera ricevente è una persona – macchinista che entra in modalità On-Sight, segnalatore che impartisce l'autorizzazione verbale – il passaggio di consegne non

è istantaneo. L'operatore deve notare il cambiamento, comprendere lo stato attuale, ricordare la procedura e avviarla, sotto stress e possibilmente dopo lunghi intervalli senza che si verifichi. La frenata controllata della fase 2 è quindi anche una misura di tempo cognitivo: rallentare il treno fa guadagnare i secondi necessari all'operatore. Una chiara comunicazione del nuovo stato e dell'azione richiesta è importante tanto quanto la logica di rilevamento.

• Due opzioni da valutare per il settore

Una discussione pratica richiede opzioni. Due risposte affrontano il problema a livelli diversi; sono complementari e la tabella è pensata per supportare una scelta vincolata dal budget o una combinazione graduale (Tab. 2).

• Interpretazione

L'opzione A è preventiva: rende più raro il guasto scatenante attraverso la ridondanza e l'isolamento del dominio di guasto, ma è costosa, lenta e non modifica ciò che accade una volta che si verifica un guasto. L'opzione B è mitigativa: l'architettura a degradazione graduale descritta in questo documento è economica e a breve termine perché si basa su logica e procedure, ma non riduce la frequenza dei guasti. Una rete resiliente desidera entrambe le cose: A per rendere raro l'evento, B per renderlo gestibile. Laddove solo una delle due opzioni può essere finanziata per prima, B elimina la conseguenza dell'arresto totale che A non modifica, offrendo quindi un maggiore vantaggio immediato.

• Validazione del testo

Questo è un contributo per la discussione, non uno studio validato, ed è importante esplicitarne i limiti prima che i colleghi vi dedichino del tempo:

o Nessun parametro operativo.

I timeout di attività e gli intervalli di decelerazione sono volutamente lasciati non specificati; devono essere derivati da dati reali di rete e di materiale rotabile in possesso dei gestori

delle infrastrutture e delle autorità di sicurezza. Un valore inventato travierebbe la maturità del lavoro. • Non rivendico alcuna originalità sugli stati. Le modalità degradate esistono già nell'ERTMS. Il contributo consiste nella loro organizzazione in una scala preconfigurata e nell'elevazione della transizione a un artefatto di prima classe, certificabile separatamente.

o La validazione è ancora necessaria.

Analisi FMEA/HAZOP sull'intera matrice stato×transizione (con particolare attenzione alle perdite radio non rilevate), modellazione formale del passaggio di consegne per dimostrare l'assenza di lacune di responsabilità, prove sui fattori umani e garanzia SIL-4 secondo le norme CE-NELEC EN 50126/50128/50129 sono tutti prerequisiti per qualsiasi implementazione.

o Suggerimento

Offro questo contributo alla comunità del "segnalamento" proprio perché i suoi membri possiedono l'esperienza operativa e i dati che io non ho. Sarei lieto di ricevere suggerimenti ed informazioni su dove le disposizioni ERTMS esistenti coprono già questo aspetto, dove la sequenza make-before-break è in conflitto con la logica di modalità consolidata e se l'inquadramento della transizione come sottosistema sia utile o si limiti a descrivere ciò che una buona ingegneria già fa.

• Nota per il lettore: informazioni su questo documento

Contributo tecnico indipendente offerto per la discussione all'interno della comunità del "segnalamento ferroviario". Non presenta dati operativi, simulazioni o costi quantificati ed è inteso come punto di partenza per una valutazione critica da parte di esperti, non come specifica implementabile (Da: *Contributo di Vincenzo Bisignani. Gli argomenti presentati in questo testo suggerimenti ed informazioni orientati ad una valutazione degli operativi del segnalamento. L'autore non è affiliato ad alcun gestore di infrastrutture, impresa ferroviaria o fornitore; quanto esposto in questo*

Tabella 2 – Table 2

(Fonte - Source: Autore – Author)
 Due opzioni che il settore può valutare
 Two options for the sector to weigh

Criterion	Opzione A - Infrastrutturale Option A — Infrastructural	Opzione B - Esercizio Option B — Operational
Cosa attacca <i>What it attacks</i>	Causa principale: riduce progressivamente la frequenza fino alla perdita del collegamento <i>Root cause: reduces how often the radio link is lost.</i>	Effetto sistemico: impedisce che una perdita si trasformi in arresto totale <i>Systemic effect: stops a loss from becoming a total halt</i>
Azioni principali <i>Core measures</i>	Diversificazione dei dispositivi (bande/nuclei separati); percorso di sostitutivo indipendente; partizionamento del campo di fallimento <i>Bearer diversity (separate bands/cores); independent fallback path; fault-domain partitioning.</i>	Degradazione graduale con transizioni “make-before-break”, riutilizzando il segnalamento sulla linea/Responsabile operativo e permanere del segnalamento lungo linea. <i>Graduated degradation with make-before-break transitions, reusing On-Sight / Staff Responsible and remaining lineside signalling.</i>
Effetto dei dispositivi <i>Hardware impact</i>	Subordinato <i>Substantial.</i>	Procedure e logiche minimali <i>Minimal — logic and procedures.</i>
Costi/limite temporale <i>Cost / horizon</i>	Elevato; pluriennale o decennale (in linea con FRMCS). <i>High; multi-year to decade (aligned with FRMCS).</i>	Basso; da mesi a pochi anni. <i>Low; months to short years.</i>
Limitazione <i>Limitation</i>	Il comportamento non cambia una volta che si verifica un guasto. <i>Does not change behaviour once a fault occurs.</i>	Non riduce la frequenza dei guasti; ne attenua soltanto le conseguenze. <i>Does not reduce fault frequency; mitigates consequence only.</i>
Correlazione <i>Relationship</i>	Complementari: causa - effetto. <i>Complementary — cause vs. effect.</i>	Se solo una delle due opzioni è economicamente sostenibile, la B offre un rendimento immediato maggiore. <i>If only one is affordable first, B gives the larger immediate return.</i>

contesto è un contributo indipendente, offerto esclusivamente a vantaggio di una discussione tecnica. Inviato al Comitato di Redazione di IF, 30 giugno 2026).

Graduated Degradation on Loss of Radio Communication in ETCS Level 2: Treating the Inter-State Transition as a Make-Before-Break Subsystem

• Summary

The nationwide Deutsche Bahn stoppage of 23 June 2026, attributed to a GSM-R disturbance, is a reminder that in ETCS Level 2 the loss of the radio data link ultimately stops the train and trips it. This is correct safe-fail behaviour, but it is binary: the network can pass directly from full operation to standstill, with no pre-armed intermediate operating state. This paper puts forward for discussion the

view that the loss-of-communication failure mode deserves a graduated degradation response, and that the most under-examined element is the transition between operating states. It argues the transition should be engineered — and certified — as a subsystem in its own right, governed by a make-before-break principle: on detected radio loss, a controlled service brake to a safe speed buys hand-over time while the availability of the next state is positively confirmed, converging on standstill only if no safe state can be established. The paper deliberately assigns no numeric parameters and invites the community's correction and critique.

• The event and what it exposes

On the evening of 23 June 2026, Deutsche Bahn held all trains nationwide for roughly three hours following a disturbance to its GSM-R network. The official cause was not disclosed

at the time of writing; the prevailing technical hypothesis reported was a faulty software update, and no credible source confirmed deliberate interference.

Whatever the trigger, the episode exposes an architectural property rather than a one-off fault. In ETCS Level 2 the Movement Authority is computed by the RBC and delivered over the radio. On loss of the data link, on-board logic ultimately halts the train at or short of its End of Authority and trips. At network scale, a simultaneous radio-core problem therefore manifests as a coordinated national standstill.

◦ The gap is resilience, not safety

Nobody disputes the safety of the present behaviour — no unauthorised movement occurs. What is missing is graceful degradation: a defined, pre-certified intermediate state entered

automatically, letting the network continue at reduced capacity rather than stop outright. The event is the archetypal case: a single subsystem loss produced a national halt because the only transition available was the one toward standstill.

- **The proposition, in three parts**

1. **Make graduated states the norm.**

The loss-of-communication response should traverse a defined ladder of degraded states, each trading capacity and speed for a substitute barrier, with total halt as the last rung rather than the first response.

2. **Treat the transition as the safety-critical artefact.**

The dangerous moment is the hand-over — when responsibility passes from automation to a lower-authority barrier (driver, or fixed signalling). This transition deserves to be specified, modelled and certified as a subsystem, not treated as an instantaneous side-effect.

3. **Govern the hand-over by make-before-break.**

Confirm the new barrier before releasing the old; in the interim, controlled braking to a safe speed preserves intrinsic safety and creates the margin the receiving barrier needs.

- **A degradation ladder built from existing ETCS concepts**

The states below are not new. On-Sight and Staff Responsible are existing driver-responsibility modes; classical lineside working predates ETCS. The proposal is their organisation into a pre-armed ladder (Tab. 1), automatically traversed on communication loss, rather than the single jump to trip that is the effective behaviour today.

- **3.1. A caution on modernisation.**

State S2 relies on lineside signalling that full Level 2 schemes often remove. Removing the physical fallback layer during modernisation therefore reduces resilience: such lines skip S2 and fall from S1 straight to S3. Whether to preserve, substitute or accept the loss of that layer is a deliberate trade-off, not an afterthought.

- **The heart of the matter: the transition**

A transition between operating states is not an instant but a process with its own safety properties. The signalling community knows this intuitively from level transitions and mode changes; the argument here is to apply the same rigour to the communication-loss case.

- **The responsibility gap**

During hand-over a window can open in which the old barrier has stopped protecting the train and the new one has not yet taken over. This responsibility gap is the dominant hazard. It is familiar from other automated domains (aviation mode-confusion, process-control hand-over); what is specific to rail is that we hold a powerful mitigation — guaranteed deceleration.

- **The make-before-break sequence**

- **Detect.**

A vital watchdog on the radio link declares loss after a defined liveness timeout, biased toward false-positive (degrade needlessly rather than fail to degrade). The timeout is a critical parameter — too short and transient drop-outs cause nuisance degradation, too long and a real fault leaves the train unprotected.

- **Brake to safe speed**

The EVC commands a controlled service brake (not emergency) toward a speed from which any next action is manageable. This fills the responsibility gap: no hand-over is attempted while the train is still at line speed.

- **Confirm the next state**

While decelerating, the system positively establishes which degraded state is available. Availability is proven, not assumed.

- **Hand over, or converge to halt.**

Only with the next barrier confirmed and the train at safe speed does the transition complete. If no state can be confirmed within the braking envelope, it converges on standstill — the vital default.

- **Vital-default logic**

The logic inverts the burden of proof:

the train continues to move only while there is positive evidence of safety, never merely in the absence of evidence of danger. Radio silence means “stop until understood,” not “proceed.” Total halt is thus both the last rung and the safe destination of every failed transition.

- **The human barrier needs time**

Where the receiving barrier is a person — driver entering On-Sight, signaller issuing verbal authority — the hand-over is not instantaneous. The operator must notice the change, grasp the current state, recall the procedure and begin it, under stress and possibly after long intervals without occurrence. The controlled braking of step 2 is therefore also a cognitive-time measure: slowing the train buys the seconds the human needs. Clear annunciation of the new state and required action matters as much as the detection logic.

- **Two options for the sector to weigh**

A practical discussion needs options. Two responses attack the problem at different layers; they are complementary, and the table is meant to support a budget-constrained choice or a phased combination (see Tab. 2).

- **Reading it**

Option A is preventive — it makes the triggering fault rarer through redundancy and fault-domain isolation, but it is costly, slow, and does not change what happens once a fault occurs. Option B is mitigative — the graduated-degradation architecture of this paper, inexpensive and near-term because it works on logic and procedure, but it does not reduce fault frequency. A resilient network wants both: A to make the event rare, B to make it survivable. Where only one can be funded first, B removes the total-halt outcome that A leaves untouched, and so offers the larger immediate gain.

- **What I am not claiming**

This is a contribution for discussion, not a validated study, and it is important to be explicit about its limits before colleagues spend time on it:

- **No operational parameters.** Liveness timeouts and deceleration envelopes are deliberately left unspecified

ified; they must be derived from real network and rolling-stock data held by infrastructure managers and safety authorities. An invented value would misrepresent the maturity of the work.

- **No originality claim on the states.** The degraded modes already exist in ERTMS. The contribution is their organisation into a pre-armed ladder and the elevation of the transition to a first-class, separately certifiable artefact.
- **Validation still owed.** FMEA/HAZOP across the full state×transition matrix (with attention to undetected radio loss), formal modelling of the hand-over to prove absence of responsibility gaps,

human-factors trials, and SIL-4 assurance under CENELEC EN 50126/50128/50129 are all prerequisite to anything deployable.

- **Invitation**

I offer this to the signalling community precisely because its members hold the operational experience and the data I do not. I would welcome further information and suggestions on where existing ERTMS provisions already cover this, where the make-before-break sequence conflicts with established mode logic, and whether the transition-as-subsystem framing is useful or merely re-describes what good engineering already does.

- **Note for the reader: about this paper**

An independent technical contribution offered by the author for discussion within the railway signalling community. It presents no operational data, simulation or quantified cost, and is intended as a starting point for expert critique, not as a deployable specification (From: Contribution by Vincenzo Bisignani. The topics presented in this text exclusive expression of the author's thought and are geared toward evaluating signaling operations. The author is not affiliated with any infrastructure manager, railway company, or supplier; the content presented here is an independent contribution, offered solely for the benefit of a technical discussion. Submitted to the IF Editorial Board, June 30, 2026).

IF Biblio

Arbra BARDHI, 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 SEGNALEMENTO E CONTROLLO DELLA CIRCOLAZIONE - COMPONENTI
- 19 – SICUREZZA DELL'ESERCIZIO FERROVIARIO
- 20 – CIRCOLAZIONE DEI TRENI

- 21 – IMPIANTI DI STAZIONE, NODALI E LORO ESERCIZIO
- 22 – FABBRICATI VIAGGIATORI
- 23 – IMPIANTI PER SERVIZIO MERCI E LORO ESERCIZIO

- 24 – IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA

- 25 – METROPOLITANE, SUBURBANE
- 26 – TRAM E TRAMVIE

- 27 – POLITICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI, TARIFFE
- 28 – FERROVIE ITALIANE ED ESTERE
- 29 – TRASPORTI NON CONVENZIONALI
- 30 – TRASPORTI MERCI
- 31 – TRASPORTO VIAGGIATORI
- 32 – TRASPORTO LOCALE
- 33 – PERSONALE

- 34 – FRENI E FRENATURA
- 35 – TELECOMUNICAZIONI
- 36 – PROTEZIONE DELL'AMBIENTE
- 37 – CONVEGNI E CONGRESSI
- 38 – CIFI
- 39 – INCIDENTI FERROVIARI
- 40 – STORIA DELLE FERROVIE
- 41 – VARIE

I lettori che desiderano fotocopie delle pubblicazioni citate in questa rubrica, e per le quali è autorizzata la riproduzione, possono farne richiesta al CIFI - Via Giolitti, 48 - 00185 ROMA. Prezzo forfettario delle riproduzioni: - € 6,00 fino a quattro facciate e € 0,50 per facciata in più, oltre le spese postali ed IVA. Spedizione in porto assegnato. Si eseguono ricerche bibliografiche su argomenti a richiesta, al prezzo di € 6,00 per un articolo segnalato e € 2,00 per ogni copia in più dello stesso articolo, oltre le spese postali ed IVA.

Tutte le riviste citate in questa rubrica sono consultabili presso la Biblioteca del CIFI - Via Giolitti, 48 - 00185 ROMA - Tel. 0647306454; FS (970) 66454 – Segreteria: Tel. 064882129.

CONDIZIONI DI ABBONAMENTO A IF - INGEGNERIA FERROVIARIA ANNO 2026

(Gli Abbonati possono decidere di ricevere IF - Ingegneria Ferroviaria online)

Prezzi IVA inclusa [€/anno] **Cartaceo** **Online**

- **Ordinari** 60,00 50,00

- Per il personale **non ingegnere** del Ministero delle Infrastrutture, e dei Trasporti, delle Ferrovie e Tranvie in concessione e Pensionati FS 45,00 35,00

- **Studenti** (allegare certificato di frequenza Università)^(*) - (copia rivista solo online) 25,00

- **Estero** 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;

- 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. 06.4827116 - E mail: 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** compreso di spedizione; 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 2026

(The subscriber can decide to receive IF - Ingegneria Ferroviaria online)

Price including VAT **Paper** **Online**

- **Normal (Italy)** 60.00 50.00

- Infrastructure and Transport Ministry staff, local railways staff, retired FSI staff 45.00 35.00

- **Students** (University attesting documentation required)^(*) - (online version of IF journal) 25.00

- **Foreign countries** 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;

- Cash or by Debit Card.

The renewal of the subscription must be performed within March 31st 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: +39.06.4827116 - E mail: 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 (print) **€ 9.50** with shipping included; **€ 7.50** digital article (PDF).

The payment, anticipated, may be performed according to the same procedures applied for subscriptions.

	IF Biblio	Circolazione dei treni	20
258	Stima dei benefici delle strategie di guida dei treni ad alta efficienza energetica: una calibrazione del modello con dati reali (DE MARTINIS - M. GALLO - D'ACIERNO) <i>Estimating the benefits of energy-efficient train driving strategies: A model calibration with real data</i> WIT Transactions on the Built Environment, Maggio 2013, pagg. 11, figg. 3. Biblio 18 Titoli. Questo articolo descrive i primi risultati di un progetto di ricerca il cui obiettivo principale è implementare un sistema di supporto alle decisioni (DSS) per ottimizzare il consumo energetico dei sistemi ferroviari. Per raggiungere questo obiettivo, abbiamo implementato un modulo di ottimizzazione per la progettazione di strategie di guida efficienti dal punto di vista energetico, in termini di profili di velocità, che richiede un modello di simulazione ferroviaria come subroutine. Tutte le elaborazioni sono implementate in ambiente MatLab, con l'obiettivo di definire	possibili profili di velocità efficienti dal punto di vista energetico, in accordo con le strategie di risparmio energetico, attraverso l'ottimizzazione dei parametri del profilo di velocità, in termini di accelerazione, velocità target, decelerazione, fase di coasting, e comportamento di guida, rappresentato dal jerk [...]. <i>This paper describes the first results of a research project where the main focus is to implement a Decision Support System (DSS) to optimise energy consumption of rail systems. In order to achieve this objective, we implement an optimisation module for the design of energy-efficient driving strategies, in terms of speed profiles, that requires a railway simulation model as a subroutine. Here we focus on the general framework of the optimisation module and on the calibration of the railway simulation model. All elaborations are implemented in a MatLab environment, aiming at defining possible energy-efficient speed profiles, in accordance with energy-saving strategies, through optimised speed profile parameters, in terms of acceleration, target speed, deceleration, coasting phase, and driving behaviour, represented by the jerk. [...]</i>	

	IF Biblio	Ferrovie italiane ed estere	28
430	Implementazione del modello di rumore CNOS-SOS-UE in Finlandia ed esperienza nel terzo round END (KOKKONEN) <i>CNOSSOS-EU noise model implementation in Finland and experience of it in 3rd END round</i> Euronice 2018 Crete pagg.6,figg.5.Biblio 10 Titoli Durante il processo di implementazione del modello di rumore CNOSSOS-EU, sono state sollevate molte questioni. Ci sono incongruenze nella direttiva, ma la maggior parte delle domande riguarda l'acquisizione dei valori iniziali e la loro validità. I fattori di rumore di rotolamento e di propulsione predefiniti da CNOSSOS-EU non sono utilizzabili nelle condizioni nordiche ed è stato necessario definire i fattori nazionali. I coefficienti nordici A e B per il rumore da rotolamento e da propulsione si basano su misurazioni effettuate in Svezia e Finlandia e su già implementato nel modello acustico Nord2000. Inoltre, la correzione della superficie stradale di Nord2000 può essere convertita in CNOSSOS all'indirizzo. L'implementazione del modello ferroviario CNOSSOS è più impegnativa e occorre fare molto lavoro	prima che la Finlandia abbia valori ragionevoli per il modello di sorgente CNOSSOS. Senza valori di sorgente accurati e convalidati a livello nazionale, solo la propagazione è stata calcolata con CNOSSOS e i livelli di potenza acustica devono essere definiti con l'attuale modello nordico [...]. <i>During the implementation process of the CNOSSOS-EU noise model, many questions have been raised. There are inconsistencies in the directive, but most of the questions are related to acquisition of initial values and their validity. CNOSSOS-EU default rolling and propulsion noise factors are not usable in Nordic conditions and the national factors had to be defined. The Nordic A and B coefficients for rolling and propulsion noise are based on measurements in Sweden and Finland and already implemented in Nord2000 noise model. Also, Nord2000 road surface correction can be converted to CNOSSOS. CNOSSOS railway model implementation is more challenging and lots of work must be done before Finland has reasonable values for CNOSSOS source model. Without accurate and validated national source values only propagation was calculated with CNOSSOS and sound power levels had to be defined with current Nordic model [...].</i>	

L'ALTA VELOCITÀ FERROVIARIA

Il CIFI ha pubblicato l'ALTA VELOCITÀ FERROVIARIA.

Il nuovo volume rappresenta un riferimento unico ed originale della storia e della evoluzione dell'Alta Velocità in Italia, dalle prime direttissime, alla Firenze-Roma, alle nuove linee AV-AC di recente entrate in servizio. Un immancabile "compagno" della *Storia e Tecnica Ferroviaria* già edita dal CIFI e un testo indispensabile per tutti i cultori, studiosi e appassionati del mondo delle ferrovie. Una strenna ideale per...se stessi, oltre che per amici personali, clienti e dipendenti delle aziende.

Volume in pregiata edizione, cartonato, formato A4, pagine 208 a colori ampiamente illustrate.

INDICE

- Ricerca e sviluppo della Velocità ferroviaria
- Le caratteristiche tecniche dell'AV
- Linee AV nel mondo
- Le Direttissime in Italia
- Nasce l'Alta Velocità-Alta Capacità
- Le Nuove Linee
- Milano-Bologna e Bologna-Firenze
- Nuove linee sui valichi alpini

Prezzo di copertina € 40,00. Per sconti, spese di spedizione e modalità di acquisto consultare la pagina "Elenco di tutte le pubblicazioni CIFI" sempre presente nella Rivista.



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
- 1.1.10 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

- 1.3.17 U. ZEPPA – “Impianti di Sicurezza - Gestione guasti e lavori di manutenzione” € 30,00
- 1.3.18 N. TILI – C. SPALVIERI – “Compendio di Trazione Elettrica Ferroviaria” € 60,00

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
- 2.23 F. CIUFFINI – “Orario Ferroviario - Integrazione e Connettività” € 30,00
- 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. OCCHIANA “Le Protezioni da Doppi Contatti Ordinati e Separati Con Verifica Dimensionale dei Parametri di Linea” Formato Digitale PDF € 34,00
- 2.38 M. GERLINI – P. MORI – R. PAIELLA “Architettura Ferroviaria” € 120,00
- 2.39 C. CIPOLLINI – G. COSTA – “La Rivoluzione con il Ferro” € 40,00

3 – TESTI DI CARATTERE STORICO

- 3.1. G. PAVONE – “Riccardo Bianchi: una vita per le Ferrovie Italiane” € 15,00
- 3.3. G. PALAZZOLO (in Cd-Rom) – “Cento Anni per la Sicilia” Omaggio per residenti Regione Sicilia € 6,00
- 3.5. AUTORI VARI – La Museografia Ferroviaria e il museo di Pietrarsa € 12,00
- 3.6. Ristampa del volume a cura del CIFI “La Stazione Centrale di Milano” ed. 1931 € 100,00
- 3.7. V. GUADAGNO – “Economia e Ferrovie Preunitarie fra “Ante Storia” e primo periodo (1839-1848)” € 50,00

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

			Tante Vite (Storie di ferrovia e resistenza)" € 16,00
6.5.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – "Treni italiani con Carrozze Media Distanza" € 25,00	6.61.	M. MORZIELLO "Sistema Ferroviario Italiano Alta Velocità" € 34,00
6.6.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – "Treni italiani con carrozze a due piani" € 28,00	6.64.	G. MAGENTA (ed. Gaspari) – "Un Mondo su rotaia" € 29,00
6.7.	E. PRINCIPE (ed. La Serenissima) – "Treni italiani Eurostar City Italia" € 35,00	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
6.8.	E. PRINCIPE – "Treni italiani - ETR 500 Frecciarossa" € 25,00	6.66.	P. MESSINA – "Ferrovie e Filobus nella Pubblicità" ... € 26,00
6.9.	V. FINZI (ed. Coedit) – "I miei 50 anni in ferrovia". € 20,00	6.67.	P. MESSINA – "Per Mare intorno all'Elba e verso il Continente – Traghetti, imbarcazioni e navi da crociera" € 23,00
6.10.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – "Le carrozze dei nuovi treni di Trenitalia" € 24,00	6.68.	P. MESSINA – "I Trasporti all'Elba" € 28,00
6.11.	R. MARINI (ed. Plasser & Theurer - Plasser Italiana) "Treni nel Mondo" € 30,00		
6.12.	A. BUSSI (ed. Luigi Pellegrini Editore) "Due Vite,		

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 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

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 POGGIO M.S.E (MI), T. 02 93 54 01 95, info@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

ne 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: info@canavera.com - Sito web: www.canavera.com - Stampaggio a caldo particolari in acciaio fino a 200 kg - Lavorazioni meccaniche - Taglio laser, piega, saldatura e assemblaggio in acciaio e alluminio di serbatoi, componenti e strutture per carri, carrozze, tram e metropolitane.

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@dotsystem.it – www.dotsystem.it – Monitor grafici LCD di banco per locomotive e carrozze pilota – Terminali grafici LCD per logica di treno e gestione dati diagnostici – Schede di comunicazione per Bus MVB classe 1, 2, 3 e 4 – Gateway MVB-Ethernet, MVB-CAN, MVB-RS485, MVB-Wireless – Moduli di ingresso/uscita digitali ed analogici per Bus MVB, CAN, ecc. – Cartelli indicatori grafici e tecnologia LED per interni ed esterni.

EBRebosio S.r.l. – Via Mercanti, 17 – 25018 MONTICHIARI (BS) - Tel. 030/9650304 – Fax 030/962349 – E-mail: info.eb@gruppo-bonomi.com – www.gruppo-bonomi.com – Progettazione linee ferroviarie e tranviarie – Produzione di componenti ed accessori per i settori trazione elettrica e segnalamento – Isolatori in silicone d'ormeggio, di sospensione, di sezione – Sospensioni per linee tradizionali ed Alta Velocità – Isolatori in resina epossidica per interno, scaricatori, sezionatori, interruttori (prodotti per linee da 1,5 kV a 500 kV).

ESIM S.r.l. – Via Degli Ebanisti, 1 – 70123 BARI - Tel. 080/5328425 – Fax +39/080/5368733 – E-mail: info@esim-group.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.

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.

GOLDSCHMIDT ITALIA S.r.l. – Via Sirtori, 11 – 20017 RHO (MI) – Tel. 02/93180932 – Fax 02/93501212 – Materiali ed attrezzature per la saldatura alluminotermica delle rotaie.

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 cerchiate; ruote elastiche; ruote monoblocco; assili; cerchioni; boccole; sale montate da carro, carrozza e locomotiva completa di componenti; cuori fusi al manganese per scambi ferroviari – Riparazione e ripristino di sale montate con sostituzione di ruote e cerchioni – Revisione e collaudo di altri componenti.

M. PAVANI SEGNALE FERROVIARIO S.r.l. – Via Per Mirandola, 24 – 41033 Concordia sulla Secchia (MO) – Tel. 0386 565128 – E-mail: admin@mpavani.com – www.mpavani.com – Progettazione, installazione e messa in opera di impianti elettrici, di telecomunicazione e

di segnalamento – Fornitura e installazione di Kit cavi RED, ADP e QDS – Installazione e messa in servizio di impianti di videosorveglianza e antintrusione – Realizzazione di impianti per la copertura radio, rilevamento e spegnimento incendi, diffusione sonora – Progettazione, produzione, fornitura e installazione di apparecchi illuminanti.

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 – Vaghiatrici, rinalzatrici, profilatrici, veicoli di servizio per infrastruttura e catenaria, drasine di misura della geometria del binario, treni di costruzione nuovo binario, incavigliatrici, foratrasverse, forarotaie, apparecchiatura di controllo, segarotaie, gruppi rinalzatrici a lame vibranti.

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: – Contattori 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, sezinatori bipolari, quadri filtri, quadri misure – Produzione commutatori 3600 V 3000 A, sezinatori bipolari 3000 A, trasduttori di corrente, quadri di sezionamento 25 kV (52 kW) e sezinatori di alta tensione – Realizzazione di impianti, sottostazioni fisse e mobili lato alternata e continua.

MOSDORFER RAIL S.r.l. – Sede operativa: Via Achille Grandi, 46 – 20017 RHO (MI) – Tel. +39 02/64088142 – E-mail: inforail.it@mosdorfer.com – Sviluppo e produzione di componenti T.E. per la linea di contatto ferroviaria e tramviaria: TENSOREX C+, sospensioni in alluminio ed

acciaio, isolatori compositi, dispositivi di messa a terra, morsetti in CuNiSi, in bronzo/alluminio ed acciaio forgiato. MOSDORFER RAIL S.r.l. fa parte della Multinazionale austriaca KNILL GROUP, leader mondiale nella progettazione, produzione e fornitura di morsetteria per linee di trasmissione ad alta tensione.

ORA ELETTRICA S.r.l. a socio unico – Sede legale: Corso XXII Marzo, 4 – 20135 MILANO – Sede operativa: Via Filanda, 12 – 20010 CORNAREDO (MI) – Tel. +39/02/93563308 – Fax +39/02/93560033 – E-mail: info@ora-elettrica.com – www.ora-elettrica.com – Progettazione, produzione, commercializzazione, installazione e manutenzione di apparecchiature elettroniche specifiche per la gestione del tempo: centrali orarie controllate via DCF e GPS, NTP server, sistemi di supervisione, orologi analogici e digitali (per interni ed esterni), orologi da pensilina, orologi monumentali da facciata, RCE Registratori Cronologici di Eventi, sistemi integrati per il controllo degli accessi veicolari e pedonali, sistemi TVPL, TVCC, sistemi di rilevamento presenze certificati SAP.

PANDROL S.r.l. – Via De Capitani, 14/16 – 20864 AGRATE BRIANZA (MB) – Tel. +39/039/9080007/ +39/039/9153752 – E-mail: info.it@pandrol.com – www.pandrol.com – Sistemi di attacco ferroviari per traverse in calcestruzzo armato e precompresso.

PISANI S.r.l. – Via Vilfredo Pareto, 20 – 27058 VOGHERA (PV) – Tel. +39/347/4318990 – E-mail: giorgio@pisani.eu – Sistemi informatizzati, non invasivi di monitoraggio e certificazione dei processi di realizzazione e controllo in esercizio della lunga rotaia saldata e della posizione piano altimetrica del binario.

PLASSER ITALIANA S.r.l. – Via del Fontanaccio, 1 – 00049 VELLETRI (ROMA) – Tel. 06/9610111 – Fax 06/9626155 – E-mail: info@plasser.it – www.plasser.it – Commercializzazione, riparazione e manutenzione di macchine per la costruzione e la manutenzione del binario ferroviario – Risanatrici, rinalzatrici, profilatrici, stabilizzatrici dinamiche, vetture di rilevamento e sistemi per la diagnostica del binario e della linea di contatto, saldatrici mobili per rotaie, autocarrelli con gru e piattaforme, autocarrelli per tesatura frenata linee di contatto, carrelli portabobine, dispositivi per video-ispezione linee ferroviarie e binario, rappresentanza attrezzature Robel.

POSEICO S.p.A. – Via Pillea, 42-44 – 16153 GENOVA – Tel. 010/8599400 – Fax 010/8682006-010/8681180 – E-mail: semicond@poseico.com – www.poseico.com – Dispositivi a semiconduttori di potenza (Diodi, Tiristori, GTO's, IGBT Press-pack, ecc.) – Dissipatori ad acqua per il raffreddamento di dispositivi di potenza sia press-pack che moduli – Assiemati di potenza con raffreddamento in aria naturale, aria forzata ed acqua – Ponti raddrizzatori per applicazioni industriali e di trazione – Analisi di guasto e servizio di collaudo – Riparazioni di assiemati di potenza – Distribuzione e/o commercializzazione di componenti nel campo dell'elettronica di potenza.

PROJECT AUTOMATION S.p.A. – Viale Elvezia, 42 – 20052 MONZA (MI) – Tel. 039/2806233 – Fax 039/2806434 – www.p-a.it – Sistemi ed apparecchiature di segnalamento, controllo e supervisione del traffico per metroltranvie 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.

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 SEGNALEMENTO FERROVIARIO: Progettazione e realizzazione di impianti di segnalamento per la sicurezza ferroviaria – Progettazione, fornitura, installazione, integrazione e messa in servizio di sistemi di segnalamento come il Blocco Automatico a Correnti Codificate, Sistemi di Controllo Marcia del Treno, Apparati Centrali Elettrici a Itinerari, etc. – Manutenzione, formazione e assistenza tecnica – RETI & SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONI: Progettazione e realizzazione di reti Wireline e Wireless, di reti GSM-R e di sistemi SDH – Progettazione, fornitura, installazione, integrazione e messa in servizio di sistemi di: Informazione al Pubblico, Videosorveglianza, Supervisione per la sicurezza e la manutenzione, telefonia selettiva, Bigliettazione, etc. – Manutenzione, Formazione e assistenza tecnica – MESSA IN SICUREZZA GALLERIE: Progettazione layout impianti di Messa in Sicurezza delle Gallerie – Realizzazione di impianti per la copertura radio, il rilevamento e spegnimento incendi, la telefonia d'emergenza, diffusione sonora d'emergenza, illuminazione d'emergenza, etc.

SPII S.p.A. – Via Don Volpi, 37 angolo Via Montoli – 21047 SARONNO (VA) – Tel. 02/9622921 – Fax 02/9609611 – www.spii.it – info@spii.it – Temporizzatori elettromeccanici, multifunzione e digitali – Programmatori elettromecc-

canici, multifunzionali e digitali – Microinterruttori ed elementi di contatto di potenza – Elettromagneti – Relè di potenza e ausiliari – Relè di controllo tensione frequenza e corrente – Teleruttori per c.a. e per c.c., per bassa ed alta tensione – Sezionatori – Motori e motoriduttori frazionari in c.c. – Connettori – Dispositivi di interblocco multiplo a chiave – Combinatori e manipolatori – Equipaggiamenti integrati completi per la trazione pesante e leggera.

SUPERUTENSILI S.r.l. – Via A. Del Pollaiuolo, 14 – 50142 FIRENZE – Tel. 055/717457 – Fax 055/7130576 – Forniture ferrotranviarie: filtri e pannelli filtranti, utensili, macchinari, strumenti di misurazione, rimozione graffiti, certificazioni CE e rimessa a norma macchinari, grassi e lubrificanti.

TECNEL SYSTEM S.p.A. – Via Brunico, 15 – 20126 MILANO – Tel. 02/2578803 r.a. – Fax 02/27001038 – E-mail: tecnel@tecnelsystem.it – www.tecnelsystem.it – Pulsanti – Interruttori – Selettori – Segnalatori serie SWT04 per banchi manovra – Segnalatori a LED serie SI 30 – Pulsanti apertura/chiusura porte serie 56 e 57 – Pulsanti mancorrente richiesta fermata serie SWT84 – Pulsanti ed interruttori antivandalo – Sistemi di comando e protezione porte – Avvisatori ottici ed acustici – Sirene – Temporizzatori – Sensori movimento/presenza apertura porte – Pressacavi AGRO in materiale sintetico, ottone nichelato, acciaio inox – Guaina aperta autoavvolgente AGROsnap.

TEKFER S.r.l. – Via Gorizia, 43 – 10092 BEINASCO (TO) – Tel. 011/0712426 – Fax 011/0620580 – E-mail: segreteria@tekfer.com – www.tekfer.com – Sistemi per impianti di sicurezza e segnalamento – Apparecchiature per il blocco automatico – INFILL – Codificatori statici – Relè elettronici (TR, HR, DR, relè a disco e altri) – Prodotti per 83,3 Hz (generatori di potenza fino a 15 kVA, filtri e rifasatori) – Telecomandi in sicurezza – Diagnostica impianti – Progettazione e installazione impianti.

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 Sa-

fety 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 ITALY S.r.l. - Via Alessandria, 91 – 00198 Roma – Tel. 06/84241106 – E-mail: railwaysystems-italy@voestalpine.com – www.voestalpine.com/railway-systems – Progettazione, Consulenza, Produzione, Service e Logistica di Scambi ferroviari A.V., Apparecchi di binario convenzionali e tranviari, Rotaie Vignole e a gola, Casse di manovra ferroviarie e segnalamento completo tranviario – Sistemi diagnostici e monitoraggio per scambi e per materiale rotabile.

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 Certifica-

te n. 21. Certificazione sistema di gestione ambientale ISO 14001:2004 Certificate n. 27.

KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG, Goellstrasse 8, 84529 TITTMONING (Germania) – Tel. +49 (8683) 701-151 - <http://www.strail.com> - Fornitura di sistemi di attraversamento a raso per ogni tipo di traffico e armamento: STRAIL, innoSTRAIL, pedeSTRAIL, pontiSTRAIL, veloSTRAIL - Traverse polimeriche da linea, ponte e deviatoio: STRAILway - Soluzioni per l'isolamento acustico ed elettrico della rotaia: STRAILastic - Sistemi per la riduzione del rumore: STRAILwave. Area Manager Italia: tommaso.savi@strail.it - tel. +39 392 9503894 - Amministrazione Italia: jessica.romani@strail.it - tel. +39 0461 1413831.

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 ferroviario – Completa gamma di guarnizioni per tenuta fluidi – Certificata ISO 9001:2015 e EN 9120:2018 – Fornitore Trenitalia.

PLASTIROMA S.R.L. – VIA PALOMBARESE, km 19,100 – 00012 GUIDONIA MONTECELIO (ROMA) – Tel. 0774/367431-32 – Fax 0774/367433 – E-mail: info@plastiroma.it – www.plastiroma.it – Morsetterie, contropiastre, cassette per C.D.B., materiale isolante per C.D.B., segnali bassi di manovra, segnali alti di chiamata, shunt, componenti in materiale plastico per relè FS, progettazione di articoli tecnici.

H Rilievi e progettazione opere pubbliche

ABATE dott. ing. Giovanni – Via Piedicavallo, 14 – 10145 TORINO – Tel./Fax 011/755161 – Cell. 335/6270915 – E-mail: abateing@libero.it – Armamento ferroviario – Progettazione e direzione lavori di linee ferroviarie, metropolitane e tranviarie – Armamento ferroviario e linee per trazione elettrica – Redazione di progetti costruttivi preliminari e definitivi comprensivo dei piani di sicurezza e di coordinamento sia in fase di progettazione che in fase di esecuzione per raccordi industriali – Rilievi e tracciamenti finalizzati alla progettazione di linee ed impianti ferroviari.

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 Concessione, 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.prisma@prismaengineering.net

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

italcertifier.it – Organismo notificato n. 1960 (Direttiva 2008/57/CE) – Verificatore indipendente di sicurezza (linee guida ANSF) – Organismo di ispezione di tipo A (norma EN 17020) per sottosistemi ferroviari e per la validazione di progetti civili – Laboratori accreditati per prove di componenti e sottosistemi ferroviari.

Q Società di progettazione e consulting

INTERLANGUAGE S.r.l. – Strada Scaglia Est 134 – 41126 MODENA – Tel. 059/344720 – Fax 059/344300 – E-mail: info@interlanguage.it – www.interlanguage.it – Traduzioni tecniche, giuridiche, finanziarie e pubblicitarie – Impaginazione grafica, localizzazione software e siti web. Qualificati nel settore ferroviario.

BONIFICA S.p.A. – Via della Camilluccia 67, 00135 Roma – Tel. 06 415391 – PEC: bonificaspa@legalmail.it. Società Italiana di ingegneria civile specializzata nella progettazione, direzione lavori e project management di infrastrutture di trasporto. Opera nei settori stradale, ferroviario, portuale, oltre che in ambito ambientale e idraulico. Fornisce servizi di ingegneria multidisciplinare dalla fattibilità alla progettazione esecutiva, supporto alle gare e controllo dei progetti. Dal 2015 BONIFICA S.p.A. adotta la metodologia BIM operando ai più elevati livelli di ma-

turità del processo, con esperienze concrete nel 4d e 5d Modeling.

R Trasporto materiale ferroviario

FERRENTINO S.r.l. – Via Trieste, 25 – 17047 VADO LIGURE (SV) – Tel. 019/2160203 – Cell. +39/3402736228 – Fax 019/2042708 – E-mail: alessandroferrentino@gmail.com – www.ferrentinoconsulting.com – Consulenza e organizzazione trasporti, imbarchi, sbarchi per materiale ferroviario – Assistenza e consulenza per imballo, protezione e movimentazione pezzi eccezionali.

S Servizi assicurativi

ASSIFIDI SPA – Piazza del Sole 81 – 00144 Roma – tel.06.87652053 – E-mail: 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 Agosto 2026
Printed in August 2026



La nuova frontiera della stabilizzazione dinamica del binario

Plasser StabilizingTrailer combina le prestazioni di una moderna stabilizzatrice dinamica del binario, con masse oscillanti variabili, alla flessibilità e convenienza di un mezzo trainato. Dotato di PLC Plasser PIC2.0, registratore DRP, sistema ARES e Datamatic, offre soluzioni moderne ed affidabili per la gestione dei dati operativi.

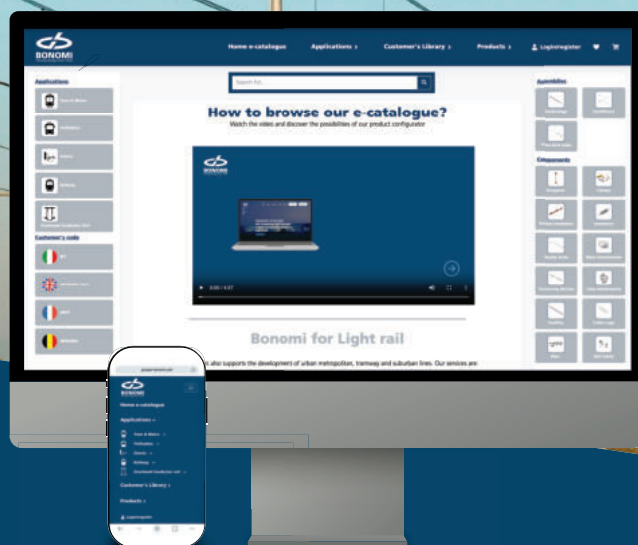


BONOMI RAILWAY

THE BEST OF RAILWAY ELECTRIFICATION IN ONE **CLICK**



Explore the e-catalogue



Visit us at
INNOTRANS
Hall 22 - Stand 360