

Towards a safer world.

### L'Italia accorcia le distanze

I tempi di percorrenza della linea Milano-Bologna si riducono del 40% con la nuova linea ad Alta Velocità/Alta Capacità: un sistema di trasporto complesso che richiede alla tecnologia sicura ed efficace.

Ansaldo STS fornisce questa tecnologia su oltre il 50% di tutte le linee ad Alta Velocità nel mondo, tra cui quelle di: Belgio, Cina, Corea del Sud, Germania, Olanda, Regno Unito e Spagna, sull'intera rete TGV in Francia e su tutta quella italiana. Ansaldo STS è leader mondiale per le applicazioni ERTMS livello 2, il sistema di segnalamento interoperevole più evoluto.

Ansaldo STS, società quotata sulla Borsa Italiana, opera nei settori del segnalamento e dei sistemi di trasporto "chavi in mano" per linee ferroviarie e metropolitane, con 4200 persone in 28 paesi.

\* Nell'ambito del Consorzio Saturno (Main Contractor per gli impianti elettroferroviari delle linee AV/AC italiane), Ansaldo STS fornisce: sistema ERTMS livello 2, Apparati Centrali di stazione e Multistazione, sistemi per il Comando e Controllo Centralizzato del Traffico, ferroviario e della Trazione Elettrica, sottostazioni elettriche, impianti di alimentazione, illuminazione e forza motrice.

www.ansaldo-sts.com



INGEGNERIA FERROVIARIA - GENNAIO 2010



# INGEGNERIA FERROVIARIA

# IF

ANNO LXV

GENNAIO 2010 1

**Third generation Computer Based Interlocking**

PISTOIA	In arrivo tra
09:26	1 min
09:16	31 min
10:36	
In arrivo tra	
09:16	
10:36	
FIRENZE	
PISA	
Treni in linea	

PRODUCTS FOR THE FUTURE.

ECM S.p.A. - Via IV Novembre, 29 - 51034 Serravalle Pistoiese - PISTOIA - Italy • Tel. +39 0573 92.98.1 r.a. • [www.ecmre.com](http://www.ecmre.com)

In questo numero:

**Ricerca operativa per supporto alla programmazione dei servizi**

**Trasporto collettivo urbano: metodi di priorità**

Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in abbonamento postale - d.l. 353/2003 (conv. in l. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma 1 - DCB Roma - ISSN: 0020 - 0956

# Ponti ESSEN



**ESSEN ITALIA** promuove, sviluppa e impiega la tecnologia "Ponti **ESSEN**" per il sostegno provvisorio del binario in esercizio.

**ESSEN ITALIA** è oggi un'azienda leader indiscussa nel settore dei ponti ferroviari provvisori grazie al know-how acquisito e alla capacità di operare mantenendo elevati standard di qualità e sicurezza in tutti i processi produttivi.

**ESSEN ITALIA** persegue continuamente l'obiettivo di migliorare il livello di esercizio del traffico ferroviario in ordine alle soluzioni adottate, alle velocità di transito ammesse ed ai tempi previsti per le lavorazioni.

*Utilizzare la tecnologia Essen significa orientarsi verso un prodotto che intrinsecamente riduce i margini di incertezza operativa, migliora la sicurezza e la regolarità dell'esercizio ferroviario.*

*Sicurezza e regolarità  
dell'esercizio ferroviario*

*Progettazione  
Ricerca e sviluppo*

*Prodotti e servizi chiavi in mano  
Efficienza operativa*

**Maggiore velocità'  
in sicurezza**



Barriere Protezione Cantiere TEFIX

Dispositivi a rulli per scambio

Cunicoli in plastica

Segnali d'arresto

Paraurti e sistemi d'arresto ferroviario

Attraversamento pedonale

Pedali Conta Assi

Automazioni



**TECO**

S.da Valle Torta 5/A - 10020 Cambiano (To)  
Tel. 0119440430 - Fax 0119457303  
www.tecosistemi.it info@tecosistemi.it

## Tecnologie e soluzioni per l'armamento ferroviario

- Saldatura alluminotermica rotaie
- Attraversamenti stradali Strail® e pedonali Pedestrail®
- Sistemi a rulli per scambi
- Impianti snevamento telecomandati
- Impermeabilizzazioni sottopassi e gallerie
- Consolidamento massicciate - TBB
- Ingrassatore ecologico



**THERMIT® ITALIANA S.r.l.**

*A Member of the Goldschmidt-Thermit Group*

Piazzale Santorre di Santarosa, 9 • 20156 Milano • Tel. 02 38.00.66.61 r.a. • Fax 02 38.00.66.56 • www.thermit.it

Progettiamo  
Linee Aeree,  
ma con i piedi  
per terra.



- Progettazione sistemi di elettrificazione.
- Isolatori compositi.

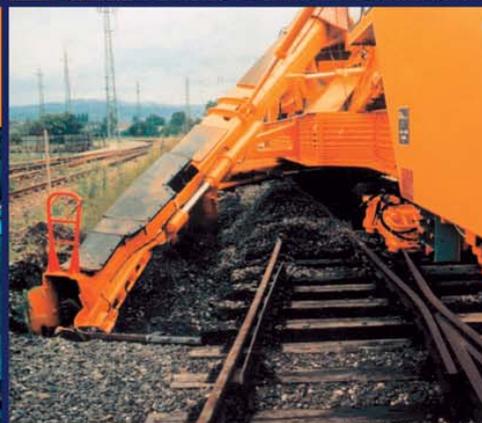
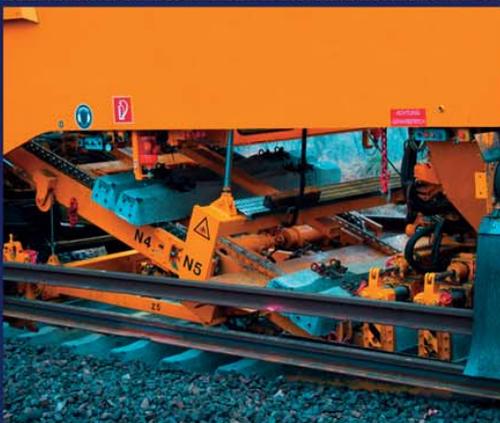


**Bonomi Eugenio S.p.A**

Via A. Mercanti, 17  
25018 **Montichiari - Brescia**  
Tel. +39 030 9650304 - Fax +39 030 962349  
[www.bonomieugenio.com](http://www.bonomieugenio.com)



Via Carso, 49  
24040 **Madone - Bergamo**  
Tel. +39 035 4943476 - Fax +39 030 962349  
[info@ebrebosio.it](mailto:info@ebrebosio.it)



## AVANGUARDIA SUL BINARIO

Manutenzione o risanamento della massicciata, rinnovamento della catenaria o rilevamento del binario - Plasser & Theurer è il primo per quel che riguarda la meccanizzazione di tutti i procedimenti di lavorazione sui binari. Un programma completo di macchine dà l'opportunità di fare la scelta giusta, sia per tratti di alta velocità, sia per ferrovie industriali e reti di traffico locali. Macchine di grandezza e capacità diverse rendono possibile una scelta mirata. Con l'aiuto di una molteplicità di componenti provati e kit di costruzione vengono progettate delle soluzioni fatte su misura. Alta tecnologia nel rinnovamento del binario è la risposta di Plasser & Theurer alle richieste delle ferrovie moderne.

**Plasser & Theurer**

**Plasser Italiana**

Plasser & Theurer | Export von Bahnbaumaschinen Gesellschaft m.b.H. | A-1010 Wien | Johannesgasse 3 | Tel. (+43) 1 515 72 - 0 | Telefax (+43) 1 513 18 01

Plasser Italiana S.R.L. | 00049 Velletri (RM) | Via del Fontanaccio 1 | Tel. (+39) 06 96 10111 | Telefax (+39) 06 96 26155

# INGEGNERIA FERROVIARIA

RIVISTA DI TECNICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI  
ORGANO DEL COLLEGIO INGEGNERI FERROVIARI ITALIANI

Associazione NO PROFIT con personalità giuridica (n. 645/2009)

iscritta al Registro Nazionale degli Operatori della Comunicazione (ROC) n. 5320

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

Pubblicazione mensile

ANNO LXV  
GENNAIO 2010  
NUMERO 1

**STUMENTI DI RICERCA OPERATIVA PER IL SUPPORTO  
ALLA PROGRAMMAZIONE DI SERVIZI CADENZATI  
OPERATIONS RESEARCH MODELS FOR PROGRAMMING  
SUPPORT OF CADENCED TIMETABLES**

Dott. Ing. A. MIGNONE,  
Dott. Ing. G. ACCADIA

9

**Bando di concorso Premio KAJON**

30

**CONSIDERAZIONI SULL'EFFETTO DEL GRADO  
DI ETEROTACHICITA' SULLA POTENZIALITA'  
DI CIRCOLAZIONE DELLE LINEE FERROVIARIE  
CONSIDERATIONS OF THE EFFECT OF THE LEVEL  
OF TRAIN HETEROGENEITY ON RAILWAY CAPACITY**

Dott. Ing. F. CROCCO,  
Dott. Ing. S. DE MARCO,  
Dott. Ing. D. W.E. MONGELLI

33

**Bando di concorso Premio di Laurea Giorgio BELTRAMI**

46

**UN CONFRONTO IN TERMINI ECONOMICI DEI "METODI DI  
PRIORITA'" PER IL TRASPORTO COLLETTIVO URBANO**

Dott. Ingg. B. BARABINO,  
G. BARMINA, S. SALIS

49

**Notizie dall'interno**

65

**Notizie dall'estero**

71

**IF Biblio**

77

**Condizioni di abbonamento alla rivista e di associazione al CIFI**

83

## CONSULENTI

MORETTI Dott. Ing. Mauro, Amministratore Delegato FS SpA, Presidente del CIFI; LAGANÀ Dott. Ing. Antonio, Dirigente FS a.r., già Presidente CIFI; MAESTRINI Dott. Ing. Emilio, Responsabile DISQS, già Presidente del CIFI; RIZZOTTI Dott. Ing. Silvio, Dir. Gen. FS a r., già Presidente del CIFI; CAPRIO Dott. Ing. Giovannino, Dirigente FS a r., Vice Presidente CIFI; DEBARBIERI Dott. Ing. Paolo Enrico, Dirigente FS a r.; DI MAJO Prof. Ing. Franco, già Docente di Costruzioni di materiale ferroviario, Politecnico di Torino; DIANA Prof. Ing. Giorgio, Dip.to di Meccanica, Politecnico di Milano; MANIGRASSO Prof. Ing. Renato, Dip.to di Meccanica, Politecnico di Milano; SCIUTTO Prof. Ing. Giuseppe, Università di Genova.

## COMITATO DI REDAZIONE

BONORA Dott. Ing. Giovanni, Dirigente FS a r.; BORGIA Prof. Ing. Eugenio, Docente a r.; BRUNER Dott. Ing. Massimiliano, DITS Univ. Sapienza di Roma; CANTARELLA Prof. Ing. Giulio ERBERTO, Ord. Prog.ne. Sistemi Trasporto, Università Salerno; CAU Dott. Ing. Gianfranco, DISQS, Trenitalia Firenze; CAVAGNARO Dott. Ing. Maurizio, Dirigente FS a r.; CORAZZA Prof. Ing. Giuseppe Romolo; COSTA Dott. Ing. Biagio, Dirigente RFI a r.; DALLA CHIARA Prof. Ing. Bruno, Politecnico di Torino; DE FALCO Prof. Ing. Franco; DI TRAPANI Dott. Ing. Salvatore, Dirigente FS a r.; EKBERG Prof. Anders, Goteborg Chalmers University of Technology; ELIA Dott. Ing. Alessandro, Dirigente Firema a r.; FUMI Dott. Ing. Alvaro, Responsabile Istituto Sperimentale; GAETA Dott. Ing. Attilio, Sistemi Segnalamento e Telecomunicazioni, RFI; GIOVINE Dott. Ing. Valerio, Direttore Pianificazione Industriale, Trenitalia; HANSEN Prof. Ingo, Delft University Technology; IWNICKI Prof. Simon David, Manchester Metropolitan University; LUZI Dott. Ing. Adoardo, Dirigente RFI a r.; MANCINI Dott. Ing. Giampaolo, DISQS, Trenitalia, Firenze; MINGOZZI Dott. Ing. Enrico, Dirigente FS a r.; NATONI Dott. Ing. Francesco, Dirigente Italferr a r.; RICCI Prof. Ing. Stefano, Docente DITS, Univ. Sapienza Roma, Vice Direttore IF; RIZZO Dott. Ing. Vito Dirigente FS a r.; ROSSI Dott. Ing. Stefano, Dir. Tecnica Armamento RFI; VITRANO Dott. Ing. Francesco, AnsaldoBreda SpA, Napoli.

### Direttore della Rivista: Dott. Ing. Renato CASALE

INGEGNERIA FERROVIARIA: 06.48.27.116 - e-mail: redazioneif@cifi.it - segreteria.if@cifi.it - notiziari.if@cifi.it - direttore.if@cifi.it SERVIZIO PUBBLICITÀ: Roma 06.47307819 - e-mail: redazioneip@cifi.it - Milano 02.63712002 - 339.12.20.777 - cifi.milano@tiscali.it - TELEFONI: Segreteria 06.488.21.29 - 06.47.30/6825 - e-mail: segreteria@cifi.it; Amministrazione 06.47.42.986 - e-mail: amministrazione@cifi.it - Biblioteca 06.47.30/6454 - e-mail: biblioteca@cifi.it

CIFI - Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani - Via G. Giolitti, 48 - 00185 Roma - E-mail: cifi@mclink.it - Sito: www.cifi.it - Fax 06.47.42.987 - 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.

## I SOCI COLLETTIVI DEL COLLEGIO INGEGNERI FERROVIARI ITALIANI

A.I.S.I.F. - ASSOCIAZIONE ITALIANA STUDENTI IN INGEGNERIA FERROVIARIA - ROMA	IMPRESA SIMEONE & FIGLI SVL - NAPOLI
ALENIA SIA S.p.A. - TORINO	INFOTRONIC S.p.A. - MILANO
ALSTOM FERROVIARIA S.p.A. - SAVIGLIANO (CN)	INTECS S.p.A. - LOC. MONTACCHIELLO - PISA
ALTRAN ITALIA S.p.A. - ROMA	IRCA S.p.A. - DIVISIONE RICA - VITTORIO VENETO (TV)
ANIAF - ROMA	ITALFERR S.p.A. - ROMA
ANSALDOBREDA S.p.A. - NAPOLI	ITC GROUP - PRAGA (CZ)
ANSALDO S.T.S. S.p.A. - GENOVA	IVECOS S.p.A. - VITTORIO VENETO (TV)
ARST - GESTIONE FERROVIE DELLA SARDEGNA S.r.l. - CAGLIARI	L.O.F. LABORATORIO OTTICO FIORENTINO - FIRENZE
ASSIFER - ASS. INDUSTRIE FERR. ELETTR. - MILANO	LENORD S.p.A. - MILANO
ASSOFER - ASSOCIAZIONE OPERATORI FERROVIARI E INTER-MODALI - ROMA	LOGYCA S.r.l. - UDINE
ASS.TRA - ASSOCIAZIONE TRASPORTI - ROMA	LUCCHINI S.p.A. - PIOMBINO (LI)
A.T.A.C. S.p.A. - AGENZIA PER I TRASPORTI AUTOFERROTRANVIARI - COMUNE DI ROMA	LUCCHINI RS S.p.A. - LOVERE (BG)
BALFOUR BEATTY RAIL S.p.A. - MILANO	MARGARITELLI S.p.A. - PONTE S. GIOVANNI (PG)
BELDEN ITALIA S.r.l. - AGRATE BRIANZA (MI)	MATISA S.p.A. - S. PALOMBA (ROMA)
BLUE ENGINEERING S.r.l. - RIVOLI (TO)	MER MEC S.p.A. - MONOPOLI (BA)
BOMBARDIER TRANSPORTATION ITALY S.p.A. - VADO LIGURE (SV)	METROCAMPANIA NORDEST S.r.l. - NAPOLI
BONCIANI S.p.A. - RAVENNA	METRONAPOLI S.p.A. - NAPOLI
BONOMI EUGENIO S.p.A. - MONTICHIARI (BS)	METROPOLITANA MILANESE S.p.A. - MILANO
CARLO GAVAZZI FEME S.p.A. - TURATE (CO)	MICOS S.p.A. - ROMA
CARROZZERIA NUOVA S. LEONARDO S.r.l. - SALERNO	MONT-ELE S.r.l. - GIUSSANO (MI)
C.L.F. - COSTRUZIONI LINEE FERR. S.p.A. - BOLOGNA	ORA ELETTRICA S.p.A. - MILANO
CARL SOFTWARE - TORINO	ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA - ROMA
CASAULA RAPPRESENTANZE S.r.l. - ROMA	PANDROL ITALIA S.p.A. - S. ATTO (TE)
CEMBRE S.p.A. - BRESCIA	PFISTERER S.r.l. - PASSIRANA DI RHO (MI)
CEMES - SEGGIANO DI PIOLTELLO (MI) - COSTRUZIONI ELETTRIFERROVIARIE MECCANICHE EDILI STRADALI	PLASSER ITALIANA S.r.l. - VELLETRI (ROMA)
CIRCUMVESUVIANA S.r.l. - NAPOLI	PHOENIX CONTACT S.P.A. - CUSANO MILANINO (MI)
COET-COSTRUZIONI ELETTROTECH. - SAN DONATO M.SE (MI)	PMA ITALIA S.r.l. - PADERNO DUGNANO (MI)
CONSORZIO NET ENGINEERING S.p.A. - MONSELICE (PD)	PROJECT AUTOMATION S.p.A. - MONZA (MI)
CONSORZIO SATURNO - ROMA	PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - RIPARTIZIONE TRAFFICO E TRASPORTI
COOPSETTE SOCIETÀ COOPERATIVA - CASTELNOVO DI SOTTO (RE)	QSD SISTEMI S.r.l. - PESSANO CON BORNAGO (MI)
CORIFER - FIRENZE	REGIONE PIEMONTE - DIREZIONE TRASPORTI - TORINO
CREMONINI S.p.A. - CASTELVETRO (MO)	RETE FERROVIARIA TOSCANA S.p.A. - AREZZO
DYNASTES S.r.l. - ROMA	R.F.I. S.p.A. - RETE FERROVIARIA ITALIANA - DIREZ. TECNICA ENERGIA E TRAZ. ELETTR. - ROMA
DUCATI ENERGIA S.p.A. - BOLOGNA	RGM S.p.A. - GENOVA
ECM S.p.A. - SERRAVALLE PISTOIESE (PT)	RINA TRAINING FACTORY S.r.l. - GENOVA
EL.CA ELETTROMECCANICA CAMPANA S.p.A. - CASTELLAMMARE DI STABIA (NA)	RITTAL S.p.A. - VIGNATE (MI)
ELECOM S.r.l. - GENOVA	SCALA VIRGILIO & FIGLIO S.p.A. - MONTEVARCHI (AR)
ELETECH S.r.l. - BITONTO (BA)	SCHWEIZER ELECTRONIC S.r.l. - MILANO
ENTE AUTONOMO VOLTURNO S.r.l. - NAPOLI	SELTA S.p.A. - CADEO (PC)
EREDI GIUSEPPE MERCURI S.p.A. - NAPOLI	SEPSA - NAPOLI
ESIM S.r.l. - BARI	SHRAIL S.r.l. - MILANO
EULEGO S.r.l. - TORINO	SICE S.n.c. - CHIUSI SCALO (SI)
F.E.R.V.E.T. S.p.A. - CASTELFRANCO VENETO (TV)	SIEMENS S.p.A. - SETTORE TRASPORTI - MILANO
FAIVELEY TRANSPORT PIOSSASCO S.p.A. - PIOSSASCO (TO)	SIMPRO S.p.A. - BRANDIZZO (TO)
FASE S.a.s. DI EUGENIO DI GENNARO & C. - SENAGO (MI)	S.I.R.T.I. S.p.A. - MILANO
FERROTRAMVIARIA S.p.A. - FERROVIE DEL NORD BARESE - ROMA	S.P.I.I. S.p.A. - SARONNO (VA)
FERROVIA ADRIATICO SANGRITANA S.p.A. - CANSICANO (CH)	SPM CONSULTING S.r.l. - PIANORO (BO)
FERROVIE APPULO LUCANE S.r.l. - BARI	SCHAEFFLER ITALIA S.r.l. - MONO (NO)
FERROVIE DELLA CALABRIA S.r.l. - CATANZARO	STADLER RAIL AG - BUSSNANG (CH)
FERROVIE DELLA SARDEGNA S.r.l. - CAGLIARI	STRETTO DI MESSINA S.p.A. - ROMA
FERROVIE DEL SUD EST E SERVIZI AUTOMOBILISTICI S.r.l. - BARI	SYMACONTECH S.p.A. - NAPOLI
FIP INDUSTRIALE S.p.A. - SELVAZZANO DENTRO (PD)	SYSCO S.p.A. - ROMA
FIREMA TRASPORTI S.p.A. - MILANO	SYSNET TELEMATICA S.r.l. - MILANO
FRENSISTEMI S.r.l. - FIRENZE	SYSTRA SUCCURSALE ITALIANA - ROMA
GEMMO S.p.A. - ROMA	SVECO S.r.l. - LATINA
GENERALE COSTRUZIONI FERROVIARIE S.p.A. - ROMA	T.A.V. S.p.A. - ROMA
GE TRANSPORTATION SYSTEMS S.p.A. - FIRENZE	TEKFER S.r.l. - ORBASSANO (TO)
GRUPPO TRASPORTI TORINESI S.p.A. - TORINO	THALES ITALIA S.p.A. - SESTO FIORENTINO (FI)
GOVONI MANDLING SYSTEMS S.r.l. - CENTO (FE)	THERMIT ITALIANA S.r.l. - MILANO
HARTING S.p.A. - VIMODRONE (MI)	TELEFIM S.p.A. - VERONA
HUPAC S.p.A. - MILANO	TRANSFIMA TRASPORTI S.p.A. - GRUGLIASCO (TO)
HYDREMA S.r.l. - ROMA	TRAVAGLINI CEMENTI ARMATI VIBRATI SPA - GALLESE (VT)
KIEPE ELECTRIC S.p.A. - CERNUSCO SUL NAVIGLIO (MI)	TRENTITALIA S.p.A. - ROMA
KLIMAT-FER S.p.A. - PADOVA	VAE ITALIA S.r.l. - ROMA
I.P.A. PRECAST S.p.A. - CALCINATE (BG)	VOSSLOH COGIFER ITALIA S.r.l. - CORNAREDO (MI)
I.P.I. S.p.A. - PESARO - INDUSTRIA PREFABBRICATI ITALIANI	VOSSLOH SISTEM S.r.l. - SARSINA (FC)
IMET S.p.A. - PERUGIA	
IMPRESA SILVIO PIERBON SAS-BELLUNO	

## INDICE ALFABETICO DEGLI ANNUNZI PUBBLICITARI

ACCOMANDITA S.p.A. Tecnologie Speciali Energia - Salsomaggiore Terme (PR) p. 48	ESSEN ITALIA S.p.A. - Roma p. 1 I/romana	PLASSER Italiana S.r.l. p. 4 - Velletri (Roma) c/sommario
ANSALDOBREDA - Gruppo Finmeccanica - Roma III copertina	FASE - Senago (MI) p. 32	SIGMA-3 S.r.l. - Beinasco (TO) p. 64
ANSALDO STS S.p.A. - Genova IV copertina	GLENAIR Connectors Italia S.r.l. - Paderno Dugnano (MI) p. 31	SITE S.p.A. - Bologna p. 70
BONOMI Eugenio S.p.A. - Montichiari (BS) p. 3	IB Italian Brakes S.p.A. - Striano (NA) p. 64	SPII S.p.A. - Saronno (VA) p. 7
ECM S.p.A. di Cappellini - Serravalle Pist. (PT) I copertina	LUCCHINI RS S.p.A. - Brescia II copertina	TECO - Cambiano (TO) p. 2
	MAC BROOKS - Expo Ferroviaria, 8-10 giugno 2010 p. 45	TELEFIN S.p.A. - Verona p. 8
		THERMIT Italiana S.r.l. - Milano p. 2
		Elenco Fornitori pp. 85-92

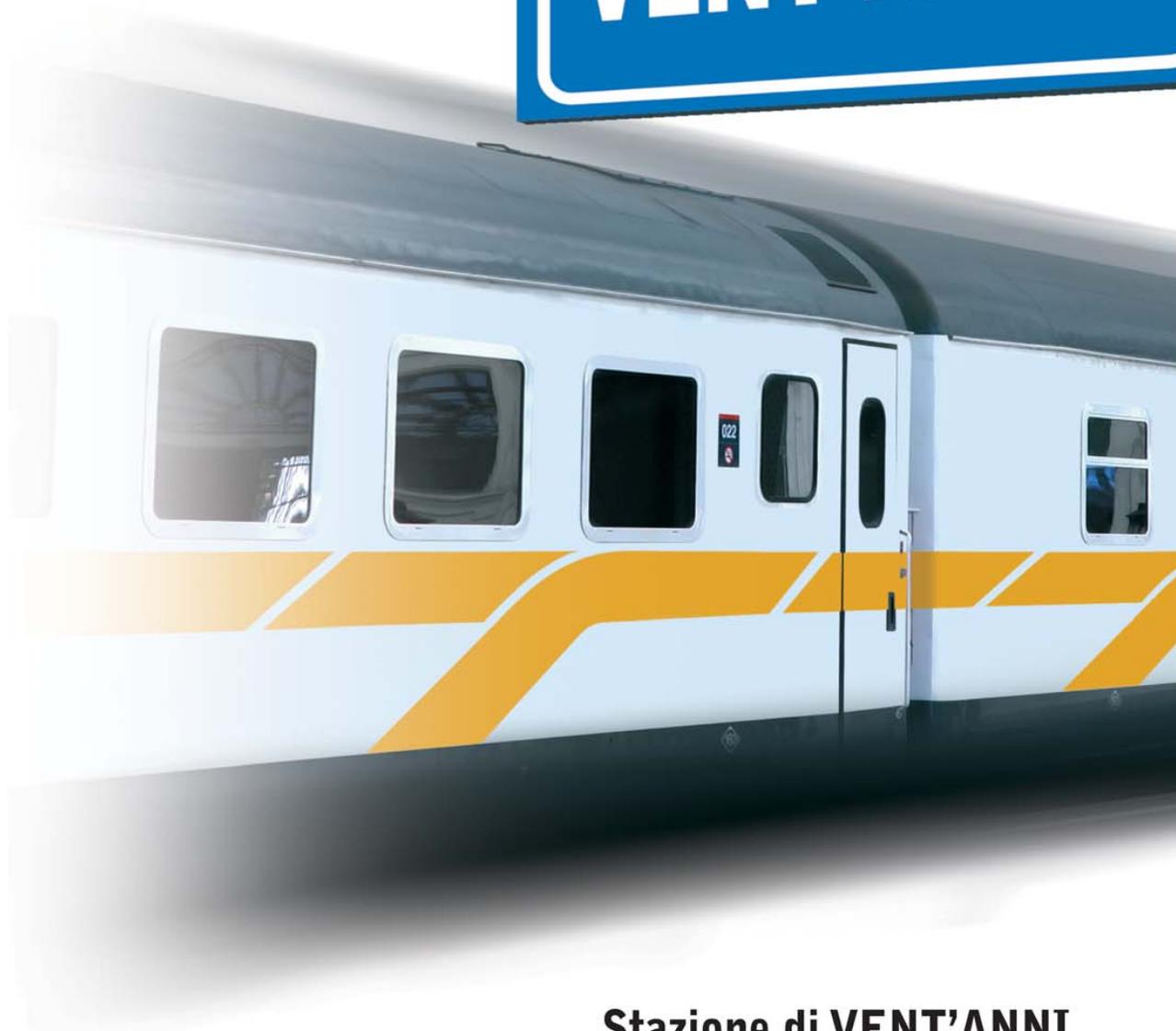
**Il nostro talento non si ferma mai**  
*Our skill never stops*

www.spil.it

**SPII**  
TALENTO TECNOLOGICO IN EVOLUZIONE  
*Technological skill in evolution*

active caos

# VENT'ANNI



## Stazione di VENT'ANNI.

Una stazione ricca di significati e valori per un viaggio importante, che passando per ricerca e sviluppo porta all'innovazione. Un treno carico di esperienza al servizio delle telecomunicazioni ferroviarie. Da vent'anni questo viaggio è il nostro lavoro.

SAREMO PRESENTI A  
**EXPO Ferroviaria 2010**  
 8 - 10 Giugno 2010  
 Lingotto Fiere, Torino, Italia

Per conoscere le prossime stazioni: [www.telefin.it](http://www.telefin.it)



## Strumenti di ricerca operativa per il supporto alla programmazione di servizi cadenzati

### Operations research models for programming support of cadenced timetables

*Dott. Ing. Andrea MIGNONE(\*) – Dott. Ing. Giovanni ACCADIA(\*\*)*

**SOMMARIO** - In questo articolo ci si propone di descrivere brevemente un approccio di modellizzazione, basato sulla Ricerca Operativa e sulla Programmazione Matematica, orientato alla pianificazione delle tracce su linee che permettano una struttura di orario cadenzato ed impiegabile come supporto alla pianificazione ed all'analisi infrastrutturale di tratte utilizzate da servizi periodici, caratterizzate spesso da un'alta intensità di traffico. In particolare, date in input le condizioni d'orario obiettivo (ad esempio alcune linee con cadenzamento periodico), la topologia dell'infrastruttura ferroviaria ed eventuali altri vincoli, si valuta tramite un primo modello la possibilità di costruire un orario che soddisfi le specifiche desiderate.

Talvolta però gli scenari richiesti non sono implementabili sull'attuale configurazione topologica della rete; per questo motivo si può affrontare e risolvere il medesimo problema in presenza di topologia infrastrutturale variabile con un'ottica di medio-lungo periodo, ovvero con l'intento di valutare quali siano gli interventi infrastrutturali ottimali che rendano possibile pianificare l'orario obiettivo.

Questo lavoro è un estratto della Tesi di Laurea Magistrale dal titolo: "Schedulazione periodica di linee ferroviarie in presenza di infrastruttura variabile" [1], scritta da Andrea MIGNONE e discussa nella sessione di Marzo 2009 presso il Politecnico di Torino.

#### 1. Introduzione

La gestione delle linee e l'ottimizzazione della capacità sono dei problemi decisamente complessi che la recente riforma europea ha delegato ai Gestori dell'Infrastruttura delle diverse reti ferroviarie nazionali. Il tema della pianificazione sostenibile riveste, quindi, un'importanza rile-

**SUMMARY** - In this article we propose to briefly describe an approach for the problem modelling, based on Operations Research and Mathematical Programming. This analysis is oriented to the planning of the paths on lines that allow a cadenced timetable pattern, therefore the method can be used as a support for the planning and infrastructural analysis of routes used by periodic railway services, often characterized by high traffic density. In particular, given a target timetable (i.e. some cadenced lines), the railway topology and other possible constraints, the feasibility of the schedule that meets the required specifications is verified through a first model.

Sometimes the requested scenarios cannot be implemented on the current network topology: this is the reason why we can deal with and solve the problem in a context of variable infrastructure topology for a medium-long term analysis, in order to find the best infrastructure changes that make feasible the target scheduling.

This work comes from the Master of Science Thesis titled: "Periodic train scheduling with variable infrastructure" ("Schedulazione periodica di linee ferroviarie in presenza di infrastruttura variabile") [1], prepared by Andrea MIGNONE for the degree examination session of March 2009 at Polytechnic of Turin.

#### 1. Introduction

The lines management and the railway capacity optimization are very complex problems that the recent European reform delegated to the Infrastructure Managers of the national railway networks. Therefore the topic of sustainable planning is increasing its importance in the current railway area; in particular the creation of path offer

(\*) Autore di uno studio sulle potenzialità di nuovi modelli di supporto alla programmazione di servizi cadenzati in occasione di uno Stage presso RFI S.p.A.

(\*\*) RFI S.p.A., Direzione Compartimentale Movimento di Torino - S.O. Esercizio.

(\*) Author of a study on the capabilities of new models for the programming support of cadenced railway services during work experience at RFI S.p.A.

(\*\*) RFI S.p.A., Direzione Compartimentale Movimento, Turin - S.O. Esercizio.

vante negli ambiti ferroviari odierni; in particolare la creazione del catalogo delle tracce vendibili deve tener conto sia della domanda delle Imprese Ferroviarie, sia dell'impatto che l'offerta potrebbe avere sui flussi di traffico, sulla regolarità dell'esercizio e sulla rete ferroviaria. In questi casi può essere utile l'implementazione di una logica di supporto all'analisi degli scenari in esame, basata su alcuni strumenti matematici, che offra in output una struttura di orario coerente alle specifiche.

Nella fase di pianificazione dei servizi cadenzati per il Trasporto Pubblico Locale, tipicamente si ha a che fare con linee caratterizzate da diverse tratte a singolo binario, che dalla conurbazione si inseriscono in un nodo ferroviario decisamente complesso. I dati in ingresso per questo processo riguardano quindi:

- la topologia infrastrutturale;
- i punti orario in cui si fissano i passaggi o gli arrivi e le partenze dei treni;
- la topologia delle località in cui si effettua servizio viaggiatori (stazioni o fermate);
- i distanziamenti temporali dettati dallo scenario tecnico;
- i tempi di percorrenza del materiale rotabile;
- l'entità e la distribuzione dei margini di regolarità sulle tracce<sup>(1)</sup>;
- il periodo di cadenzamento.

E' possibile inoltre considerare delle specifiche ulteriori dedicate allo scenario in esame come ad esempio i tempi imposti dagli impianti di stazione per la predisposizione degli itinerari in ingresso ed in uscita. Come si può osservare in fig. 1, il metodo presentato in questo lavoro prevede che i dati in input vengano formalizzati nel modello matematico che, una volta risolto, produce in output una programmazione del servizio. Tuttavia questo primo passo d'analisi potrebbe non contemplare una soluzione ammissibile e quindi non essere in grado di fornire in output

must take into account either the demand of the Carrier Companies and the impact that the offer could have on traffic flows, on the service regularity, and on the network. In these cases the implementation of a logic based on some mathematical tools as a support for the analysis of hypothetical scenarios may be useful to provide a timetable pattern consistent with the given specifications.

The planning of cadenced services for public local transport is usually characterized by some lines with a lot of single track sections of the conurbation joining into a more complex railway junction. The input for this process are:

- infrastructure topology;
- timing points in which arrivals and departures of trains must be setted;
- the type of locations where there should be passenger service (stations and stops);
- the headway setted by the technical system;
- rolling stock trip times;
- the amount and the distribution pattern of the time buffers<sup>(1)</sup>;
- the cadence period.

Further analysis are possible if also others specifications are considered: for instance we can take account of the required time for the preparation of the incoming and outgoing routes at the Station depending on the central control facilities. As fig. 1 shows, the method in this work requires the input data formalized in the mathematical model, whose resolution produces the service scheduling as output. However, this first step could not provide a feasible solution if there isn't any schedule specification consistent. This may happen, for example, if there aren't any train crossing possibilities in line, where possible, or in the stations. In these cases it is useful to repeat the analysis considering that the infrastructure topology may change for enabling the scheduling of services under the requirements, searching for the minimum incremental cost. This approach may be particularly helpful to

study the infrastructure correlations with a future schedule, as it is happening for the project of the service called "Metropolitan Railway System" ("Sistema Ferroviario Metropolitan") in the Turin's railway junction.

For the statement and the resolution of the models we have applied the technical know how of Operations Research and Mathematical Programming.

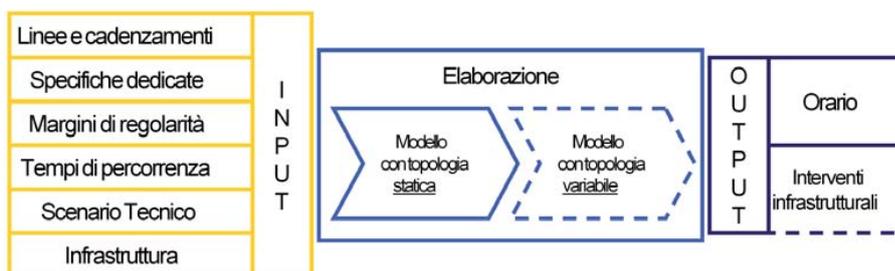


Fig. 1 - Schema concettuale della logica di analisi proposta.  
Conceptual diagram of the logic of analysis proposed.

<sup>(1)</sup> I margini di regolarità, detti anche allungamenti, sono dei *buffer* temporali quantificati in sede di programmazione che consentono di riassorbire i ritardi accumulati in fase d'esercizio.

<sup>(1)</sup> The time buffers are studied in the scheduling step to contrast the possible delays during the service running.

un orario. Ciò può accadere, ad esempio, quando non è possibile pianificare gli incroci dei treni né in linea, ove consentito, né in stazione. In questi casi risulta utile ripetere l'analisi inserendo tra le variabili anche i possibili interventi infrastrutturali che, minimizzando i costi incrementali, rendano possibile la pianificazione dei servizi secondo i requisiti richiesti. Questo approccio può dimostrarsi particolarmente utile quando si voglia studiare la sostenibilità infrastrutturale di particolari servizi cadenzati da implementare in futuro, come sta accadendo per il Sistema Ferroviario Metropolitan del nodo di Torino.

Per la descrizione e la risoluzione dei modelli si è deciso di adottare tecniche della Ricerca Operativa e della Programmazione Matematica.

Gli approcci proposti in questo articolo permettono un'esaustiva trattazione del problema per quanto concerne gli aspetti elencati in precedenza. I modelli sviluppati e testati in questo lavoro consentono una buona rappresentazione dei problemi in analisi, se pur semplificata: il modello infrastrutturale studiato, in particolare, considera solo possibili raddoppi selettivi senza considerare ulteriori adeguamenti tecnici; qualora si volessero considerare altre variabili d'intervento significative è possibile integrarle nel metodo proposto e valutarle rapidamente.

In questo articolo si vuole fornire una breve presentazione delle tecniche di modellizzazione e di elaborazione testate; per una trattazione più approfondita dell'argomento si rimanda il lettore interessato a [1] ed alla letteratura dedicata [2], [3], [4], [5] e [6].

## 2. Modellizzazione dei problemi per linee cadenzate

I cosiddetti problemi di Ricerca Operativa di *train timetabling* (detti anche di *train scheduling*) riguardano la programmazione di tracce ferroviarie e di servizi di trasporto in generale, e possono essere classificati in due categorie: quella dei *problemi ciclici* e quella dei *problemi non ciclici*.

Alla famiglia dei problemi non ciclici appartengono scenari caratterizzati da servizi non cadenzati, per cui nella creazione dell'orario non è contemplata, per definizione, alcuna particolare periodicità, come accade ad esempio per alcuni treni a lunga percorrenza.

I problemi ciclici invece comprendono le problematiche inerenti alle linee cadenzate, caratterizzate da arrivi e partenze pianificati all'incirca ai medesimi minuti di ogni ora, pressoché costanti e di facile memorizzazione per i viaggiatori. In quest'ultimo caso l'orario grafico si presenta come un blocco periodico di tracce ripetuto in maniera identica o quasi nell'arco della giornata. Un esempio di tale concetto è rappresentato in fig. 2. Per i problemi ciclici è quindi sufficiente studiare uno "schema orario"

The approaches proposed consider the data listed above in a comprehensive way. The models developed and tested in this work enables a good representation of the problems, though simplified: the model with variable infrastructure, in fact, considers only the possible doubling of some line section (selective doubling) without considering further technical adjustments, these other decisional variables can be considered by their integration into the method and quickly tested.

This article will give a short presentation of modelling and computational techniques; for a more detailed discussion on these matters, the reader can refer to [1] and to the dedicated literature [2], [3], [4], [5] and [6].

## 2. Modelling for cadenced lines problems

The so-called Train Timetabling Problem of Operations Research (also known as train scheduling problem) is focused on the scheduling of train paths and transport services in general, and can be classified into two categories: cyclical and acyclical problems.

The family of acyclical problems includes uncadenced services, for which, by definition, there isn't any particular periodicity, as an example we can cite some long distance trains.

The family of cyclical problems concerns instead the problems on the cadenced lines, characterized by arrivals and departures scheduled approximately at the same minutes of every hour, almost constant and easy to learn by passengers. In the latter case, the graphic timetable looks like a regular order of paths repeated more or less in the identical way throughout the day. Fig. 2 is an example of this property. Therefore in these cases we can study an ideal schedule pattern that can be repeated periodically taking account the day, the operative period, the maintenance period and so on.

The current know how of the research on the cyclical problems derives from the Periodic Event Scheduling Problem, called PESP, developed by SERAFINI and UKOVICH at the end of the eighties, whose comprehensive analysis

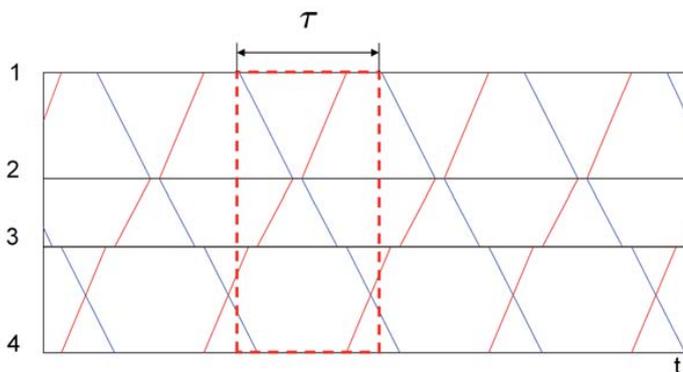


Fig. 2 - Orario grafico di un servizio cadenzato a  $\tau$  minuti. Graphic timetable of a cadenced railway service with a time period of  $\tau$  minutes.

tipo che si può riproporre periodicamente tenendo conto del giorno, delle fasce orarie d'esercizio, delle fasce orarie di manutenzione, eccetera.

Lo stato dell'arte della ricerca nel campo dei problemi ciclici si basa sul problema di schedulazione di eventi periodici chiamato PESP, *Periodic Event Scheduling Problem*, studiato da SERAFINI e UKOVICH alla fine degli anni ottanta, per la cui trattazione esaustiva si rimanda all'articolo degli autori [7].

La filosofia di modellizzazione matematica ciclica ha lo scopo di programmare l'istante di accadimento di tutti gli *eventi* delle tracce periodiche; con il termine evento si intende l'arrivo o la partenza di un treno in un determinato punto orario (stazione, fermata, bivio, eccetera). Utilizzando questo approccio è quindi possibile definire una funzione obiettivo (f.o.) da ottimizzare e descrivere scenari pratici tramite vincoli matematici, creando e risolvendo dei problemi di Programmazione Lineare Intera (PLI) che producano in output un orario.

### 2.1. La logica ciclica delle relazioni

Come si può notare osservando l'orario grafico d'esempio rappresentato in fig. 2, è sufficiente concentrare qualsiasi tipo di programmazione di linee cadenzate su un dominio temporale discretizzato  $T := \{0, 1, \dots, \tau - 1\}$  composto da  $\tau$  minuti, laddove  $\tau$  rappresenta la durata del periodo di cadenzamento: tale dominio contiene difatti una ed una sola occorrenza dell'evento periodico che dovrà essere pianificato. Come accennato, è possibile definire delle relazioni, tipicamente delle differenze, tra i diversi istanti d'accadimento degli eventi, al fine di rappresentare le specifiche del sistema in forma di vincoli matematici. Prima di approfondire l'analisi del metodo di dichiarazione dei vincoli, occorre fare una premessa per descrivere la logica periodica che sta alla base del modello.

La riduzione del problema della pianificazione cadenzata ad un dominio ristretto al periodo  $\tau$  rende necessaria l'introduzione della modularità delle relazioni matematiche. In altri termini: il dominio temporale  $T$  deve essere "circolare". Non è un caso che spesso la pianificazione ferroviaria sia rappresentata tramite i cosiddetti "orologi", strumenti grafici che incorporano implicitamente la proprietà di un dominio di studio "circolare". Senza addentrarsi in eccessivi formalismi è possibile spiegare questo concetto tramite un semplice esempio. Se si vuole un vincolo che imponga che la differenza tra gli istanti di accadimento di due generici eventi  $\epsilon_1$  ed  $\epsilon_2$  sia uguale a  $\square$  minuti, si potrebbe scrivere, in prima istanza, una relazione espressa in questa forma:

$$\epsilon_1 - \epsilon_2 = \square. \tag{1}$$

L'equazione (1) non rappresenta correttamente la specifica in quanto non verrebbero considerate valide alcune pianificazioni ammissibili. Si ipotizzi, a titolo esemplificativo, di voler separare i due eventi in esame di cinque

can be found in the article of the authors [7].

The philosophy of cyclical mathematical modelling aims at scheduling the occurrence time of all the paths events, where the term event refers to the arrival or to the departure of a train from a timing point (station, stop, crossing, and so on). By the using of this approach we can then define an objective function (o.f.) to be optimized and we can describe practical scenarios by mathematical constraints, defining and solving problems of integer linear programming (ILP) to produce a timetable as output.

### 2.1. Cyclical logic for the relations statement

As we can observe analyzing the graphic timetable example in fig. 2, every cadenced lines programming problem can be condensed into a discretized time domain  $T := \{0, 1, \dots, \tau - 1\}$  consisting of  $\tau$  minutes, where  $\tau$  is the cadence time period: in fact, this domain contains just one occurrence of the periodic event that should be planned. As we mentioned, we can define some relations, typically in the form of differences between the several events happening instants, in order to represent the system specifications in the form of mathematical constraints. Before deepening further analysis of the stating constraints method, we want to do a premise to describe the periodic logic behind the model.

Condensing the cadenced scheduling problem into a domain restricted to the time period needs the introduction of the modular arithmetic in the mathematical relations statement. In other words: the time domain should be "circular". For this principle, in fact, the train schedule is often represented by the so-called "clocks", graphical tools that incorporate the concept of a "circular" study domain. This concept can be explained by a simple example. If we want a constraint requiring that the difference between the occurrence times of two generic events,  $\epsilon_1$  and  $\epsilon_2$ , is equal to  $\square$  minutes, we could write, at the beginning, a relationship expressed in the following way:

$$\epsilon_1 - \epsilon_2 = \square. \tag{1}$$

Equation (1) does not correctly represent the specification, because some feasible schedule would not be considered valid. Suppose, as an example, that we want to separate respectively the two considered events of five minutes in a context of a cadenced service with thirty minutes time period, so  $\square = 5$  and  $\tau = 30$ , and think about a generic event  $\epsilon_1$  occurring, for example, at the minutes 1 and 31 of every hours, and to another generic event  $\epsilon_2$  occurring instead at the minutes 26 e 56. This schedule meets the specification but the events occurrences taken into account in the domain  $T$ ,  $\epsilon_1 = 1$  and  $\epsilon_2 = 26$ , are not consistent with the relation (1) by which the constraint was declared. This happens because in the equation (1) the circular logic of domain was not properly expressed. This is the reason why the use of modular arithmetic is necessary; in fact, any event occurrence taking place at

minuti l'uno dall'altro per un servizio cadenzato a trenta minuti, quindi con  $\square = 5$  e  $\tau = 30$  si pensi ad un generico evento  $\varepsilon_1$  che accada, ad esempio, ai minuti 1 e 31 di ogni ora e ad un generico evento  $\varepsilon_2$  che accada invece ai minuti 26 e 56. Tale pianificazione soddisfa la specifica ma le occorrenze degli eventi prese in considerazione all'interno del dominio  $T$ , ovvero  $\varepsilon_1 = 1$  ed  $\varepsilon_2 = 26$ , non soddisfano la relazione (1) con cui è stato dichiarato il vincolo. Questo accade perché nell'equazione (1) non è stata espressa correttamente la logica circolare del dominio  $T$ . Proprio per tale motivo è necessario l'utilizzo dell'aritmetica modulare; difatti una qualsiasi generica occorrenza di un evento che avvenga al generico minuto  $m$  si presenterà, in regime di servizi cadenzati, anche agli istanti di tempo  $\{m, m-\tau, m+\tau, m-2\tau, m+2\tau, \dots\}$ : questa è esattamente la definizione di *classe di equivalenza*  $[m]_\tau$ . Considerando che la differenza temporale tra due eventi è rappresentata da un numero intero compreso tra 0 e  $\tau-1$ , si può assumere che essa possa essere sempre ricondotta ad una classe dell'insieme quoziente  $Z_\tau = \{[0]_\tau, [1]_\tau, [2]_\tau, \dots, [\tau-1]_\tau\}$ . Per questo motivo è possibile esprimere in maniera concettualmente esatta tali relazioni con la seguente espressione:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 \equiv \square \pmod{\tau} \quad (2)$$

In questo modo il vincolo verifica che  $(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \in [\square]_\tau$ . Considerando l'esempio precedente si nota che la relazione (2) è corretta perché tiene anche conto delle coppie ammissibili, come  $\varepsilon_1=1$  e  $\varepsilon_2=26$ , di cui non avrebbe tenuto conto la formulazione classica vista in precedenza<sup>(2)</sup>.

E' anche possibile utilizzare tale formulazione per indicare che la differenza tra gli eventi possa appartenere ad un intervallo; ad esempio per l'intervallo compreso tra 2 e 4 si può dichiarare la seguente relazione:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 \equiv x \pmod{\tau} \quad x \in [2,4] \quad (3)$$

oppure, come convenzione, può essere indicata la seguente forma compatta equivalente:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 \in [2,4]_\tau. \quad (4)$$

Il vincolo scritto nella forma modulare non è formalizzabile tramite modelli di Programmazione Lineare. Occorre quindi esprimerlo in un modo differente al fine di renderlo trattabile dagli algoritmi di calcolo. Per questo motivo, è necessario riscrivere il vincolo (4) nella seguente forma con l'ausilio di una variabile booleana  $p$ :

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + p\tau \in [2,4] \quad p \in \{0,1\}, \quad (5)$$

the generic minute  $m$  in a cadenced context, will happen also at the time instants  $\{m, m-\tau, m+\tau, m-2\tau, m+2\tau, \dots\}$ : this is the definition of equivalence class  $[m]_\tau$ . Considering that the occurrence time difference between two events is an integer number between 0 and  $\tau-1$ , we can notice that this number is always a member of a class of the quotient set  $Z_\tau = \{[0]_\tau, [1]_\tau, [2]_\tau, \dots, [\tau-1]_\tau\}$ . This is the reason why we can correctly express these equations through the following expression:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 \equiv \square \pmod{\tau} \quad (2)$$

In this way the constraint can check that  $(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \in [\square]_\tau$ . Considering the previous example we can see that the relation (2) is correct because it takes all the feasible events pairs into account, for example the pair  $\varepsilon_1=1$  and  $\varepsilon_2=26$ , unlike the previous formulation (1)<sup>(2)</sup>.

This statement can be also used to show that the difference between the events can belong to an interval; for example, for that one between 2 and 4, we can state:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 \equiv x \pmod{\tau} \quad x \in [2,4] \quad (3)$$

or, as a convention, an equivalent compact form may be stated as follows:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 \in [2,4]_\tau. \quad (4)$$

The constraint stated in modular form can't be formalized using Linear Programming models. We need a different way to enable their handling by currently available resolution algorithms. For this reason, we can restate the constraint (4) in the following form, using a Boolean variable  $p$ :

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + p\tau \in [2,4] \quad p \in \{0,1\}, \quad (5)$$

The constraint may be thus expressed as follows, to allow to remap any negative values to the corresponding equivalence class as required by periodic logic (fig. 3):

$$2 \leq \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + p\tau \leq 4 \quad p \in \{0,1\}. \quad (6)$$

## 2.2. Statement of timetable specification

Constraints stated in the form shown by the equation (4) can be used to represent many practical situations of the railway world; we present below a brief review. In this section we refer to:

<sup>(2)</sup> Di fatti  $-25 \in [5]_{30}$

<sup>(2)</sup> In fact  $-25 \in [5]_{30}$

Il vincolo si può dunque esprimere nel modo seguente per permettere di riassociare eventuali valori negativi alla classe di resto corrispondente coerentemente alla logica periodica (fig. 3):

$$2 \leq \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + p\tau \leq 4 \quad p \in \{0, 1\}. \quad (6)$$

### 2.2. Rappresentazione delle specifiche d'orario

I vincoli dichiarati nella forma rappresentata dalla relazione (4) possono essere utilizzati per rappresentare differenti situazioni pratiche dell'ambito ferroviario; se ne presenta qui di seguito una breve rassegna. In questa sezione si fa riferimento a:

- grafo  $G=(V, E)$ : rappresentazione topologica dell'infrastruttura i cui vertici, appartenenti all'insieme  $V$ , rappresentano i punti orario ed i cui spigoli, appartenenti all'insieme  $E$ , rappresentano le connessioni tra i punti orario;
- istanti di arrivo  $a_{l,i}$ : eventi decisionali da fissare rappresentanti l'arrivo del generico treno  $l$  nel punto orario  $i$ ;
- istanti di partenza  $d_{l,i}$ : eventi decisionali da fissare rappresentanti la partenza del generico treno  $l$  nel punto orario  $i$ ;
- tempo di percorrenza puro  $r_{i,j}$ : tempo tabellare per un treno che si muove dal punto orario  $i$  verso il punto orario  $j$ ;
- margine di regolarità  $\alpha_{i,j}$ : margine di allungamento temporale per un treno che si muove dal punto orario  $i$  verso il punto orario  $j$ ;
- periodo di cadenzamento  $\tau$ : tempo intercorrente tra le due occorrenze di un medesimo evento nell'arco della giornata.

*Tempi di viaggio.* Per rappresentare i tempi di viaggio è possibile imporre con un vincolo che la differenza temporale tra l'arrivo di un treno al nodo successivo e la partenza dal precedente sia fissata tramite la seguente espressione:

$$a_{l,j} - d_{l,i} \in [r_{i,j}]_{\tau}. \quad (7)$$

Sfruttando la medesima strategia di modellizzazione è possibile considerare anche i margini di regolarità, rappresentati da un tempo di allungamento  $\alpha_{i,j}$  da sommare al tempo di percorrenza tabellare  $r_{i,j}$ , dichiarando tale relazione tra le specifiche:

$$a_{l,j} - d_{l,i} \in [r_{i,j}, r_{i,j} + \alpha_{i,j}]_{\tau}. \quad (8)$$

Allo stesso modo è possibile definire, ad esempio, il tempo di percorrenza per il treno  $l$  che viaggia sul medesimo arco con un verso di percorrenza opposto in un tempo nominale pari  $r_{j,i}$ , scrivendo la seguente tipologia di vincoli:

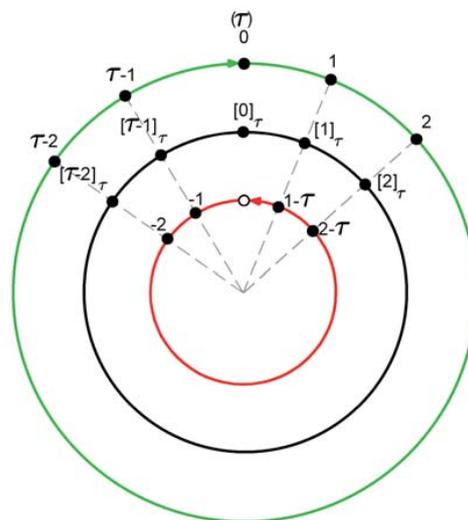


Fig. 3 - Esempio di rappresentazione grafica per l'appartenenza alle classi di resto modulo  $\tau$  per i numeri compresi tra  $1-\tau$  e  $\tau-1$ .  
Example of graphical representation for the membership to modulo  $\tau$  equivalence class of numbers between  $1-\tau$  and  $\tau-1$ .

- graph  $G=(V, E)$ : topological representation of the infrastructure whose vertexes, lying in set  $V$ , represent the timing points and whose edges, belonging to the set  $E$ , represent the existing connections between the timing points;
- arrival times  $a_{l,i}$ : decision variables to be scheduled representing the arrival time of the train  $l$  in the timing point  $i$ ;
- departure times  $d_{l,i}$ : decision variables to be scheduled representing the departure time of the train  $l$  in the timing point  $i$ ;
- nominal running time  $r_{i,j}$ : nominal running time of a train travelling from the timing point  $i$  to the point  $j$ ;
- time buffer  $\alpha_{i,j}$ : additional trip time for a train travelling from the timing point  $i$  to the point  $j$ ;
- cadence period  $\tau$ : time period between two occurrences of the same event during the day.

*Trip times.* To represent fixed trip times we can impose that the time difference between the arrival of a train to the next node and the departure from the former is determined by a constraint defined through the following expression:

$$a_{l,j} - d_{l,i} \in [r_{i,j}]_{\tau}. \quad (7)$$

Using the same modelling strategy we can also consider time buffers, consisting in a trip time extension  $\alpha_{i,j}$  to be added to the nominal trip time  $r_{i,j}$ , by the stating of the following relations into the specifications list:

$$a_{l,i} - d_{l,j} \in [r_{j,i}, r_{j,i} + \alpha_{j,i}]_{\tau}. \quad (9)$$

*Tempi di fermata.* La differenza tra eventi può essere anche utilizzata per rappresentare i tempi di sosta in una precisa fermata o stazione. Ad esempio, se si vuole che il modello consideri la possibilità che il treno  $l$  fermi nel nodo  $i$  per un tempo variabile tra 1 e 2 minuti, si può dichiarare un vincolo con tale formulazione:

$$d_{l,i} - a_{l,i} \in [1, 2]_{\tau}. \quad (10)$$

*Gestione delle coincidenze.* Se si vuole indicare al modello che venga considerato un minimo di 3 minuti ed un massimo di 5 tra la partenza del treno  $l'$  e l'arrivo del treno  $l$  nel nodo  $i$  si può formulare la seguente relazione:

$$d_{l',i} - a_{l,i} \in [3, 5]_{\tau}. \quad (11)$$

*Gestione dei tratti di linea comuni.* In alcuni casi più treni provenienti da diverse linee si ricongiungono in prossimità del nodo centrale lungo tratti di linea comuni. In tali scenari è possibile definire lo sfasamento dei treni lungo la dorsale: ad esempio è possibile sfasare cinque linee con un cadenzamento pari a 30 minuti per ottenere un servizio cadenzato a 6 minuti lungo la tratta di linea condivisa.

*Tempi di distanziamento testa-testa per sezioni di blocco e per scenario tecnico.* In alcuni casi, per vincoli di sicurezza o per rimanere fedeli ai regimi di circolazione in analisi, è utile specificare un tempo di distanziamento  $h$  dell'ordine di qualche minuto e comunque strettamente minore del cadenzamento; ad esempio, può essere impossibile inviare un treno in linea, prima che si sia liberata la sezione di blocco d'uscita dal nodo occupata dal treno partito in precedenza. In questi casi, considerando questa volta  $l$  ed  $l'$  due tracce da schedare che impegnano l'infrastruttura nel medesimo verso, si può scrivere la seguente espressione<sup>(3)</sup>:

$$d_{l',i} - d_{l,i} \notin (-h, h)_{\tau} \quad (12)$$

che può essere ricondotta alla forma standard del vincolo (4) tramite la formulazione qui proposta:

$$d_{l',i} - d_{l,i} \in [h, \tau - h]_{\tau}. \quad (13)$$

Si noti come ciò non pregiudichi la generalità del vincolo non specificando a priori alcun ordine temporale di partenza tra  $l$  ed  $l'$ , dato che il generico numero compreso

<sup>(3)</sup> Tale vincolo perde di significato nel caso  $h$  sia maggiore di  $\lfloor \frac{\tau}{2} \rfloor$ , cosa che difficilmente accade nella maggioranza dei casi pratici.

$$a_{l',j} - d_{l,i} \in [r_{i,j}, r_{i,j} + \alpha_{i,j}]_{\tau}. \quad (8)$$

By this way we can also define, for example, the trip time of the train  $l'$  travelling on the same section but in the opposite direction in the nominal trip time  $r_{i,j}$ , through the following constraints stating form:

$$a_{l',i} - d_{l,j} \in [r_{j,i}, r_{j,i} + \alpha_{j,i}]_{\tau}. \quad (9)$$

*Train stop times.* The difference between events can be also used to represent the train stop times for every stop or station. For example, if we want the model to consider that train  $l$  stops in the node  $i$  for a time varying between 1 and 2 minutes, we can state a constrain formalized like this:

$$d_{l,i} - a_{l,i} \in [1, 2]_{\tau}. \quad (10)$$

*Line connections management.* If we want the model to calculate a timetable with a minimum of 3 and a maximum of 5 minutes between the departure of train  $l'$  and the arrival of train  $l$  in the node  $i$ , we can use the following relation:

$$d_{l',i} - a_{l,i} \in [3, 5]_{\tau}. \quad (11)$$

*Common line section management.* In some cases more trains coming from different lines are collected in a common main line sections nearby the central node. In these scenarios it is possible to define the trains time shift along the main line: for example, we can program five cadenced lines with a time period of 30 minutes to get a main service characterized by a train every 6 minutes for each direction along the common section.

*Headway time for block signalling and technical background.* In some cases, security constraints or the circulation systems make necessary the introduction of a time spacing  $h$  of a few minutes and strictly lower than the cadence time period; for example, it may be impossible to let a train go in line before output block section is released. Considering  $l$  and  $l'$  two paths engaging the infrastructure in the same direction to be scheduled, we can write the following expression<sup>(3)</sup>.

$$d_{l',i} - d_{l,i} \notin (-h, h)_{\tau} \quad (12)$$

that we can restate in the standard form of constraint (4) by this formulation:

$$d_{l',i} - d_{l,i} \in [h, \tau - h]_{\tau}. \quad (13)$$

This statement does not affect the generality of the constraint because it doesn't specify a priori any temporal

<sup>(3)</sup> This constraint does not work if  $h$  is greater than  $\lfloor \frac{\tau}{2} \rfloor$ , unusual event in the most of practical cases.

nell'intervallo  $[h-\tau, h]$  appartiene a  $[h, \tau-h]_\tau$ .

Altri casi pratici possono essere formulati in maniera analoga. Meritano particolare attenzione i vincoli predisposti all'impedimento di *incroci inammissibili* su infrastruttura a binario semplice. Per evitare che vi siano incroci su un arco, in regime di tempi di percorrenza fissi, dette  $l$  ed  $l'$  due tracce di verso opposto e detto  $h$  il distanziamento temporale minimo che può esserci tra l'arrivo di  $l'$  e la partenza di  $l$ , è sufficiente inserire nel modello il seguente vincolo:

$$a_{l',i} - d_{l,i} \in [r_{i,j} + r_{j,i} + h, \tau - h]_\tau \quad (14)$$

che, analogamente a quanto visto in precedenza, può essere dichiarato in maniera equivalente tramite tale formulazione:

$$d_{l,i} - a_{l',i} \in [h, \tau - h - r_{i,j} + r_{j,i}]_\tau. \quad (15)$$

Come si può vedere in fig. 4, dato l'istante d'arrivo al nodo  $i$  di  $l'$ , la partenza dei treni con verso di percorrenza opposto potrà essere pianificata nell'intervallo descritto dal vincolo (14) per conservare i distanziamenti temporali nel nodo  $i$  e nel nodo  $j$ .

Questa condizione potrebbe tuttavia non essere sufficiente ad evitare la schedulazione di incroci nel caso in cui i tempi di percorrenza siano variabili, come accade comunemente negli scenari pratici a causa della presenza degli allungamenti. Per evitare incroci inammissibili sull'arco  $(i,j)$  in regime di tempi variabili, è necessario riproporre il vincolo (14) dichiarato nella seguente formulazione per il generico nodo  $i$ :

$$a_{l',i} - d_{l,i} \in [r_{i,j} + r_{j,i} + h, \tau - h]_\tau \quad (16)$$

unitamente ad un analogo vincolo dedicato questa volta agli eventi da schedulare sul nodo  $j$ , riproposto tramite la successiva relazione:

$$a_{l,j} - d_{l',j} \in [r_{i,j} + r_{j,i} + h, \tau - h]_\tau. \quad (17)$$

Come è possibile vedere graficamente in fig. 5, questa condizione risulta necessaria e sufficiente solo nel caso in cui valga la condizione seguente:

$$\alpha_{i,j} + \alpha_{j,i} - h < r_{i,j} + r_{j,i} + h. \quad (18)$$

order of departure of  $l$  and  $l'$ , since the generic number in the range  $[h-\tau, h]$  belongs to  $[h, \tau-h]_\tau$ .

Other case studies can be formulated in a similar way. In particular the attention has to be focused on the constraints used to prevent *not feasible crossings* on single track infrastructure. To avoid the presence of intersections on a connection between the opposite path  $l$  and  $l'$ , in a fixed travel times regime, once defined  $h$  as the minimum possible headway time between the arrival time of  $l'$  and the departure time of  $l$ , we can add into the model this constraint:

$$a_{l',i} - d_{l,i} \in [r_{i,j} + r_{j,i} + h, \tau - h]_\tau \quad (14)$$

that, as we showed for other cases, can be restated in an equivalent way by this formulation:

$$d_{l,i} - a_{l',i} \in [h, \tau - h - r_{i,j} + r_{j,i}]_\tau. \quad (15)$$

As the fig. 4 shows, given the  $l'$  time arrival instant at the node  $i$ , the opposite direction trains departure will be scheduled in the range described by constraint (14) to make the headway time conserved both in the node  $i$  and in the node  $j$ .

However, this condition may not be sufficient to avoid the scheduling of not feasible intersections, where the running times are variable, as commonly happens in practical cases because of the time buffers strategy. To avoid unfeasible

crossing on the edge  $(i, j)$  in a variable time context, we need to repurpose the constraint (14) stated in the following way for the generic node  $i$ :

$$a_{l',i} - d_{l,i} \in [r_{i,j} + r_{j,i} + h, \tau - h]_\tau \quad (16)$$

together with another constraint dedicated to the events that has to be scheduled on node  $j$ , that is expressed by this relation:

$$a_{l,j} - d_{l',j} \in [r_{i,j} + r_{j,i} + h, \tau - h]_\tau. \quad (17)$$

As the fig. 5 shows, this condition is necessary and sufficient only if the following condition is true:

$$\alpha_{i,j} + \alpha_{j,i} - h < r_{i,j} + r_{j,i} + h. \quad (18)$$

Contrarily, solutions with crossing along the line would be considered feasible. Therefore the sufficiency of this con-

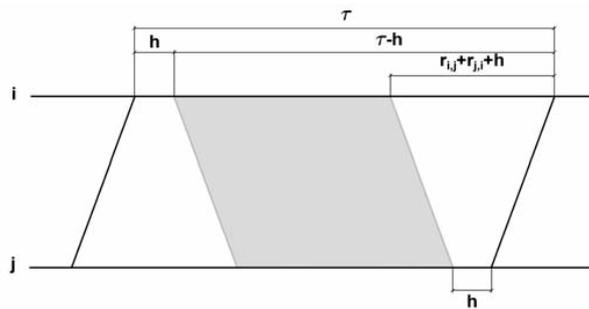


Fig. 4 - Distanziamento delle tracce in regime di tempi di corsa determinati. Path headway in fixed trip times context.

In caso contrario, risulterebbero ammissibili anche soluzioni caratterizzate da un incrocio in linea. La sufficienza di tale condizione risulta dunque legata al soddisfacimento della relazione tra allungamenti, tempi di percorrenza e distanziamento temporale tra arrivi e partenze ai nodi, espressa dalla disequazione qui riportata:

$$\alpha_{i,j} + \alpha_{j,i} < r_{i,j} + r_{j,i} + 2h \quad (19)$$

Se tale condizione non fosse rispettata, sarebbero considerate ammissibili delle soluzioni che presentano tracce sovrapposte, ma che rispettano i due vincoli di distanziamento temporale tra eventi, rispettivamente dichiarati tramite le espressioni (14) per il nodo  $i$ , e (17) per il nodo  $j$ . Si noti che questo tipo di formulazione permette due arrivi o due partenze contemporanee dai nodi (fig. 6), ma evita la contemporaneità di un arrivo ed una partenza, evento ovviamente inammissibile su archi a singolo binario.

Le formulazioni presentate in questa sezione presentano talvolta limiti algebrici di applicabilità, come visto in questo paragrafo; tuttavia la quasi totalità delle situazioni reali può essere ben rappresentata tramite le formulazioni viste in questa sezione.

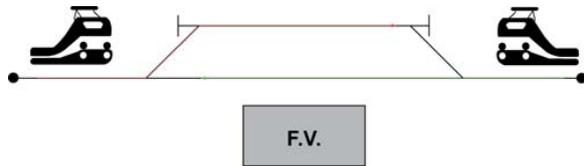


Fig. 6 - Esempio di arrivi contemporanei in una stazione posta tra due tratte a semplice binario. *Example of contemporary arrivals at a station located between two single track sections.*

### 3. Utilizzo dei modelli per la programmazione

Lo schema di fig. 7 descrive graficamente il modello di pianificazione dell'orario: le specifiche tecniche vengono rappresentate tramite un insieme di vincoli a cui deve necessariamente sottostare la soluzione del problema. Per rappresentare le specifiche di pianificazione in forma di vincoli si utilizzano le relazioni presentate nel paragrafo 2.2 associate ad una funzione obiettivo (detta f.o.) da ottimizzare. L'impostazione del problema di calcolo dell'orario su infrastruttura data, minimizza la f.o. rappresentante il totale dei margini di regolarità (stanti quelli imposti a priori nelle specifiche); l'approccio ad infrastruttura variabile punta invece alla minimizzazione della f.o. che assume il valore del costo marginale

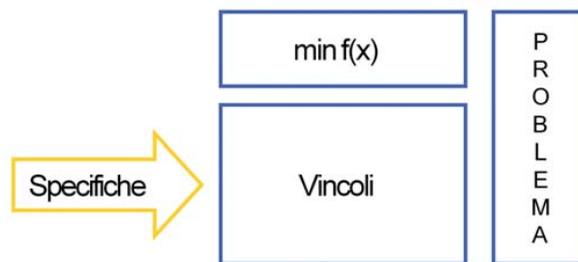


Fig. 7 - Schema grafico della struttura del modello. *Representation of the model structure.*

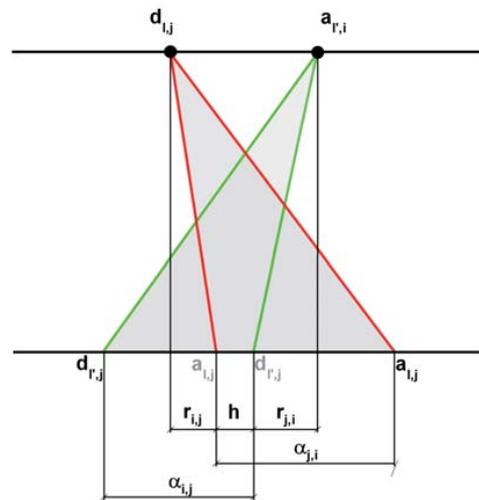


Fig. 5 - Efficacia del vincolo sugli incroci in regime di tempi variabili. *Effectiveness of anti-crossings constraint in variable trip times context.*

dition is determined by the relation between time buffers, running times and time distance between arrivals and departures at the nodes, expressed by the inequality given here:

$$\alpha_{i,j} + \alpha_{j,i} < r_{i,j} + r_{j,i} + 2h \quad (19)$$

If this condition was not met, even solutions with crossed paths would be considered feasible, because they satisfy the two constraints of events time distances, respectively declared by the expressions (14) for the node  $i$ , and (17) for the node  $j$ . Note that this kind of formulation allows two simultaneous arrivals or departures from the two nodes (fig. 6), but avoids the simultaneity of arrival and departure, an event obviously unacceptable on a single binary connection.

The formulations presented in this section have some algebraic limits of applicability, as seen above; nevertheless, almost all the practical situations can be well represented by these formulations.

### 3. Using the models for programming

The diagram in fig. 7 graphically describes the planning model organization: the specifications are represented by a set of constraints that must necessarily be followed by the solution of the problem. To represent the scheduling specification in the form of constraints we can use the relations presented in Section 2.2 associated with an objective function (called o.f.) to be op-

d'intervento. Si vuole sottolineare che il problema ad infrastruttura statica può essere trattato anche con una f.o. costante, andando a verificare la sola fattibilità dell'orario senza alcuna strategia di ottimizzazione.

La risoluzione del modello fornisce dunque in output una struttura d'orario coerente alle specifiche che ottimizzi un certo "criterio", misurato tramite il valore assunto dalla funzione obiettivo.

I test e le implementazioni del modello sono state effettuate tramite il linguaggio d'alto livello *Xpress-Mosel*, per la cui trattazione accurata si rimanda a [8], [9], [10] e a [11], che permette all'utente di definire i modelli di ottimizzazione in una forma sintattica molto vicina alla notazione algebrica. Il linguaggio offerto ha una sintassi *C-like* che ne permette, inoltre, il diretto utilizzo per la scrittura di algoritmi. Per sfruttare al massimo le potenzialità del linguaggio *Mosel*, è fornito l'ambiente di sviluppo integrato *Xpress-IVE (Interactive Visual Environment)*, facente parte della suite *Xpress-MP*, descritta in fig. 8, che fornisce un editor dedicato, analisi e debugging del codice, funzionalità grafiche ed informazioni immediate sulle soluzioni, il tutto tramite l'utilizzo di un'interfaccia utente<sup>(4)</sup>. Esiste inoltre la possibilità di integrare l'ambiente con dei moduli già forniti, come ad esempio l'utilizzo dell'API *ODBC*, di specificarne alcuni di tipo particolare personalizzandoli sulle esigenze dell'utente, e di includere i modelli in altre applicazioni scritte in altri linguaggi.

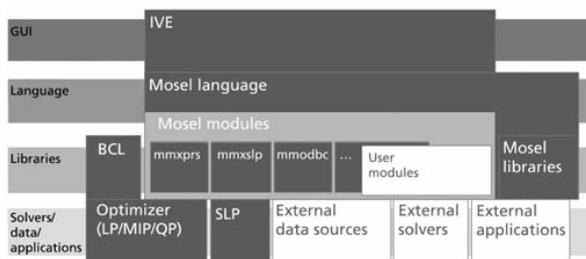


Fig. 8 - La suite Xpress-MP. *The Xpress-MP suite.*

**3.1. Programmazione per infrastruttura statica**

Come anticipato, il primo passo del metodo d'analisi prevede che si scriva e si risolva il problema ad infrastruttura statica per verificare la fattibilità della programmazione del servizio sull'infrastruttura attuale, senza costi di adeguamento, ed ottimizzandone gli aspetti desiderati. I modelli presentati in questi paragrafi sono stati scritti tramite le relazioni illustrate nel paragrafo 2.2.

Per la fase di testing del modello è stata creata una serie di problemi di prova che presentasse una generica infrastruttura a singolo binario, rappresentata topologicamente da un grafo  $G=(V, E)$  con  $|V|$  stazioni ed  $|E|$  connessioni, sulla quale dovevano essere pianificati gli istanti di accadimento per gli eventi dei treni pari e dispari di un particolare servizio. Tale modellizzazione, al crescere delle dimensioni del problema e quindi del numero degli eventi da pianificare, può essere considerata una buona approssimazione di nodi ferroviari più articolati condivisi

timized. The approach to the problem of timetable calculation on a given infrastructure minimizes the o.f. representative of the sum of time buffers (given those imposed a priori in the specification), the approach with variable infrastructure points instead to the minimization of the o.f. that assumes the value of the marginal cost of intervention. We want to emphasize that the problem with static infrastructure may be studied with a constant o.f. too, just verifying the timetable feasibility without any optimization strategy.

Therefore the model resolution provides as an output a timetable pattern consistent with the specifications that optimize a certain "criteria", measured by the value of the objective function.

The model testings and implementations have been made through the high-level language *Xpress-Mosel* (for whose thorough discussion you can see [8] [9], [10] and [11]) which enables the user to define the optimization models in a syntactic form very close to the algebraic notation. The provided language has a *C-like* syntax that also allows his direct using for algorithms implementation. To maximize the potential of the *Mosel* language the integrat-

ed development environment *Xpress-IVE (Interactive Visual Environment)* is provided. This is part of the *Xpress-MP* suite, described in fig. 8, that provides a dedicated editor, analysis and code debugging, graphics capabilities and immediate information about the solutions, all through the use of a user interface<sup>(4)</sup>. There is also

the possibility to integrate the environment with some already provided modules, for example using the *ODBC API*, to specify some special kind model customized to user needs and to include models in other applications written in other languages.

**3.1. Scheduling with static infrastructure**

As anticipated, the first step of the method of analysis requires the stating and the solving of the problem with static infrastructure to verify the feasibility of service programming on current infrastructure, without adjustment costs, and optimizing the desired criteria. The models presented in these paragraphs were written by the reports described in section 2.2.

For the testing phase of the model we created some test problems with a generic single track infrastructure, topologically represented by a graph  $G=(V, E)$  with  $|V|$  stations

<sup>(4)</sup> <http://www.dashoptimization.com>

<sup>(4)</sup> <http://www.dashoptimization.com>

da più linee. In particolare in tali simulazioni si sono considerati dei tempi di fermata di 1 minuto e si è consentita l'aggiunta di un massimo di 1 minuto di margine di regolarità ai tempi di percorrenza tabellari il cui valore è stato estratto in maniera casuale da un insieme di valori equiprobabili<sup>(5)</sup>.

Per quanto riguarda la strategia di ottimizzazione si è scelta la minimizzazione della f.o., che rappresenta i margini di allungamento inseriti. Questa scelta, come si vedrà in seguito, non è casuale ma incorpora una logica di pianificazione ben precisa. I minuti di regolarità distribuiti sulle tracce non hanno difatti soltanto la funzione di aumentare la probabilità di regolarità del servizio ma anche di consentire che si possano pianificare le tracce in maniera coerente, permettendo, ad esempio, di effettuare gli incroci, dove consentito, con più flessibilità: talvolta difatti risulterebbe impossibile, oltre che sconveniente in termini di regolarità d'esercizio, pianificare un orario basandosi sul mero rispetto dei tempi di percorrenza tabellare senza inserire i buffer temporali. I problemi concreti possono essere trattati analogamente considerando nelle specifiche tecniche anche la distribuzione degli allungamenti giudicati indispensabili sulle varie sezioni della tratta; in tal modo il modello cercherà di creare un orario con gli allungamenti ripartiti come richiesto aggiungendo ulteriormente il minimo quantitativo, verificato in maniera oggettiva, di margini necessari affinché l'orario sia coerente alle specifiche.

Durante lo studio si è riscontrato che, compatibilmente alle esigenze, è utile fissare arbitrariamente l'istante di accadimento di un evento (ad esempio la partenza dei treni pari da una stazione), al fine di migliorare i tempi di risoluzione del modello che risulta essere più vincolato con un evento origine fissato; una volta ottenuto l'orario è poi possibile traslarlo "lungo l'orologio" a seconda delle esigenze di traffico.

Questo modello è stato testato su diversi problemi per verificarne la robustezza. Come si può notare in tabella 1 per i problemi più piccoli, con pochi dati e poche variabili, si crea un orario quasi immediatamente, invece i problemi con più stazioni richiedono tempi di calcolo superiori, che crescono in modo più che lineare, come sintetizzato in fig. 9.

RISULTATI CAMPAGNA DI TEST SUL PROBLEMA AD INFRASTRUTTURA STATICA EFFETTUATA TRAMITE IL SOLVER DI XPRESS - TESTS RESULTS ON THE STATIC INFRASTRUCTURE PROBLEM DONE BY XPRESS SOLVER.

N. Stazioni	CPU time (min) (s)	CPU time (max) (s)
10	0	0.3
20	0.1	0.5
30	1	7
40	20	80
50	400	1100

and  $|E|$  connections, on which the happening instants of the paths events for the two directions trains of a generic service must be scheduled. Such modelling, with the increase of the problem size and therefore of the number of events to plan, can be considered a good approximation of railways more articulated nodes shared by various lines. Particularly, in these simulations, stop times of 1 minute are considered and there was the possibility of the addition of 1 minute as time buffer to the nominal running time whose value has been pulled randomly from a set of equiprobable values<sup>(5)</sup>.

Concerning the optimization strategy the minimization of the o. f. has been chosen, because it represents the comprehensive amount of time buffer inserted into the system. This choice, as we will show later, is not random but incorporates a specific planning logic. The time buffers distributed on the paths have not only the function of increasing service stability likelihood but also allow to plan the tracks in a consistent way, allowing, for example, to make the crossings, where permitted, with more flexibility: in fact, sometimes can be impossible, as well as inconvenient in terms of service regularity, plan a schedule based only on nominal running time without considering time buffer. Concrete problems can be treated in a similar way, considering in the technical specifications also the distribution pattern of necessary time buffer along the various sections of the path, thus the model will attempt to create a schedule, distributing time buffer as required by adding the minimum amount, objectively tested, of time buffers necessary to ensure that the timetable is consistent with the specifications.

During the study it was found that, when possible, it is useful to set arbitrarily the occurrence instant of an event (for example the departure of the train from a station), to improve the time resolution of the model that results more constrained with a fixed origin event; once got the timetable it can be translated "along the clock" according to the traffic needs.

This model was verified on several cases to check its robustness. As can be seen in table 1, for the cases with little data and few variables, we can create a schedule almost immediately, but cases with multiple stations require more

<sup>(5)</sup> I tempi di percorrenza puri vengono calcolati tipicamente tramite metodi di integrazione numerica che tengono conto delle caratteristiche del materiale rotabile e di quelle dell'infrastruttura.

<sup>(5)</sup> The nominal running times are usually obtained through numerical integration methods that take into account the characteristics of the rolling stock material and of the infrastructure.

**3.2. Programmazione per infrastruttura variabile**

Il modello ad infrastruttura statica appena descritto, talvolta può non fornire alcuna soluzione. In questo caso i servizi ipotizzati non sono pianificabili sull'infrastruttura attuale; si può quindi provare a rieseguire il primo modello variando le specifiche di servizio per provare ad ottenere un risultato ammissibile oppure passare ad un'analisi infrastrutturale.

In quest'ultimo caso è possibile costruire un secondo modello per affrontare questa volta il medesimo problema ma da un punto di vista differente: l'infrastruttura è difatti considerata variabile analizzando i possibili interventi selettivi che rendano possibile creare un orario per il servizio che si vuole pianificare.

Per fare ciò è necessario variare leggermente la descrizione di alcune specifiche e definire una funzione obiettivo il cui valore rappresenti questa volta i costi di raddoppio infrastrutturale.

Il nuovo modello è del tutto analogo a quello ad infrastruttura statica del paragrafo 3.1, sia per quanto riguarda le assunzioni sia per la struttura, ma, in questo caso, i vincoli del problema legati allo stato infrastrutturale, quelli sugli incroci, sono ridefiniti per essere utilizzati nel nuovo contesto di infrastruttura variabile. Per ogni connessione caratterizzata da un'infrastruttura composta da tratte a singolo binario, su cui si devono schedulare due tracce di verso opposto  $l$  ed  $l'$ , è possibile riformulare i vincoli (16) e (17) tramite le relazioni seguenti:

$$a_{r,i} - d_{l,i} \in [r_{i,j} + r_{j,i} + h - qM, \tau - h + qM]_{\tau}, \quad (20)$$

$$a_{l,j} - d_{r,j} \in [r_{i,j} + r_{j,i} + h - qM, \tau - h + qM]_{\tau}, \quad (21)$$

$$q \in \{0,1\}$$

In questo caso, la variabile binaria  $q$  assume il valore 1 se la soluzione prevede che la tratta venga raddoppiata, in caso contrario la variabile è posta a 0; la variabile  $q$  è moltiplicata per il parametro  $M$ , laddove per  $M$  si intende un numero particolarmente grande rispetto ai valori delle variabili del problema (classico esempio di vincoli di tipo "Big M", per la cui trattazione si rimanda a [12] ed a [13]). Tali variabili gestiscono la coppia di vincoli sugli incroci in maniera disgiuntiva, rendendo sovrabbondanti i sud-

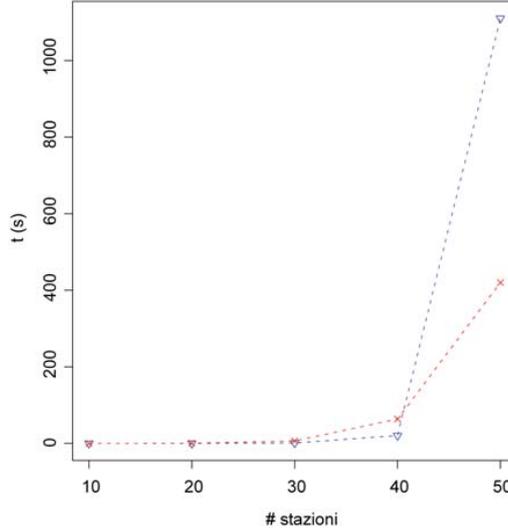


Fig. 9 - Crescita dei tempi di calcolo durante due test all'aumentare delle dimensioni del problema ad infrastruttura statica. *Computation time growth with size increasing of the static infrastructure problem during two tests.*

computing time, which grows more than linearly, as summarized in fig. 9.

**3.2. Scheduling with variable infrastructure**

The model with static infrastructure just described, sometimes cannot provide any solution. In this case the target services cannot be scheduled on the current infrastructure; we can then try to rerun the first model by varying the service specifications to look for an acceptable result or we can switch to an infrastructural analysis.

In the latter case it is possible to study a second model to deal with the same problem from a different perspective: the infrastructure is in fact considered variable by analyzing the possible selective interventions

that make target schedule possible for the service that needs to be scheduled.

For this purpose we need to change slightly the description of some specifications and to define an objective function whose value represents the doubling infrastructure cost.

The new model is quite similar, both for assumption and for the structure, to that one used for the static infrastructure case described in the paragraph 3.1; however, in this case, the problem constraints concerning the infrastructure status, those ones on crossings, are redefined to be used in the new context of variable infrastructure. For each connection characterized by a single track infrastructure, on which we must schedule two opposite paths  $l$  and  $l'$ , we can restate the constraints (16) and (17) through the following relations:

$$a_{r,i} - d_{l,i} \in [r_{i,j} + r_{j,i} + h - qM, \tau - h + qM]_{\tau}, \quad (20)$$

$$a_{l,j} - d_{r,j} \in [r_{i,j} + r_{j,i} + h - qM, \tau - h + qM]_{\tau}, \quad (21)$$

$$q \in \{0,1\}$$

In this case, the binary variable takes the value 1 if the solution involves the doubling of the section; if not, the variable is set to 0, the  $q$  variable is multiplied by the parameter  $M$ , whereby  $M$  is a very large number compared to the values of the problem variables (this is a classic example of constraints "Big M", whose theory is described in [12] and [13]). These variables manage the pair of crossing constraints in a disjunctive way, making over-

detti vincoli di impedimento di incroci se la generica tratta  $(i, j)$  venisse raddoppiata<sup>(6)</sup>.

Come è intuibile, la funzione obiettivo da minimizzare rappresenta il costo totale di intervento sulla rete, ed è dichiarata in questo caso come la somma pesata delle variabili binarie sui costi di raddoppio. Detto  $\gamma_{i,j}$  il costo di raddoppio della connessione  $(i, j)$ , approssimato in prima battuta dalla lunghezza della tratta, e definito  $A$  come l'insieme delle connessioni a singolo binario (con  $A \subseteq E$ ) la f.o. può essere espressa tramite la seguente espressione:

$$\min \sum_{(i,j) \in A} q_{i,j} \gamma_{i,j} \tag{22}$$

In tal modo si può trovare, se possibile, un orario soddisfacente al minimo costo incrementale infrastrutturale. Per quanto riguarda la gestione degli allungamenti è possibile inserire una specifica aggiuntiva che indichi il quantitativo massimo di margini di regolarità da inserire sulle due tracce.

Le decisioni infrastrutturali sono tipicamente decisioni di lungo periodo, per la cui analisi può essere giustificato un tempo di calcolo dilatato. Tuttavia, analisi di scenari differenti o di diverse filosofie di pianificazione e analisi di grosse istanze richiedono uno strumento risolutivo abbastanza efficiente, in maniera tale da poter trarre le conclusioni desiderate in tempi accettabili.

Per il testing di tale modello sono stati riutilizzati i medesimi problemi di prova descritti nel paragrafo 3.1, associando un costo metrico di raddoppio in maniera casuale agli archi. In questo caso i problemi presentano  $2^{|E|}$  possibili raddoppi, rendendo di fatto decisamente complessa l'esplorazione del problema, come accade ad esempio per le istanze da 40 o 50 nodi. Per testare il modello sono stati utilizzati i risultati ottenuti nelle prove di schedulazione per calibrare di conseguenza i vincoli relativi alla quantità di margini di allungamento, affinché non fosse possibile ottenere una soluzione ammissibile sull'infrastruttura di partenza e fosse necessario ipotizzare dei raddoppi selettivi.

I risultati ottenuti, i cui tempi di calcolo sono riassunti in tabella 2, hanno evidenziato come i problemi con numerosità inferiori alle 30 località siano risolti in maniera esatta in un tempo ragionevole.

I problemi da 40 stazioni richiedono tempi di calcolo variabili tra i 2 e gli 80 minuti; in

abundant these constraints if the generic connection  $(i, j)$  is doubled<sup>(6)</sup>.

As mentioned earlier, the objective function to be minimized represents the total cost of railway network adjustments, and, in this case, it is declared as the weighted sum of binary variables on the doubling costs. Let  $\gamma_{i,j}$  be the doubling cost of the connection  $(i, j)$ , approximated by the length of the section, and let  $A$  be the set of single track connections (with  $A \subseteq E$ ), the o.f. can be expressed by the following expression:

$$\min \sum_{(i,j) \in A} q_{i,j} \gamma_{i,j} \tag{22}$$

In this way we can find, if possible, a consistent timetable at the minimum infrastructural incremental cost. Concerning the management of time buffers we can insert an additional specification that indicates the maximum amount of them on the two tracks.

Infrastructural decisions are typically long-term decisions, with a justified stretched analysis time. However, analysis of different scenarios or of different planning philosophies and the analysis of large problems require an efficient tool to reach the desired conclusion in a reasonable timeframe.

For the testing step of this model, the same test cases described in section 3.1 have been reused by associating randomly a metric doubling cost to the edges. In this case there are  $2^{|E|}$  possible doubling, making the exploration of the problem quite complex, as happens, for example, for problems on 40 or 50 nodes. To test this second model, we used the results of the test on static infrastructure to calibrate time buffer constraints

making a feasible solution not possible for the current infrastructure: selective doublings were necessary to solve the problem. The results obtained, whose calculation timing are summarized in table 2, showed that problems composed by less than 30 nodes are solved in a reasonable time. Problems composed by 40 stations require calculation times ranging from 2 minutes to 80; just in one case these were excessively dilated. Practical needs have required the execution to be stopped after 2 hours, although the optimal solution was not yet provided; for this reason, in table 2, a calculation time up-

TABELLA 2  
TABLE 2

TEST EFFETTUATI TRAMITE IL RISOLUTORE DI XPRESS SUI MODELLI AD INFRASTRUTTURA DINAMICA PER DIVERSE ISTANZE; LADDOVE NON SI SIA OTTENUTA UNA SOLUZIONE ENTRO DUE ORE È STATO SEGNATO UN TRATTINO - TESTS DONE BY THE XPRESS SOLVER ON MODELS FOR DYNAMIC INFRASTRUCTURE FOR VARIOUS INSTANCES, THERE IS AN HYPHEN WHERE NO SOLUTION WAS OBTAINED WITHIN TWO HOURS.

N. Stazioni	CPU time (min) (s)	CPU time (max) (s)
10	0.1	0.3
20	0.8	4.2
30	11.2	931
40	132	-
50	909	-

<sup>(6)</sup> Affinché questa strategia produca risultati corretti anche in presenza di fermate è necessario dichiarare alcune relazioni descritte approfonditamente in [1].

<sup>(6)</sup> If we want this strategy to produce correct results even in the presence of stops, it would be necessary to declare some relations deeply described in [1].

un solo caso questi si sono dilatati eccessivamente. Vincoli pratici han determinato che l'esecuzione fosse terminata dopo circa 2 ore, sebbene non fosse stato ancora raggiunto l'ottimo; per questo motivo, in tabella 2 non è stato possibile limitare superiormente i tempi di calcolo per tale famiglia di prove. Per i problemi da 50 località la criticità esposta è amplificata: infatti nella maggioranza dei test effettuati non si raggiunge l'ottimo nemmeno superate le due ore di calcolo e l'analisi dello stato dell'algoritmo di risoluzione del problema fa intendere che il processo di calcolo richieda ancora parecchio tempo per pervenire al risultato ottimale.

Un'ulteriore analisi delle osservazioni empiriche sui tempi di calcolo ha sottolineato come l'efficienza dell'ottimizzatore di *Xpress* cali sensibilmente mano a mano che il *budget* di allungamenti distribuibili si allontani dai valori limite che rendono ammissibile la schedulazione delle tracce sull'infrastruttura iniziale. Ad esempio, la risoluzione del problema su un'istanza da 40 località, resa ammissibile da un totale di allungamenti maggiore o uguale a 24 minuti, ha richiesto un tempo di calcolo pari a 269 s, 4232 s e 4850 s al diminuire del limite superiore dei margini di regolarità totali distribuibili, fissato rispettivamente a 10 minuti, 5 minuti e 0 minuti per ogni traccia.

Per questo motivo sono stati creati e testati dei metodi risolutivi approssimati che in alcuni casi hanno ottenuto in pochi minuti risultati migliori del metodo esatto. Un'analisi dettagliata è presentata in [1] unitamente a degli spunti di sviluppo.

#### 4. Analisi di un caso concreto: la linea Torino-Pinerolo

Come accennato in precedenza il metodo d'analisi composto dai due modelli è stato usato per lo studio di un semplice caso reale per testarne la versatilità e l'efficienza di fronte alle esigenze operative di pianificazione. Il problema è incentrato sulla linea Torino-Pinerolo trattata nell'ambito del Sistema Ferroviario Metropolitan di Torino, un ambizioso progetto riguardante il nodo torinese, che prevede la creazione di cinque linee (fig. 10) per le quali si ipotizza un cadenzamento di 30 minuti. Tale progetto mira a creare un servizio simile alla RER di Parigi in termini di funzione di asse portante della mobilità locale e di integrazione con i dif-

per limit was not provided for this kind of tests. For the 50 nodes problems the criticality is amplified: in most of tests the optimum is not reached even after two hours of calculating and the analysis of the solver algorithm status let us understand that the calculating process still requires considerable time to reach the optimal result.

Further analysis of empirical observations on the calculation times evidenced a sensibly loss of efficiency of the *Xpress* solver with a decreasing of the time buffers budget and with their coming away from the limit values which make the paths scheduling on current infrastructure possible. For example, the resolution of a 40 nodes case, made feasible by an amount of time buffers greater than or equal to 24 minutes, has required a calculation time equal to 269s, 4232 s and 4850 s, with the decreasing of upper limit of the time buffer amount respectively to, 10 minutes, 5 minutes and 0 minutes for each path.

For this reason we have studied and tested some approximated solution methods that sometimes have provide in few minutes better results than the *Xpress* solver. The detailed analysis and the development logics are presented in [1] together some development ideas.

#### 4. Practical problem case study: Torino-Pinerolo line

As previously mentioned, the analysis method consisting of the two models was used to study a simple practical case to test its versatility and efficiency in front of the concrete planning requirements. The study is focused on the Torino-Pinerolo line in the "Metropolitan Railway System" (called MRS) context, an ambitious project in the Turin's railway junction, consisting in the creation of five lines (fig. 10) cadenced with a time period of 30 minutes. This project aims at creating a service similar to the RER in Paris in terms of local mobility main service and of integration with the various transport modes due to the presence of many interchange nodes close to the strategic points.

In particular, we focus the analysis on the Torino Lingotto-Pinerolo line section characterized by the stops and stations described in table 3, some of which will be realized in the near future. The current

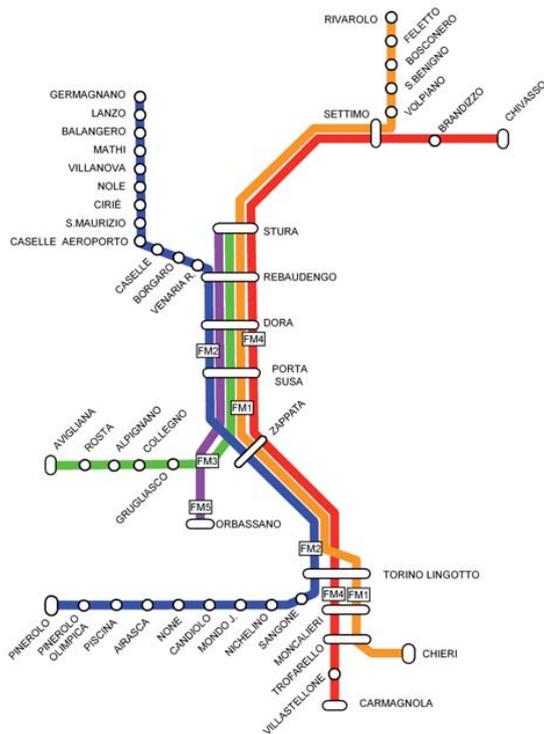


Fig. 10 - Il Sistema Ferroviario Metropolitan del nodo di Torino a regime (2018). *The Turin's Metropolitan Railway System (2018).*

TABELLA 3  
TABLE 3

CLASSIFICAZIONE DEI PUNTI ORARIO SULLA LINEA  
TIMETABLE POINTS CLASSIFICATION OF THE LINE

Tratta (Id)	Binario
(1,2)	Singolo
(2,3)	Singolo
(3,4)	Singolo
(4,5)	Singolo
(5,6)	Singolo
(6,7)	Singolo
(7,8)	Singolo
(8,9)	Singolo
(9,10)	Doppio
(10,11)	Doppio

ferenti modi trasporto, grazie alla presenza di numerosi nodi di interscambio prevista in prossimità dei punti strategici.

In particolare ci si focalizza sulla tratta Torino Lingotto-Pinerolo. Per quanto concerne la tratta in analisi è previsto servizio viaggiatori nelle fermate e nelle stazioni descritte in tabella 3, alcune delle quali saranno da realizzarsi nel prossimo futuro. Lo stato attuale delle connessioni infrastrutturali è invece riassunto in tabella 4.

TABELLA 4  
TABLE 4

DETTAGLIO INFRASTRUTTURA TORINO-PINEROLO  
INFRASTRUCTURE DETAIL OF TORINO-PINEROLO LINE

Id	Località	Categoria
1	Pinerolo	Stazione
2	Pinerolo Olimpica	Fermata
3	Piscina di P.	Stazione
4	Airasca	Stazione
5	None	Stazione
6	Candiolo	Stazione
7	Mondo J.	Fermata
8	Nichelino	Fermata
9	Sangone	Stazione
10	Bivio Sangone	Bivio
11	Torino Lingotto	Stazione

In questa tratta è presente Bivio Sangone (fig. 11), un punto d'interferenza significativo in quanto le diverse linee che vi insistono impegnano medesimi deviatori e sezioni richiedendo particolari distanziamenti temporali riportati nello scenario tecnico. I treni che viaggiano con lo stesso verso di percorrenza sono pianificati con un distanziamento temporale (detto *headway*) di 5 minuti l'uno dall'altro. I treni della SFM diretti verso Pinerolo impe-

state of infrastructure is summarized in table 4.

In this section there is a railway crossing called "Bivio Sangone" (fig. 11), a significant interference point shared by various lines that take up the same switches and sections, requiring special time distance reported in the technical scenario. Trains travelling in the same direction are planned with an headway of 5 minutes between each other. MRS trains directed to Pinerolo take up the junction passing on the same track used by the train travelling from Savona to Torino; the infrastructural technical scenario requires that there is a mutual time distances of 3 minutes between trains passing through the junction in the direction of Pinerolo and trains passing to reach Torino coming from Savona engaging the same track. Trains whose travel originates from Pinerolo that take up the junction to reach Torino must have a time spacing of 5 minutes.

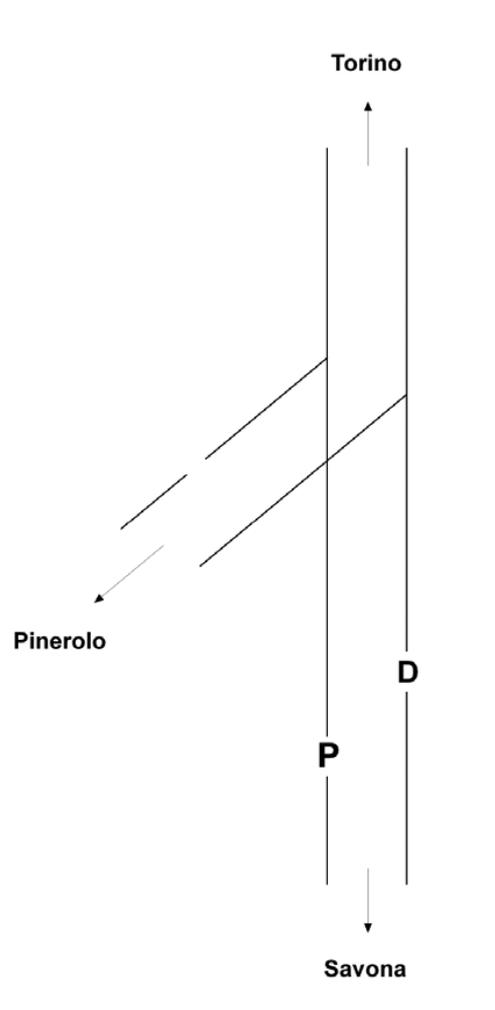


Fig. 11 - Schema semplificato di Bivio Sangone. Simplified diagram of "Bivio Sangone" railway crossing.

gnano il bivio transitando sul deviatoio del binario pari della Savona-Torino; lo scenario tecnico infrastrutturale impone che vi sia un distanziamento temporale reciproco di 3 minuti tra i treni che transitano sul bivio con direzione Pinerolo ed i treni che vi transitano per raggiungere Torino provenendo da Savona impegnando il binario pari. I treni la cui corsa ha origine da Pinerolo che impegnano il bivio per raggiungere Torino, si inseriscono sul binario pari, sottostando, in fase di pianificazione, al suddetto distanziamento di 5 minuti.

Oltre alle suddette soggezioni infrastrutturali, le tracce da pianificare devono sottostare ad ulteriori specifiche. In particolare, una visione globale di nodo impone che i treni pari e dispari della linea impegnino simultaneamente il punto d'interferenza posto in Bivio Sangone per minimizzarne il tempo d'indisponibilità. Inoltre, è necessario introdurre dei margini di regolarità temporali; in base all'esperienza pregressa e alle valutazioni fatte a seguito dell'analisi dell'andamento dell'esercizio si vuole che vi sia un massimo di 8 ed un minimo di 5 minuti per traccia, di cui almeno 2 minuti e 30 secondi disposti tra la stazione di Candiolo fino a ridosso del Bivio Sangone per la traccia pari, mentre per la dispari ne necessitano altrettanti tra Airasca e Pinerolo. Su ogni arco si considera un allungamento massimo di 1 minuto e 30 secondi. La stazione di Pinerolo ha la necessità di avere un lasso temporale di 5 minuti tra arrivi e partenze e viceversa per la predisposizione degli itinerari d'ingresso e d'uscita. Infine, si deve tener conto del passaggio a livello a ridosso della stazione di Nichelino, che interessa una strada ad intenso traffico. Vincoli di mobilità globale impongono che la differenza tra la partenza schedulata della traccia pari e quella della dispari presso la stazione di Nichelino sia limitata a 10 minuti, per sfruttare al meglio chiusura ed apertura del passaggio a livello. Il tempo di fermata nei nodi Stazione e nei nodi Fermata è di 1 minuto.

In questo contesto ci si propone di verificare la fattibilità di un orario sulla tratta in esame e, in caso contrario, di definire quali siano gli interventi infrastrutturali di minimo costo per ottenerla, analizzando il caso e traendo alcune conclusioni dall'analisi di scenario.

#### 4.1. Calcolo dell'orario sull'infrastruttura attuale

Prima di esporre l'analisi di scenario, si sottolinea che il modello della Torino - Pinerolo, date le sue limitate dimensioni, viene risolto nel giro di circa un secondo di elaborazione tramite *Xpress*.

Una prima analisi di scenario sulla linea in esame è stata effettuata proponendo il medesimo problema, considerando però solamente i vincoli infrastrutturali più significativi, cioè la topologia di rete, gli impianti ed i *layout* di stazione e di fermata, e facendo sì che i tempi di percorrenza espressi in minuti su ogni tratta fossero numeri interi. Per questo test l'ottimizzatore ha raggiunto l'ottimo

In addition to these infrastructural constraints, the paths to be scheduled should be subjected to further specifications. In particular, a global node overview requires that the trains running in opposite direction engage simultaneously the interference point of Bivio Sangone to minimize the time of junction unavailability. Moreover, it is necessary to introduce an amount of time buffers; on the basis of the experience and on service regularity, a maximum of 8 minutes and a minimum of 5 minutes of time buffers are necessary for each path: at least 2 minutes and 30 seconds placed between the Candiolo station and the junction Bivio Sangone for the trains to Torino and 2 minutes and 30 seconds between Airasca and Pinerolo for the trains directed to Pinerolo. For every section a maximum time buffer of 1 minute and 30 seconds is considered. Pinerolo station needs to have a time separation of 5 minutes between arrivals and departures and vice versa, for the preparation of the incoming and getting out routes. Finally, the level crossing for a road characterized by an high traffic intensity near the Nichelino station must be taken into account. Global mobility constraints require that the difference between the scheduled departure of the trains to Torino and the departure of the trains to Pinerolo is limited to 10 minutes in Nichelino station to make the most the crossing closing and opening. The stop time considered at the station nodes and at the stop nodes is 1 minute.

In this context, we propose to use the models to test the feasibility of a timetable on the practical case problem, and if not, to define which are the minimum cost infrastructure adjustments to get it, analyzing the case and drawing some conclusions from the scenario analysis.

#### 4.1. Path scheduling on current infrastructure

Before presenting the scenario analysis, it is important to note that the model of the Torino-Pinerolo line is solved in about one second of processing by *Xpress*, because of its limited sizes.

A first scenario analysis on the practical case study was made by proposing the same problem, taking into consideration only the most significant infrastructure constraints, that is the network topology, station and stop equipments and layouts, and ensuring that the running times for every sections were integers. For this test, the solver has reached the optimal solution scheduling canded paths crossing (in the single track sections) at the stations of Candiolo and Piscina, with a total time buffers amount of 8 minutes and 30 seconds (the amount of the time buffers minutes is not an integer because the sum of running times is not an integer too).

A second test was performed by adding to the specifications of the previous tests the constraints of the total amount and default distribution pattern of time buffers. In this case, the amount of time extension increase up to 10 minutes and 30 seconds, and the paths crossings

incrociando le tracce periodiche (nella tratta a singolo binario) presso le stazioni di Piscina e Candiolo, con un allungamento complessivo di 8 minuti e 30 secondi (si noti come la non interezza degli allungamenti complessivi derivi dal fatto che la somma dei tempi di percorrenza complessivi non sia un numero intero).

Un secondo test è stato invece effettuato aggiungendo ai vincoli della prova precedente i vincoli sul totale dei margini di regolarità e lo schema di distribuzione predefinito. In questo caso, gli allungamenti complessivi salgono a 10 minuti e 30 secondi e gli incroci permangono nelle medesime località della prova precedente.

Ragionando ad una logica di nodo, si è effettuato un terzo test inserendo il vincolo di occupazione simultanea di Bivio Sangone per ottimizzarne l'impegno. In questo caso, i tempi di allungamento complessivo salgono a 12 minuti e mezzo. I risultati computazionali sono mostrati sinteticamente nell'orario grafico presentato in fig. 12. In questo caso, fissati, ad esempio, i treni in partenza da Pinerolo ai minuti 0 e 30 di ogni ora, ve ne sarà uno in arrivo a Torino ai minuti 11 e 41; per il verso di percorrenza contrario, le partenze da Torino Lingotto sono fissate ai minuti 7 e 37 mentre gli arrivi a Pinerolo ai minuti 18 e 48. Come evidenziato in precedenza, fissare l'origine a 0, in regime di tempi periodici, è solo un espediente per velocizzare i tempi di calcolo senza alcuna perdita di generalità. Infine, un quarto test è stato effettuato inserendo tutte le specifiche del problema, comprese quindi quelle relative alla minimizzazione dei tempi di chiusura del passaggio a livello in località Nichelino. In questo caso, però si è notato che l'infrastruttura attuale non è in grado di sopportare un cadenzamento a 30 minuti considerando i vincoli sopra descritti. In particolare, una breve analisi svolta sul problema ha sottolineato come il rilassamento del vincolo per il passaggio a livello di Nichelino, od eventualmente l'innalzamento del suo limite superiore a 13 minuti invece di 10, porti invece ad un risultato ammissibile: questa analisi parametrica ha mostrato che, stante l'infrastruttura attuale, si può deteriorare l'ottimizzazione della chiusura del passaggio a livello di Nichelino per ottenere una programmazione ammissibile.

Sulla base dei risultati si evince come il problema di *train scheduling* ciclico possa essere ampliato ed esteso ad un problema di ricerca di una configurazione infrastrutturale ottimale, in grado di garantire le specifiche richieste in fase di contrattazione istituzionale prima, e di pianificazione poi. Il caso trattato evidenzia appunto le criticità infrastrutturali, che si possono riproporre analogamente a livello macro, nell'analisi di una logica globale di nodo computazionalmente più ingente. Per focalizzare il concetto è possibile pensare alle numerose correlazioni presenti tra le tracce di un nodo: risulterebbe decisamente arduo studiare il sistema nel suo complesso rispettando tutte le specifiche ed effettuando rapidamente le considerazioni sulle varianti.

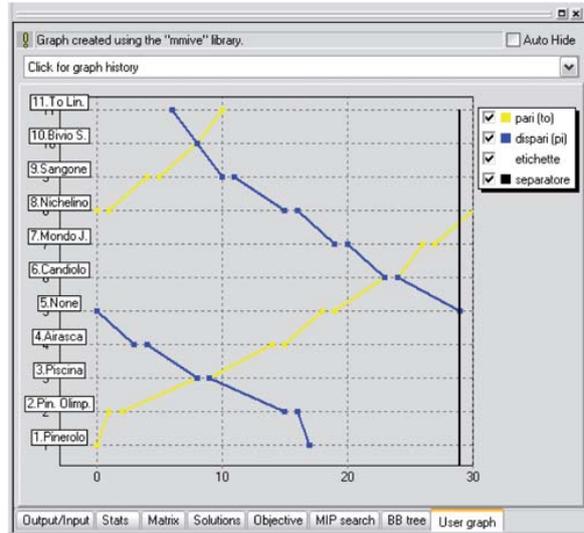


Fig. 12 - Orario grafico creato per il terzo test tramite Xpress-IVE. Graphic Timetable done by Xpress-IVE in the third test.

remain in the same town of the former test.

The third test is performed thinking to a node optimization logic by inserting the constraint of simultaneous occupation of Bivio Sangone crossing to optimize the availability. In this case, the total time extensions increase to 12 minutes and 30 seconds. The computational results are briefly shown in the graphical timetable presented in fig. 12. In this case, by keeping, for example, the trains leaving from Pinerolo to minutes 0 and 30 of every hour, there will be one of them arriving in Torino at minutes 11 and 41; for the opposite travel direction, departure from Torino Lingotto are fixed at the minutes 7 and 37, instead the arrivals in Pinerolo at the minutes 18 and 48. As noted above, establishing the origin, under the periodic times, is just a ploy to speed up the calculation time without loss of generality. Finally, a fourth test was conducted by entering all the specifications of the case, thus including those relating to the minimization of the level crossing closed time in Nichelino. In this case, however, we noted that, considering all the constraints described above, the current infrastructure cannot sustain a 30 minutes cadenced service. In particular, a brief problem analysis has led to the relaxation of constraint on Nichelino level crossing or raising the time upper bound. This indeed is 13 minutes instead of 10, bring to a feasible result: this parametric analysis showed that, given the current infrastructure, we can deteriorate the closed time optimization of Nichelino level crossing to get feasible timetable.

On the basis of these results we can understand how the problem of cyclic *train scheduling* can be extended and expanded to a problem of research of an optimal infrastructure configuration, capable of ensuring the specifications required first in the institutional bargaining phase, and then in the planning step. The case study precisely

#### 4.2. Calcolo dell'orario con infrastruttura variabile

Come premessa a tale analisi si sottolinea che in questo contesto i costi di raddoppio sono stati approssimati con la lunghezza delle tratte.

Facendo girare il modello, una volta inseriti i vincoli si ottiene, anche in questo caso, una soluzione inammissibile; si evince da ciò che, date le assunzioni del problema, non è possibile ottenere la schedulazione desiderata neppure raddoppiando l'infrastruttura laddove essa si presenti a singolo binario.

Dopo una breve analisi, si nota che quest'inammissibilità è intrinseca al problema: non è possibile infatti proporre lo schema di allungamenti richiesto per pianificare due tracce cadenzate a 30 minuti che si intersechino contemporaneamente a Bivio Sangone e che rispettino le politiche di chiusura del passaggio a livello in località Nichelino: le due specifiche sono incompatibili. Per rendere ammissibile il problema è possibile rilassare il vincolo sulla forbice temporale in località Nichelino innalzando il limite superiore ad un valore maggiore o uguale a 13, riproponendo, di fatto, una soluzione analoga ad una di quelle esplorate nel paragrafo 4.1.

Un tentativo differente di analisi è quello che consiste nel rilassamento del vincolo sull'occupazione simultanea di Bivio Sangone per far sì che i treni pari ed i treni dispari della linea possano occupare il bivio in istanti differenti. Questo test permette di trovare soluzioni ammissibili cercando di rendere più efficienti le politiche di ottimizzazione del passaggio a livello di Nichelino, per le quali la differenza tra la partenza della traccia pari e quella della traccia dispari presso la stazione di Nichelino, detta  $\Delta d$ , non deve eccedere i dieci minuti. Una breve analisi del problema, effettuata facendo variare il limite superiore di tale specifica, detto per convenzione  $UB_{\Delta d}$  dimostra come sia possibile ottenere soluzioni ammissibili con  $UB_{\Delta d}$  pari a 10 o a 9 raddoppiando le tratte (3,4) e (6,7), con un "costo" pari a 6648 metri. Con un "costo" di 7403 metri, derivante dal raddoppio degli archi (3,4) e (7,8), è possibile ottenere soluzioni ammissibili abbassando  $UB_{\Delta d}$  fino a 5. Se lo si vuole abbassare fino a 2, occorre raddoppiare selettivamente le tratte (2,3), (4,5) e (7,8), per un "costo" complessivo di 14473 metri. Una rappresentazione schematica di questa analisi esemplificativa è riproposta in fig. 13.

Infine, un ulteriore test può essere effettuato inserendo un tempo di cadenzamento pari a 20 minuti invece che a 30 com'era stato proposto in una prima fase di studio del SFM. In tale regime di cadenzamento, supponendo di rilassare i vincoli relativi agli impianti della stazione di Pinerolo, è possibile ottenere una soluzione che permetta

shows the infrastructure problems, that can be similarly re-proposed at the macro level, during a global analysis of the node, more significant from the computational point of view. To focus the concept it is sufficient thinking to the many correlations existing between all the node paths: the system would be very difficult to be studied as a whole, in conformity with any specifications and quickly completing the dedicated considerations.

#### 4.2. Path scheduling with variable infrastructure

As a premise for this section we remark that we approximated the doubling cost by the section length.

Running this model with all the constraints, we obtain an infeasible solution again, this suggests that a timetable complying with the technical specifications cannot exist even taking into account the infrastructure doublings of the one track sections.

After a brief analysis, we note that this unfeasibility is intrinsic to the problem: in fact it is not possible to obtain a timetable with the required time buffers distribution pattern for two 30 minutes cadenced paths, engaging Bivio Sangone crossing at the same time and optimizing the closure policies of the level crossing in Nichelino: the two specifications are incompatible. To make the problem feasible we can relax the constraint on the temporal range in Nichelino and raise the upper limit above a value greater or equal to 13, representing a solution similar to those explored in section 4.1.

A different attempt of analysis consists in relaxing the simultaneously engaging of Bivio Sangone to let the opposite direction trains take on the junction at different time instants. This strategy can provide feasible solutions optimizing the level crossing in Nichelino, in which the difference between the departure of the train paths to Torino and the departure of train paths to Pinerolo at the station Nichelino, called  $\Delta d$ , does not exceed 10 minutes. A brief problem analysis, done by varying the upper limit of this specification, called  $UB_{\Delta d}$  by convention, shows that is possible to obtain feasible solutions with  $UB_{\Delta d}$  equal to 10 or to 9 by doubling the sections (3,4) and (6,7), with a "cost" of 6648 meters. With a "cost" of 7403 meters, determined by the doubling of edges (3,4) e (7,8), we can obtain feasible solutions lowering up to 5 minutes. If we want to bring  $UB_{\Delta d}$  to 2, the doubling of the sections (2,3), (4,5) and (7,8) is needed, with a metric "cost" of 14473 meters. A graphical representation of this analysis is proposed in fig. 13.

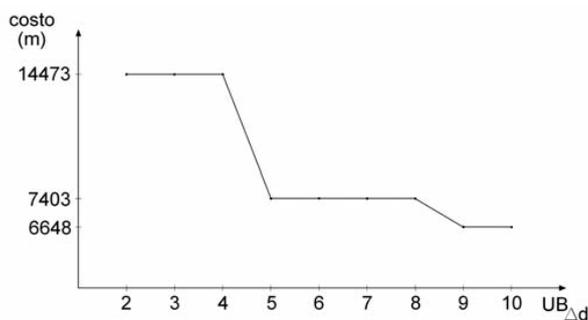


Fig. 13 - Costo metrico della soluzione al variare di  $UB_{\Delta d}$ .  
Metric cost of the solution with  $UB_{\Delta d}$  varying.

di ottimizzare anche le politiche di viabilità stradale di Nichelino e di occupare simultaneamente Bivio Sangone con un raddoppio selettivo della tratta (7,8) al “costo” 2771 metri. In questo caso il metodo ha reso immediatamente possibile la verifica di fattibilità e la programmazione di un orario sul nuovo scenario con periodo di cadenzamento ridotto: la riduzione del dominio periodico ha reso possibile avvicinare le due tracce per farle rientrare nella forbice temporale richiesta dalle specifiche in località Nichelino.

Queste analisi possono essere considerate allorché si reputi necessario procedere ad interventi infrastrutturali sulla linea. Anche quando si voglia effettuare un raddoppio totale della linea in esame, i risultati esposti in questi paragrafi possono essere utili per decidere dove iniziare i lavori, valutando i benefici incrementali apportati nell'immediato con attivazioni progressive.

### 5. Conclusioni e sviluppi futuri

I risultati dell'analisi del caso concreto non presentano una complessità computazionale d'analisi eccessiva. Si pensi ad esempio che per lo studio dei possibili raddoppi vi sono “solamente” 2<sup>8</sup> possibilità, che sarebbe comunque molto laborioso esaminare senza l'aiuto di uno strumento di ottimizzazione. Il metodo di supporto basato sulla Programmazione Matematica ha velocizzato i tempi d'analisi fornendo in maniera quasi istantanea la miglior soluzione possibile, coerentemente alle specifiche, e verificando in pochi secondi possibili scenari basati su differenti periodi di cadenzamento. In questo contesto il problema d'analisi infrastrutturale è stato incentrato sui raddoppi selettivi ma può essere anche affrontato tenendo conto di altri tipi di decisioni che influiscano sullo scenario tecnico.

I metodi d'analisi presentati in questo contesto, prima in forma teorica e poi per il caso specifico della linea Torino-Pinerolo, possono essere utilizzati in modo analogo ad esempio per l'analisi globale dei servizi cadenzati su scenari di nodo caratteristici delle grandi conurbazioni e decisamente complessi. In questi casi, come accennato, le ingenti dimensioni dei problemi e le moltissime correlazioni tra gli eventi e tra le specifiche possono rendere estremamente difficoltosa la trattazione efficace del problema. Allo stesso modo possono essere studiate le pianificazioni sui punti critici dei nodi ferroviari, ipotizzando come esse possano cambiare al variare dell'infrastruttura.

Lo sviluppo di queste tecniche può fornire al personale addetto un interessante sistema di supporto alla programmazione cadenzata ed alla relativa analisi di rete che può essere integrato coi sistemi aziendali e messo a disposizione tramite interfaccia utente. Difatti l'approccio qui descritto non ha lo scopo di integrare la completa logica di pianificazione all'interno di un software: è sempre necessario far riferimento all'imprescindibile *know-how* ed all'esperienza professionale del personale per sfruttare al meglio le potenzialità di questi metodi. Queste logiche possono rivelarsi un utile supporto, fornendo un valido strumento per una prima programmazione di base o per “rapide”

A final test can be done by inserting a cadence period of 20 minutes rather than 30, as it has been proposed in the initial study phase of the MRS. In this context we can get a feasible solution with a selective doubling of the edge through the “cost” of 2771 meters. If we relax the time constraints imposed by current facilities in Pinerolo station, this solution complies with the specification for optimization of level crossing closures in Nichelino and enables simultaneous engaging of Bivio Sangone. The method made immediately possible the feasible test and the timetable planning in the new scenario with the reduced cadenced time: the smaller time period made the paths approach possible, in order to make them fall in the time range required by the Nichelino level crossing closures optimization.

These analyses are very useful when some infrastructure adjustments are considered necessary. Even when the Infrastructure Manager has just organized an overall line doubling, the results exposed can be helpful in order to decide where to start works, by evaluating the incremental benefits immediately provided by progressive line activations.

### 5. Conclusions and further developments

The practical case results do not present an excessive computational complexity of analysis. The reader can consider as an example that in the study of possible doubling there are “only” 2<sup>8</sup> combinations, which would be anyway very difficult to explore without the help of an optimization tool. The analysis support method based on Mathematical Programming has speeded up the time analysis providing almost instantaneously the best possible solution, consistent with specifications, and exploring, quite immediately, further scenarios based on different cadence period. In this context we focused the variable infrastructural problem on the selective doubling point of view but other kinds of decisions involving the technical scenario can be taken into account.

The analysis methods presented in this article, in a theoretical form first and then for the practical case of Torino-Pinerolo line, can be similarly used to analyze all the cadenced services engaging a node, characteristic of large and very complex conurbations. In these cases, as mentioned, the large sizes of the problems and a lot of correlations between events and between specifications may make the problem resolution very difficult. Similarly the critical areas of railway nodes can be studied, checking how may change with the varying of the infrastructure.

The development of these techniques can give the staff an interesting support system for cadenced timetabling and for the railways network analysis that can be integrated with enterprise systems and that can be made available through a user interface. In fact, the approach described here is not intended to fully incorporate the scheduling logic within a software: it is always necessary

analisi di fattibilità di scenari decisamente complicati.

I metodi presentati in questo contesto per lo studio dei problemi ad infrastruttura variabile hanno preso in considerazione solamente i raddoppi selettivi della linea. Ulteriori miglioramenti del metodo possono considerare anche altri interventi infrastrutturali che determinino delle variazioni nello scenario tecnico valutando scenari sempre più completi.

Si evince dai risultati della campagna di test che al crescere delle dimensioni dei problemi il modello per l'analisi infrastrutturale non può essere risolto efficientemente dagli algoritmi per la risoluzione esatta. Esistono due vie percorribili per migliorare i tempi di calcolo dei metodi di risoluzione. Un primo approccio può essere quello di lavorare al miglioramento della procedura esatta di risoluzione, inserendo delle relazioni fittizie, dette "disuguaglianze valide", abbreviando i tempi computazionali. Tali relazioni possono essere intrinseche al problema (ad esempio relazioni latenti tra le variabili) o possono essere inserite dopo un'analisi poliedrale.

Un approccio alternativo è invece dedicato all'affinamento dei metodi euristici, come ad esempio l'approccio euristico di cui si è brevemente parlato, che possano offrire una buona approssimazione della soluzione con costi computazionali decisamente inferiori.

to refer to the strategic know-how and to the professional experience of the staff to best exploit the potential of these methods. This logic may be a useful support, providing a good tool for a first basic programming or for "fast" feasibility analysis of very complex scenarios.

The methods presented in this work for the study of problems with variable infrastructure took into account only the selective doubling line. Further improvements of the method may also consider other infrastructure adjustments, that cause changes in the technical scenario, considering scenarios more and more complete.

As seen by the results of the tests, very large infrastructural problems cannot be efficiently solved by exact algorithms of solving. There are two ways to improve the calculation time of resolution methods. A first approach may be to work for improving the exact solving procedure by inserting fictitious relations, called "valid inequalities", shorting computational times. These inequalities may be intrinsic to the problem (for example latent relations between variables) or can be inserted after polyhedral analysis.

An alternative approach is dedicated to the approximation methods, such as the heuristic approach which has been briefly mentioned, and that can provide a good solution approximation with lower computational costs.

### BIBLIOGRAFIA - REFERENCE

- [1] A. MIGNONE, "Schedulazione periodica di linee ferroviarie in presenza di infrastruttura variabile", Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale - logistics and supply chain management, Politecnico di Torino, Marzo 2009. Relatore: Prof. F. DELLA CROCE.
- [2] T. LINDNER, "Train schedule optimization in public rail transport", Tesi di Dottorato di Ricerca, Technical University Braunschweig, Braunschweig, Germania, 2000.
- [3] K. NACHTIGALL, "Periodic network optimization and fixed interval timetables", Tesi di Dottorato di Ricerca, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Braunschweig, Germania, 1997.
- [4] M.A. ODIJK, "Railway timetable generation", Tesi di Dottorato di Ricerca, Delft University of Technology, Delft, Paesi Bassi, 1997.
- [5] L.W.P. PEETERS, "Cyclic Railway Timetable Optimization", Tesi di Dottorato di Ricerca, Erasmus University, Rotterdam, Paesi Bassi, 2003.
- [6] A. SCHRIJVER, A. STEENBEEK, "Timetable construction for Railned, 1994", Rapporto Tecnico, C.W.I. Center for Mathematics and Computer Science.
- [7] P. SERAFINI e W. UKOVICH, "A mathematical model for periodic event scheduling problems", SIAM J. Discrete Math., 2(4):550-581, 1989.
- [8] Dash Optimization. Xpress-Mosel Reference manual, Dicembre 2006. Release 2.0.
- [9] Dash Optimization. Xpress-MP Getting Started, Ottobre 2006. Release 2007.
- [10] Dash Optimization. Upgrading to Mosel 2, Aprile 2007.
- [11] Dash Optimization. Xpress-Mosel User guide, Gennaio 2007. Release 2.0.
- [12] R. TADEI, F. DELLA CROCE, "Ricerca operativa e ottimizzazione", Esculapio, Bologna, seconda edizione, 2002.
- [13] R. TADEI, F. DELLA CROCE, A.GROSSO, "Fondamenti di ottimizzazione", Esculapio, Bologna, 2005.

Sommaire

INSTRUMENTS DE RECHERCHE OPÉRATIONNELLE POUR LE SUPPORT À LA PROGRAMMATION DE SERVICES

Cet article a pour but de décrire brièvement une technique, basée sur la Recherche Opérationnelle et sur la Programmation Mathématique, pour la modélisation des traces sur les lignes ferroviaires. Cette technique s'appuie sur la planification d'une structure horaire cadencée et utilisable comme support pour l'analyse infrastructurelle des lignes asservies aux services périodiques, lignes souvent caractérisées par une intensité de circulation ferroviaire élevée. En particulier, en considérant en entrée les conditions d'horaire objectif (par exemple en référence à certaines lignes à cadencement périodique), ainsi que la topologie de l'infrastructure ferroviaire et les autres contraintes éventuelles, on évalue à travers un premier modèle la possibilité de construire une structure horaire qui satisfait aux prérequis demandés.

Toutefois, les scénarios désirés ne sont pas toujours réalisables sur la configuration topologique actuelle du réseau; pour cette raison on peut aborder et résoudre le même problème en présence d'une topologie infrastructurelle variable avec une optique à moyen et long terme, c'est-à-dire en essayant d'identifier les interventions infrastructurelles optimales qui rendraient possible la planification de l'horaire objectif.

Ce travail est un extrait de la thèse intitulée "Programmation périodique de ligne ferroviaire en cas d'infrastructure variable", présentée par Andrea MIGNONE au cours de la session de mars 2009 auprès de l'Institut Polytechnique de Turin.

Zusammenfassung

OPERATIONS- RESEARCH ZUR UNTERSTÜTZUNG VON TAKTFahrPLÄNENGESTALTUNG

Kurzfassung einer Diplomarbeit über O.R. und mathematische Programmierungs-Verwendung für Taktfahrpläne. Es werden in diesem Vorschlag auch die topologischen Merkmale der Linien- und Bahnhofsanlagen in Kauf genommen und dadurch die Möglichkeit eines Taktfahrplans unter vorbestimmten Betriebsbedingungen erforscht. Wenn die topologische Struktur der Linien- und Bahnhofsanlagen mit den gewünschten Betriebsbedingungen unverträglich ist, kann man die gleichen Methoden benutzen, um die notwendigen Linien- und Bahnhofsanlagen-Veränderungen zu bestimmen und zu schätzen.

COMUNICATO

Attivata sul sito del CIFI la funzione "Pagamenti on Line"



[Visita il nostro negozio virtuale](#)

E' stata attivata sul sito del Collegio ( [www.cifi.it](http://www.cifi.it)) una nuova funzionalità dedicata ai pagamenti on-line.

La funzione, realizzata con la collaborazione di Poste Italiane, consente il pagamento a mezzo carta di credito di :

- [quote associative](#)
- [abbonamenti alle riviste](#)
- [pubblicazioni \( volumi, CD, DVD \) del CIFI](#)
- [varie \( ad es. orologio CIFI \)](#)

Il link per accedere è presente sulla home page del sito CIFI e nelle pagine ovunque sia possibile effettuare il pagamento on-line vedi: quote associative, abbonamenti, pubblicazioni, etc.

Al primo utilizzo è richiesta una registrazione dei dati personali. Successivamente una User-id ed una Password consentiranno un'accesso diretto al sistema di pagamento.



Ai sensi del D.Lgs. 196/2003, la informiamo che gli indirizzi e-mail presenti nel nostro archivio sono stati da noi raccolti in modalità conforme dal D.Lgs 196/2003.

# COLLEGIO INGEGNERI FERROVIARI ITALIANI

*Bando di concorso*

## **Premio KAJON**

### **Premio in memoria del Dott. Giacomo KAJON di € 2.000,00**

I membri del Comitato di Redazione di Ingegneria Ferroviaria intendono onorare la memoria del Collega Dott. Giacomo KAJON, protagonista nella sperimentazione e nell'analisi teorica del comportamento dinamico di armamento ed opere civili nelle ferrovie italiane.

A tale scopo viene istituito un premio *una tantum* da assegnarsi alla migliore memoria tecnica in tema di dinamica teorica e/o sperimentale del binario, da scegliersi tra le memorie sui temi suindicati pubblicate su Ingegneria Ferroviaria nonché tra quelle che saranno inviate con specifico riferimento al Premio fra gennaio e dicembre 2010.

## **MODALITÀ PER CONCORRERE**

Possono partecipare alla selezione i Soci CIFI, anche insieme a coautori non iscritti al Collegio.

I concorrenti dovranno far pervenire le memorie tramite raccomandata a.r. al Comitato di Redazione della Rivista Ingegneria Ferroviaria c/o CIFI - Via Giolitti, 48 - 00185 ROMA, da spedire entro e non oltre il 31 marzo 2011.

Le modalità di presentazione saranno:

- 4 copie cartacee più supporto informatico (CD – DVD – PEN-DRIVE); file articolo in formato Word per Windows, file immagini in alta risoluzione (300÷600 dpi, formato TIFF, EPS, JPG);
- l'assegnazione avverrà ad insindacabile giudizio del Comitato di Redazione di Ingegneria Ferroviaria;
- le memorie dovranno caratterizzarsi per chiarezza espositiva ed originalità di conclusioni e/o proposte;
- la memoria vincitrice, ove non già pubblicata, comparirà su Ingegneria Ferroviaria.

La Rivista si riserva altresì il diritto di pubblicare altre memorie partecipanti alla selezione anche se non premiate. Il materiale inviato non sarà restituito.

*Il Direttore*

Dott. Ing. Renato CASALE

# UN'ALTRA STORIA DI SUCCESSO.

Progetto: www.artefatto.net



PRESENTI ALLA  
**EXPO Ferroviaria 2010**  
TORINO DAL 6 AL 8/06/10  
Stand 1010  
Padiglione 2

**PETER NUTKINS**  
Product Manager



*Nelle officine grandi riparazioni, così come in ogni grande cantiere, sono all'ordine del giorno interventi di manutenzione straordinaria sugli impianti elettrici. Gran parte di queste operazioni riguardano l'aggiunta o la rimozione di dispositivi elettrici o elettronici su telai, strutture o motori. Spesso capita anche di dover predisporre punti di vero e proprio supporto strutturale nelle posizioni più strane e inaccessibili.*



Confronto tra la soluzione tradizionale di inserto con foro filettato saldato (a sin.) e la soluzione Glenair (a destra).

*Le pressanti richieste degli operatori sul campo per una soluzione pratica e affidabile hanno indotto Peter Nutkins, product manager Glenair per le attrezzature di messa a terra, a sviluppare insieme al suo staff tecnico un prodotto adeguato e che, in più, non richiedesse personale specializzato in fase di installazione.*

*Grazie all'Earth Bounding Tool Glenair, infatti, è possibile applicare punti di messa a terra (M6, M8, M10 e oltre) in meno di un minuto. Analogamente si possono fissare punti di supporto strutturale (oltre*

*800 Kg per punto) su piastre da 2 mm in su. Non sono un ostacolo nemmeno situazioni con fori ciechi o pareti scatolate. La tenuta ermetica e la possibilità di interfacciarsi ad acciaio ed alluminio, riducendo gli effetti della corrosione, ne completano le caratteristiche principali. I benefici della soluzione Glenair, applicata in diversi milioni di pezzi e in decine di programmi nel settore ferroviario, navale, industriale e militare ne fanno un prodotto "universale" per ogni settore con analoghe esigenze.*



Oltre ad essere la più grande azienda produttrice e fornitrice di accessori per la connessione elettrica, Glenair offre un "range" completo di sistemi in fibra ottica, connettori speciali, micro connettori, attrezzature per il cablaggio e cablaggi su specifica del cliente, **senza alcun minimo ordinabile.**

Glenair e la consociata Commital sono fornitrici di:

**Glenair**

**TRENITALIA**

**ATM**  
AGENZIA TRASPORTI MILANESE S.p.A.

**ANSAFERROVIE**

**FIREMA Trasporti SpA**

**A WORLD OF INTERCONNECT SOLUTIONS**

**GLENAIR CONNECTORS ITALIA SRL** • Via Santi, 1 - 20037 PADERNO DUGNANO (MI) ITALY - TEL. +39 02 9108.2121  
FAX +39 02 9904.3565 - WWW.GLENAIR.IT - SALES-ITALIA@GLENAIR.COM

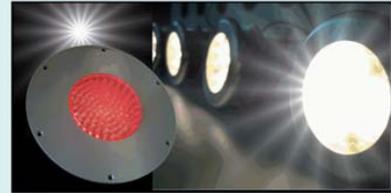
### MISURE



### SISTEMI



### ILLUMINAZIONE A LED



- Strumentazione di bordo per mezzi rotabili
- Sistemi e strumenti di misura a microprocessore
- Pannelli di comando e controllo
- Apparecchiature elettriche ed elettroniche su specifica del Cliente
- Segnalazioni luminose a LED
- Illuminotecnica a LED per interni nei veicoli ferroviari

- **PROGETTAZIONE**
- **COSTRUZIONE**
- **SERVICE**

#### I NOSTRI MAGGIORI CLIENTI



**FASE** Strumenti Elettrici di Misura - Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche  
 Via del Lavoro 41 - 20030 Senago (MI) Italy -  
 Tel. +39 02 9986557 - 9980622 - Fax. +39 02 9986425  
[www.fase.it](http://www.fase.it) - [info@fase.it](mailto:info@fase.it) - [info@faseitaly.eu](mailto:info@faseitaly.eu)



### PREMI "INGEGNERIA FERROVIARIA" PER L'ANNO 2008

- |            |   |
|------------|---|
| I Premio   | all'articolo: <i>"Nuovi orizzonti per il trasporto guidato a levitazione magnetica"</i> apparso sul n. 2/2008 – Autori: Franco DI MAJO, Maurizio CAVAGNARO e Vincenzo DELLE SITE.     |
| II Premio  | all'articolo: <i>"Nuovo metodo di analisi dei ritardi e valutazione del «performance regime»"</i> apparso sul n. 4/2008 – Autore: Giorgio SALERNO, Luigi COSTALLI e Pier Luigi GUIDA. |
| III Premio | all'articolo: <i>"Il tram moderno della grande Atene/The Modern tram in great Athens"</i> apparso sul n. 11/2008 – Autori: Konstantinos VOGIATZIS e Patrick CARELS.                   |
| IV Premio  | all'articolo: <i>"Evoluzione degli scambi con cuore a punta mobile"</i> apparso sul n. 6/2008 – Autore: Luigi CURIA.  |

*Ai vincitori le congratulazioni vivissime del Collegio.*

## Considerazioni sull'effetto del grado di eterotachicità sulla potenzialità di circolazione delle linee ferroviarie

### Considerations on the effect of the level of train heterogeneity on railway capacity

Dott. Ingg. Federica CROCCO(\*), Salvatore DE MARCO(\*), Domenico W. E. MONGELLI(\*)

#### 1. Introduzione

La potenzialità di circolazione delle linee ferroviarie è una grandezza che indica il numero massimo di treni che possono circolare su una linea in un periodo di riferimento. Tale quantità dipende da molteplici elementi, alcuni dei quali legati alle caratteristiche dell'infrastruttura ferroviaria ed altri legati al modello di esercizio attuato su di essa, nonché al sistema di controllo e segnalamento ed alle prestazioni e tipologia del materiale rotabile.

Tra questi, un ruolo fondamentale è rivestito dalla programmazione dell'esercizio. La maggioranza delle linee ferroviarie è infatti interessata dal transito di diverse tipologie di convogli che, oltre per il servizio prestatto (viaggiatori o merci), differiscono significativamente per la velocità di percorrenza della linea.

Se, da una parte, l'eterotachicità di circolazione non rappresenta di per sé un elemento di criticità, essa genera inefficienze allorché si è in prossimità delle condizioni di saturazione della linea, essendo la coesistenza di treni con diverse classi di velocità sulla medesima infrastruttura un fattore di consumo rilevante della potenzialità disponibile.

Anche alla luce di quanto affermato nasce in Italia il nuovo impulso alla realizzazione di infrastrutture ferroviarie ad alta velocità. L'espansione della rete ha infatti il duplice effetto di alleggerire le linee storiche di una quota parte del traffico e, nello stesso tempo, di ridurre il grado di eterotachicità della circolazione in linea, offrendo ai treni veloci (c.d. *mangiatracce*) infrastrutture dedicate di nuova realizzazione e con caratteristiche costruttive idonee ai treni ad alta velocità.

Nella presente nota si vuole compiere una valutazione quantitativa di come la potenzialità dell'infrastruttura risenta fortemente ed in negativo dell'effetto che un'elevata eterotachicità può avere sulla circolazione in una linea prossima a saturazione, ovvero ogni qual volta la quantità di convogli circolanti in linea raggiunge valori prossimi alla potenzialità.

Il problema, comunemente riscontrato sulla rete fer-

#### 1. Introduction

Railway capacity is a quantity that points out the maximum number of trains that can circulate on a line in a given time span. Such a quantity depends on numerous elements, some of which are linked to characteristics of the railway infrastructure and others linked to the operation program performed on it, as well as to the control and signalling system and to performances and typology of rolling stock.

Among these, a fundamental role is covered by train schedules. Most railway lines are interested in the transit of different train typologies that, apart from hired services (travellers or cargo), are significantly different for the speed on the line.

If, on one side, train heterogeneity does not represent by itself a critical element, it produces ineffectiveness when close to conditions of line saturation, since the coexistence of trains with different classes of speed on the same infrastructure is a factor of remarkable consumption of the available capacity.

In light of what has been previously stated, a new impulse for the realization of high speed railway infrastructures emerges in Italy. The expansion of the network has in fact the double effect to relieve the historical lines of a part of traffic and, at the same time, to reduce the level of train heterogeneity in line, offering to fast trains infrastructure dedicated to the improvement of high-speed travel as well as constructive characteristics suitable for high speed trains.

This paper aims to achieve a quantitative evaluation of how railway capacity suffers negatively from the effect that an elevated train heterogeneity can have on the circulation in a line close to saturation, that is each time the quantity of circulating trains in line reaches values near capacity.

The problem, commonly found in the historical railway network, is faced adopting the methodology of calculation of railway capacity described in the following paragraph (proposed by D'ELIA and DE MARCO, 2009). This methodology allows the simulation of different circulation scenarios in

(\*) Dipartimento di Pianificazione Territoriale, Università della Calabria.

(\*) Territorial Planning Department, University of Calabria.

roviaria storica, è affrontato adottando la metodologia di calcolo della potenzialità descritta nel paragrafo seguente (proposta da D'ELIA e DE MARCO, 2009). Essa presenta la peculiarità di poter essere utilizzata per effettuare la simulazione di diversi scenari di circolazione in linea e di consentire di acquisire risultati adatti a compiere una valutazione quantitativa del fenomeno.

## 2. Impostazione metodologica

L'interazione tra più convogli che utilizzano una stessa infrastruttura ferroviaria e transitano a differenti velocità è analizzata tramite un modello semplificato di simulazione della circolazione in linea, utilizzando il quale è possibile definire la potenzialità di circolazione dell'infrastruttura in un periodo di riferimento variabile.

Poiché oltre il 75% delle linee ferroviarie per le quali si riscontrano problemi di saturazione e forti condizioni di eterotachicità appartiene alla rete nazionale fondamentale esercita con sistemi di blocco fisso, le seguenti considerazioni sono riferite a tali tipologie di linee.

Per linee esercite con sistemi di blocco fisso è dunque possibile calcolare la potenzialità come funzione della separazione minima necessaria ossia della lunghezza di quella parte di una tratta che può essere impegnata da non più di un treno per volta, senza dare luogo a condizionamenti di alcun tipo sui treni che seguono.

Il calcolo della potenzialità di un'intera linea ferroviaria è in genere riferito alla *sezione rilevante*, ossia a quella parte della linea che risulta più limitativa. Si intende pertanto ascrivere alla linea la potenzialità della sezione che determina il maggior intervallo di tempo tra il passaggio di due treni in successione.

Ciò avviene, a parità di velocità di circolazione e di composizione del traffico e per il modello di calcolo considerato, in quella sezione della linea in esame che presenta la distanza maggiore tra due successivi posti di movimento ove siano presenti binari di precedenza.

Si considera pertanto la sezione di linea compresa tra due posti di movimento *A* e *B*. I posti di movimento *A* e *B* sono successivi ed abilitati a poter effettuare operazioni di precedenza, in modo da consentire al treno che segue di sorpassare il treno che lo precede, ove quest'ultimo sia più lento.

I convogli sono instradati sulla linea in modo che la marcia del convoglio che precede non influenzi in alcun modo la marcia del treno che segue, che non deve quindi essere rallentato. Inoltre, i convogli devono mantenere tra loro in ogni istante una distanza minima di sicurezza, in osservanza alle

line and the acquisition of proper results in order to complete a quantitative evaluation of the phenomenon.

## 2. Methodological formulation

Interaction among trains that use the same railway infrastructure and that transit at different speeds is analyzed through a simplified model of the simulation of circulation in line, through which it is possible to define railway capacity in a changeable time span.

Since over 75% of railway lines in which problems of saturation and extreme conditions of train heterogeneity are found belong to the fundamental national network operated with fixed block systems, the following considerations are reported to such typologies of lines.

For lines operated with fixed block systems it is possible to calculate capacity as a function of the minimum necessary headway or rather of the length of that part of a draft that can be occupied by no more than one train at a time, without creating some type of conditioning on trains that follow.

The calculation of the capacity of a whole railway line is generally referred to the *remarkable section*, or rather to that part of the line that results as more limitative. Therefore, it is proposed to count to the line the capacity of the section that determines the greatest headway between the passage of two trains in succession.

This happens, at the same speed of circulation and at the same traffic composition and for the considered model of calculation, in that section of the line in examination that presents the greatest distance between two following stations where railway-tracks for overtakings are present.

Therefore the line section between two stations, *A* and *B*, is considered. Stations *A* and *B* are successive and qualified for overtakings, so that the train that follows can surpass the train that precedes it, where the latter is slower.

Trains are routed on line so that the march of the train that precedes does not influence in anyway the rate of the train that follows, which should not be slowed down. Besides, trains must maintain between them in every instant a minimum safety distance, in observance of the rules imposed by the block system operating on the line.

It is possible to define the following greatness, considering the case in which a train of type *i* is immediately followed by a train of type *j* and referring to the reported scheme in fig. 1.

$d_{A-B}$  = distance between stations *A* and *B*, qualified to the execution of overtakings;

$v_i$  and  $v_j$  = commercial speed of the route of the line for a train of category *i* and for a train of category *j* respectively (it is assumed that trains maintain a constant speed along the whole journey, with acceptable approximation);

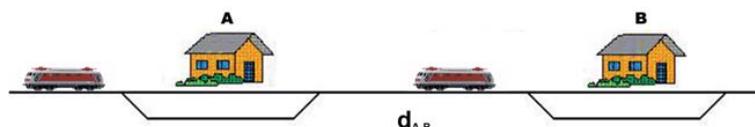


Fig. 1 - Distanza tra due posti di movimento. *Distance between stations.*

regole imposte dal sistema di blocco in esercizio sulla linea.

Si definiscono le seguenti grandezze, considerando il caso in cui un treno del tipo  $i$  sia immediatamente seguito da un treno di tipo  $j$  e riferendosi allo schema riportato in fig. 1.

$d_{A-B}$  = distanza tra i posti di movimento A e B, abilitati all'effettuazione di precedenza;

$v_i$  e  $v_j$  = velocità commerciale di percorrenza della linea rispettivamente per il treno di categoria  $i$  e per il treno di categoria  $j$  (si assume che, con approssimazione accettabile, i treni mantengano tale velocità costante lungo tutto il tragitto);

$D_{sb}$  = separazione spaziale minima richiesta dal sistema di blocco tra il treno che precede  $i$  ed il treno che segue  $j$ ;

$t_i$  e  $t_j$  = tempi di percorrenza della tratta A - B rispettivamente per il treno di categoria  $i$  e per il treno di categoria  $j$ , con  $v_i t_i = v_j t_j = d_{A-B}$ ;

$\tau_{ij}$  = minimo intervallo di tempo tra due successivi inoltri in linea di treni di tipo  $i$  e  $j$  necessario perché la marcia del treno  $i$  non influenzi la marcia del treno  $j$  in nessun punto della tratta considerata e, in ogni caso, tale da non violare le regole imposte dal sistema di blocco.

È allora necessario distinguere due casi.

Nella situazione in cui  $v_i > v_j$  (fig. 2) il treno  $i$  che precede è più veloce del treno  $j$  che segue e la distanza tra i due treni continua ad aumentare nel tempo.

In questo caso i due convogli si trovano alla minima distanza nell'istante in cui il treno  $i$  (primo dei due) attraversa il posto di movimento A diretto verso B e la marcia del treno  $i$  influenza sempre meno la marcia del treno  $j$ . Se in quell'istante i due convogli hanno separazione minima  $D_{sb}$ , il treno  $j$  è a distanza  $D_{sb}$  da A e può attraversare la sezione A dopo un intervallo di tempo pari a:

$$\frac{D_{sb}}{v_j} \quad (1)$$

Determinando le separazioni temporali come rapporto tra il distanziamento spaziale e le velocità commerciali di percorrenza della linea si trascurano gli effetti che hanno sulla separazione temporale le fasi di accelerazione, coasting e frenatura dei convogli che, pur non essendo marginali, renderebbero estremamente comples-

$D_{sb}$  = minimum spatial separation required by block system between the train that precedes  $i$  and the train that follows  $j$ ;

$t_i$  and  $t_j$  = transit times for the draft A - B respectively for the train of category  $i$  and for the train of category  $j$ , being  $v_i t_i = v_j t_j = d_{A-B}$ ;

$\tau_{ij}$  = minimum time period between two following forwardings in line of train types  $i$  and  $j$ , necessary to the march of the train  $i$  to not influence the march of the train  $j$  in any point of the draft considered and, in every case, to not violate the rules imposed by the block system.

It is necessary to distinguish two cases.

In the situation in which  $v_i > v_j$  (fig. 2) train  $i$  that precedes is faster than train  $j$  which follows and the distance between the trains increases during the time.

In this case the two trains are at the minimum distance in the instant in which train  $i$  (the first of two) crosses station A directly toward B and the rate of train  $i$  influences the rate of train  $j$  less and less. If in that instant the two trains have the minimum separation  $D_{sb}$ , train  $j$  is at a distance  $D_{sb}$  from A and it can cross section A after a time equal to:

$$\frac{D_{sb}}{v_j} \quad (1)$$

Defining temporal separations as a division between headway time and commercial speeds on the line neglects the effects that the phases of acceleration as well as coasting and braking of the train have on the temporal separation. Furthermore, since they are not marginal, they would make the analytical dealing of the model of calculation extremely complex.

In the case in which  $v_i < v_j$  (fig. 3) the train that precedes is slower than the train that follows, and in order not to influence each other, the trains must be at the minimum distance allowed by the block system at the moment in which train  $j$  reaches location B. In such an instant train  $j$  is at a distance by train  $i$  equal to that fixed by the block system. Being such the distance traversed by train  $i$  at speed  $v_i$ , headway time between trains is equal to

$$\frac{D_{sb}}{v_i}$$

To avoid that train  $j$  is slowed down by train  $i$ , train  $j$  must put up the draft with a certain additional delay in comparison to that necessary to guarantee its march in

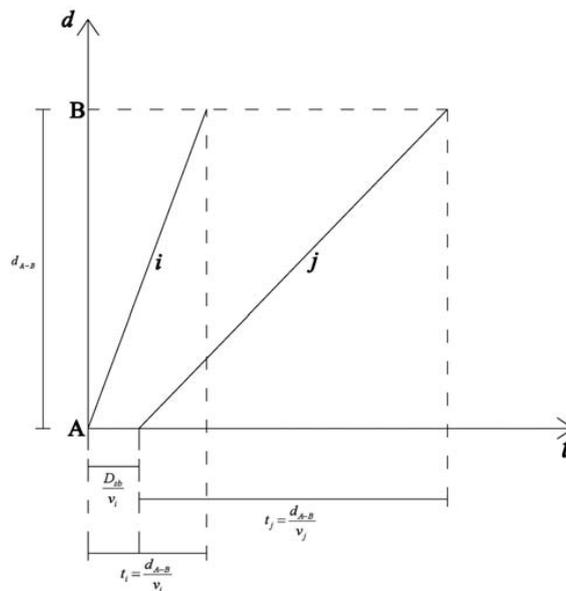


Fig. 2 - Separazione minima per  $v_i < v_j$ .  
Minimum separation for  $v_i > v_j$

sa la trattazione analitica del modello di calcolo.

Nel caso in cui  $v_i < v_j$  (fig. 3), il treno che precede è più lento del treno che lo segue e per non influenzarsi i treni si devono trovare alla minima distanza consentita dal sistema di blocco nel momento in cui il convoglio  $j$  raggiunge la località  $B$ . In tale istante il convoglio  $j$  si trova una distanza dal treno  $i$  pari a quella imposta dal sistema di blocco. Essendo tale distanza percorsa dal treno  $i$  a velocità  $v_i$ , il distanziamento temporale tra i due convogli è pari a

$$\frac{D_{sb}}{v_i}$$

Per evitare che il treno  $j$  sia rallentato dal treno  $i$ , il treno  $j$  deve impegnare la tratta con un certo ritardo aggiuntivo rispetto a quello strettamente necessario per garantirne la marcia in sicurezza e in osservanza alle regole imposte al sistema di blocco. Esso potrà impegnare la tratta  $A-B$  dopo un intervallo temporale dal passaggio del treno che lo precede pari a:

$$t_i + \frac{D_{sb}}{v_i} - t_j = \frac{d_{A-B} + D_{sb}}{v_i} - \frac{d_{A-B}}{v_j} \quad (2)$$

Giunto in località  $B$ , il treno  $i$  deve dare precedenza al treno  $j$  e, nella sezione successiva, si riproporrà a tal punto la situazione descritta per il caso precedente, in cui  $v_i > v_j$ .

Riassumendo, il minimo distanziamento temporale tra il treno  $i$  ed il treno  $j$  necessario affinché la marcia di due convogli che si susseguono non determini rallentamenti è dunque pari a:

$$\tau_{ij} = \frac{D_{sb}}{v_i} \quad \text{con } v_i \geq v_j \quad (3)$$

$$\tau_{ij} = \frac{d_{A-B} + D_{sb}}{v_i} - \frac{d_{A-B}}{v_j} \quad \text{con } v_i < v_j \quad (4)$$

È a questo punto necessario definire il valore di  $\tau_{ij}$  per ciascuna delle sequenze di treni di categoria  $i$  e  $j$  che possono presentarsi, considerando anche il caso in cui il treno  $i$  sia seguito da un altro treno di categoria  $i$  (caso in cui  $j = i$ ).

Si noti come in quest'ultimo caso sia possibile utilizzare indifferentemente le equazioni 3 e 4 ottenendo il medesimo risultato.

Si presuppone inoltre che la probabilità che un treno di categoria  $i$  sia seguito da un treno di categoria  $j$  sia pari a  $p_{ij}$ , definibile come:

$$p_{ij} = p_i \cdot p_j \quad (5)$$

dove  $p_i$  e  $p_j$  rappresentano rispettivamente la probabilità di transito sulla linea per convogli di categoria  $i$  e  $j$  (rapporto tra il numero di convogli di una determinata categoria ed il numero complessivo di convogli circolanti sulla linea nel periodo di riferimento considerato).

A tal punto è possibile ottenere  $T$ , il valore atteso di  $\tau_{ij}$ , come:

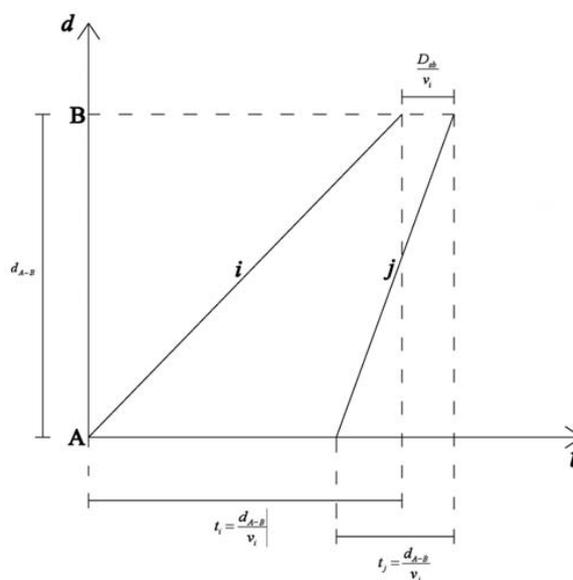


Fig. 3 - Separazione minima per  $v_i < v_j$ . Minimum separation for  $v_i < v_j$ .

safety and in observance of the imposed rules by the block system. It can engage draft  $A-B$  after a temporal interval from the passage of the train that precedes it equal to:

$$t_i + \frac{D_{sb}}{v_i} - t_j = \frac{d_{A-B} + D_{sb}}{v_i} - \frac{d_{A-B}}{v_j} \quad (2)$$

Arrived in location  $B$ , train  $i$  must be overtaken by train  $j$  and, in the following section, the situation described in the preceding case will be proposed, in which  $v_i > v_j$ .

In summary, the minimum headway time between train  $i$  and train  $j$ , necessary so that the march of two trains that follow each other does not determine delays, is equal to:

$$\tau_{ij} = \frac{D_{sb}}{v_i} \quad \text{con } v_i \geq v_j \quad (3)$$

$$\tau_{ij} = \frac{d_{A-B} + D_{sb}}{v_i} - \frac{d_{A-B}}{v_j} \quad \text{con } v_i < v_j \quad (4)$$

It is now essential to define the value of  $\tau_{ij}$  for every possible sequence of trains of category  $i$  and  $j$ , also considering the case in which train  $i$  is followed by another train of category  $i$  (case in which  $j = i$ ).

Note that in this last case it is possible to use both equations 3 and 4 in order to get the same result.

Besides the probability that a train of category  $i$  is followed by a train of category  $j$ , it is assumed equal to  $p_{ij}$ , definable as:

$$p_{ij} = p_i \cdot p_j \quad (5)$$

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot \tau_{ij} \quad (6)$$

essendo  $n$  il numero di differenti categorie di convogli, ciascuno circolante a velocità  $v$ .

Conseguentemente, la potenzialità oraria è pari a:

$$P = \frac{1}{T} \quad (7)$$

La potenzialità di circolazione, determinata con il modello di calcolo così come appena descritto, rappresenta un valore puramente teorico in quanto in condizioni di saturazione della linea il minimo ritardo di un treno si propagherebbe indistintamente su tutti i treni che lo seguono, determinando in tal modo uno scadimento della qualità di circolazione.

Per il calcolo della potenzialità pratica è infatti opportuno riferirsi al massimo numero di treni che possono circolare arrecando il minor disturbo possibile alla circolazione in caso di ritardo di un treno.

È pertanto ammissibile considerare, tra i possibili standard di regolarità indicati in letteratura, uno scenario in cui il ritardo di un treno possa provocare al massimo un ritardo, soltanto ad un altro treno o a sé stesso, non superiore al tempo di distanziamento minimo ammesso (GALATOLA, 2005).

A tal fine si determina la potenzialità pratica di circolazione, considerando un margine di sicurezza tale da evitare che il ritardo di un treno, entro certi limiti, influisca sulla circolazione dei treni che seguono.

Tale margine di sicurezza raggiunge livelli appropriati quando si considera che tra un treno ed il seguente sia sempre disponibile una traccia libera. L'effetto di una tale scelta è essenzialmente quello di diminuire la potenzialità rispetto a quella teoricamente raggiungibile fino a valori che, nel caso di circolazione omotachica, si presentano praticamente dimezzati.

In tal modo il treno in ritardo può avere un ritardo massimo pari a  $\frac{D_{sb}}{v_i}$  senza influenzare la circolazione di altri treni, altrimenti deve utilizzare le successive tracce libere.

Il treno che viaggia con ritardo superiore a  $\frac{D_{sb}}{v_i}$  è, di fatto, escluso dalla circolazione programmata andando a impegnare, per il proprio tragitto, le tracce libere che si rendono disponibili tra un convoglio ed il seguente.

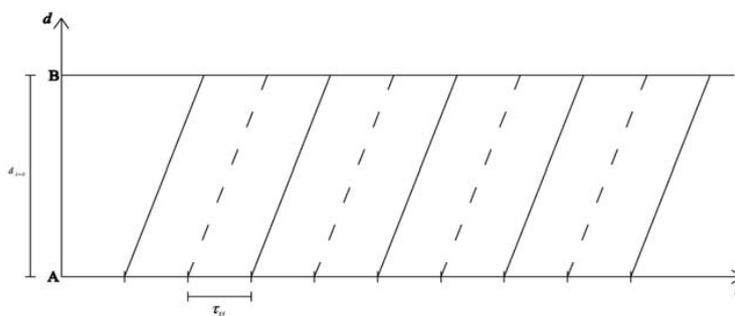


Fig. 4 – Il treno con ritardo superiore a  $\tau_{ij}$  può occupare una traccia libera (tratteggiata). *The train delayed more than  $\tau_{ij}$  can use a free slot (outlined).*

where  $p_i$  and  $p_j$  respectively represent the probability of transit on the line for trains of category  $i$  and  $j$  (relationship between number of trains of a determined category and total number of circulating trains on the line in the considered reference period).

It is then possible to get  $T$ , the mean value of  $\tau_{ij}$ , as:

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot \tau_{ij} \quad (6)$$

being  $n$  the number of different categories of trains, every-one transiting at speed  $v$ .

As a consequence, hourly capacity is equal to:

$$P = \frac{1}{T} \quad (7)$$

Railway capacity, determined by using the model of calculation just described, represents a theoretical value. In conditions of saturation of the line the smallest delay of a train would be propagated without distinction on all the following trains determining a decline of quality of circulation.

For the calculation of practical capacity it is in fact opportune to refer to the most elevated number of trains that can circulate creating the smallest possible trouble to the circulation in case of the delay of a train.

Therefore, it is acceptable to consider, among the possible standards of regularity pointed out in literature, a scenario where a delayed train can provoke at the least one delay to another train or to itself, not superior to the time of admitted minimum headway (GALATOLA, 2005).

With this result in mind, practical capacity is defined considering a safety margin to avoid that the delay of a train, within certain borders, influences the circulation of other trains.

Such safety margins reach appropriate levels when it is considered that between one train and the next, an alternative slot is always available. The effect of such a choice is essentially to decrease capacity compared to that theoretically achievable up to values that, in case of homogeneous circulation, are practically halved.

In this way the delayed train can have a maximum delay equal to  $\frac{D_{sb}}{v_i}$  without influencing the circulation of other trains, otherwise it must use the following available slots.

In fact, a train that travels with a

Tale provvedimento è evidentemente attuabile esclusivamente in assenza di altri vincoli, come ad esempio priorità o qualità minima attesa per il servizio (che potrebbe ad es. essere richiesta in una carta dei servizi) ma in tal modo si raggiunge una qualità della circolazione che si attesta sui livelli massimi possibili per condizioni di completa saturazione della linea.

È infatti teoricamente possibile definire valori di potenzialità superiori a quelli che si vengono a determinare con tale metodologia ma, in tal caso, si verrebbe a riproporre uno scenario che presenta una qualità di circolazione inferiore, portando di conseguenza a dover valutare la necessità di aumentare il grado di saturazione della linea definendo un valore di potenzialità minore.

Affinché sia dunque rispettato il vincolo appena descritto, è necessario che il distanziamento temporale tra due convogli che procedono nella stessa direzione sia sempre almeno pari al doppio del distanziamento minimo consentito dal sistema di blocco. Ne consegue che due treni di categoria  $i$  e  $j$ , per procedere nella stessa direzione, devono essere distanziati di un tempo pari a:

$$\tau'_{ij} = \frac{2 \cdot D_{sb}}{v_j} \quad \text{con } v_i \geq v_j \quad (8)$$

$$\tau'_{ij} = \frac{d_{A-B} + 2 \cdot D_{sb}}{v_i} - \frac{d_{A-B}}{v_j} \quad \text{con } v_i < v_j \quad (9)$$

Si determina dunque la potenzialità pratica  $P'$  della sezione rilevante, calcolata similmente al caso precedente:

$$P' = \frac{1}{T'} \quad (10)$$

dove:

$$T' = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot \tau'_{ij} \quad (11)$$

Il valore così ottenuto è quello effettivamente utilizzabile per compiere le valutazioni in oggetto.

### 3. Analisi di differenti condizioni di esercizio

Al fine di verificare la sensibilità della potenzialità di circolazione al variare del grado di eterotachicità della linea si simulano differenti scenari di traffico in linea, considerando classi tipologiche di convogli ciascuna caratterizzata da velocità commerciale di percorrenza della linea omogenea.

Il traffico in linea è infatti comunemente caratterizzato dal transito di convogli di diversa tipologia e classificazione commerciale ed a ciascuna di tali classificazioni corrisponde un livello definito di uniformità riguardo alle velocità medie di percorrenza della tratta, ammettendo che, come ipotizzato in precedenza, i treni mantengano velocità costante lungo tutto il tragitto.

Per l'analisi effettuata, si sono considerate quattro ca-

delay greater than  $\frac{D_{sb}}{v_i}$  is excluded from the scheduled circulation going to hock, for its journey, the free slots that are available between a scheduled train and the following.

Such a provision is feasible exclusively in absence of other constraints, such as minimum priority or quality expected for the service (that, for instance, would be requested in a Regulations and Standards document). In this way a quality of circulation that achieves the maximum levels possible for conditions of complete saturation of the line is reached.

It is theoretically possible to achieve superior values of railway capacity to those which it is possible to define with such a methodology. However, in this case, it would require a scenario that achieves an inferior quality of circulation, leading to the evaluation of the need to increase the saturation level of the line, defining a value of smaller capacity.

Therefore, as long as the constraint as described above is respected, it is necessary that the headway time between two trains proceeding in the same direction is always equal to at least two times the minimum distance allowed by block system. This permits two trains of category  $i$  and  $j$  to proceed in the same direction however, they must be distanced by a time span equal to:

$$\tau'_{ij} = \frac{2 \cdot D_{sb}}{v_j} \quad \text{con } v_i \geq v_j \quad (8)$$

$$\tau'_{ij} = \frac{d_{A-B} + 2 \cdot D_{sb}}{v_i} - \frac{d_{A-B}}{v_j} \quad \text{con } v_i < v_j \quad (9)$$

It is possible to define the practical capacity  $P'$  of the remarkable section, when calculated as in the previous case:

$$P' = \frac{1}{T'} \quad (10)$$

where:

$$T' = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot \tau'_{ij} \quad (11)$$

As a result, the obtained value is the actual applicable value in order to complete the evaluations of interest.

### 3. Analysis of different operation conditions

With the purpose of verifying the sensibility of railway capacity by varying the level of train heterogeneity of a line, different scenarios of traffic in line are simulated, considering typological classes of trains where each one is characterized by homogeneous commercial speed on the line.

In fact, in line traffic is commonly characterized by the transit of trains of different typologies and commercial classification and each classification corresponds to a de-

tegorie di convogli, ciascuna caratterizzata da una velocità media di percorrenza variabile tra 70 e 130 km/h. Le caratteristiche di ciascuna categoria sono riportate in tab. 1.

È il caso di una linea interessata da tipologie di convoglio profondamente differenti, sulla quale si prevede il transito di treni più veloci frammisti a traffico locale o convogli merci a bassa velocità.

Nell'esercizio la velocità di percorrenza dei convogli dipende dal modello di esercizio attuato sulla linea, dal sistema di controllo e segnalamento, dalle prestazioni e tipologia del materiale rotabile e dalle velocità massime di rango imposte sulla linea.

TABELLA 1 – TABLE 1  
VELOCITÀ MEDIE PER LE CATEGORIE  
DI CONVOGLIO CONSIDERATE  
AVERAGE SPEED FOR THE CONSIDERED  
CATEGORIES OF TRAINS

ID categoria <i>Category ID</i>	V commerciale [km/h] <i>Commercial Speed [km/h]</i>
A	70
B	90
C	110
D	130

L'applicazione del modello di calcolo descritto nel precedente paragrafo avviene considerando una distanza tra i posti di movimento pari a 10 km, coerentemente con le caratteristiche che storicamente è possibile riscontrare sulla rete ferroviaria nazionale.

La separazione spaziale minima richiesta dal sistema di blocco affinché i convogli circolino senza essere condizionati dai treni che li precedono per la presente simulazione è assunta pari a 5400 m, distanza corrispondente alla somma della lunghezza di quattro sezioni di blocco da 1350 m per linee esercite con blocco automatico e con velocità massima di percorrenza della linea fino a 200 km/h, richiedendosi per tali velocità uno spazio di frenatura pari alla lunghezza di due sezioni di blocco (2700 m) ed essendo necessaria la stessa quantità di spazio antistante quest'ultimo per riscontrare in linea esclusivamente segnali disposti a via libera.

Quest'ultima condizione si rende necessaria al fine di rispettare il requisito di non condizionamento tra i convogli che, altrimenti, incontrando un avviso di via impedita o di riduzione di velocità, dovrebbero necessariamente rallentare la propria marcia.

La simulazione della circolazione in linea è stata effettuata per una serie di scenari di traffico caratterizzati ciascuno da una diversa percentuale di ognuna delle tipologie di convoglio.

fin level of uniformity in respect of the average speeds of the draft, admitting that, as hypothesized previously, the trains maintain a constant speed along the whole route.

For this analysis, four categories of trains are considered, each one characterized by an average speed varying from 70 to 130 km/h. Characteristics from each category are reported in table 1.

This represents the case of a line interested in significantly different typologies of trains, of which the transit of faster trains combined with local traffic or slow cargo is allowed.

In operational conditions, train speed depends on the operation program provided on the line, on control and signalling system, on performances and typology of rolling stock and on the maximum speed profiles imposed on the railway line.

The application of the described model of calculation takes place considering a distance between stations equal to 10 km, which is coherent with historic characteristics that can be found on the national railway network.

For this simulation, the minimum spatial distance required by the block system so that trains can circulate without being conditioned from preceding trains, is assumed to be equal to 5400 m. This distance corresponds to the sum of the length of four block sections of 1350 m for lines controlled with automatic block system and where the maximum allowed speed does not exceed 200 km/h. For such speeds a braking space equal to the length of two block sections (2700 m) is required and the same space quantity is necessary before this previous space to exclusively find in line green light signals.

This last condition is necessary in order to respect the requisite of non-conditioning among trains that, otherwise, when coming upon a notice for a blocked way or for a speed reduction, should necessarily slow down their rate.

The simulation of the in line circulation has been put into action for a series of traffic scenarios, each one characterized by a different percentage for all train typologies.

Table 2 contains a summary, for every simulated composition, of the mix of traffic considered, showing the percentage incidence of each category of train in transit on the total traffic in a unitary time span.

Every composition is characterized by a different level of train heterogeneity and this parameter can be quantified through a statistic analysis.

Table 3 shows, for each traffic composition, average speed of train  $V_m$  and standard deviation,  $\sigma$ , since this last parameter can be easily reported to the level of train heterogeneity.

Taking into account what has already been considered regarding the elements that influence the determination of railway capacity, it would be useful to consider the sequence of forwarding of trains in line, apart from speed

Nella tabella 2 si riassume, per ciascuna composizione simulata, il mix di traffico considerato, riportando l'incidenza percentuale di ciascuna categoria di convogli transitanti sul traffico complessivo in un periodo di riferimento unitario.

Ciascuna delle composizioni è dunque caratterizzata da un differente grado di eterotachicità e tale parametro può essere quantificato effettuando un'analisi statistica.

Nella tabella 3 si riporta, per ciascuna composizione del traffico, la velocità media  $V_m$  dei convogli e lo scarto quadratico medio  $\sigma$ , essendo quest'ultimo un parametro che può essere facilmente relazionato al grado di eterotachicità di circolazione.

TABELLA 2 – TABLE 2

COMPOSIZIONE DEL TRAFFICO NEL PERIODO DI RIFERIMENTO PER GLI SCENARI SIMULATI [%]  
TRAFFIC COMPOSITION IN THE TIME SPAN FOR SIMULATED SCENARIOS [%]

ID composizione <i>Composition ID</i>	ID categoria convoglio <i>Train category ID</i>			
	A	B	C	D
1	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
2	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%
3	0.00%	25.00%	25.00%	50.00%
4	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%
5	12.50%	12.50%	25.00%	50.00%
6	25.00%	25.00%	25.00%	25.00%
7	28.57%	28.57%	28.57%	14.29%
8	30.00%	30.00%	30.00%	10.00%
9	31.25%	31.25%	31.25%	6.25%
10	33.33%	33.33%	25.00%	8.33%
11	33.33%	33.33%	22.22%	11.11%
12	35.71%	28.57%	28.57%	7.14%
13	36.36%	27.27%	27.27%	9.09%
14	35.71%	35.71%	21.43%	7.14%
15	38.46%	30.77%	23.08%	7.69%
16	37.50%	37.50%	12.50%	12.50%
17	40.00%	30.00%	20.00%	10.00%
18	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
19	45.45%	36.36%	9.09%	9.09%
20	50.00%	25.00%	25.00%	0.00%

and composition of traffic. The methodology of calculation used for defining railway capacity considers that in line forwarding of trains happens in an entirely casual way, creating a scenario with the most disadvantageous conditions.

TABELLA 3 – TABLE 3

VELOCITÀ MEDIA E SCARTO QUADRATICO MEDIO PER GLI SCENARI DI TRAFFICO SIMULATI  
AVERAGE SPEED AND STANDARD DEVIATION FOR THE SIMULATED TRAFFIC SCENARIOS

ID composizione <i>Composition ID</i>	$V_m$ [km/h]	$\sigma$ [km/h]
1	130,0	0,00
2	110,0	0,00
3	115,0	16,58
4	90,0	0,00
5	112,5	21,07
6	100,0	22,36
7	95,7	20,6
8	94,0	19,6
9	92,5	18,54
10	91,7	19,07
11	92,2	19,88
12	91,4	19,22
13	91,8	19,92
14	90,0	18,52
15	90,0	19,22
16	90,0	20,00
17	90,0	20,00
18	70,0	0,00
19	86,4	18,72
20	85,0	16,58

Therefore, using the methodology of calculation illustrated in paragraph 2, it is possible to define the hourly capacity suitable in table 4, for every composition of traffic.

Figure 5 shows a noticeable increase of railway capacity for scenarios where it is possible to obtain circulation that excludes or reduces the transit of the slowest trains.

È utile notare come, per quanto già considerato in precedenza in merito agli elementi che influiscono sulla determinazione della potenzialità di circolazione, sarebbe opportuno considerare, oltre che la velocità e la composizione del traffico, la sequenza di inoltro in linea dei treni. La metodologia di calcolo utilizzata per determinare la potenzialità di circolazione considera che l'inoltro dei convogli in linea avvenga in modo del tutto casuale, realizzando uno scenario per cui si verificano le condizioni più svantaggiose.

Utilizzando la metodologia di calcolo illustrata nel paragrafo 2 si determina pertanto, per ciascuna composizione di traffico, la potenzialità di circolazione oraria indicata nella tabella 4.

Dalla figura 5 si può notare come si abbiano sensibili incrementi della potenzialità di circolazione in linea per quegli scenari in cui si prevede una circolazione che escluda o limiti il transito dei convogli più lenti.

Per tutti gli altri casi (composizioni di traffico da 5 a 20), che propongono scenari di traffico fortemente eterotachici, si hanno limitate variazioni della potenzialità, che si attesta a livelli prossimi a quelli che si avrebbero per circolazione interamente omotachica ma considerando esclusivamente il transito dei convogli più lenti (composizione n° 18).

Ciò appare vero anche nel caso in cui sia significativa la presenza in linea di treni veloci.

Essendo ovviamente l'elemento più limitante la presenza dei treni più lenti, rendendosi per questi necessario un maggior tempo di percorrenza, coerentemente con quanto si può osservare analizzando la reale circolazione in linea, tale fenomeno può essere spiegato dalla necessità per i treni lenti di impegnare finestre temporali più ampie, sottraendole ai treni veloci.

I valori così ottenuti, a seguito delle semplificazioni utilizzate nel modello di calcolo della potenzialità utilizzato, descrivono grandezze che possono essere ritenute indicative ed utilizzabili come termine di raffronto della potenzialità di circolazione che, come è noto, non è univocamente determinabile.

Dall'analisi dei dati riportati nelle tabelle 3 e 4, è inoltre possibile verificare come la potenzialità di circolazione abbia un andamento proporzionale alla velocità media di transito dei convogli ed allo scarto quadratico medio delle velocità.

Si può infatti utilizzare, nel campo delle velocità commerciali considerate, la seguente equazione raggiungendo valori di potenzialità oraria prossimi a quelli ottenuti dal modello di calcolo proposto:

$$P \left[ \frac{\text{treni}}{h} \right] = 0,09 \cdot \left( V_m \left[ \frac{km}{h} \right] - \frac{\sigma}{1,6} \left[ \frac{km}{h} \right] \right) \quad (12)$$

Applicando l'equazione 12, ottenuta sperimentalmente mediante interpolazione dei risultati delle simulazioni, si

For all the other cases (traffic compositions from 5 to 20), that propose strongly heterogeneous traffic scenarios, variations of capacity have been limited which attest to levels close to those that would be had for completely homogeneous circulation but exclusively consider the transit of the slowest trains (composition n. 18).

This appears to be true also in the case where the presence of fast trains in line is significant.

Coherent with observations when analyzing the real circulation in line, the presence of slower trains is obviously the most limiting element, creating the need for longer route times. Such a phenomenon can be explained by the necessity for slow trains to hock ampler temporal windows subtracting it from fast trains.

TABELLA 4 – TABLE 4

POTENZIALITÀ DI CIRCOLAZIONE PER GLI SCENARI DI TRAFFICO SIMULATI  
RAILWAY CAPACITY FOR THE SIMULATED TRAFFIC SCENARIOS

ID composizione <i>Composition ID</i>	P commerciale [treni/h] <i>Operative Capacity [trains/h]</i>
1	12,04
2	10,19
3	9,67
4	9,00
5	8,33
6	7,84
7	7,61
8	7,53
9	7,46
10	7,39
11	7,38
12	7,34
13	7,33
14	7,28
15	7,24
16	7,23
17	7,21
18	7,03
19	6,97
20	6,48

ottengono infatti i valori di potenzialità riportati in tabella 5, con uno scostamento medio pari a 0,11 treni/h, ottenendo quindi un elevato livello di significatività, come del resto appare evidente in figura 5.

La potenzialità di circolazione è quindi un elemento che dipende in maniera marcata dallo scarto quadratico medio delle velocità dei convogli circolanti su una linea, a riprova di come tale termine costituisca un chiaro indice del grado di eterotachicità della linea. Essa dipende inoltre dalla velocità di transito dei convogli e, nel caso in cui la circolazione sia interamente omotachica, si è già visto come tale velocità costituisca l'elemento vincolante. Considerando infatti la composizione 18, è possibile notare come, sebbene la circolazione sia completamente omotachica, la potenzialità di circolazione si attesti ai livelli più bassi essendo tale composizione caratterizzata dal transito esclusivo di convogli lenti.

TABELLA 5 – TABLE 5  
**POTENZIALITÀ DI CIRCOLAZIONE CALCOLATA  
 UTILIZZANDO L'EQ. 12**  
*RAILWAY CAPACITY DEFINED USING EQ. 12*

ID composizione <i>Composition ID</i>	P comm. Interpolata [treni/h] <i>Interpolated Operative Capacity [trains/h]</i>
1	11,7
2	10,23
3	9,73
4	9,24
5	8,37
6	8,00
7	7,70
8	7,60
9	7,52
10	7,42
11	7,42
12	7,39
13	7,38
14	7,29
15	7,25
16	7,21
17	7,21
18	6,94
19	6,94
20	6,51

#### 4. Conclusioni

Quanto finora evidenziato consente di affermare che, al fine di valutare un possibile incremento di potenzialità

Following the simplifications used in the proposed model of calculation of railway capacity, the obtained values describe quantities that can be considered indicative and usable as a term of comparison for railway capacity that, as it is known, is not univocally definable.

From the data analysis reported in tables 3 and 4, it is possible to verify how railway capacity has a proportional course to the average speed of trains and to the standard deviation of speeds.

In fact, it is possible to use, in the field of the considered commercial speeds, the following equation reaching hourly railway capacity values close to those obtained by the proposed model of calculation:

$$P \left[ \frac{\text{trains}}{\text{hours}} \right] = 0,09 \cdot \left( V_m \left[ \frac{\text{km}}{\text{h}} \right] - \frac{\sigma}{1,6} \left[ \frac{\text{km}}{\text{h}} \right] \right) \quad (12)$$

Applying equation 12, experimentally obtained through interpolation of the simulation results, the values of capacity reported in table 5 are obtained, with an average deviation equal to 0,11 trains/h, getting therefore an elevated level of significativity, as is evident in figure 5.

Railway capacity is therefore an element that depends on a clear way from standard deviation of the speed of trains circulating on a line, as confirmation of how such a term constitutes a clear index of the level of train heterogeneity. Besides, train heterogeneity depends on transit speed and in the case in which the circulation is completely homogeneous, such speed constitutes a binding element as already seen. In fact, considering composition 18, it is possible to notice that, although the circulation is completely homogeneous, railway capacity reaches the lowest levels, since such compositions are characterized by the exclusive transit of slow trains.

#### 4. Conclusions

With the objective of evaluating the possibility to increase railway capacity solely through the reorganization of services, it can be confirmed at present that in order to obtain noticeable results it seems necessary to drastically reduce the level of train heterogeneity.

In fact, it has been shown how in presence of strongly heterogeneous circulation capacity can achieve low levels and close to those that would be obtained in presence of only slow trains.

On lines characterized by heterogeneous circulation, this aspect determines a more rapid achievement of conditions of saturation, with consequent decline of service quality.

Analyzing the obtained results, it appears evident that the reorganization of the timetable through the introduction of bunched trains can provide railway circulation with considerable favourable effects that increase railway capacity circulation.

di una linea ferroviaria volendo riorganizzare soltanto il servizio, per ottenere risultati apprezzabili appare necessario ridurre drasticamente il grado di eterotachicità della circolazione.

Si è infatti mostrato come in presenza di circolazione fortemente eterotachica la potenzialità si possa attestare su livelli bassi e prossimi a quelli che si avrebbero in presenza soltanto di treni lenti.

Ciò determina, sulle linee che presentano circolazione eterotachica, un più rapido raggiungimento di condizioni di saturazione della linea, con conseguente decadimento della qualità del servizio.

Dall'analisi dei risultati ottenuti appare evidente come la riorganizzazione dell'orario mediante l'introduzione di fasce omotachiche possa portare alla circolazione ferroviaria notevoli effetti favorevoli all'incremento della potenzialità di circolazione.

A seguito dell'introduzione in pieno esercizio delle linee ad alta velocità, la completa esclusione dei convogli veloci dalla circolazione sulle linee storiche potrebbe sembrare sottintendere su tali linee un aumento della potenzialità di circolazione. Tuttavia, alla luce di quanto evidenziato, ciò non appare realistico considerando la permanenza sulle linee storiche di treni con differenti prestazioni e velocità e le sequenze di partenza dei convogli.

Dal punto di vista teorico, l'introduzione di fasce orarie dedicate a treni veloci potrebbe portare ad un incremento della potenzialità oraria fino a portare, in alcuni casi, la potenzialità di circolazione dell'infrastruttura da circa 7 a circa 12 convogli/ora.

Resta tuttavia aperto il problema relativo alla compatibilità di tali fasce orarie con le effettive esigenze dell'esercizio e le conseguenti sequenze di partenza dei treni.

Following the introduction of high speed lines in fully operational conditions, the complete exclusion of fast trains from circulation on historical lines might seem to imply an increase of railway capacity. Nevertheless, considering the obtained results, it doesn't appear realistic considering the permanence of historical lines of trains with different performances and speeds and the sequences of train departures.

From a theoretical point of view, the introduction of timeframes devoted to fast trains could allow an increase of hourly capacity up to the point of, in some cases, railway capacity from around 7 to 12 trains/h.

Nevertheless, the problem related to the compatibility of such timeframes with the real demands of operational programs and the consequent sequences of train departures remains open.

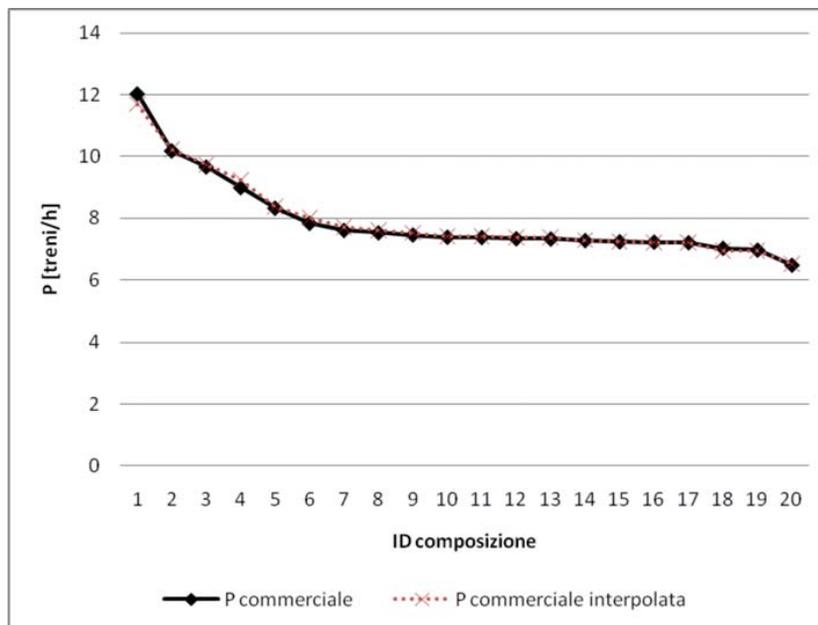


Fig. 5 – Potenzialità oraria di circolazione per gli scenari di traffico simulati. *Hourly railway capacity for the simulated traffic scenarios.*

### BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] M. ABRIL, F. BARBER, L. INGOLOTTI, M.A. SALIDO, P. TORMOS and A. LOVA A., "An assessment of railway capacity", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, volume 44, issue 5, pages 774-806, september 2008.
- [2] G. BONORA e C. FOCACCI, "Funzionalità e Progettazione degli Impianti Ferroviari", CIFI, 2002.
- [3] E. CASCETTA e A. NUZZOLO, "Un modello analitico per il calcolo della capacità di circolazione delle linee ferroviarie", Ingegneria Ferroviaria, febbraio 1980.

- [4] F. CESARI, V. RIZZO e S. LUCCHETTI S., “*Elementi Generali dell'Esercizio Ferroviario*”, CIFI, 1999.
- [5] S. D'ELIA e S. DE MARCO, “*La potenzialità delle linee ferroviarie: un approccio analitico*”, Atti del convegno “Sicurezza ed Esercizio Ferroviario”, Roma, 20 marzo 2009, a cura di S. IMPASTATO, S. RICCI, Aracne editrice S.r.l.
- [6] A. DELFINO e M. GALAVERNA, *Blocco fisso e blocco mobile: analisi di potenzialità*, Ingegneria Ferroviaria, giugno 2003.
- [7] M. GALATOLA, “*Gli indici di criticità - Un metodo per l'analisi dei nodi ferroviari*”, Ingegneria Ferroviaria, marzo 2002.
- [8] M. GALATOLA, “*Analisi della Circolazione Ferroviaria - Gli indici di compattezza e di qualità*”, Ingegneria Ferroviaria, luglio-agosto 2004.
- [9] M. GALATOLA, “*La potenzialità delle linee ferroviarie e la qualità del servizio offerto*”, Ingegneria Ferroviaria, gennaio 2005.
- [10] M. GALAVERNA e G. SCIUTTO, “*Un modello analitico della circolazione ferroviaria su linee banalizzate*”, Trasporti e Trazione, maggio 1999.
- [11] E. KOZAN and R. BURDETT, “*A railway capacity determination model and rail access charging methodologies*”, Transportation Planning and Technology, 28:1, 2005.
- [12] A. LANDEX and N. OTTO ANKER, “*Network effects in railway systems*”, Association for European Transport and contributors, 2007.
- [13] A. LANDEX, “*Evaluation of Railway Networks with Single Track Operation Using the UIC 406 Capacity Method*”, Networks and Spatial Economics, Springer Netherlands, 2008.
- [14] L. MAYER, “*Impianti Ferroviari*”, CIFI, 2004.
- [15] RFI - Rete Ferroviaria Italiana, “*Regolamento sui segnali*”, Metrotipo SpA, 1947.
- [16] UIC Leaflet 405-1, “*Method to be Used for the Determination of the Capacity of Lines, International Union of Railways?*”, France, 1983. [17] UIC Leaflet 405 OR, “*Links between Railway Infrastructure Capacity and the Quality of Operations?*”, International Union of Railways, France, 1996.
- [18] UIC Leaflet 406 R, “*Capacity*”. International Union of Railways, France, 2004.
- [19] G. VICUNA, “*Organizzazione e Tecnica Ferroviaria*”, CIFI, 1999.

### **INFORMATIVA AI SOCI**

Si comunica ai Sigg. Soci che sul sito internet del Collegio all'indirizzo [www.cifi.it](http://www.cifi.it) è attiva l'“**AREA SOCI**”, che permette l'accesso ai dati personali.

L'Area Soci è soggetta a restrizioni di accesso, pertanto è necessario digitare il **login** e la **password** personale predefiniti dal CIFI che identificano in maniera univoca ogni Socio.

L'Area Soci permette di controllare e modificare i dati personali, segnalando al CIFI eventuali variazioni rispetto ai dati contenuti nella banca dati del Collegio.

Ciascun socio può rivolgersi presso la Segreteria Generale del Collegio ai n. **06/4882129 - FS 970/66825** o all'indirizzo e-mail: [areasoci@cifi.it](mailto:areasoci@cifi.it) per richiedere il proprio identificativo di accesso.

# Il mondo ferroviario si incontra a Torino

8 – 10 giugno 2010, Lingotto Fiere, Torino, Italia

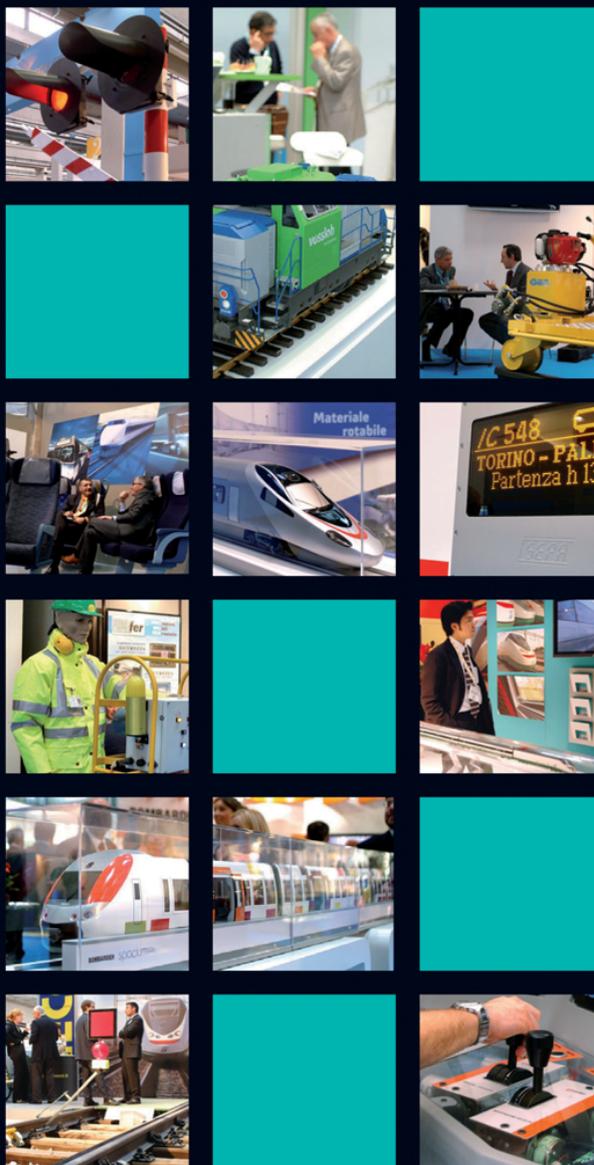
## 4<sup>a</sup> Esposizione Internazionale dell'Industria Ferroviaria

EXPO Ferroviaria 2010 vi offre un'occasione unica per incontrare i professionisti dell'industria ferroviaria d'Europa e del resto del mondo.

Il salone riunisce produttori e fornitori specializzati nei seguenti settori:

- Materiale rotabile
- Binari e infrastruttura
- Segnalazione, comando treni e comunicazione
- Manutenzione delle vetture e dell'infrastruttura
- Sistemi di biglietteria
- Informazione passeggeri

Non mancate all'appuntamento del mondo ferroviario a Torino!



**MACKBROOKS**  
*exhibitions*

Tel: 011 506 93 08  
Email: expoferroviaria@mackbrooks.com

Con il patrocinio del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Con il supporto di:



# COLLEGIO INGEGNERI FERROVIARI ITALIANI

**Sezione di Milano**

## **Bando di concorso per il conferimento del Premio di Laurea “Prof. Ing. Giorgio BELTRAMI”**

### **ARTICOLO 1**

L'Associazione “Giorgio Beltrami” bandisce, per l'anno 2009, un concorso per il conferimento di un Premio di Laurea, intitolato alla memoria del Prof. Ing. Giorgio BELTRAMI, dell'importo di € 2.000,00.

### **ARTICOLO 2**

Al concorso nazionale possono partecipare i laureati in Ingegneria, in Economia e in Architettura che abbiano conseguito il diploma di laurea quinquennale (vecchio ordinamento) o di laurea specialistica (nuovo ordinamento) presso Università Italiane tra il 1° gennaio 2009 e il 31 dicembre 2009, svolgendo una tesi nel campo dei Trasporti attinente alla pianificazione della mobilità delle persone, ovvero alla pianificazione, o programmazione, o gestione del trasporto pubblico di persone.

### **ARTICOLO 3**

Il giudizio di merito sarà devoluto ad una Commissione composta da:

- Un membro designato dal C.I.F.I. o un suo delegato;
- due membri designati dall'Associazione “Giorgio Beltrami”.

### **ARTICOLO 4**

L'assegnazione del Premio avverrà in base alla valutazione delle tesi di laurea da parte della suddetta Commissione e sarà assegnato entro il 31 marzo 2010.

La Commissione non assegnerà il premio qualora le tesi presentate non siano sufficientemente meritevoli; il premio non assegnato verrà cumulato con quelli messi a concorso nell'anno successivo.

### **ARTICOLO 5**

Le domande di partecipazione dovranno pervenire alla:

**Segreteria del Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani, Sezione di Milano  
Piazza Luigi di Savoia, 1 - 20124 Milano  
entro e non oltre il 1° marzo 2010**

A pena di esclusione nella domanda di partecipazione, da redigere in carta semplice secondo lo schema allegato che è parte integrante del presente bando, il candidato dovrà dichiarare, sotto la propria responsabilità, le proprie generalità e di essere in possesso del diploma di laurea (vecchio ordinamento) o di laurea specialistica (nuovo ordinamento) come richiesto al precedente articolo 2, con l'indicazione della votazione finale, dell'Università che ha rilasciato il titolo e dell'anno in cui è stato conseguito.

Alla domanda dovrà essere allegata, a pena di esclusione, una copia della tesi di laurea.

Milano, 30 ottobre 2009

Il Presidente dell'Associazione “Giorgio Beltrami”  
Dr. Ing. Stefano BERNARDI

**Alla Segreteria del Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani  
Sezione di Milano  
Piazza Luigi di Savoia, 1 - 20124 Milano**

Il/la sottoscritt... ..  
(cognome) (nome)

nato/a.....(.....) il ..... C.F. ....  
(luogo) (provincia) (data)

residente a ..... in Via.....c.a.p. ....

**CHIEDE**

di partecipare alla selezione per l'assegnazione del Premio di Laurea intitolato alla memoria del  
Prof. Ing. Giorgio BELTRAMI per l'anno 2009.

A tal fine, consapevole della responsabilità cui va incontro chi rende mendaci dichiarazioni alla Pubblica Amministrazione, ai sensi dell'art. 76 del D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445.

**DICHIARA**

- di essere nato/a a ....., (provincia di.....), il .....
- di essere in possesso del diploma di laurea/laurea specialistica in: .....
- conseguito presso.....in data....., con voto.....

Il/la sottoscritt... dichiara di voler ricevere ogni comunicazione relativa al concorso al seguente indirizzo:

Via.....C.a.p.....Città.....

Recapito telefonico .....

Indirizzo di posta elettronica .....

**Si allega copia della tesi di laurea.**

**In fede**

**Data.....**

**Informativa ai sensi dell'art. 13 del D.Lgs n. 196 del 30.06.03:**

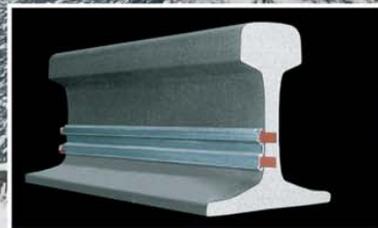
I dati sopra riportati sono utilizzati dal C.I.F.I. al fine di consentire l'espletamento della procedura relativa al conferimento dei premi di laurea "Giorgio BELTRAMI". Il trattamento dei dati personali acquisiti viene eseguito in modalità automatizzata (gestione dei dati mediante utilizzo di strumenti informatici) e/o con modalità manuale (gestione dei dati mediante utilizzo dei documenti mediante fascicoli, schede, raccoglitori e archivi). Il conferimento dei dati è necessario in quanto l'eventuale rifiuto comporta l'impossibilità da parte del C.I.F.I. di procedere all'espletamento della procedura di cui sopra. I dati personali forniti saranno comunicati a soggetti pubblici o privati solo quando ciò sia previsto dalla legge o dai regolamenti interni di attuazione del D.Lgs n.196/2003. In nessun caso i dati saranno diffusi. L'interessato può esercitare i diritti di cui all'art.7 del citato decreto legislativo richiedendo di conoscere i nominativi dei Responsabili del trattamento dei dati, di accedere ai propri dati per conoscerli, verificarne l'utilizzo o, ricorrendone gli estremi, farli correggere, chiederne l'aggiornamento, la rettifica, l'integrazione, la cancellazione od opporsi al loro trattamento.

Il Titolare del trattamento dei dati è il C.I.F.I., sezione di Milano. Il Responsabile del trattamento dei dati è il Dott. Ing. Guido MAGENTA.

**AVVERTENZE:**

- 1.** Il dichiarante è penalmente responsabile in caso di dichiarazione mendace (art. 76, D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445).
- 2.** Il dichiarante decade dai benefici eventualmente conseguenti al provvedimento emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75, D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445).

**Sciolto il ghiaccio,  
viaggiate senza brividi.**



**L'affidabilità  
delle scandiglie  
autoregolanti**

**RailGard®**

Il calore giusto **solo** quando serve



**Accomandita**

Tecnologie Speciali Energia s.p.a.

I-43039 SALSOMAGGIORE TERME (PR) - Via S. Giuseppe, 19

Tel. 0524.523668 r.a. - Fax 0524.522145

divisione ferroviaria: [enzo@accomandita.com](mailto:enzo@accomandita.com)



## Un confronto in termini economici dei “metodi di priorità” per il trasporto collettivo urbano

Dott. Ingg. Benedetto BARABINO<sup>(\*)</sup>, Giovannantonio BARMINA<sup>(\*)</sup>, Sara SALIS<sup>(\*)</sup>

*Parole chiave:* Priorità per il bus, analisi benefici costi.

### 1. Introduzione

Il trasporto collettivo, quando viene sfruttata appieno la capacità del sistema, è riconosciuto come uno strumento efficace per migliorare la mobilità delle persone, soprattutto in termini di risparmio energetico, di riduzione della congestione e delle esternalità ad essa connesse, nonché di una migliore utilizzazione dello spazio urbano (SCHEIDEGGER ed al. 2001). La maggior appetibilità dell'auto privata rispetto al trasporto collettivo contribuisce in maniera preponderante ad uno scarso utilizzo di quest'ultimo.

Oggi giorno, infatti, a causa del continuo aumento di autovetture private e della contemporanea riduzione del tasso di occupazione (incremento fra il 1970 ed il 2001 del 142% della mobilità automobilistica nell'UE, espressa in passeggerixkm, CASCETTA, 2005) sta sempre più diminuendo l'operatività degli autobus e questo comporta perdita di passeggeri e congestione delle strade (in Italia si hanno oltre 60 auto ogni 100 abitanti, il più alto valore al mondo - ACI Eurispes, 2006). Conseguentemente si ha un aumento dei costi sia diretti, in quanto i mezzi viaggiano spesso con un numero di passeggeri ridotto rispetto alla capacità, sia indiretti in quanto uno scarso utilizzo di tale forma di trasporto porta alla produzione di maggiore inquinamento, incidenti, stress, ecc., causati proprio da un crescente aumento delle altre modalità di trasporto.

L'uso indiscriminato dell'auto comporta, inoltre, alcuni aspetti negativi direttamente legati all'utilizzo dello spazio urbano sempre più occupato dalle vetture e quindi sempre meno disponibile per tutti gli altri usi. In particolare, va ricordato (SCHEIDEGGER ed al. 2001) che per trasportare 50.000 persone all'ora in una direzione con la sola auto è necessario disporre di una strada larga 175 m per viaggiare con l'auto, 35 m con l'autobus e 9 m con la metropolitana. Inoltre, lo spazio urbano che viene impegnato per recarsi a lavoro in auto è 20 volte superiore rispetto a quello necessario quando per gli stessi spostamenti si utilizza l'autobus

(ad es. per trasportare 75 persone possono occorrere 60 auto o 1 solo bus - UITP, 1996). Altre rilevanti ragioni dello scarso utilizzo del mezzo pubblico devono essere ricercate sia a livello di pianificazione urbanistica e sia a livello delle caratteristiche intrinseche del sistema, nelle componenti di infrastruttura-ambiente, veicolo ed esercizio.

La nota descrive un quadro conoscitivo dei principali sistemi di priorità disponibili per il trasporto collettivo (par. 2), in modo da individuare le soluzioni che possono portare ad una maggiore appetibilità del trasporto pubblico collettivo e, in particolare, quelle che, a fronte di investimenti non troppo elevati rendono possibile la realizzazione di una qualche forma di avvantaggiamento, nella circolazione stradale, del mezzo pubblico rispetto a quello individuale motorizzato. Tali soluzioni vengono valutate attraverso l'Analisi Benefici Costi per una possibile applicazione ad una città italiana di medie dimensioni (par. 3). Infine, si riporta una sintesi dei principali risultati raggiunti e vengono individuate possibili estensioni dello studio (par. 4).

### 2. I sistemi di priorità per il trasporto collettivo: un quadro conoscitivo

I sistemi di priorità in ambito urbano rappresentano delle tecniche pratiche per favorire la marcia dei veicoli di trasporto collettivo rispetto a quelli di tipo individuale. Recenti studi (PRISCILLA, 2002; JOHNSTONE et al., 2004; TRL, 2004) classificano tali sistemi in tre categorie: sistemi di separazione, politiche di gestione della domanda e priorità ai segnali semaforici (fig. 1).

Tali approcci cercano di privilegiare la corsa dei mezzi pubblici rispetto a quelli privati, agendo sia direttamente sul sistema, nel primo e nel terzo caso, in modo da evitare la congestione incrociata e suoi effetti sull'abbassamento dei livelli di servizi del trasporto collettivo, oppure rallentandone ulteriormente la marcia, sia indirettamente attraverso una serie di accorgimenti mirati ad incentivarne l'uso. Inoltre, si possono applicare sia singolarmente e sia congiuntamente incrementando i benefici.

#### 2.1. Sistemi di separazione

La separazione dei flussi di traffico consiste nell'attrezzare le infrastrutture stradali per dividere la marcia

<sup>(\*)</sup> Università di Cagliari.

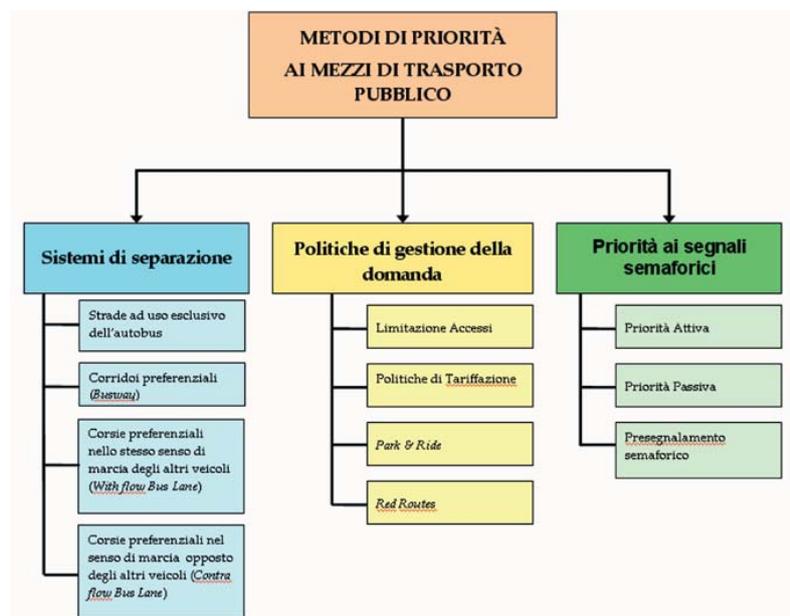


Fig. 1 – Classificazione dei metodi di priorità per i mezzi di trasporto collettivo.

dei mezzi di trasporto collettivo da quella dei veicoli individuali. Ciò può avvenire o attraverso particolari segni sulla pavimentazione stradale o attraverso barriere fisiche in modo da realizzare delle corsie dedicate; essa rappresenta il sistema più semplice in grado di fornire al bus la possibilità di procedere lungo il tronco stradale in autonomia e senza contatto fisico con le altre correnti veicolari (PRISCILLA, 2002).

I sistemi di separazione sono spesso accompagnati da sistemi di controllo (ad es. telecamere) per evitare che altre categorie di veicoli non rispettino le prescrizioni. Gli spazi stradali utilizzati allo scopo possono essere classificati, secondo alcune caratteristiche quali tipologia, localizzazione, disposizione, larghezza, ecc., in: strade ad uso esclusivo dell'autobus, corridoi preferenziali (*Busway*), corsie preferenziali nello stesso senso di marcia degli altri veicoli (*With-flow Bus Lane*) e in senso opposto agli altri veicoli (*Contra-flow Bus Lane*).

Le strade ad uso esclusivo dell'autobus (JOHNSTONE et al., 2004) individuano spazi stradali destinati al transito dei soli mezzi di trasporto collettivo, impedendo la circolazione ai mezzi di trasporto individuale.

I corridoi preferenziali (*Busway*) sono degli spazi dedicati, costituiti da almeno due corsie, ad uso esclusivo dei bus e, di norma, vengono realizzate al centro di una strada. All'interno di essi, i bus possono transitare liberamente o possono essere guidati attraverso mezzi fisici o elettronici (ad es. dove la larghezza della corsia è limitata) ed, in questo caso, esse prendono il nome di *Guided Busway* (Schaller Consulting, 2002; LEVINSON, 2003). La pre-

senza dei corridoi preferenziali (*Busway*) in Europa è molto limitata (ad es. Essen in Germania, Leeds nel Regno Unito), mentre è più diffusa in alcuni paesi d'oltremare, specialmente nel Sud America e ciò si spiega con il fatto che in Europa si tende ad utilizzare sistemi a guida vincolata, che risultano troppo costosi per paesi con economia in via di sviluppo.

Le corsie preferenziali poste lateralmente alla carreggiata, dove i mezzi pubblici scorrono nello stesso senso di marcia dei veicoli di trasporto individuale (*With-flow Bus Lane*) vengono usate lungo quelle strade dove è sentito il fenomeno della congestione e soprattutto nei pressi delle intersezioni, che farebbero ritardare ulteriormente il mezzo di trasporto collettivo. Sono la forma più comune di priorità separata adottata in Europa. Le corsie preferenziali scorrono nel senso di marcia opposto a quello del trasporto individuale (*Contra-Flow Bus Lane*) vengono di solito usate per ridurre la lun-

ghezza del percorso seguito dall'autobus e per fornire un accesso privilegiato ai luoghi attrattori di traffico (negozi, uffici, ecc). Sia le corsie preferenziali nello stesso senso di marcia degli altri veicoli che quelle in senso opposto vengono ricavate o attraverso la realizzazione di cordoli fisici, o tramite apposite linee di demarcazione, oppure con un diverso colore della pavimentazione.

In genere, i benefici migliori in termini di minor tempo di percorrenza, si ottengono riuscendo ad utilizzare i primi due tipi di separazione delle correnti veicolari, in quanto si consente una netta separazione fra i flussi di traffico e si preclude il passaggio alle altre categorie di veicoli. Benefici leggermente inferiori si possono ricavare utilizzando le corsie preferenziali del tipo nello stesso senso di marcia degli altri veicoli o in senso opposto, in quanto la separazione delle correnti di traffico è "teorica" a meno della presenza di un cordolo fisico, giacché non sono infrequenti i casi di veicoli di trasporto individuale che utilizzano le corsie riservate alla marcia dei bus.

Tale propensione all'infrazione si spiega con il fatto che, nella maggior parte dei casi, il beneficio ottenuto mediante queste forme di separazione dei flussi non è controbilanciato dalla sanzione. Dal punto di vista della sicurezza, si ottengono benefici ancora maggiori soprattutto nella riduzione dei punti di conflitto frontale-laterale fra mezzi di trasporto collettivo ed individuale; in altre parole, nel caso dei primi due sistemi di separazione, l'interferenza con il deflusso del traffico automobilistico in attraversamento alle intersezioni è nulla o al più molto limitata. Invece, nel caso degli ultimi due sistemi di separazione analizzati, l'influenza del deflusso automobilistico è maggiormente sentita.

## 2.2. Politiche di gestione della domanda

Le politiche di gestione della domanda favoriscono la priorità al mezzo di trasporto pubblico in maniera indiretta con tecniche che indirizzano il traffico individuale, attraverso l'azione sui tre differenti campi: dell'informazione all'utenza, della regolamentazione della domanda e del pricing. Ad esempio, appartengono alla prima area le campagne di informazione all'utenza, i sistemi di infomobilità o ancora il *Mobility Management*; rientrano nella seconda categoria relativa alla regolamentazione della domanda di mobilità i sistemi per il controllo degli accessi, la gestione dei parcheggi, i dispositivi di moderazione del traffico, le *red routes*, ecc.; infine, tra i sistemi di pricing per la gestione della domanda si annoverano: le politiche di tariffazione (sia della sosta, sia delle strade), il *park and ride*, il *road pricing*, il *congestion pricing*, ecc.

Nell'ambito delle politiche di regolamentazione della domanda, i sistemi di controllo o limitazione degli accessi consistono in limitazioni selettive nell'uso delle strade, impedendo l'accesso in alcune aree della città a particolari classi di veicoli e permettendo invece il transito dei mezzi di trasporto collettivo. Appartengono a tali categorie le Zone Pedonali (ZP), nelle quali il transito è consentito solo ai pedoni e le Zone a Traffico limitato (ZTL). Rappresentano la misura di priorità più semplice e maggiormente diffusa in tutta Europa che abbisogna comunque di un potenziamento dell'offerta di trasporto collettivo.

Le *Red Routes* possono considerarsi una tecnica di gestione della domanda a metà strada tra la regolamentazione e l'informazione, in quanto sono rappresentate da itinerari evidenziati nel colore rosso per ridimensionare il fenomeno della sosta non autorizzata, costituita ad es. da auto in doppia fila. In generale, gli itinerari colorati hanno l'obiettivo di scoraggiare l'utenza a sostare lungo i tracciati ad uso promiscuo od esclusivo dei mezzi di trasporto pubblico. Anche tali metodi trovano un frequente utilizzo in Inghilterra.

Tra le politiche di pricing si inserisce il *Road Pricing*, il quale prevede l'applicazione di una tariffa da calibrare in base alla domanda per stabilire un prezzo proporzionale ai flussi di traffico nelle diverse ore della giornata (DEAKIN e HARVEY, 1995) per l'uso di alcune o di tutte le strade di una determinata zona urbana (LEVINSON, 2002).

Il *Park & Ride*, nato ad Oxford nel 1970, individua un'area opportunamente attrezzata per lasciare le autovetture in sosta ed accedere alla rete dei servizi di trasporto pubblico (FISHER, 2001; Cape Cod Commission, 2003). Per rendere il sistema più appetibile il costo della sosta è minore rispetto ad altre tipologie di parcheggio, o addirittura gratuito. Tale sistema è molto diffuso in Inghilterra.

In sintesi, le politiche di gestione della domanda sono rappresentate da quelle strategie che garantiscono la priorità al mezzo pubblico in maniera indiretta, senza agire sul veicolo o sull'infrastruttura. Infatti, il fine principale è

quello di ridurre il numero dei mezzi privati in circolazione ed aumentare conseguentemente il numero degli utilizzatori del trasporto collettivo.

## 2.3. Priorità ai segnali semaforici

Col termine priorità semaforica si intende la possibilità di favorire il passaggio del mezzo collettivo in prossimità di un incrocio regolato da semaforo, per ridurre il ritardo dovuto all'attesa, in modo da massimizzare il tempo di marcia (MORGAN, 2002). Le metodologie utilizzate per fornire la priorità al mezzo in avvicinamento ad un'intersezione regolamentata da semaforo sono essenzialmente tre:

- priorità passiva;
- priorità attiva;
- presegnalamento semaforico.

La priorità passiva consiste in quell'insieme di tecniche che favoriscono l'attraversamento del mezzo in prossimità dell'intersezione, senza la necessità della localizzazione del veicolo, mediante l'ottimizzazione del ciclo semaforico in favore del veicolo di trasporto collettivo (BAKER, 2002); ovvero la durata del segnale verde dei semafori viene stabilita a priori senza che il mezzo pubblico sia monitorato singolarmente, sulla base delle tabelle di marcia dei mezzi e dell'orario di passaggio agli incroci. Tale processo può avvenire *off-line* per piani semaforici fissi nel tempo, oppure *on-line*, ad es. col software *Bus-Transyt* (TOOMEY et al., 1998), ovvero mediante un programma che ottimizza i piani semaforici considerando le prestazioni del mezzo. Questo sistema presenta un grosso svantaggio legato all'aleatorietà del sistema traffico che spesso non permette l'arrivo del mezzo "durante la sua corsa", nel punto in cui il segnale semaforico è regolato al verde (OVA e SMADI, 2001).

A differenza della priorità passiva in quella attiva la temporizzazione dei segnali semaforici è variata secondo metodologie di tipo "dinamico" e soltanto quando questo è necessario, così da modificare la durata delle fasi del ciclo semaforico per minimizzare il ritardo del veicolo in avvicinamento al nodo. Per fare ciò è necessario conoscere la reale posizione del mezzo attraverso i sistemi di rilevamento selettivo dei veicoli (riconoscibile anche come *Selective Vehicle Detection*, SVD) oppure con il supporto della localizzazione automatica (*Automatic Vehicle Location/Automatic Vehicle Monitoring*). Attraverso sistemi SVD (FABER, 1988) il veicolo è localizzato mediante dispositivi presenti sulla pavimentazione o a bordo strada (infrastruttura) oppure, contemporaneamente sia nell'infrastruttura e sia al bordo. Il riconoscimento avviene quando il veicolo passa in un particolare punto della strada e, tramite tipicamente la modifica di un campo magnetico, l'interruzione di un raggio o una comunicazione a corto raggio (*short range*) tra l'auto-bus e l'impianto semaforico, è possibile adeguare, se necessario per garantire la priorità, il ciclo semaforico attraverso un allungamento della fase di verde oppure un troncamento della fase di rosso o anche con la strategia del salto di fase. Alcune delle principali tecnologie per localiz-

## POLITICA E ECONOMIA

zare il mezzo sono mostrate nella tabella 1, nella quale sono evidenziati i principali vantaggi e svantaggi.

Il vantaggio delle tecniche SVD dipende dal fatto che con esse non è necessario un centro di coordinamento per monitorare il mezzo, mentre i principali svantaggi sono causati sia dall'utilizzo di sistemi di rilevazione che possono fallire in certe condizioni, sia dal fatto che non è semplice adattare il ciclo alla reale velocità del mezzo; infatti, è possibile agire solo tramite una richiesta diretta del mezzo che determina, comunicando col semaforo, l'allungamento di una fase positiva (verde) oppure il tronca-

mento di una negativa (rosso) oppure, ancora, il salto di fase, con le conseguenti ricadute negative per i veicoli di trasporto individuale.

L'AVL presuppone invece la localizzazione continua o su richiesta del veicolo. In questo caso, il mezzo possiede un dispositivo di bordo che individua la posizione del mezzo in termini di coordinate geografiche. Tali dati vengono inviati in tempo reale ad una centrale operativa di controllo o a seguito di una richiesta oppure a causa del verificarsi di un evento (JOHNSON e THOMAS, 2000; HOUNSELL e SHRESTHA, 2005).

TABELLA 1

ALCUNE TECNOLOGIE DI RILEVAMENTO SELETTIVO DEI VEICOLI (SVD – SELECTIVE VEHICLE DETECTION)

Tecnologia	Descrizione	Alcune realizzazioni	Vantaggi	Svantaggi
Spire induttive	Sono conduttori elettrici che, annessi nel terreno consentono la rilevazione di alcuni parametri legati al passaggio del mezzo.	Helsinki (Finlandia), Southampton (UK), Bucarest (Romania), Stoccarda (Germania), Sheffield (UK), Torino (I)	Costi di investimento contenuti. Facilità di installazione.	Possibile distorsione dei dati nella misurazione legati prevalentemente ad arresto e partenza ravvicinati. Rapporto Costi/Prestazione elevato. Necessità di tagli sulla pavimentazione.
Rilevazione mediante raggi infrarossi	Il trasmettitore installato sull'autobus invia verso la postazione semaforica i dati identificativi del veicolo ed il segnale di richiesta della priorità.	Aalborg (Danimarca), Duisburg (Germania), Tokio (Giappone)	Facilità di installazione. Buone prestazioni purché condizioni ambientali favorevoli ed il raggio non sia interrotto o la comunicazione troppo distante.	Eventuali alti costi di installazione e manutenzione. Oscuramento del segnale per la presenza di ostacoli (nebbia, neve, viali alberati, veicoli ingombranti). Basse prestazioni in condizioni atmosferiche avverse. E' necessario conoscere la direzionalità del mezzo.
Rilevazione a microonde	Il veicolo viene equipaggiato con un emettitore a microonde (normalmente installato in fiancata) che invia con continuità o in base alla posizione, se possibile, il proprio segnale che a sua volta è ricevuto da postazioni fisse a terra (boe); è possibile anche viceversa.	Helsinki (Finlandia)	Bassi costi per l'equipaggiamento del veicolo. Interferenze al segnale limitate. Buone prestazioni in condizioni atmosferiche favorevoli, comunque non ostacolate su conto e medio raggio da condizioni ambientali	Necessità di installare e collegare in rete boe o transponder. La localizzazione è assicurata solo quando il bus è a distanza inferiore alla copertura della boe o transponder. Possibili elevati costi di installazione del dispositivo lungo strada.
Rilevazione con spire e trasmettitore sui mezzi.	E' basato sulla comunicazione tra un trasmettitore posto sotto il mezzo e una spira annessa nel manto stradale.	Londra (UK), Adelaide (Australia), Italia per sistemi di telepedaggio e controllo transiti.	Tecnica di rilevazione comprovata in varie città europee. Affidabilità del sistema di circa il 98%. Possibilità di utilizzo delle spire già presenti nel manto stradale.	Medi costi di installazione. Necessità di tagli nella pavimentazione, evitabili con l'uso di infrarossi o sistemi di prossimità).

## POLITICA E ECONOMIA

In seguito allo sviluppo del sistema, l'AVL è stato perfezionato con il sistema AVM che rappresenta una soluzione tecnologica più completa per il telecontrollo delle flotte pubbliche tanto da garantire il monitoraggio continuo dei mezzi di trasporto collettivo durante il percorso ed in grado di regolamentarne la marcia attraverso una comunicazione anche continua fra la centrale ed il veicolo. Pertanto, a differenza dell'SVD e dell'AVL, l'AVM consente di monitorare in tempo reale la corsa dei mezzi da una centrale operativa, di intervenire per la regolazione del servizio e, eventualmente, di dialogare direttamente con il semaforo per attivare, quando necessario, la priorità semaforica.

In questo caso il vantaggio è rappresentato dal fatto che, a dialogare col semaforo non è necessariamente il bus, ma direttamente la centrale che, conoscendo in tempo reale la

posizione del mezzo, ne comunica il tempo di arrivo al regolatore semaforico, il quale, nei limiti del possibile e garantendo le condizioni di sicurezza, agisce sulla durata del ciclo e, se necessario, attiva la priorità. Inoltre, a differenza dell'SVD, dove ogni mezzo può indistintamente chiedere la funzione di priorità semaforica, in questo caso, poiché il centro sovrintende alla gestione del sistema, quest'ultimo può verificare se i mezzi necessitano di priorità o meno. Si ha in sostanza una gestione più intelligente della funzione di priorità. Per una conoscenza più approfondita dei differenti sistemi AVL-AVM *based* sulla priorità semaforica si rimanda al lavoro di HOUNSELL e SHRESTHA, 2005.

Nella tabella 2 vengono indicate alcune tecnologie che rientrano nella categoria AVL-AVM. A differenza della tecnologia precedente, i dispositivi di questa classe consen-

TABELLA 2

TECNOLOGIE AVL/AVM

Tecnologia	Descrizione	Alcune realizzazioni	Vantaggi	Svantaggi
GPS	A bordo del mezzo è presente un ricevitore satellitare in grado di localizzare il mezzo tramite analisi dei segnali ricevuti dai satelliti GPS e di trasmettere quindi i dati di posizione ad un centro di controllo.	Tolosa (Francia), Cardiff (UK), Aalborg (Danimarca), Cagliari (Italia), Torino (Italia)	Buona accuratezza nella determinazione della precisione (circa 10-20 m, al 95% dei casi). Copertura globale del segnale, ma mancanza di integrità e garanzia di continuità del segnale. Costi contenuti per l'equipaggiamento del veicolo. Possibilità di migliorare l'accuratezza mediante EGNOS (da settembre 2009).	Attenuazione o scomparsa del segnale per presenza di alberature, gallerie o strutture in elevazione. Non è soggetto ad accumulo di errori se viene mantenuto il controllo della posizione.
DGPS	Stazioni differenziali che si integrano ai segnali dei satelliti GPS e permettono una migliore localizzazione del veicolo. Si può arrivare a precisioni dell'ordine di 1m prevalentemente a seconda della distanza del mezzo dalla stazione differenziale.	Genova (Italia)	Estrema accuratezza nella localizzazione ma mancanza di integrità e garanzia di continuità del segnale, che dipende dal GPS. Bassi costi per l'equipaggiamento del veicolo. Non richiede manutenzione dell'infrastruttura da parte del gestore del TP ma occasionalmente sulla stazione differenziale.	Attenuazione o scomparsa del segnale per presenza di alberature, gallerie o strutture in elevazione. Necessità di restare all'interno della copertura del segnale differenziale (da alcune decine a qualche centinaio di km). Necessità di correzioni e aggiornamenti continui del sistema.
Rilevatori di prossimità (marker o signpost)	<b>Attivo:</b> un rilevatore di prossimità posizionato lungo strada, trasmette un segnale al mezzo, che invia la sua posizione al controllore locale. <b>Passivo:</b> il mezzo trasmette un unico segnale al rilevatore di prossimità che lo localizza.	Londra (UK)	Tecnologia consolidata. Bassi costi per l'equipaggiamento del mezzo. Nessuna interferenza al segnale se la comunicazione avviene a corto raggio. Determinazione accurata della posizione al trascorrere tempo.	Elevati costi per l'equipaggiamento lungo strada (necessità di una boa). Direzionalità obbligatoria del mezzo. Posizione è determinata solo al passaggio del mezzo nel <i>signpost</i> . Frequenza di aggiornamento dipendente dalla densità del <i>signpost</i> .
Dead-Reckoning	Il mezzo viene localizzato tramite un odometro che misura la distanza percorsa e un giroscopio che ne individua la variazione di direzione.	Torino* (Italia) Milano (Italia) Cagliari (Italia)  * E' una delle prime realizzazioni, ammodernata da inizio secolo.	Basso costo di installazione e manutenzione dell'apparecchio. Non richiede alti costi per dispositivi lungo strada.	Possibili errori per la distanza che possono cumularsi, ma azzerabili alle fermate, ad esempio con segnale di apertura porte. Richiede, necessariamente, il database con i percorsi dei mezzi e l'associazione ad un grafo o una cartografia elettronica. Possibili errori per mancanza di aderenza della nota su pavimentazione, irregolarità della pavimentazione, dossi, variazione raggio dei pneumatici.

tono una miglior accuratezza nella determinazione della posizione del mezzo.

Attraverso il presegnalamento semaforico è possibile garantire una migliore gestione del traffico in prossimità di un nodo semaforico. Infatti, essi consentono una ridistribuzione della coda a monte dell'intersezione per ridurre i ritardi dei veicoli di trasporto collettivo in prossimità del nodo (Wu ed al., 1996; TFL 2005).

Il sistema è costituito da un segnale semaforico posto a monte dell'intersezione che va al rosso bloccando il traffico individuale in avvicinamento e permettendo ai mezzi pubblici, che scorrono in una corsia adiacente, di avvicinarsi in prossimità dell'intersezione senza alcuna interferenza con altre tipologie veicolari. È possibile individuare tre classi di presegnali: quelli di tipo A, B e C.

I presegnali di categoria A sono costituiti da uno o più segnali semaforici a monte dell'intersezione che arrestano il traffico privato permettendo il passaggio dei mezzi pubblici. Quelli di categoria B sono costituiti da segnali semaforici posti sia nella corsia destinata ai mezzi privati e sia in quella riservata ai mezzi pubblici. Il verde del segnale è alternato per i due tipi di traffico. Infine, la categoria C è costituita dai presegnali che concedono il verde ai mezzi pubblici una volta localizzati tramite sensori precedentemente installati. Questo tipo è quello che meglio ottimizza il segnale, per il fatto che il traffico individuale viene arrestato per il periodo in cui è segnalata la presenza del mezzo di trasporto collettivo.

La priorità ai segnali semaforici ha come finalità quella di contribuire realmente a ridurre i perditempo caratterizzati dall'attraversamento delle intersezioni semaforiche, soprattutto lungo gli itinerari ad uso promiscuo.

### 3. L'applicazione dell'Analisi Benefici Costi ad un corridoio di una città di medie dimensioni

Per confrontare i metodi considerati in termini economici si può applicare l'Analisi Benefici-Costi. Relativamente alla stima dei benefici è possibile riferirsi all'albero indicato in fig. 2. Nella struttura proposta i benefici vengono raggruppati per tipologie di figure coinvolte individuando specificatamente 1) gli utenti, 2) l'azienda di trasporto e 3) la collettività. In particolare, gli utenti direttamente coinvolti nel progetto, possono esser sia quelli che utilizzano il trasporto collettivo, sia quelli che usano il trasporto

individuale e, per tali classi, può essere importante valutare sia gli effetti diretti (ad es. il risparmio di tempo) sia quelli indiretti (ad es. miglioramento dell'accessibilità).

Relativamente all'azienda di trasporto è significativo valutare direttamente la produttività e, soprattutto, l'incremento dei ricavi, a seguito di un incremento di produttività conseguente alla realizzazione dell'intervento. Infine, per la collettività, occorre valutare i benefici indiretti in quanto, oltre agli utenti, anche i non utenti del sistema possono ottenere dei vantaggi conseguenti alla realizzazione della nuova configurazione di trasporto. Trattasi delle cosiddette esternalità e, per rimanere nel campo economico, tra queste si hanno i "costi esterni", cioè le esternalità esprimibili in termini monetari per l'esistenza di un mercato. Per ciò che attiene gli aspetti ambientali ed economici, la scelta di un'alternativa rispetto ad un'altra può condizionare gli effetti che il sistema o l'infrastruttura determinano sul territorio e sulla popolazione dell'area di studio (ad es. riduzione dell'inquinamento atmosferico ed acustico, migliore utilizzo del territorio, ecc).

Gli indicatori utilizzati per l'Analisi Benefici Costi sono il Valore Attuale Netto (VAN) e il Saggio di Rendimento Interno (SRI) e in base ai valori che tali parametri assumono si potrà esprimere, per gli aspetti economici, un giudizio preliminare a favore o meno della realizzazione di uno dei metodi esaminati.

L'obiettivo dello studio, infatti, è quello di svolgere

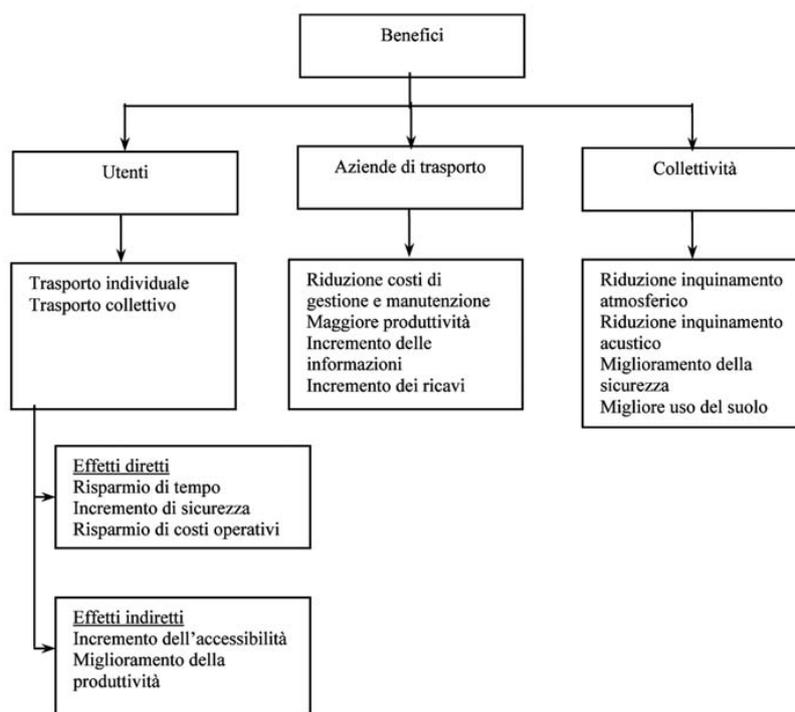


Fig. 2 - Albero dei benefici.

DATI CARATTERISTICI DEL CORRIDOIO SCELTO

Caratteristiche del corridoio								
Lunghezza [km]	Park and ride [#]	Intersezioni interessate [#]	Bus interessati [#]	Capacità media dei bus [pass / bus]	Coefficiente di occupazione bus [pass/bus *bus/ pass]	Domanda TPL [pass / giorno]	Coefficiente di occupazione auto [pass/vei]	Domanda non TPL [pass/giorno]
5,2	10	8	120	111	0,1	7077	1,2	23891



Fig. 3 – Porzione del corridoio interessato (Elaborazione autori su immagini Google Earth).

una valutazione ed un confronto in termini di costi e benefici di alcune soluzioni progettuali per favorire la marcia dei veicoli di trasporto collettivo lungo un corridoio di una città italiana di medie dimensioni (Cagliari). Essa ed il suo hinterland constano di circa 367.000 abitanti distribuiti su 402 km<sup>2</sup> e la mobilità giornaliera è superiore ai 150.000 veicoli in ingresso verso il centro di Cagliari, dove sono concentrati la maggior parte dei poli attrattori della mobilità.

I servizi localizzati in varie aree della città danno origine a notevoli flussi di traffico automobilistico che interessano sia le zone centrali, sia quelle periferiche e, a conferma di ciò, è sufficiente notare come l'indice di motorizzazione sia pari a 0,626, uno dei più alti in Italia (Amici della terra, 2003).

Il corridoio scelto (fig. 3) si estende in una zona prossima al centro. Esso è stato preferito rispetto ad altri in base ai notevoli flussi di traffico che giornalmente lo attraversano. È caratterizzato (tabella 3) da otto intersezioni ed è lungo 5,2 km e, su porzioni di esso, transitano 13

linee della rete di trasporto pubblico cittadina che costituiscono il 44% del totale. Sul corridoio prescelto sono state comparate tre ipotesi di intervento, ognuna delle quali è ricompresa all'interno dei tre metodi precedentemente analizzati.

In sintesi, tali ipotesi riguardano: la realizzazione delle corsie preferenziali nello stesso senso di marcia del veicolo del trasporto privato per quanto riguarda i sistemi di separazione, la creazione di parcheggi di scambio relativamente alle politiche di gestione della domanda e la funzione di priorità semaforica alle intersezioni regolamentate in riferimento al terzo approccio. Sebbene tali metodi possano essere applicati congiuntamente creando un sistema maggiormente sinergico, si è preferito valutarne separatamente costi e benefici nell'ipotesi che l'Amministrazione disponga di risorse finanziarie limitate per realizzarne soltanto uno. Relativamente all'istituzione di corsie preferenziali si è ipotizzato di crearle ricavando nella sede stradale appositi spazi in entrambi i sensi di marcia, larghi 3,50 m, così da separare la corrente veicolare privata mediante cordoli.

COSTI PRESUNTI DI INVESTIMENTO E GESTIONE

	Costo di investimento		Costo di gestione e manutenzione		Vita utile [anni]
	Specifico [€/unità]	Complessivo[€]*	Specifico [€/unità]	Complessivo[€]	
Sistemi di separazione - Corsie preferenziali	273.780,13	1.788.058,02	16.426,81	107.283,48	25
Politiche di gestione della domanda - Park and Ride	62.165,14	621.651,45	23.809,95	238.099,55	25
Priorità ai segnali - Priorità attiva	13.555,48	1.602.657,77	808,96	97.075,27	25

\* Indice rappresentativo anche del costo opportunità

Per quanto riguarda la creazione dei parcheggi di scambio si è ipotizzato di individuare degli appositi spazi da destinare alla sosta lungo il corridoio prescelto; sono stati individuati 10 parcheggi di scambio anche in ragione del fatto che, recenti studi (Department of Transport, 2004) indicano in 9+19 il numero consigliato dei *Park & Ride* da creare, essendo la distanza dal centro città compresa fra 0,8+2,4 km.

Infine, in riferimento alla priorità semaforica, si è ipotizzato di equipaggiare le 8 intersezioni semaforiche presenti nel corridoio e i mezzi delle linee in transito interessate, mediante dispositivi che possano consentire l'attivazione della priorità semaforica. I mezzi sono stati equipaggiati mediante ricevitori GPS per la loro localizzazione e mediante modem che consente di trasmettere via GSM/GPRS le informazioni sul posizionamento al centro di controllo del traffico, il quale provvede ad attivare la priorità semaforica colloquiando in via indiretta con il regolatore d'impianto.

È stata poi effettuata la stima dei costi di investimento e di gestione riferendosi ai prezzi attualmente in vigore e ad informazioni acquisite presso fornitori. I costi di investimento relativi alla realizzazione delle corsie preferenziali hanno considerato le operazioni di realizzazione del cordolo, rifacimento della segnaletica orizzontale e verticale, oltre alla bitumazione dello strato di usura della pavimentazione stradale. Il costo preventivato è risultato pari a € 1.788.058, mentre per la gestione è stato preventivato un importo di € 107.283. Riferendosi al costo unitario si ottiene un valore parametrico di 343.857 €/km.

Relativamente agli investimenti per attrezzare i parcheggi di scambio si è fatto riferimento alle opere necessarie per delimitare il parcheggio (recinzioni e postazione di controllo), al tracciamento della segnaletica orizzontale e verticale, nonché alla bitumazione del manto superficiale della pavimentazione stradale in quanto, lungo il tracciato, sono presenti notevoli spazi adibiti a parcheggio nelle vicinanze delle fermate dei mezzi pubblici. I valori preventivati dei costi ammontano a € 621.651 per gli investimenti e € 238.100 per la gestione: ne deriva un costo unitario a parcheggio pari a € 62.165.

Infine, l'applicazione della priorità semaforica alle 8 in-

tersezioni ed ai 120 mezzi, nonché la realizzazione di un centro di coordinamento oltre a lavori agli incroci comporta un costo complessivo di investimento pari a € 1.602.657 e € 97.075 per la gestione. Ne deriva un costo unitario di circa 13.000 €/veicolo. Infine, una voce di costo che appare importante evidenziare è quella relativa al "costo opportunità" degli investimenti. Infatti, in un contesto di risorse limitate quale quello italiano, dove più progetti seppur validi competono fra loro per fondi esigui, il costo di un progetto rappresenta un'opportunità persa nel non utilizzare le risorse nella maniera più remunerativa possibile.

I costi di investimento per le diverse soluzioni progettuali ipotizzate, potranno provenire da fondi resi disponibili da parte delle amministrazioni locali interessate e da finanziamenti nazionali o comunitari relativi a specifiche azioni di intervento.

In riferimento ai costi di gestione si specifica che questi vengono sostenuti principalmente dal gestore del sistema o in compartecipazione con l'ente territoriale di competenza.

In questo ambito, i costi opportunità possono essere assunti pari ai costi di investimento necessari per realizzare ogni progetto e saranno assegnati alla collettività che pagherà un costo per la realizzazione del progetto.

Per la definizione dei benefici ci si è riferiti alla struttura ad albero della (fig. 2) individuando quelli per gli utenti del sistema, per l'azienda e per la collettività. Relativamente a tali ipotesi di intervento sono stati stimati i seguenti benefici: il risparmio del tempo di viaggio per gli utenti del trasporto collettivo, lo stesso risparmio di tempo, quello energetico ed il miglioramento dell'accessibilità per gli utenti del trasporto individuale, e la riduzione dell'inquinamento acustico ed atmosferico, nonché il miglioramento delle condizioni di sicurezza, per la collettività.

I valori unitari e le relative fonti sono riportati nella tabella 5 e sono stati assunti con riferimento agli standard da letteratura, maggiormente utilizzati per questi scopi. Per la successiva analisi, i valori monetari sono stati attualizzati al 2009. I benefici in termini di risparmio di tempo sono maggiori ricorrendo ad un sistema che prevede la separazione fisica delle correnti veicolari, mentre si ottengono valori minimi attraverso la realizzazione dei

VALORI SPECIFICI PER IL CALCOLO DEI BENEFICI

		Sistemi di separazione	Fonte	Politiche di Gestione della Domanda (park and ride)	Fonte	Priorità ai Segnali Semaforici (priorità attiva)	Fonte
Trasporto collettivo	Risparmio del tempo di viaggio	22-23%	Department for transport (2004)	8 - 16%	Department for transport (2004)	10 -37 %	Li ed al. (2003)
Trasporto individuale	Risparmio del tempo di viaggio	1 - 3%	Department for transport (2004)	0%	Department for transport (2004)	0 / (-5)%	Department for transport (2004), Zhou ed al. (2007)
	Risparmio energetico	Costo medio benzina e gasolio 1,15€/l	Agip, Esso, Q8 (2005)	Costo medio benzina e gasolio 1,15€/l	Agip, Esso, Q8 (2005)	Costo medio benzina e gasolio 1,15€/l	Agip, Esso, Q8 (2005)
	Miglioramento accessibilità	Costo marginale dell'auto: 0,35 €/Km Costo medio giornaliero auto in sosta 3 € - 7 €	Quattroruote (2007) CTM Service (2007)	Costo marginale dell'auto: 0,35 €/Km Costo medio giornaliero auto in sosta 3€/g	Quattroruote (2007) CTM Service (2007)	Costo marginale dell'auto: 0,35 €/Km Costo medio giornaliero auto in sosta 3€/g	Quattroruote (2007) CTM Service (2007)
Azienda	Incremento dei ricavi	9% -18%	Rye e al.(2004), McKaon (2005)	10% - 15%	TAS 2003	10%	Faber (1988)
Collettività	Riduzione esternalità	Costi esterni (gas serra, inquinamento atmosferico, rumore, incidenti, congestione) 0,0823 €/passkm]	Amici della terra (2003)	Costi esterni (gas serra, inquinamento atmosferico, rumore, incidenti, congestione) 0,0823[€/passkm]	Amici della terra (2003)	Costi esterni (gas serra, inquinamento atmosferico, rumore, incidenti, congestione) 0,0823[€/passim]	Amici della terra (2003)

*Park & Ride*. Relativamente al trasporto individuale è interessante notare come i benefici relativi al risparmio di tempo sono evidenti solo per i sistemi di separazione, mentre la realizzazione della sola priorità ai segnali non accompagnata da una centralizzazione semaforica può portare a ricadute negative. Nessun risparmio di tempo si verifica invece per le politiche del *Park & Ride*.

Relativamente ai benefici per l'azienda, tutte le politiche comportano aumenti valutabili attorno al 10% evidenziando pertanto ricadute positive. Per la stima complessiva dei benefici si è proceduto ad un'analisi della domanda potenziale a partire dai dati rilevati dal Piano Generale del Trasporto Urbano della città di Cagliari (2007), che consente la stima dei flussi di traffico per le sezioni ricadenti nel corridoio nella situazione attuale.

Tali valori sono stati utilizzati per il calcolo dei flussi nelle ipotesi di progetto utilizzando dei modelli di scelta modale. I flussi determinati, riferiti ad un'ora di punta del mattino, sono stati estesi per tutto l'arco della giornata al fine di procedere al calcolo del Traffico Giornaliero Medio. In altre parole, calcolato il flusso per ciascun tronco

suddiviso per senso di marcia, è stata determinata la media ponderale dei vari flussi:

$$V_i = \frac{\sum_t V_t * l_t}{\sum_t l_t} \quad [1]$$

dove:

-  $V_i$  = volume di traffico relativo al tronco i-esimo, nell' i-esima ora di punta;

-  $V_i$  = lunghezza del tronco i-esimo.

Noto il flusso totale della strada, si è calcolato il TGM attraverso la relazione che lo lega alla portata di progetto che può riassumersi variabile fra il 10% e il 20% del traffico giornaliero medio ed è stato assunto pari a:

$$TGM = \frac{V_i}{0,20} \quad [2]$$

Da tale valore è stato poi ricavato il numero di utenti attraverso il coefficiente di occupazione dell'auto ipotizzato pari a 1,2 (DFT, 2004).

STIMA DEI BENEFICI AL PRIMO ANNO

	Benefici utenti (1° anno)				Benefici azienda (1° anno)	Benefici collettività (1° anno)					
	Trasporto Collettivo	Trasporto Individuale				Incremento dei ricavi [€]	Riduzione gas serra [€]	Riduzione inquinamento atmosferico [€]	Riduzione rumore [€]	Riduzione incidenti [€]	Riduzione congestione [€]
	Risparmio di tempo [€]	Risparmio di tempo [€]	Risparmio energetico [€]	Miglioramento accessibilità (minore sosta e percorrenza) [€]							
Sistemi di separazione - Corsie preferenziali (P <sub>1</sub> )	102.663,96	3.516,79	74.650,14	244.208,70	258.022,58	3.492,43	10.603,53	2.188,03	13.422,73	4.965,15	
Politiche di gestione della domanda - Park and Ride (P <sub>2</sub> )	33.954,02	-	-	90.190,50	236.736,00	2.136,21	6.485,84	1.338,35	8.210,24	3.037,02	
Priorità ai segnali - Priorità attiva (P <sub>3</sub> )	30.139,77	- 141.769,08	75.470,47	217.074,40	229.353,41	3.104,39	9.425,36	1.944,92	11.931,31	4.413,46	

Il calcolo del numero di utenti dei mezzi pubblici in un giorno tipo è stato quantificato moltiplicando tra loro frequenza di passaggio e numero di posti a sedere dei mezzi eseguendo una media pesata tra le diverse tipologie di veicoli utilizzati. Infine, prudenzialmente è stato supposto un coefficiente di occupazione pari al 20% della capacità di trasporto dei bus, in modo da pervenire ad una stima attendibile del flusso di utenti.

Inoltre, nel corso degli anni si è stabilito un incremento prudenziale percentuale dell'1% per le due tipologie di utenti. In base a queste ipotesi è stato possibile calcolare i benefici per i 25 anni di vita utile ipotizzati che per il primo anno risultano pari a quanto indicato in tabella 6. La durata venticinquennale degli investimenti tecnologici potrebbe apparire eccessiva; ad ogni modo, si è preferito considerare tale intervallo temporale in quanto, nelle soluzioni proposte, si fa riferimento anche ad investimenti di tipo infrastrutturale (realizzazione di corsie preferenziali e dotazione di parcheggi) che presuppongono una vita utile decisamente maggiore.

### 3.1. Considerazioni sui risultati

L'analisi della tab. 6, relativa alla stima dei benefici al primo anno evidenzia che, in riferimento ai benefici per la collettività legati alla riduzione dell'inquinamento atmosferico e degli incidenti, il risparmio maggiore si ha per le soluzioni P<sub>1</sub> - Sistemi di separazione-Corsie preferenziali e P<sub>3</sub> - Priorità ai segnali-priorità attiva, mentre l'ipotesi progettuale P<sub>2</sub> - Politiche di gestione della domanda-Park&Ride, risulta meno vantaggiosa; mentre gli altri benefici a van-

taggio della collettività sono caratterizzati da valori inferiori in termini di quantificazione monetaria, ed assumono valori non molto diversi tra loro per le tre soluzioni, anche se la soluzione P<sub>2</sub> è sempre quella caratterizzata da benefici sulla collettività inferiori. Il fatto che la stima dei benefici sulla collettività conduca a valori non troppo distanti tra loro si spiega con il fatto che, il corridoio scelto per l'analisi è abbastanza corto e, pertanto, sia il costo parametrico delle varie esternalità che le variazioni di utenza a seguito dei diversi interventi, risultano per lo più di modesta entità.

Esaminando i benefici diretti che ricadono sull'utenza di trasporto pubblico, si evidenzia che il risparmio di tempo maggiore si ha per la soluzione P<sub>1</sub> relativa ai Sistemi di separazione - Corsie preferenziali, il quale valore supera di gran lunga quello relativo agli altri due interventi proposti P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>.

Anche in riferimento ai benefici sugli utenti di trasporto privato, si verifica che il risparmio di tempo avvantaggia la sola ipotesi progettuale P<sub>1</sub> in quanto è un dato che risulta significativo solo per essa. P<sub>1</sub> è la soluzione migliore anche per il risparmio energetico, anche se ha un valore molto prossimo a quello di P<sub>3</sub>, mentre per P<sub>2</sub> non ha senso una sua stima. Lo stesso discorso vale per la valutazione monetaria dell'incremento dell'accessibilità a seguito delle tre alternative proposte, per la quale P<sub>1</sub> e P<sub>3</sub> presentano lo stesso ordine di grandezza, mentre P<sub>2</sub> assume un valore nettamente inferiore. Infine, in relazione ai benefici aziendali stimati mediante l'incremento dei ricavi complessivi, sempre dalla tabella 6, si evince che l'ordine degli interventi di riferimento risulta P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>, sebbene i tre valori abbiano lo stesso ordine di grandezza.

Per cui dall'analisi dei benefici complessivi, diretti e indiretti, in generale si può notare che la proposta d'intervento preferibile risulta sicuramente la P<sub>1</sub>.

Con riferimento ai costi di investimento e di gestione/manutenzione (tab. 4), si può rilevare che la soluzione P<sub>1</sub> è quella che risulta la più costosa, con riferimento all'entità dell'investimento, mentre i costi di gestione e manutenzione sono superiori rispetto alla soluzione P<sub>3</sub> ed inferiori rispetto alla soluzione P<sub>2</sub>.

Pertanto, dalla lettura comparata delle tabelle 6 e 4 che indicano i valori dei benefici e dei costi per le tre soluzioni progettuali di riferimento, non si riesce a determinare la proposta migliore in termini assoluti, ovvero che richieda costi minori ma che sia in grado di realizzare benefici maggiori, senza introdurre la variabile tempo e, quindi, la tecnica dell'attualizzazione. Si rivela necessario, quindi, ricorrere all'Analisi Benefici Costi, che consente, sulla base della stima dei costi e dei benefici, di calcolare degli indicatori sintetici per valutare e confrontare le alternative progettuali. La fig. 4 e la tab. 7 riportano l'andamento del VAN al variare del tasso di attualizzazione la cui scelta riflette valutazioni economiche e politiche che trascendono il solo settore dei trasporti. Si può notare l'andamento discendente delle curve dovute al fatto che l'incremento del tasso di attualizzazione penalizza i benefici lontani nel tempo ed esalta il peso delle spese di investimento che di solito vengono sostenute nei primi anni.

Dall'analisi del grafico si evince, comunque, che il VAN del progetto relativo alla realizzazione delle corsie preferenziali (P<sub>1</sub>), è sempre maggiore rispetto agli altri due che, nell'ordine, rappresentano la priorità semaforica (P<sub>3</sub>) e la costruzione dei parcheggi di scambio (P<sub>2</sub>). Anche assumendo come indicatore il SRI, il progetto P<sub>1</sub> è quello che presenta il valore più elevato dell'indicatore (17,1%) e, pertanto, risulta economicamente più vantaggioso rispetto agli altri che nell'ordine risultano sempre P<sub>3</sub> (4,5%) e P<sub>2</sub> (15,3%); ad ogni modo l'analisi con il SRI è in grado di evidenziare che la soluzione P<sub>3</sub> è decisamente molto migliore della soluzione P<sub>2</sub>, in quanto presenta un SRI tre volte maggiore.

La conferma di tali deduzioni viene fuori anche da un'ulteriore elaborazione dell'Analisi Benefici-Costi che scaturisce dalla valutazione del VAN e del SRI per i tre progetti considerati escludendo dai calcoli i costi esterni. L'esclusione dai calcoli dalle esternalità viene anche giustificata con il fatto che la quantificazione economica dei costi esterni risulta affetta da un certo grado di empirismo e da una notevole soggettività e, pertanto, è opportuno verificare le ripercussioni che si hanno nell'analisi non tenendo conto del loro contributo.

Il risultato di tale analisi viene illustrato mediante il grafico di fig.

5. Tale grafico evidenzia che, anche in questo caso, per qualunque valore del tasso di attualizzazione, il VAN del progetto P<sub>1</sub> è superiore al VAN del progetto P<sub>3</sub> che, a sua volta, risulta maggiore del progetto P<sub>2</sub>. Allo stesso risultato si perviene considerando come indicatore economico il SRI, che assume un valore pari a 16,1% per il progetto P<sub>1</sub>, 13,8% per il progetto P<sub>3</sub> e 1,8% per il progetto P<sub>2</sub>, mettendo in luce un divario ancora maggiore tra il SRI della soluzione P<sub>3</sub> e quello della proposta P<sub>2</sub> che risulta prossimo allo zero e, pertanto, la sua convenienza economica non risulta assolutamente significativa.

### 3.2. Considerazioni sul metodo utilizzato

Il metodo dell'ABC è stato utilizzato per confrontare fra loro tre scenari relativi alla priorità per il trasporto collettivo dei quali, due tipici di progetti tradizionali, quali la realizzazione di corsie riservate per la marcia dei bus o la creazione di apposite aree di sosta di interscambio, ed uno che prevede l'utilizzo delle nuove tecnologie ITS (*Intelligent Transport System*) per favorire la marcia del veicolo in prossimità delle intersezioni.

In generale, l'ABC è un metodo consolidato e diffuso per la valutazione economica di un progetto tradizionale nel settore dei trasporti con particolare riferimento al trasporto collettivo. Più limitata appare la sua applicazione al campo delle nuove tecnologie proprie degli ITS in quanto i decisori devono dedurre se le applicazioni ITS possono avere o meno un significato economico (PEARCE, 2000). Comunque, GILLEN ed al. (1999) hanno esaminato tale tecnica ed hanno concluso che essa può essere importante anche per la valutazione economica di una nuova tecnologia, in quanto argomentano sulla necessità di base di interpretare gli investimenti in tecnologie ITS al pari di altri progetti tradizionali di miglioramento che competono per le stesse risorse limitate.

Pertanto, gli autori concludono che i progetti sulle tecnologie ITS non differiscono sostanzialmente dai progetti tradizionali sul trasporto e quindi l'analisi economica è un valido strumento di supporto alle decisioni. Questa posizione è condivisa da BRAND (1993 & 1998); ZAVERGIU (1996); ZAVERGIU ed al. (1996); RAN ed al. (1997); STAMATIADIS ed al. (1998); LI ed al. (1999).

TABELLA 7

VALORI DEL VAN PER DIVERSI TASSI DI ATTUALIZZAZIONE  $i$ , CONSIDERANDO I COSTI ESTERNI

Progetti i	VAN				
	5%	10%	15%	20%	25%
Sistemi di separazione - Corsie preferenziali	€ 5.021.049,72	€ 1.927.532,91	€ 407.911,27	-€ 408.310,18	-€ 878.062,89
Politiche di gestione della domanda - Park and Ride	€ 15.415,36	-€ 318.388,81	-€ 481.523,01	-€ 567.457,59	-€ 614.318,94
Priorità ai segnali - Priorità attiva	€ 2.795.952,18	€ 942.459,92	€ 36.277,69	-€ 446.922,46	-€ 722.071,29

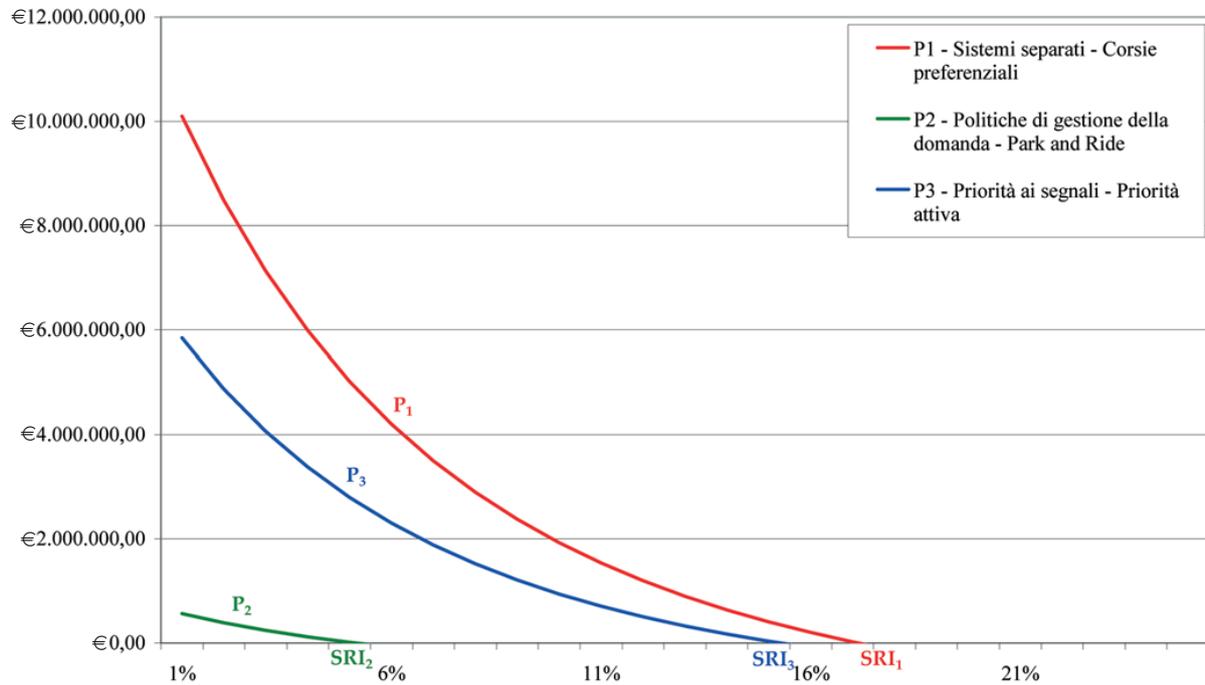


Fig. 4 – Andamento del VAN al variare del tasso di attualizzazione i, considerando i costi esterni.

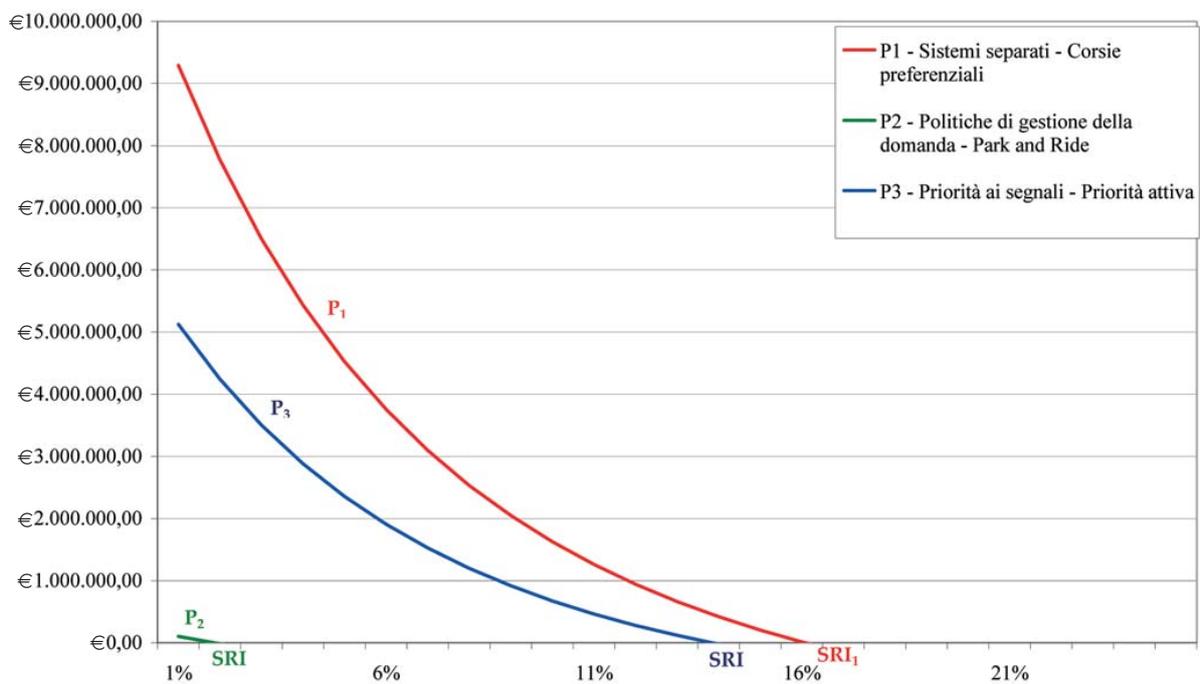


Fig. 5 – Andamento del VAN al variare del tasso di attualizzazione i, considerando i costi esterni.

8. Conclusioni e ulteriori sviluppi

La nota ha proposto una valutazione comparata, in un corridoio di una città italiana di medie dimensioni (Cagliari), mediante l'ABC di 3 interventi per favorire l'utilizzo del trasporto collettivo rispetto al trasporto individuale. Essi appartengono ai tre metodi di priorità utilizzati per favorire la marcia dei veicoli di trasporto collettivo.

Applicata ad un ristretto corridoio di una città italiana, i risultati dell'analisi hanno evidenziato che tutti e tre gli interventi sono comunque realizzabili ed economicamente validi per la collettività, ma l'intervento relativo all'adozione di un sistema di separazione di correnti di traffico è quello che realizza, qualunque sia il tasso di attualizzazione utilizzato, il VAN e il SRI più elevato e, quindi, quello che, dal punto di vista economico, meglio si adatta alla città a fronte di un discreto investimento rispetto all'attivazione della priorità semaforica. Agli stessi risultati si è giunti eseguendo l'ABC senza considerare l'apporto dei costi esterni, la cui monetizzazione è affetta da empirismo e approssimazione.

Anche in questa seconda analisi i risultati forniti sia dal VAN sia dal SRI convergono e sono indipendenti dal valore attribuito al tasso di attualizzazione. Risultati meno incoraggianti sono stati ottenuti attraverso la valutazione della realizzazione dei *Park & Ride*, sebbene siano caratterizzati da investimenti ridotti del 65% e del 62% rispetto agli altri progetti.

Infine, occorre rimarcare che un confronto eseguito con l'ABC presenta un certo limite per la difficoltà di quantificare tutti i benefici coinvolti. Nella elaborazione svolta ne sono stati trascurati alcuni e, comunque, monetizzarli tutti richiede l'assegnazione di un valore economico anche a vantaggi o svantaggi che non hanno "un mercato"; il che apre le porte ad un ampio ambito di soggettività. Intendiamo riferirci a vantaggi e svantaggi che coinvolgono "giudizi di valore" (sulla loro distribuzione tra i membri della collettività, su ciò che è giusto o ingiusto, bene o male, bello o brutto, utile o superfluo) che possono soltanto essere rappresentati introducendo opportuni indicatori. Volendo poi portarli in conto è necessario un ulteriore approfondimento del fenomeno in esame e l'introduzione di un'analisi multicriteria: è ciò che ci si propone di fare nel prosieguo del lavoro.

APPENDICE

TABELLA 8

COSTI DI INVESTIMENTO PER L'ALTERNATIVA PROGETTUALE: SISTEMI DI SEPARAZIONE – CORSIE PREFERENZIALI

Descrizione	Unità di misura	Quantità	Costo unitario [€]	Costo totale [€]
Segnal. Verticale	#	14	160	2.240,00
Segnal. Orizz (parte bianca)	m <sup>2</sup>	1.128	11	12.408,90
Segnal. Orizz (parte gialla)	m	0	0,95	0,00
Cordoli	m	13.062	110	1.436.820,00
Bitumazione	m <sup>2</sup>	45.717	5,50	251.443,50
Totale opere civili				1.702.912,40
Spese generali	%	5		85.145,62
Totale complessivo				1.788.058,02

TABELLA 9

COSTI DI INVESTIMENTO PER L'ALTERNATIVA PROGETTUALE: POLITICHE DI GESTIONE DELLA DOMANDA – PARK&RIDE

Descrizione	Unità di misura	Quantità	Costo unitario [€]	Costo totale [€]
Segnal. Verticale	#	189	160	30.249,60
Segnal. Orizz (parte gialla)	m <sup>2</sup>	822	11	9.042,00
Segnal. Orizz (parte bianca)	m	40.278	1	38.264,10
Recinzioni	m	3.127	5	15.633,50
Postazione prefabbricata	#	10	10.000	100.000,00
Allacci	#	10	2.000	20.000,00
Bitumazione	m <sup>2</sup>	68.884	6	378.859,80
Totale opere civili				592.049,00
Spese generali	%	5		29.602,45
Totale complessivo				621.651,45

COSTI DI INVESTIMENTO PER L'ALTERNATIVA PROGETTUALE: PRIORITÀ AI SEGNALI – PRIORITÀ ATTIVA

Descrizione	Unità di misura	Quantità	Costo unitario [€]	Costo totale [€]
Sistema AVM per priorità semaforica	Bus	120	9.516,89	1.142.026,29
Sistema di Controllo e regolazione del traffico (UTC) - Centro + periferia	Incroci	8	37.271,81	298.174,49
Lavori agli incroci	Incroci	8	10.767,49	86.139,95
Totale sistemi ITS+opere civili				1.526.340,73
Spese generali	%	5		76.317,04
Totale complessivo				1.602.657,77

BIBLIOGRAFIA

- [1] ACI – Eurispes (2006), *Rapporto sulla qualità della mobilità nelle province italiane*.
- [2] Amici della Terra (2003), *Valutazione del vantaggio, in termini di minori costi ambientali e sociali di un forte sviluppo del trasporto collettivo in ambito urbano*. Enea.
- [3] R.J. BAKER (2002), *An Overview of Transit Signal Priority*. ITS America.
- [4] E. BORGIA(a cura di) (2002), *Studi di impatto ambientale nel settore dei trasporti*. Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio – Servizio Valutazione Impatto Ambientale. Roma.
- [5] D. BRAND (1993), *Intelligent Vehicle Highway System Benefits Assessment Framework*. Transportation Research Record, N. 1408.
- [6] D. BRAND (1998), *Applying Benefit/Cost Analysis to Identify and Measure the Benefits of Intelligent Transportation Systems*. Transportation Research Record, N. 1651.
- [7] Cape Cod Commission (2003), *Cape Cod, Park-Ride-Study Analysis of Barnstable and Sagamore Park-and-Ride Lots*. Barnstable MA.
- [8] E. CASCETTA (2005), *La mobilità delle persone in ambito urbano ed extraurbano: problemi e soluzioni*. Convegno Infrastruttura "L'innovazione nelle infrastrutture di trasporto". Torino.
- [9] A.P. DAVOL (1997), *Modelling of Traffic Signal Control and Transit Signal Priority Strategies in a Microscopic Simulation Laboratory*. Brown University, Providence, RI.
- [10] E. DEAKIN, G. HARVEY (1995), *Transportation Pricing Strategies for California: An Assessment of Congestion, Energy and Equity Impacts*. California Air Resources Board, Sacramento.
- [11] Department for Transport (2004), *Bus Priority- The Way ahead*. London.
- [12] D. GILLEN J. LI, J. DAHLGREN, E. CHANG (1999), *Assessing the Benefits and Costs of ITS Projects: Volume 1 Methodology*. California PATH. University of California, Institute of Transportation Studies, Berkeley, CA.
- [13] N.B. HOUNSELL, B.P. SHRESTHA (2005), *AVL based Bus Priority at Traffic Signals: A Review and Case Study of Architectures*. European Journal of Transport and Infrastructure Research, 5, N. 1.
- [14] O. FABER (1988), *Selected Vehicle Priority in the UTM Environment (UTMC01)*. Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- [15] J. FISHER (2001), *Mount desert island park and ride study*. Ellsworth, Maine.
- [16] P. JOHNSTONE et al. (2004), *Bus Priority measures: Principles & design*. Public transport authority - Government of Western Australia.
- [17] C.M. JOHNSON, E.L. THOMAS (2000), *Automatic Vehicle Location Successful Transit Applications, A Cross-Cutting Study*.
- [18] S. JONES, M. HALLWORTH, K. FOX (1998), *UTMC 01 DELIVERABLE 1, State of the Art and User Needs for Selected Vehicle Priority*. Review of research and user needs.
- [19] D. LEVINSON (2002), *Road Pricing and Compensation for delay*. Transportation Research Board, Annual Meeting.
- [20] H.S. LEVINSON (2003), *Bus rapid transit on City Streets, How Does it work*. Second urban Street Symposium, Anaheim, CA.
- [21] J. LI, D. GILLEN, J. DAHLGREN (1999), *Benefit-Cost Evaluation of the Electronic Toll Collection System: A Comprehensive Framework and Application*. Transportation Research Record, N. 1659.
- [22] D.J. MORGAN (2002), *A Microscopic Simulation Labo-*

- ratory for Advanced Public Transportation System Evaluation. Sc. B. in Civil Engineering, University of Texas, Austin, TX.
- [23] K. OVA, A. SMADI (2006). Evaluation of Transit Signal Priority Strategies in Small-Medium Size Cities. Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, District of Columbia.
- [24] V. PEARCE (2000), *ITS, Money Well Spent?: A Taxpayer's Perspective*. Traffic Technology International.
- [25] PRISCILLA PROJECT (2002), *Public transport priority: state of the art review*. Deliverable 2, University of Southampton, UK.
- [26] B. RAN, K.Y.K. LEE, H. DONG (1997), *Cost-Benefit Analysis on Deployment of Auto-mated Highway Systems*. Transportation Research Record, N. 1588.
- [27] Schaller Consulting (2002), *Bus rapid transit for New York City*. Prepared for Transportation Alternatives NYPIRG Straphangers Campaign, Brooklyn, NY.
- [28] P. SCHEIDEGGER, L. MARCHAND, G. DELVA, M. QUIDORT, J. VIVIER, H. ALLEN (2001), *Better Mobility in urban Areas. Problems, Solutions, Best Practices*. UITP.
- [29] H.R. SMITH (2005), *Transit Signal Priority (TSP): A Planning and Implementation Handbook*. Funded by the United States Department of Transportation.
- [30] C. STAMATIADIS, N.H. GARTNER, J. WINN, R. BOND (1998), *Evaluation of the Massachusetts Motorist Assistance Program: Assessment of Congestion and Air Quality Impacts*. Transportation Research Record, N. 1634.
- [31] Transport for London (2005), *Bus pre-signal assessment and design guidance*. London
- [32] C.G. TOOMEY, B. FRIEDRICH, M. CLARK (1998), *BALANCE- A European field trial*. 9<sup>th</sup> International Conference on Road Transport Information and Control, Institution of Electrical Engineers, London UK Conference, Publication N. 454.
- [33] Transportation Research Board (1997), *AVL Systems for Bus Transit*. TCRP 25, Washington D.C.
- [34] Transportation Research Laboratory (2004), *Bus Priority: Monitoring and Evaluation*. TRL Annual Research Review, Crowthorne.
- [35] UITP (1996), *Liveable Cities*.
- [36] J. WU, N. HOUNSELL (1998), *Bus priority using pre-signals*. Transportation Research 32 A.
- [37] R. ZAVERGIU, W.F. JOHNSON, R.L. SABOUNGHI (1996), *Development of an ITS Benefit-Cost Framework*. Proceedings of 3<sup>rd</sup> Annual World Congress on Intelligent Transportation Systems, Orlando, Florida.
- [38] R. ZAVERGIU (1996), *Intelligent Transportation Systems: An Approach to Benefit-Cost Studies*. Working Paper, Montreal, Quebec: Transportation Development Centre.

# NORD-LOCK®

*Bolt securing system*

Il Sistema Antisvitamento di Sicurezza

- Resistenza contro lo svitamento dovuto a vibrazioni
- Precarico controllabile
- Riutilizzabili

## VALORE AGGIUNTO



SIGMA-3 S.r.l. • Tel: +39.011.34.99.668 • Fax: +39.011.34.99.543  
info@nord-lock.it • www.nord-lock.it



**ITALIAN BRAKES**  
E C O B R A K E®

**ORGANIC BRAKE BLOCKS TYPE "LL"**  
100.000 Km  
but I don't look it and without noise

**ORGANIC BRAKE PADS**  
travel fast brake in silence



IB Italian Brakes S.p.A. • Via Ponte di Napoli • 80036 Palma Campania (NA) • info@italianbrakes.com • www.italianbrakes.com • Tel. 081.8277927

## Notizie dall'interno

(A cura del Dott. Ing. Massimiliano BRUNER)

### TRASPORTI SU ROTAIA

#### Inaugurata la nuova Alta Velocità italiana. MORETTI: "Oggi le FS hanno realizzato un grande sogno"

L'Italia ha ufficialmente inaugurato la sua nuova rete ferroviaria ad Alta Velocità. Il battesimo ufficiale, prima dell'avvio dei servizi fissato per domenica 13 dicembre, è avvenuto con la partecipazione del Presidente del Consiglio S. BERLUSCONI, del ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti A. MATTEOLI e numerose altre autorità istituzionali, accompagnati dall'AD del Gruppo FS, M. MORETTI, e dal presidente della società, I. CPOLLETTA. Due Frecciarossa sono partiti oggi, da Salerno e da Torino, per convergere su Milano Centrale, dove sono arrivati entrambi in perfetto orario.

M. MORETTI, visibilmente soddisfatto per il risultato raggiunto, ha sottolineato l'importanza di questa giornata. "Come Ferrovie dello Stato avevamo un grande sogno che oggi si è realizzato: dotare il nostro Paese di un sistema moderno che ci consente di riavvicinare l'Italia. I 1000 km di Alta Velocità serviranno il 65% degli italiani".

Nel suo intervento alla presenza del Presidente del Consiglio S. BERLUSCONI, il top manager (fig. 1) ha manifestato l'orgoglio dell'azienda, senza nascondere che c'è ancora tanto da fare. "Un piccolo orgoglio ce lo abbiamo - ha detto MORETTI - ma restano da fare tantissime cose. Siamo in grado di dare un servizio, creare valori e contribuire alla crescita del Paese". Insomma, "quello di oggi è un piccolo

lo miracolo italiano - ha aggiunto MORETTI - una seconda unità d'Italia, fatta su un sistema potente e veloce che pone le città che stanno su questa dorsale all'avanguardia nel mondo per servizi e per capacità di attrarre interessi ed essere competitivi. E' difficile trovare in giro per il mondo un sistema come questo che abbiamo realizzato, che serve più del 60% degli italiani anche se in soli mille km".



(Fonte Gruppo Ferrovie dello Stato)

Fig. 1 - L'ad di FS Mauro MORETTI.

Parlando del nuovo network inaugurato oggi, l'ad del Gruppo FS MORETTI l'ha definito una sorta di "colonna vertebrale del Paese destinata a servire tante città". "Ci saranno tanti treni ad altissima frequenza. Eccetto il Giappone, non sono molti i Paesi che possono vantare un simile servizio. Oltre alle città servite direttamente, infatti, - ha spiegato MORETTI - i benefici si ripercuoteranno anche sugli altri centri urbani lungo la dorsale, che saranno collegati a Roma in meno di 4 ore". "Quella di oggi non è solo Alta Velocità, è anche Alta Qualità" ha sottolineato il numero uno di

Ferrovie, ricordando che proprio nei giorni scorsi le FS hanno ricevuto un importante riconoscimento a livello mondiale, a conferma e testimonianza della qualità dei servizi forniti.

MORETTI ha sottolineato che, con il quadruplicamento dei binari, entrano nel cuore della città sia i treni ad Alta Velocità sia quelli del trasporto pendolare, perché "sono stati eliminati i colli di bottiglia a Novara, a Napoli nord e sulla linea Firenze-Bologna".

L'AD di FS ha poi evidenziato il lavoro fatto anche internamente all'azienda per risanarla. "Abbiamo lavorato molto anche per mettere a posto la società. Per il secondo anno dovremmo chiudere i conti in utile, un'impresa unica, ottenuta tenendo sotto controllo i costi e non con partite straordinarie - ha sottolineato

MORETTI - Abbiamo ridotto i costi di oltre un miliardo e vogliamo lasciarci alle spalle l'idea del "carrozzone" di un tempo. Guardiamo al futuro con ottimismo e, grazie ai risultati ottenuti oggi, possiamo destinare 2 miliardi all'acquisto di materiale rotabile. Di questi, ben 1 miliardo e mezzo è in autofinanziamento".

E' la nuova immagine delle FS, che va oltre il limite del nostro Paese. "Offrire sistemi ad Alta Velocità è la chiave

del nostro futuro - ha concluso il top manager del Gruppo FS - Offriamo sistemi e non solo prodotti, sistemi ad Alta Velocità, cosa che solo 4 operatori al mondo possono vantare" (FS News, 5 dicembre 2009).

#### Regione Lazio-TRENITALIA: firmato il nuovo contratto di servizio per il trasporto ferroviario regionale

La Regione Lazio e TRENITALIA hanno siglato il nuovo Contratto di Servizio per il trasporto ferroviario

regionale. L'accordo sarà valido sei anni (2009-2014) con possibile proroga di ulteriori 6 anni. La durata del contratto consentirà un'adeguata pianificazione di investimenti e strategie di sviluppo. Entro il 2014 sarà completato un investimento complessivo per il rinnovo del materiale rotabile pari a circa 266,1 milioni di euro.

**Corrispettivi.** A fronte di un volume di traffico di oltre 17 milioni di tkm annui, la Regione erogherà un corrispettivo di 215 milioni di euro per il 2009 (corrispettivo che sarà poi adeguato al tasso di inflazione).

**Investimenti.** L'investimento complessivo è pari a 266,1 milioni di euro (di cui 231,1 a carico di TRENITALIA i rimanenti 35 milioni a carico della Regione Lazio). Entro il 2010 sarà completato il piano di riqualificazione dell'intera flotta regionale di TAF (35 Treni Alta Frenquenza di cui 15 già in circolazione). Entro il 2012 sarà completata la ristrutturazione di 97 carrozze media distanza. Entro il 2014 sarà completato l'acquisto di:

- 11 convogli metropolitani doppio piano a potenza distribuita;
  - 15 locomotive E 464;
  - 75 carrozze doppio piano;
- per un totale di 26 nuovi treni.

A seguito dell'acquisto di nuovo materiale rotabile sarà possibile, nell'arco della durata del contratto, sviluppare nuovi servizi ferroviari su tutte le direttrici ferroviarie regionali in base alla pianificazione contenuta nel protocollo d'intesa tra Regione e Ferrovie allegato al nuovo Contratto. Lo stesso protocollo prevede, sempre nell'arco di 6 anni, la realizzazione di una serie di interventi infrastrutturali sulle linee regionali. Tra questi, anche il raddoppio del tratto Lunghezza-Guidonia sulla FR2, il potenziamento delle stazioni di Marino e Frascati sulla FR4, e delle stazioni di Ciampino e Colferro sulla FR6 oltre al raddoppio della tratta Campoleone-Aprilia sulla FR8 Roma-Nettuno.

**La qualità del servizio.** Al centro dell'accordo è stato posto il miglioramento della qualità dei servizi di tra-

sporto, facendo tesoro delle esperienze precedenti e delle istanze degli utenti e delle associazioni dei consumatori. Il contratto stabilisce una serie di standard qualitativi relativi a puntualità, affidabilità, pulizia, affollamento, comfort e informazioni. Tali standard dovranno essere raggiunti entro intervalli temporali predeterminati.

- **Puntualità.** Nel 2010 l'87% dei treni dovrà arrivare a destinazione all'orario programmato.
- **Affidabilità.** La Regione non pagherà i corrispettivi relativi ai treni cancellati per responsabilità di TRENITALIA.
- **Pulizia.** Dovranno essere soddisfatti gli standard del contratto di pulizie dei treni.
- **Affollamento.** Saranno garantiti i posti offerti previsti dal contratto.
- **Comfort.** Dovrà essere garantita la piena funzionalità di porte, servizi igienici, sedili, impianti di illuminazione, informazione e climatizzazione.
- **Informazioni alla clientela.** Dovranno essere fornite informazioni complete e tempestive sia in treno e sia nelle stazioni (bacheche), riguardanti l'orario, le variazioni al servizio, le tariffe e le modalità di acquisto dei biglietti.

Il contratto prevede sanzioni nel caso di mancato raggiungimento degli standard qualitativi, ma anche premi nel caso gli obiettivi siano raggiunti in anticipo sui tempi stabiliti.

**Monitoraggio e report alla Regione.** Il contratto stabilisce che i dati sul monitoraggio dei servizi siano pubblicati con continuità dalla Regione, in modo da rendere informati gli utenti sull'andamento dei servizi stessi, mentre ogni mese TRENITALIA dovrà inviare un report alla Regione con l'indicazione di tutti i reclami ricevuti e le iniziative intraprese per la risoluzione dei problemi che si saranno eventualmente verificati (*Comunicato stampa congiunto Gruppo Ferrovie dello Stato - Regione Lazio*, 18 dicembre 2009).

## Treni per i pendolari: aggiudicata la gara per 60 nuove carrozze a doppio piano

Aggiudicata la gara per 600 nuove carrozze regionali a doppio piano: sarà AnsaldoBreda a realizzarle, importo complessivo della commessa 829 milioni di euro. L'aggiudicazione arriva dopo che TRENITALIA ha appena sottoscritto, lo scorso 20 novembre, il contratto con Bombardier per la fornitura di 100 nuovi locomotori E 464, con l'opzione per altri 50. La linea di produzione è già aperta e la consegna dei locomotori proseguirà quindi senza soluzione di continuità.

Nelle scorse settimane è stata aggiudicata anche la gara per la fornitura dei kit di arredi interni e nuovi finestrini per ristrutturare 2334 carrozze media distanza. L'attività di ristrutturazione e ammodernamento delle carrozze è già stata avviata e sarà condotta direttamente da TRENITALIA. Già consegnate alcune vetture alle prime Regioni.

Con la chiusura della gara per le 600 carrozze a doppio piano (350 + opzione per altre 250), tra forniture e servizi assegnati e attività di ristrutturazione avviate, ammontano ora ad 1 miliardo e 450 milioni gli investimenti già operativi, rispetto ai 2 miliardi previsti nel piano di ammodernamento della flotta regionale di TRENITALIA.

Un traguardo raggiunto a poco più di tre mesi dalla presentazione del piano da parte dall'amministratore delegato del Gruppo FS, M. MORETTI, avvenuto lo scorso 7 settembre alla presenza del ministro dei Trasporti e delle Infrastrutture A. MATEOLI nonché dei presidenti e degli assessori ai Trasporti di 19 amministrazioni provinciali e regionali italiane.

Il piano, sostenuto per oltre un miliardo e mezzo in autofinanziamento e per il restante con risorse stanziato dal Governo, rappresenta il più imponente piano di investimenti in materiale rotabile realizzato negli ultimi decenni da Ferrovie dello Stato (*Comunicato stampa Gruppo Ferrovie dello Stato*, 18 dicembre 2009).

### TRASPORTI URBANI

#### Metropolitana di Roma: stato di avanzamento dei lavori per l'estensione della linea B

La celebrazione della messa di Santa Barbara si è tenuta il 4 dicembre 2009 nel cantiere della futura stazione di Libia/Gondar della Linea B1. Quella di Santa Barbara - protettrice dei lavoratori che svolgono operazioni di scavo nel sottosuolo - è una ricorrenza molto sentita dalle maestranze di cantiere, che ogni 4 dicembre puntualmente la festeggiano. In questa occasione la S. Messa si è svolta nel cantiere di viale Libia, a livello -12 metri dal piano stradale, alla presenza del Sindaco di Roma G. ALEMANNO, dell'Assessore alla Mobilità S. MARCHI, del Presidente e dell'Amministratore Delegato di Roma Metropolitana G. ASCARELLI e F. BORTOLI e l'Amministratore Delegato della Salini Costruttori Spa, P. SALINI.

Nel frattempo il giorno precedente, a livello -38 m dal piano stradale, la prima talpa meccanica (TBM) è arrivata fino alla stazione (fig. 2) dopo avere realizzato il tratto di galleria da Conca d'Oro a Libia/Gondar.



Fig. 2 - La talpa abbatte l'ultimo diaframma roccioso della stazione Libia/Gondar.

La TBM si è affacciata all'interno della stazione con anticipo su quanto precedentemente annunciato, per motivi connessi alla sicurezza dello scavo che rendevano necessario concludere il ciclo di lavorazione fino alla demolizione della porzione della paratia perimetrale da cui la talpa è entrata nella stazione.

La seconda talpa, partita anch'essa dalla stazione Conca d'Oro, sta scavando l'altra galleria di linea e si trova a circa 100 m dalla stazione Libia/Gondar. Le TBM scavano i tunnel senza interferire con la superficie stradale, montando simultaneamente il rivestimento definitivo della galleria in conci prefabbricati di cemento armato disposti ad anello. Lo scavo delle gallerie è preceduto dalla costruzione delle stazioni e dei pozzi intermedi: le talpe meccaniche attraversano questi manufatti quando la loro struttura in cemento armato è già ultimata. Si prevede la realizzazione di tutte e due le gallerie fino alla stazione Bologna entro luglio 2010. La messa in esercizio della tratta Bologna-Conca d'Oro è prevista per la fine del 2011, mentre quella della tratta Conca d'Oro-Jonio è prevista per dicembre 2012 (*Comunicato stampa congiunto RomaMetropolitane-Salini*, 4 dicembre 2009).

#### Gestione ATM per la metro di Copenhagen

Giorni straordinari quelli di dicembre 2009 per ATM che gestisce il servizio metropolitano, nella capitale danese, dal gennaio 2008. Durante la scorsa settimana, sono stati 1 milione e 300 mila i passeggeri del metrò danese targato ATM "Metro Service": 500.000 in più della media settimanale.

Il record storico della storia della metro è stato registrato venerdì 11 dicembre: 225.000 passeggeri in un giorno, vale a dire il 50% in più rispetto ad un giorno "normale" quando la media è di 150.000 passeggeri al giorno. Numeri che fanno già ipotizzare la chiusura dell'anno con un altro record: oltre 50 milioni di passeggeri trasportati nell'anno 2009. Nel 2008 a muoversi sulla metropolitana di Copenhagen erano stati in 47 milioni.

La metro danese, in funzione dal 19 ottobre 2002, "parla milanese" dal primo gennaio 2008, quando la gestione è stata affidata ad ATM. Ecco la fotografia del servizio: 21 km di linea, 22 stazioni - di cui 13 in superficie -. La metropolitana di Copenhagen, grazie a sofisticati sistemi di controllo e manutenzione, effettua un servizio continuativo dal lunedì alla domenica, 24 ore su 24. La metro è completamente automatizzata, quindi "driverless", ovvero senza conducente. Come sarà la prossima linea milanese M5. Alla metropolitana ATM di Copenhagen lavorano oggi circa 290 persone fra servizio, manutenzione, customer service, sicurezza, comunicazione e amministrazione. Una eccellenza italiana all'estero che si misura con due premi il "World's best Metro 2008" e il "World's best driverless Metro 2009" (*Comunicato stampa ATM*, 17 dicembre 2009).

### INDUSTRIA

#### Lucchini: cambiamenti nel top management

Il Consiglio di Amministrazione di Lucchini S.p.A., componente Eu-

ropea di Severstal International, ha annunciato quest'oggi la nomina di M. CALCAGNI ad Amministratore Delegato e Chief Executive Officer del gruppo Lucchini, a partire dal 1° Gennaio 2010.

M. CALCAGNI è entrato nel gruppo Lucchini nel 2006 come Direttore della Business Unit Piombino ed è stato promosso al ruolo di Chief Operating Officer nel Settembre 2009. Prima di raggiungere Lucchini S.p.A., CALCAGNI, laureatosi in Ingegneria presso il Politecnico di Bari, aveva rivestito importanti incarichi di Direzione in Tristeel, Duferco Clabecq, La Louvière, e Ilva. Herve KERBRAT, attuale Chief Executive Officer manterrà questo ruolo sino alla fine di dicembre per assicurare un adeguato passaggio di consegne.

Nel commentare la nomina, S. KUZNETSOV, Chief Executive Officer di Severstal International, ha detto: "Vorrei ringraziare da parte del CdA di Lucchini e del Top Management di Severstal Herve KERBRAT per il suo impegno, la sua dedizione e l'eccezionale contributo al successo del gruppo Lucchini e tengo a fargli i migliori auguri per le sue future sfide. M. CALCAGNI ha una vasta esperienza industriale ed una profonda conoscenza del mercato siderurgico.

Ritengo che questi fattori cruciali consentiranno alle nostre attività europee di ottenere posizioni di preminenza sul mercato, attraverso l'offerta di prodotti e servizi di eccellenza e la ricerca costante della leadership di costo" (*Comunicato stampa Lucchini S.p.A.*, 1 dicembre 2009).

### **Ansaldo e Bombardier insieme nella gara per i nuovi treni AV**

Sarà interamente realizzato da AnsaldoBreda, società di Finmeccanica, e da Bombardier, il treno superveloce ed ecocompatibile che prenderà parte alla gara indetta da TRENITALIA per 50 treni ad alta velocità alla quale sono state invitate le due società: viaggerà ad oltre 300 km/h e, grazie alle nuove tecnologie ecologiche, consen-

tirà risparmi fino al 50% rispetto ai treni veloci in servizio oggi.

Il nuovo treno – che sarà prodotto presso lo stabilimento AnsaldoBreda di Pistoia e presso lo stabilimento di Bombardier di Vado Ligure (Savona) – sarà in grado di ottimizzare al massimo l'efficienza operativa e i consumi energetici e sarà frutto della sintesi delle due piattaforme tecnologiche di AnsaldoBreda e Bombardier che si fonderanno per dare vita al primo treno tutto italiano per l'alta velocità: il V300, evoluzione della serie V250 di AnsaldoBreda, scelto dalle ferrovie olandesi e belghe, e ZEFIRO, il treno veloce Bombardier, di recente ordinato in 80 esemplari dalle ferrovie cinesi e capace di raggiungere la velocità commerciale di 380 km/h, la più alta al mondo.

"L'invito di TRENITALIA è motivo di soddisfazione" ha dichiarato S. BIANCONI, Amministratore Delegato di AnsaldoBreda, società di Finmeccanica "perché conferma la validità dei prodotti e delle referenze acquisite nonché dei processi industriali che la nostra azienda sta implementando; oggi AnsaldoBreda è in grado di competere nel settore dell'alta velocità con i principali operatori del settore".

"Forniremo a TRENITALIA l'ultima tecnologia in materia d'alta velocità. Stiamo lavorando affinché il nuovo treno possa giocare un ruolo fondamentale nello sviluppo del sistema per l'alta velocità in Italia," ha dichiarato R. TAZZIOLI, Presidente e Amministratore Delegato di Bombardier Transportation Italy. "Sarà un treno veloce, affidabile, efficiente a livello operativo, conveniente dal punto di vista del consumo energetico e dei costi di esercizio e avrà un'abitabilità migliore rispetto a qualsiasi altro mezzo di trasporto ferroviario" (*Comunicato stampa congiunto AnsaldoBreda-Bombardier*, 3 dicembre 2009)

### **OICE: prosegue la discesa della domanda pubblica di soli servizi. Crescono gli appalti "misti" di progettazione e costruzione**

I dati di novembre confermano la

tendenza fortemente recessiva della domanda pubblica di servizi di ingegneria e architettura: -55,5% in valore rispetto a novembre 2008, -64,9% rispetto ad ottobre di quest'anno. Secondo l'aggiornamento mensile dell'Osservatorio OICE-Informatel, le gare per servizi di ingegneria e architettura indette in novembre sono state 266 (di cui 24 sopra soglia) per un importo complessivo di 34,5 milioni di euro (21,7 sopra soglia).

Il confronto con novembre 2008 vede scendere il numero dei bandi del 27,7% (-42,9% sopra soglia e -25,8% sotto soglia) e il loro valore, come detto, del 55,5% (-65,1% sopra soglia e -16,7% sotto soglia).

Da gennaio a novembre risultano bandite complessivamente 3.622 gare, il numero più basso rilevato dal 2000, per 642,1 milioni di euro. Il confronto con i primi undici mesi del 2008 risulta ancora negativo: il numero dei bandi si riduce del 14,4% (-9,0% sopra soglia e -15,2% sotto soglia) e il loro valore del 10,8% (-2,5% sopra soglia e -13,7% sotto soglia).

Occorre però segnalare il forte incremento delle gare miste, cioè per progettazione e costruzione, con un classico andamento a forbice rispetto alla tendenza di quelle per ingegneria e architettura. Continua infatti la crescita record degli appalti misti, che negli undici mesi del 2009 hanno raggiunto i 18.758 milioni di euro, segnando un raddoppio (+103,1%) rispetto ai primi undici mesi del 2008.

Peraltro, aumentano ancora i ribassi con cui le gare vengono aggiudicate: in base ai dati raccolti in novembre il ribasso medio sul prezzo a base d'asta per le gare indette nel 2009 è stato del 35,8% (34,9 per le gare indette nel 2008); ribasso che si spinge al 75% nell'aggiudicazione di una gara 2009 della Regione Sardegna (progettazione preliminare, definitiva, esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione, misure e contabilità dei lavori di completamento dei banchinamenti interni del porto di Carloforte).

L'analisi territoriale delle gare nei primi undici mesi del 2009 rispetto ai

primi undici mesi del 2008, consente di verificare come la tendenza recessiva registrata a livello nazionale sia generalizzata ma distribuita in maniera diversa nelle grandi aree geografiche del Paese: in forte ribasso il Meridione (-24,9% in numero e -21,5% in valore) e il Nord Ovest (-20,1% in numero e -11,8% in valore), in ribasso anche le Isole (-11,1%

in numero e -9,4% in valore) e il Nord Est (-2,3% in numero e -9,5% in valore), ribasso contenuto per il Centro (-7,31% in numero e -3,8% in valore).

Il numero delle gare italiane pubblicate sulla gazzetta comunitaria è passato dalle 523 unità di gennaio-novembre 2008 alle 476 dell'analogo periodo di quest'anno, -9,0%. Nell'insieme degli altri paesi dell'Unione Euro-

pea la domanda di servizi di ingegneria e architettura presenta una flessione (-8,1%) poco minore di quella italiana. L'incidenza del nostro Paese in numero di gare continua, comunque, ad attestarsi su un modesto 3,4% (Francia 36,1%, Germania 12,3%, Spagna 10,5%, Polonia 5,4%, Gran Bretagna 5,2%, ecc.) (*Comunicato stampa OICE*, 15 dicembre 2009).

### LINEE GUIDA PER GLI AUTORI

*(Istruzioni su come presentare gli articoli per la pubblicazione sulla rivista "Ingegneria Ferroviaria")*

**La collaborazione è aperta a tutti** - L'ammissione di uno scritto alla pubblicazione non implica, da parte della Direzione della Rivista, riconoscimento o approvazione delle teorie sviluppate o delle opinioni manifestate dall'Autore - I manoscritti vengono restituiti - La riproduzione anche parziale di articoli o disegni è permessa solo citando la fonte.

La Direzione della Rivista si riserva il diritto di utilizzare gli articoli ricevuti e la documentazione ad essi connessa anche per la loro pubblicazione, in lingua italiana o straniera, su altre riviste del settore editate da soggetti terzi. In ogni caso, la pubblicazione degli articoli ricevuti, anche su altre riviste avverrà sempre a condizione che siano indicati la fonte e l'autore dell'articolo.

Al fine di favorire la presentazione delle memorie, la loro lettura e correzione da parte del Comitato di Redazione nonché di agevolare la trattazione tipografica del testo per la pubblicazione su "Ingegneria Ferroviaria", si ritiene opportuno che gli Autori stessi osservino gli standard di seguito riportati.

**L'articolo** dovrà essere necessariamente su supporto informatico, preferibilmente in formato WORD per Windows, con il testo memorizzato su un supporto informatico idoneo ed accettato dalla redazione (CD-Rom, DVD, pen-drive...) ed una stampa su carta.

Tutte le figure (fotografie, disegni, schemi, ecc.) devono essere progressivamente richiamate nel corso del testo. Le stesse devono essere fornite complete della relativa didascalia. Tutte le figure devono essere inserite su supporto informatico (CD-Rom, DVD o Pen Drive) e salvate in formato TIFF o EPS ad alta risoluzione (almeno 300 dpi). E' richiesto inoltre l'inserimento nei suddetti supporti delle stesse immagini ma in formato compresso .JPG (max 50KB per immagine).

E' consentito, a titolo di suggerimento, includere a titolo di bozza di impaginazione un'ulteriore copia cartacea che comprenda l'inserimento delle figure nel testo.

Si pregano i signori autori di utilizzare rigorosamente, nei testi presentati, le unità di misura del Sistema Internazionale (SI), utilizzando le relative regole per la scrittura delle unità di misura, dei simboli e delle cifre.

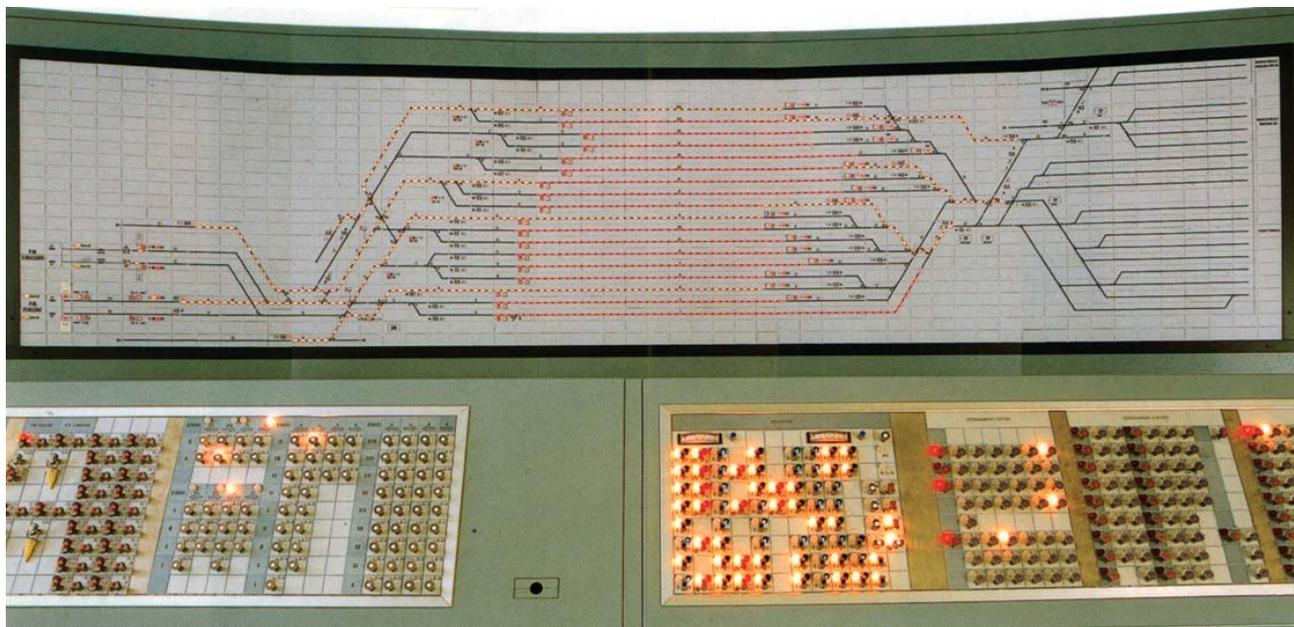
All'Autore di riferimento è richiesto di indicare un indirizzo di posta elettronica per lo scambio di comunicazioni con il Comitato di Redazione della rivista e di sottoscrivere apposita liberatoria per la pubblicazione degli articoli.

**Per eventuali ulteriori informazioni sulle modalità di presentazione degli articoli contattare la Redazione della Rivista - Tel. 06.4827116 - Fax 06.4742987 - redazioneif@cifi.it**

**Sede legale e Direzione Generale**

Via del Tuscolano, 15 – Bologna  
Tel. 051/329111 Fax. 051/321106

Via della Chimica, 3 – Ozzano dell'Emilia BO  
Tel. 051/329120 Fax. 051/329123



**Realizzazione apparati di sicurezza, impianti di Blocco Automatico a correnti codificate e impianti di telecomunicazioni per Ferrovie e Metropolitane.  
Fornitura di componenti e dispositivi per la sicurezza ferroviaria.**

**INSERZIONI PUBBLICITARIE SU "INGEGNERIA FERROVIARIA"**

**Materiale richiesto:** CD con prova colore, file in formato TIFF con risoluzione 300 DPI salvati in quadricromia (CMYK) oppure file in formato PDF ad alta risoluzione (2400 DPI - 175 linee)

c/o CIFI – Via G. Giolitti 48 – 00185 Roma  
Indirizzo e-mail: [redazionetp@cifi.it](mailto:redazionetp@cifi.it)

**Misure pagine:** I di Copertina mm 210 x 180 (+ 3 mm di smarginato per ogni lato)  
1 pagina interna mm 210 x 297 (+ 3 mm di smarginato per ogni lato)  
1/2 pagina interna mm 180 x 120 (+ 3 mm di smarginato per ogni lato)

**Consegna materiale:** almeno 40 giorni prima dell'uscita del fascicolo

**Variatione e modifiche:** modifiche e correzioni agli avvisi in corso di lavorazione potranno essere effettuati se giungeranno scritte entro 35 giorni dalla pubblicazione

**"FORNITORI DEI PRODOTTI E SERVIZI"**

A richiesta è possibile l'inserimento nei "Fornitori di prodotti e servizi" pubblicato mensilmente nella rivista.

**Per informazioni:**

C.I.F.I. – Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani – Via G. Giolitti,48 – 00185 Roma  
Tel. 06.47307819 - Fax 06.4742987 - E-mail: [redazionetp@cifi.it](mailto:redazionetp@cifi.it)

C.I.F.I. – Sezione di Milano - P.za Luigi Di Savoia, 1 – 20214 Milano  
Tel. 339-1220777 - 02.63712002 – Fax 02.63712538 - E-mail: [cifi.milano@tiscali.it](mailto:cifi.milano@tiscali.it)

## Notizie dall'estero

*(A cura del Dott. Ing. Massimiliano BRUNER)***TRASPORTI SU ROTAIA****La DB Schenker offre trasporto merci su rotaia senza emissioni di CO<sub>2</sub>**

I clienti della DB Schenker possono scegliere una opzione "verde" per i loro trasporti.

A richiesta la DB Schenker trasporta le merci dei clienti su tutte le relazioni europee senza emettere CO<sub>2</sub> in atmosfera.

La DB Schenker garantisce per questo tipo di trasporto l'impiego di energia ottenuta da fonti rinnovabili, come quella idroelettrica.

Ad esempio sulla linea Amburgo-Monaco per un treno di 1000 t si può evitare di immettere in atmosfera fino a 20 t di CO<sub>2</sub> in confronto ad un servizio ferroviario ordinario e fino a 55 t di CO<sub>2</sub> in confronto al trasporto su strada.

Il risparmio viene ottenuto da BD Schenker con l'impiego di diverse fonti energetiche rinnovabili utilizzate dalla DB Energie e riservate a tale servizio in quantità contingentata.

Il servizio "verde" viene offerto ai clienti con un leggero sovrapprezzo.

Il calcolo del consumo energetico del servizio viene effettuato con lo strumento di bilancio ambientale EcoTransIT, che è anche posto a disposizione in Internet per i clienti interessati al servizio (*Glaser's Annalen*, 06-07/2009).

**La locomotiva 185.2 autorizzata a circolare in Austria**

Dal 7 maggio 2009 le locomotive

della serie costruttiva 185.2 della DB sono autorizzate a circolare sulla rete ferroviaria austriaca.

Dopo un lungo procedimento, attraverso gli uffici del Ministero austriaco per i trasporti, l'innovazione e la tecnologia, le ferrovie federali austriache e la Bombardier, produttrice del mezzo, la DB ha ottenuto l'autorizzazione.

Il Ministero ha in particolare richiesto l'equipaggiamento della macchina con due dispositivi aggiuntivi di retro visione: specchi o telecamere.

I veicoli sono un connubio tra la piattaforma Traxx della Bombardier e l'Eurosprinter della Siemens personalizzati quindi secondo le esigenze dei clienti.

La dotazione di dispositivi di retrovisione ha imposto alla DB un onere di 5 milioni di Euro, cifra risparmiata da una successiva fornitura di locomotive.

Le ferrovie austriache (OeBB) inseriranno le nuove locomotive in un programma di progressiva sostituzione e scambio di percorrenze con la DB, attualmente garantito da altre locomotive delle serie BR 185.2 e BR 189.

Decisiva per l'autorizzazione è stata l'entrata in vigore alla fine del 2008 del principio di "Cross Acceptance" europea riconosciuto da numerosi paesi dell'UE, che ha automaticamente reso valide anche per l'Austria le certificazioni emanate dall'organo federale tedesco EBA.

In tal modo vengono mantenute solo piccole specificità nazionali tipiche della rete austriaca, come ad esempio il misuratore di disturbi nella corrente captata, idonee tipologie di materiali per gli organi di frenatura o i più aggiornati software diagnostici di

bordo (*Glaser's Annalen* 06-07/2009).

**I treni ICE-T e ICE-3 nuovamente in servizio regolare**

In occasione del cambio d'orari del dicembre 2009 si esaurisce il piano di emergenza per l'esercizio sulle linee percorse dai treni ICE-T Dortmund - Frankfurt - Passau - Wien, Wiesbaden - Frankfurt - Leipzig - Desden e Berlin - Leipzig - Nuernberg - Muenchen, che saranno di nuovo interamente servite da questa tipologia di treni.

Solo sulla linea fra Stuttgart e Zuerich rimangono alcuni treni composti di materiale ordinario, mentre per tutti gli ICE-T resta la prescrizione di esclusione del meccanismo di inclinazione trasversale della cassa, che provoca allungamenti di percorrenza dell'ordine dei 5÷10 minuti, i quali risultano piuttosto contenuti, ma che sono stati introdotti nell'orario a testimonianza del fatto che si ritiene remoto il momento in cui questi convogli torneranno ad accrescere la loro velocità in curva.

Nel contempo le DB e l'EBA operano in collaborazione per prendere gli idonei provvedimenti per poter nuovamente consentire ai convogli ad assetto variabile di sfruttare appieno le loro caratteristiche.

La rimessa in servizio anche dei convogli ICE-3 consentirà anche di riattivare il servizio cadenzato bi-orario sulla linea Dortmund - Stuttgart - Muenchen, attualmente limitato alla tratta fra le prime due città (*Glaser's Annalen* 08/2009).

**100 treni diesel per le ferrovie danesi**

Le ferrovie danesi (DSB) hanno siglato con la Siemens un accordo per la fornitura fino ad un massimo di 100 convogli diesel composti da 12 unità del tipo Desiro Classic destinati al trasporto regionale.

La prima fornitura riguarderà soli 8 convogli di 14 unità ciascuno che saranno forniti a partire dal gennaio 2010, ma l'estensione del contratto prevede la possibilità di allargare tale cifra fino ad massimo di 100 unità.

I nuovi convogli sono prodotti nello stabilimento Siemens di Uerdingen, mentre la messa in servizio avviene sulla Grenabaan, linea posta a sud della penisola italiana.

I treni offrono 116 posti e posso marciare da una velocità massima di 120 km/h con consumo di energia ridotto del 10% circa rispetto al treno della medesima serie che lo ha preceduto in servizio presso DSB dal 2002.

In tutto il mondo sono oltre 55 i convogli di questo tipo in servizio (*Glaser's Annalen* 10/2009).

### TRASPORTI URBANI

#### Estensione per la parigina T2

La nuova sezione di estensione 2.3 km della linea tramviaria T2 di Parigi, che corre tra Issy Val de Seine e Porte de Versailles (nel sud ovest di Parigi) è stata inaugurata alla fine di novembre 2009. L'estensione migliorerà il servizio su questo asse che parte dal distretto economico di La Defense, percorre tutto il centro affaristico nella zona dell'Ile de France.



(Fonte Alstom Transportation)

Fig. 1 – Il nuovo materiale tramviario fornito da Alstom alla RATP di Parigi per la linea T2.

Alstom aveva iniziato i lavori nel 2007, conducendo studi preliminari e le necessarie opere di elettrificazione (per mezzo di linea aerea) e sistema di segnalamento. Alstom ha fornito all'esercizio anche il materiale rotabile: 16 Citadis (fig. 1) sono stati aggiunti alla flotta in servizio (42 tram modulari in totale) per completare l'esercizio sulla estensione. L'azienda di trasporti parigina RATP con tale nuovo servizio si aspetta di soddisfare la domanda di trasporto per circa 44000 passeggeri (*Comunicato Stampa Alstom Transportation*, 1 dicembre 2009).

### INDUSTRIA

#### 20 treni Bombardier prodotti in consorzio per l'Australia

La Bombardier, in joint venture con la Downer EDI Rail, ha ricevuto dal governo regionale del Queensland in Australia, un contratto per la fornitura di 20 treni di tre unità ciascuno da destinarsi al trasporto regionale per un valore globale di 104 milioni di Euro.

La Bombardier riceverà una quota lievemente minoritaria di 48 milioni di Euro.

La fornitura abbraccerà gli interi anni 2010 e 2011.

Il contratto segue il precedente destinato alla fornitura di treni della serie SMU 260.

Il montaggio dei nuovi treni avverrà a Maryborough in Australia presso gli stabilimenti della joint venture.

La produzione degli equipaggiamenti di trazione avverrà presso gli stabilimenti Bombardier di Vasteras (Svezia) e Pittsburgh (Stati Uniti), mentre collaudi e messa in servizio saranno condivisi dal consorzio (*Glaser's Annalen* 06-07/2009).

#### Nuovo impianto logistico multifunzionale presso lo stabilimento Balfour Beatty di Stassfurt in Germania

Alla fine di maggio 2009 sono ini-

ziati nel sito della Balfour Beatty di Stassfurt nella regione del Sachsen Anhalt i lavori per la costruzione di un nuovo centro logistico sotto la direzione e la supervisione dello studio di progettazione Magenheimer.

La Balfour Beatty ha investito nell'operazione circa mezzo milione di Euro come segnale di avvio alla realizzazione di un'opera di fondamentale utilità per la regione, dopo che la produzione internazionale della Balfour Beatty si è più che duplicata dal 2005 ad oggi.

Contemporaneamente il personale si è incrementato del 40% raggiungendo le 140 unità complessive.

La Balfour Beatty è impresa leader a livello mondiale per gli impianti ferroviari di elettrificazione e sistemi di approvvigionamento elettrico con sede centrale a Monaco e competenze specifiche nella realizzazione e nella manutenzione degli impianti progettati.

L'impresa appartiene al gruppo Balfour Beatty con sede a Londra, che può comunque vantare oltre 10 centri produttivi, nei quali operano circa 1900 unità di personale (*Glaser's Annalen* 06-07/2009).

#### L'ETCS Livello 1 in esercizio in Arabia Saudita

Nel giugno 2009 è entrato in esercizio sulla linea passeggeri fra Dammam e Riad il sistema di segnalamento unificato europeo ETCS Livello 1.

È la prima volta che tale sistema viene messo in servizio nel mondo arabo.

La rete ferroviaria dell'Arabia Saudita consta di due sole linee, entrambe le quali collegano la città portuale di Dammam e la capitale Riad.

La prima linea misura 556 km e fu inaugurata negli anni '50 per il solo servizio merci.

La linea più recente, lunga 449 km, fu inaugurata negli anni '80 ed è specializzata per il solo servizio passeggeri.

La Saudi Railway Organisation

(SRO) trasporta attualmente circa 850.000 passeggeri e 850 milioni di passeggeri x km in un anno.

Nel 2005 un consorzio composto dalla Siemens e dalla società araba Nour Communication Company ha ricevuto l'incarico di equipaggiare le linee con il sistema GSM-R ed un sistema di sorveglianza video per i passaggi a livello, entrambi a standard ETCS Livello 1 per un importo complessivo di 91 milioni di Euro.

La messa in servizio del sistema ha reso necessaria anche la redazione di un regolamento d'esercizio in collaborazione con SRO, nel quale vengono introdotti interessanti principi per l'esercizio delle linee con il Livello 1 di ETCS, che nel caso specifico è stato integrato nel sistema di segnalamento Trainguard di produzione Siemens.

Lungo linea sono state installate le boe, mentre i treni sono stati equipaggiati con dispositivi di interfaccia in grado di segnalare i limiti di velocità e l'aspetto dei segnali, con protezione capace di comandare la frenatura automatica del treno.

La linea è stata equipaggiata con 15 apparati centrali di tipo Simis, mentre 15 passaggi a livello sono stati dotati dei dispositivi di sicurezza Simis-LC.

Tutti gli impianti (boe, armadi degli apparati centrali, ecc.) sono stati protetti e collaudati alle temperature molto elevate che si raggiungono in Arabia Saudita.

Inoltre la protezione dalla sabbia è stata realizzata con speciali box impermeabili.

Il centro di comando e controllo, che è stato equipaggiato con il sistema Sistema di supervisione e telecomando Vicos, è sito a Dammam, consente l'esercizio delle due linee attualmente in esercizio, ma è predisposto per il comando e controllo dell'intera futura rete ferroviaria saudita (*Glasers Annalen*, 08/2009).

### **Corus: 350 milioni di € con la ferrovia francese ed investimenti nell'acciaieria**

Corus si è assicurata un contratto

del valore di circa 350 milioni di € per fornire linee ferroviarie, per un periodo fino a 6 anni, all'operatore ferroviario francese SNCF. Il contratto è per 4 anni iniziali, con l'opzione di estenderlo ulteriormente per altri 2 anni.

In base all'accordo Corus investirà 35 milioni di € in nuove tecnologie presso il suo centro di produzione di rotaie di Hayange, nella regione della Lorena, nel nord-est della Francia, per poter produrre rotaie più lunghe. L'investimento in nuove attrezzature di produzione migliorerà l'efficienza dell'impianto e permetterà ai lavoratori di produrre rotaie lunghe 108 metri.



operatori ferroviari di tutto il mondo, ma principalmente in Europa. L'acciaieria può produrre attualmente binari lunghi fino a 80 m. L'investimento migliorerà la qualità dell'impianto, ma potenzierà anche la sua capacità produttiva da 300.000 a 340.000 t all'anno (*CFomunicato stampa Corus Rail*, 16 dicembre 2009).

### **AnsaldoBreda Inc vince contratto a San Francisco per il ripristino di 143 carrozze**

AnsaldoBreda, società Finmeccanica, ha vinto un contratto del valore di 54 milioni di dollari - della durata di cinque anni - per il ripristino di 143 carrozze dell'azienda di trasporto pubblico della città di San Francisco (MUNI).

Il contratto, approvato dal San Francisco Board of Supervisors, svilupperà ulteriormente la collaborazione tra AnsaldoBreda e la San Francisco Municipal Transportation Agency (SFMTA).

Fig. 2 - Lo stabilimento Corus.

G. GLAS, Direttore Generale di Corus Rail (Francia), ha detto: "Essere in grado di produrre rotaie lunghe 108 m ci apre nuove opportunità e ci mette in una posizione migliore per soddisfare la crescente domanda di binari ad alta velocità. Entro il 2011 faremo parte del ristretto nucleo di produttori dotati di questa capacità di eccellenza".

Sono stati già effettuati studi ingegneristici presso l'impianto di Hayange, grazie ai quali sarà possibile iniziare i lavori di miglioramento da 35 milioni nel 2010. Al culmine ci si aspetta che circa 400 fornitori lavorino al progetto di upgrade - da progettisti e ingegneri meccanici a elettricisti ed esperti di demolizione.

L'acciaieria di Hayange, che impiega 440 persone, fornisce attualmente binari di svariate lunghezze agli

Gavin NEWSOM, sindaco di San Francisco, ha commentato: "Questo contratto consentirà di accrescere l'affidabilità di MUNI, aumentando la durabilità delle carrozze e la convenienza a beneficio dei passeggeri. Grazie alla partnership con AnsaldoBreda, stiamo investendo nel nostro sistema tranviario per far sì che San Francisco diventi una delle città più efficienti al mondo per quanto riguarda il trasporto pubblico".

Le carrozze saranno trasportate allo stabilimento di manutenzione di AnsaldoBreda a Pittsburg, in California dove saranno revisionate le porte, i predellini, gli accoppiatori, le condotte d'areazione, i cablaggi e i cuscinetti.

Nathaniel P. FORD, Amministratore Delegato di SFMTA, ha commentato: "Siamo certi che i nostri clienti apprezzeranno l'affidabilità dei nostri

veicoli. Il nostro obiettivo è, infatti, quello di garantire un funzionamento ottimale dell'infrastruttura a tutte le persone che ogni giorno utilizzano i trasporti pubblici MUNI”.

“Siamo lieti di proseguire a collaborare con la San Francisco Municipal Transportation Agency e con San Francisco, città che impiega i veicoli di AnsaldoBreda sin dal 1996”, ha dichiarato S. BIANCONI, Amministratore Delegato di AnsaldoBreda. “Grazie alle attività di ripristino e ammodernamento le carrozze potranno essere mantenute in servizio sulle strade di San Francisco per molti anni a venire”.

AnsaldoBreda (gruppo Finmeccanica), nata nel 1853, produce sistemi elettronici e meccanici nonché veicoli completi da più di 150 anni; questi prodotti rappresentano lo stato dell'arte nell'industria mondiale del trasporto ferroviario. AnsaldoBreda Inc, filiale dell'azienda italiana, è attiva nel Nord America dove fornisce veicoli metropolitani e tranviari dal 1978 (*Comunicato stampa Ansaldo Finmeccanica*, 21 dicembre 2009).

### VARIE

#### **Francia: l'apertura del settore ferroviario ha dinamizzato il mercato delle forniture industriali e attratto gli investitori internazionali**

Secondo un'analisi realizzata dall'AFII, l'Agenzia Francese per gli Investimenti Internazionali, la progressiva apertura del trasporto ferroviario alla concorrenza dal 2005 ha favorito lo sviluppo dell'industria ferroviaria.

D. APPIA, Presidente dell'AFII, precisa: «L'apertura alla concorrenza sulla rete ferroviaria ha reso più dinamico il mercato del subappalto ferroviario in Francia, nel campo della costruzione, della manutenzione del materiale o dei servizi ferroviari. Ciò costituisce un fattore primario di attrattività per numerose imprese straniere, che trovano nel nostro territo-

rio una forte opportunità di crescita nel settore.”

Oggi il settore dei lavori di costruzione ferroviari realizza un fatturato di circa 3 miliardi di euro (materiale rotabile, binari e controllo comandi), con il 44% della produzione destinato all'esportazione. L'Europa rappresenta il 50% degli sbocchi dei costruttori di materiale ferroviario.

Queste cifre sono incoraggianti tenuto conto del fatto che la Francia ha la volontà di portare dal 14% al 25% il trasporto merci che non utilizza la strada entro il 2020.

Si è generalizzata la tendenza degli operatori di reti che gestiscono il trasporto di viaggiatori e di merci a cedere a subfornitori industriali le attività di manutenzione del materiale rotabile (locomotive, vetture e vagoni) e fisso (segnaletica, scambi e alimentazione elettrica), nonché la costruzione di linee e stazioni sinora di loro competenza. L'indotto nell'industria ferroviaria rappresenta oggi in Francia circa 100.000 persone, vale a dire i due terzi del volume di posti di lavoro del settore ferroviario diretto e ha dato ampio spazio alle aziende straniere.

I costruttori internazionali di materiale rotabile, come Siemens, Bombardier France, Alstom Transport, CAF, AD-Tranz, o di equipaggiamenti (Faiveley, Thalès, Bonatrans, Valdunes, Voith, ABB Secheron, SKF, Knorr-Bremse) propongono soluzioni innovative nell'ambito di una normalizzazione mondiale (UIC) e del sistema europeo di segnalamento ferroviario (ERMTS), consentendo così l'interoperabilità dei materiali e il transito transfrontaliero.

La standardizzazione delle produzioni permette di ridurre i prezzi di costo, di acquisto, di gestione e di manutenzione facilitando in tal modo l'esportazione.

Nel settore della manutenzione, per il materiale fisso, grandi società internazionali di manutenzione e rinnovo dei binari partecipano alla costruzione di nuovi binari e all'RVB (rinnovo binari-ballast). Le unità di produzione di rotaie di Corus Rail

(gruppo indiano Tata Steel) propongono soluzioni metalliche per binari modulari permanenti o provvisori, nonché assorbitori di rumore fissati sotto alla guida della rotaia e commercializzati con il nome «Silent TrackTM». Corus Rail fornisce inoltre servizi legati all'infrastruttura ferroviaria. La manutenzione del materiale rotabile è ripartita fra il gestore (officine SNCF, BWB della Deutsche Bahn ecc...) e i costruttori, che propongono dei pacchetti «materiale più manutenzione» per il periodo di garanzia del materiale. Peraltro, numerosi servizi sono subappaltati per le attività di biglietteria, ristorazione ferroviaria, pulizia, servizi ausiliari, informatica.

Nel campo dell'innovazione, il cluster i-Trans, nel Nord-Pas de Calais e in Picardia, è dedicato ai Sistemi di Trasporto Intelligenti (STI) e l'interoperabilità nel settore ferroviario, per il trasporto di merci o di viaggiatori. Dal 2005, i-Trans ha sostenuto 78 progetti di ricerca e innovazione per un importo di circa 185 milioni di euro. Tra questi vi sono programmi realizzati da Bombardier (sicurezza dei viaggiatori) e Compin Interiors (arredo interno completo di sale passeggeri e di piattaforme di veicoli ferroviari).

L'Agenzia francese per gli investimenti internazionali (AFII) è l'agenzia nazionale che provvede a promuovere, ricercare ed accogliere gli investimenti internazionali. L'AFII facilita la realizzazione dei progetti in Francia ed è l'organismo economico di riferimento per l'attrattività e l'immagine della Francia.

L'Agenzia dispone di una rete operativa a livello internazionale, nazionale e territoriale. L'AFII opera in stretta collaborazione con le agenzie regionali per lo sviluppo economico per offrire agli investitori internazionali servizi personalizzati (*Comunicato stampa AFII*, 1 dicembre 2009).

#### **FS: parte la cooperazione con le Ferrovie Libiche**

Siglato a Tripoli l'accordo quadro che dà il via operativo alla coopera-

## NOTIZIARI

zione tra Ferrovie dello Stato e Ferrovie della Libia per le attività di supporto alla costruzione della rete ferroviaria libica.

L'accordo segue il Memorandum of Understanding (MoU) firmato nello scorso luglio dall'Amministratore Delegato del Gruppo Ferrovie dello Stato, M. MORETTI, e il Presidente delle Ferrovie libiche M. RASHID.

L'impegno del Gruppo FS in Libia si inserisce nelle strette relazioni tra Roma e Tripoli che vedono l'Italia fra i più importanti partner commerciali.

L'intesa individua una serie di aree di cooperazione che saranno oggetto di altrettanti contratti commerciali.

In particolare FS si occuperà della formazione del personale, supervisionerà i progetti di ingegneria per la costruzione della rete ferroviaria e fornirà la sua consulenza per le attività relative all'organizzazione, alla normativa e alla regolamentazione ferroviaria.

L'accordo, che conferma la leadership a livello mondiale delle Ferrovie italiane, va ad aggiungersi agli altri

importanti progetti internazionali che, per quanto riguarda l'area mediorientale e mediterranea, vedono il Gruppo FS impegnato in Egitto, Siria, Marocco, Algeria, Iraq e Turchia con molteplici attività: dalla gestione e ristrutturazione di importanti imprese ferroviarie alla fornitura di servizi di ingegneria ferroviaria; dall'assistenza tecnica a Ministeri e Agenzie governative alla partecipazione a gare internazionali per la realizzazione di grandi progetti ferroviari e di attività di supporto ai servizi di trasporto passeggeri e merci (*Comunicato stampa Gruppo Ferrovie dello Stato*, 15 dicembre 2009).

### Russia: il "Sapsan" riceve il certificato di sicurezza

Il presidente di RZD V. YAKUNIN ed il vice-presidente esecutivo di Siemens AG e di Siemens Russia, D. MOELLER, hanno ricevuto da G. PETRAKOV, a capo della Agenzia Federale per il Trasporto Ferroviario in Russia, un certificato che attesta che il "Sapsan" è in

accordo con gli standard ferroviaria di sicurezza della Federazione Russa. Il treno è stato sviluppato dai progettisti Siemens con l'ausilio di specialisti russi della RZD, università finanziate da RZD ed associazioni ferroviarie.

In totale più di 180 specialisti hanno lavorato al progetto. Più di venti omologazioni sono state conseguite come risultato di questo lavoro di gruppo. Per poter confermare l'accordo del Sapsan con le richieste di sicurezza in vigore sulla infrastruttura ferroviaria della Federazione Russa, è stato condotto un ciclo completo di prove preliminari, di omologazione e di certificazione.

L'omologazione e la certificazione hanno richiesto prove ed analisi su vari parametri come la resistenza strutturale delle casse, le dimensioni, l'aerodinamica, la compatibilità elettromagnetica, l'impatto dinamico sulla infrastruttura, la modularità, l'ergonomia, coinvolgendo progettisti della Siemens AG e della Knorr-Bremse, durante il periodo tra 15 marzo ed il 15 ottobre 2009 (*Comunicato stampa RZD*, 15 dicembre 2009).

## Convegni e Congressi 2010

- Febbraio**
- 24-26 Febbraio  
Karlsruhe (Germania)  
(UAE)  
IT-TRANS - IT SOLUTIONS FOR PUBLIC TRANSPORT  
Conference Centre Karlsruhe  
Tel.: +49 721 3720-0 - Fax: +49 721 3720-2116  
Internet: www.meed.com/events/rail
- Marzo**
- 7-19 Marzo  
Mosca  
EXPORAIL 2010  
4<sup>th</sup> International Railway Technology Exhibition  
Conference Centre Karlsruhe  
Tel.: +44 (0)1284 788 088  
Fax: +44 (0)1284 787 250  
E-mail: fabienne.taylor@mediaplan.uk.com
- 15-17 Marzo  
(Madrid)  
(Spagna)  
THE FUTURE OF EUROPEAN RAIL  
Hotel Husa Princesa, Madrid  
Tel.: +44 (0)20 7760 8699 - Fax: +44 (0)20 7490 2296  
E-mail: conferences@marketforce.eu.com  
Internet: www.marketforce.eu.com/eurail

- Maggio**
- 8-15 Maggio  
Madrid (Spagna)  
SEMINARIO INTERNAZIONALE DI MADRID "EVOLUZIONE NELLA SPERIMENTAZIONE PER LE COSTRUZIONI"  
Tel.: 0471 543100 - Fax: 0471 543101  
E-mail: cias@4emme.it  
Internet: www.4emme.it

- Giugno**
- 8-10 Giugno  
Lingotto Fiere  
Torino  
EXPO FERROVIARIA 2010  
Tel.: 011 5069308 - Fax: 011 5629236  
E-mail: expoferroviaria@mackbrooks.com  
Internet: www.expoferroviaria.com

### Corsi di formazione

- Febbraio**
- 10-12 Febbraio  
Milano  
Corso di formazione sul tema: "FONDAZIONI SUPERFICIALI E PROFONDE: ANALISI, SPERIMENTAZIONE, NORMATIVA"  
Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Politecnico di Torino  
Per informazioni: Rag. Francesco Rocca  
Tel.: 02 2399 4206 - Fax: 02 2399 4220  
E-mail: rocca@stru.polimi.it

# Elenco di tutte le Pubblicazioni CIFI

## 1 - TESTI SPECIFICI DI CULTURA PROFESSIONALE

### 1.1 - Trazione Ferroviaria

1.1.2	E. PRINCIPE - "Impianti di climatizzazione delle carrozze FS" .....	€ 10,00
1.1.4	E. PRINCIPE - "Convertitori statici sulle carrozze FS" (ristampa) .....	€ 15,00
1.1.5	G. BINI-F. FIORETTI-R. ZECCHI - "Locomotive Elettriche E.424" (Testo e Figure fuori testo) .....	€ 15,00
1.1.6	E. PRINCIPE - "Impianti di riscaldamento ad aria soffiata" (Vol. 1° e 2°) .....	€ 20,00
1.1.7	E. MASI-G. TIMMONERI - "Automatrici Elettriche Gr. Ale 801 - 940 rimorchi Gr. Le 108" (Testo e Tavole) .....	€ 30,00
1.1.8	G. PIRO-G. VICUNA - "Il materiale rotabile motore" .....	€ 20,00
1.1.9	G. PIRO - "Materiale rotabile e norme di esercizio FS" .....	€ 15,00
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 - Armamento ferroviario

1.2.1	L. CORVINO - "Saldatura alluminotermica ed elettrica a scintillo delle rotaie" (Vol. 4°) .....	€ 15,00
1.2.2	L. CORVINO - "Costituzione, controllo e manutenzione delle lunghe rotaie saldate" (Vol. 5°) .....	€ 10,00
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	L. CORVINO - "La termica del binario" (Vol. 7°) .....	€ 10,00

### 1.3 - Impianti Elettrici Ferroviari

1.3.1	V. FINZI-L. GERINI - "Blocco automatico a correnti codificate T. Westinghouse" (Quaderno 2) .....	€ 8,00
1.3.2	V. FINZI-F. BRANCACCIO-E. ANTONELLI - "Apparati centrali a pulsanti di itinerario" (Quaderno 3) .....	€ 8,00
1.3.3	V. FINZI-M. FRECCERO-G.B. TRAVERSO-S. TRAVINI - "Esercitazioni pratiche di elettrotecnica" (Quaderno 11) .....	€ 8,00
1.3.4	P.E. DEBARBIER-F. VALDAMBRINI-E. ANTONELLI - "A.C.E.I. telecomandi per linee a semplice binario" (Quaderno 12) .....	€ 15,00
1.3.5	V. FINZI-G. CERULLO-B. COSTA-E. ANTONELLI-N. FORMICOLA - "A.C.E.I. nuova serie" (Quaderno 13) .....	€ 20,00
1.3.6	V. FINZI - "I segnali luminosi" .....	€ 15,00
1.3.10	L. FINZI - "Impianti di sicurezza: Apparecchiature" (Vol. 4° - parte I) .....	€ 30,00
1.3.11	V. FINZI (ed. COEDIT) - "Impianti di sicurezza" (parte II) .....	€ 25,00
1.3.12	V. FINZI (ed. COEDIT) - "Trazione elettrica. Le linee primarie e sottostazioni" .....	€ 30,00
1.3.13	V. FINZI (ed. COEDIT) - "Trazione elettrica. Linee di contatto" .....	€ 30,00
1.3.14	P. DE PALATIS-P. MARI-R. RICCIARDI - "Commento alla nuova istruzione del blocco elettrico automatico" .....	€ 15,00
1.3.15	E. DE BONI-E. TARTAGLIA - "Il Coordinamento dell'isolamento protezione contro sovratensioni" .....	€ 25,00
1.3.16	A. FUMI - "La gestione degli Impianti Elettrici Ferroviari" .....	€ 35,00

## 2 - TESTI GENERALI DI FORMAZIONE ED AGGIORNAMENTO

2.1	G. VICUNA - "Organizzazione e tecnica ferroviaria" ..	€ 40,00
2.2	L. MAYER - "Impianti ferroviari - Tecnica ed Esercizio" (Nuova edizione a cura di P.L. GUIDA-E. MILIZIA) .....	€ 50,00
2.3	P. DE PALATIS - "Regolamenti e sicurezza della circolazione ferroviaria" .....	€ 25,00
2.5	G. BONO-C. FOCACCI-S. LANNI - "La Sovrastruttura Ferroviaria" .....	€ 50,00
2.6	G. BONORA-L. FOCACCI - "Funzionalità e Progettazione degli Impianti Ferroviari" .....	€ 50,00
2.7	F. CESARI-V. RIZZO-L. LUCCHETTI - "Elementi generali dell'esercizio ferroviario" .....	€ 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	F. PRINCIPE - "Il veicolo ferroviario - Carrozze e carri" ..	€ 20,00
2.17	V. NUZZO - "La stazione ferroviaria verso l'alta velocità" ..	€ 35,00
2.18	B. CIRILLO - L.C. COMASTRI - P.L. GUIDA - A. VENTIMIGLIA - "L'Alta Velocità Ferroviaria" .....	€ 40,00

## 3 - TESTI DI CARATTERE STORICO

3.1	G. PAVONE - "Riccardo Bianchi: una vita per le Ferrovie Italiane" .....	€ 15,00
3.2	E. PRINCIPE - "Le carrozze italiane" .....	€ 50,00
3.3	G. PALAZZOLO - CD-ROM - "Cento Anni per la Sicilia" ..	€ 6,00
3.4	DVD - "La Storia delle Ferrovie in Italia" .....	€ 20,00

## 4 - ATTI CONVEGNI

4.1	NAPOLI - "Ricerca e sviluppo nei sistemi ferroviari" (9-10 maggio 2003) .....	€ 40,00
4.2	BELGIRATE - "Ristorazione e servizi di bordo treno" (19-20 giugno 2003) .....	€ 20,00
4.3	TORINO - "Innovazione nei trasporti (3 giugno 2003)" ..	€ 15,00
4.4	ROMA - "Next Station", bilingue italo inglese (3-4 febbraio 2005) .....	€ 40,00
4.5	LECCE - "Ferrovie e territorio in Puglia" (4 dicembre 2006) ..	€ 22,00
4.6	ROMA - "Stazioni Ferroviarie Italiane" (4 luglio 2007) ..	€ 40,00
4.7	TORINO - "Convegno sull'alta velocità/alta capacità" (20-22 maggio 2008) .....	esaurito
4.8	ROMA - CD "Nuove tecnologie per la sicurezza e l'Alta Velocità ferroviaria" (8 settembre 2008) .....	esaurito
4.9	BARI - DVD "Stato dell'arte e nuove progettualità per la rete ferroviaria pugliese" (6 giugno 2008) .....	€ 15,00

N.B.: I prezzi indicati sono comprensivi dell'I.V.A. Gli acquisti delle pubblicazioni, con pagamento anticipato, possono essere effettuati mediante versamento sul conto corrente postale 31569007 intestato al Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani, Via Giolitti, 48 - 00185 Roma o tramite bonifico bancario c/c n.100000000008 Istituto Intesa S. Paolo - Stazione Termini - ABI 03069 CAB 03235 CIN "O", IBAN IT80 0 030 6903 2351 0000 0000 008 - BIC BCITITMM. La ricevuta del versamento dovrà essere inviata unitamente al modulo sottostante. Per spedizioni l'importo del versamento dovrà essere aumentato del 10% per spese postali. **Sconto alle librerie su richiesta.**

Sconto del 20% per i soci CIFI (individuali, collettivi e loro dipendenti)

Sconto del 15% per gli studenti universitari

## Modulo per la richiesta dei volumi

(da compilare e inviare per posta ordinaria o via e-mail o via fax unitamente alla ricevuta di versamento)

Richiedente: (Cognome e Nome) .....

Indirizzo: ..... Telefono: .....

P. I.V.A.: ..... C.F.: .....

(Si ricorda che l'inserimento della Partita I.V.A. o del Codice Fiscale è obbligatorio)

Conferma con il presente l'ordine d'acquisto per:

n. .... (in lettere .....) copie del seguente volume:

.....  
 .....

La consegna dovrà avvenire al seguente indirizzo:

.....  
 .....

Data .....

**Si allega la ricevuta del versamento**

**Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani (P.I. 00929941003)**

Via Giolitti, 48 - 00185 Roma - Tel. 06/4882129-06/4742986 - Fs 06/4730/6825 - Fax 06/4742987 e-mail: [cifi@mclink.it](mailto:cifi@mclink.it) - [biblioteca@cifi.it](http://biblioteca@cifi.it)

## IF Biblio

### INDICE PER CAPITOLI

- 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 SEGNALE E CONTROLLO DELLA CIRCOLAZIONE - COMPONENTI  
19 - SICUREZZA DELL'ESERCIZIO FERROVIARIO  
20 - CIRCOLAZIONE DEI TRENI
- 21 - IMPIANTI DI STAZIONE E NODALE E LORO ESERCIZIO  
22 - FABBRICATI VIAGGIATORI  
23 - IMPIANTI PER SERVIZIO MERCI E LORO ESERCIZIO
- 24 - IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA
- 25 - METROPOLITANE, SUBURBANE  
26 - TRAM E 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 - .....  
40 - 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.

Anche il primo quinquennio degli anni 2000 è stato per INGEGNERIA FERROVIARIA particolarmente ricco di memorie e numeri speciali caratterizzati da elevato contenuto tecnico e scientifico. È quindi con piacere che la Rivista presenta ai suoi lettori la ormai tradizionale selezione di monografie sui principali argomenti di tecnica ferroviaria trattati in questo periodo.

La Rivista si augura in tal modo di venire incontro, come per il passato, alle esigenze di un'utenza attenta e qualificata, composta da studiosi e professionisti, da uffici e centri studi dell'industria, delle imprese costruttrici, delle amministrazioni ferroviarie e dei trasporti di massa.

Per ogni argomento sono riportati i nomi degli Autori che vi hanno contribuito, elencati in ordine alfabetico.

**Condizioni di pagamento:** Versamento in c.c.p. N. 31569007 intestato a "Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani" – Via Giolitti, 48 – 00185 ROMA, indicando il titolo delle monografie. Ai Soci CIFI ed ai dipendenti dei Soci Collettivi viene praticato lo sconto del 20% sui prezzi appresso indicati, che sono comprensivi dell'IVA. Le stesse condizioni sono riservate agli studenti universitari, di facoltà tecniche ed economiche, previa presentazione di un certificato di iscrizione all'anno accademico in corso.

Le monografie vengono fornite in estratto originale e, ad esaurimento di questi, in fotocopia.

### 00.1.1) ARMAMENTO

n. 14 memorie – Autori: Acquati, Boccione, Bugarin, Catalini, Cavagna, Cioffi, Collina, Corazza, Crispino, Di Ilario, Diana, Garzia Diaz-de-Villegas, Hifumi, Jovanovic, Kajon, Katsutoshi, Korpanec, Lanni, Monaco, Natoni, Pacciani, Pagliari, Pezzoli, Pisu, Vigano ..... € 35

### 00.1.2) CORPO STRADALE

n. 11 Memorie – Autori: Burchi, Cheli, Chiorboli, Cicognani, Daghini, De Gregorio, Della Vedova, Di Nuzzo, Evangelista, Garassino, Giuliani, Gizzi, Impellizzeri, Isi, Maraschin, Miazzon, Migliacci, Montepara, Morano, Petrangeli, Pezzati, Polastri, Tomaselli ..... € 30

### 00.1.3) DINAMICA DELLA LOCOMOZIONE

n. 18 Memorie - Autori: Belfiore, Benigni, Bianchi, Bonadero, Borrelli, Bracciali, Braghin, Bruni, Cantini, Cascini, Castellazzi, Cervello, Cigada, D'Aprile, Diana, Falessi, Ghidini, Lezzerini, Licciardello, Malvezzi, Panella, Pau, Pieralli, Presciani, Pugi, Resta, Rinchi, Salvini, Scepi, Toni, Vivio, Vullo ..... € 40

### 00.1.4) FABBRICATI VIAGGIATORI

n. 6 Memorie - Autori: Albero, Antonilli, Chillemi, D'Amico, D'Angelo, Lensi, Martini, Marzilli, Rota, Scarselli, Zallocco ..... € 15

### 00.1.5) METROPOLITANE E SUBURBANE

n. 9 Memorie - Autori: Arcangeli, Averardi, Bocchetti, Bugarin, Calamani, Cantamessa, Cesetti, Coero Borgia, Corsi, D'Armini, Esposito, Fagiolini, Fusco, Garetto, Giovanetti, Martinetto, Martinez, Morassutti, Musso, Novales, Orso, Palin, Panaro, Piccioni, Sasso, Torassa, Villa, Vinci ..... € 30

### 00.1.6) PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI

n. 5 Memorie - Autori: Cesetti, Lupi, Mantecchini, Panagin F., Panagin R., Rupi, Salerno, De Luca ... € 15

### 00.1.8) PROBLEMI DELLE GRANDI STAZIONI

n. 11 Memorie - Autori: Antognoli, Antonilli, Bardelli, Buonanno, Chiodi, Corazza, Cosulich, De Benedictis, Delfino, De Vita, Di Marco, Franceschini, Galaverna, Giovine, Guida, Losa, Malavasi, Murrini, Pezzati, Ricci, Tramonti ..... € 35

### 00.1.9) PROGETTAZIONE DEI ROTABILI

n. 14 Memorie – Autori: Bandelloni, Cantini, Cau, De Carlo, De Curtis, Dilani, Falco, Ghidini, Gori, Maluta, Michelagnoli, Milani, Moro, Oddo, Panagin F. Panagin R., Piro, Poggesi, Raspini, Silva ..... € 40

### 00.1.10) PROGETTI E REALIZZAZIONI FERROVIARIE IN ITALIA

n. 7 Memorie - Autori: Abruzzo, Alei, Benigni, Berardi, Cassino, Cingano, Ciochetta, De Falco, Fabbri, Facchin, Iacono, Kure, Mantegazza, Orlandi D., Orlandi P., Rocchia, Segrini, Skiller, Ventre ..... € 20

### 00.1.11) PROGETTI E REALIZZAZIONI FERROVIARIE ALL'ESTERO

n. 5 Memorie – Autori: Barron de Angotti, Buri, Diana, Estradè Panadès, Guglielmetti, Lopez Pita, Marini ..... € 15

### 00.1.12) SEGNALAMENTO E SICUREZZA

n. 18 Memorie – Autori: Amendola, Angeloni, Antonelli, Bianchi, Brignolo, Brugo, Cannavacchio, Capecci, Cardanico, Caroli, Costa, Dall'Orto, De Vita, Di Marco, Di Martire, Farneschi, Fauda, Ferrando, Finocchiaro, Fois, Giovine, Girelli, Leone, Maisto, Malesi, Mantovani, Marengo, Martinelli, Martorella, Milani, Montaldo, Paccapelo, Pasqualis, Pezzati, Pinasco, Pizzella, Ricci, Roselli, Saulino, Scarpucci, Sestini, Talerico, Tartaglia, Torielli, Valfrè, Vezzani, Vivaldi ..... € 50

### 00.1.13) TELECOMUNICAZIONI

n. 6 Memorie - Autori: Coraiola, Di Maio, Di Mario, Iacomino, Lucca, Senatore, Simeoni, Zucchelli ..... € 15

### 00.1.14) TRAM E FILOBUS

n. 8 Memorie – Autori: Bonuglia, Caccia, Campisano, Cerquetani, Cheli, Corradi, Diana, Emili, Lionetti, Lopes, Manigrasso, Molinari, Pendenza, Pyrgidis, Riccini, Rossetti, Spadaccino ..... € 18

### 00.1.16) TRAZIONE ELETTRICA

**a) Impianti**  
n. 12 Memorie – Autori: Accattatis, Benato, Castagna, Cattani, Cazzani, Contini, Corazza, Fazio, Fellin, Fumi, Guidi Buffarini Giuseppe, Guidi Buffarini Guido, Luzi, Martinetto, Mauro, Morassutti, Palazzini, Paolucci, Piro, Pisano, Raspini, Ricciardella, Spagnoletti, Torassa, Villa ... € 35

**b) Materiale rotabile**  
n. 3 Memorie – Autori: Bruno, Carillo, Landi, Mantero, Mingozzi, Papi, Sani, Stabile, Violi ..... € 10

### 00.1.17) ESERCIZIO FERROVIARIO – CIRCOLAZIONE – NORMATIVE

n. 13 Memorie – Autori: Campisano, Caruso, Colombi, D'Elia, Delfino, Ferretti, Focacci, Follesa, Galatola, Galaverna, Martini, Migliorini, Pellandini, Petriccione, Ragazzoni, Sacchi, Troiano, Ver-nazza ..... € 40

### 00.1.18) IMPATTO AMBIENTALE

n. 2 Memorie – Autori: Centazzo, Gentile, Rendina, Ricci, Volpe ..... € 10

### 00.1.19) STORIA DELLE FERROVIE

n. 4 Memorie – Autori: Chillemi, Crisafulli, Galli, Guidi Buffarini Giuseppe, Pavone ..... € 10

### 00.1.25) TRASPORTI NON CONVENZIONALI

n. 4 Memorie – Autori: Chiricozzi, Crisi, Delle Site, Di Majo, D'Ovidio, Lanzara, Navarra, Pelino, Saini, Taglieri, Villani ..... € 10

	IF Biblio	Carri	5
<p>Y o</p>	<p>01 Innovazioni nel trasporto merci (WACH-KLEEMANN-STOERZINGER) <i>Innovationen fuer den Gueterverkehr</i> <i>ZEV Glasers Annalen – Sonderheft Graz 2002</i>, pagg. 180-185, figg. 6.</p> <p>Componentistica innovativa, aggancio automatico, de- lettori di svio, freni a disco in alluminio ed altro.</p>	<p>(POCATERRA-DE BENEDETTO) <i>La Tecnica Professionale</i>, marzo 2005, pagg. 5-10, figg. 9.</p>	
	<p>02 Impulso al mercato europeo dei veicoli mer- ci dalle soluzioni americane della Trinity Rail (HALTMANN) <i>Impulse für den europäischen Güterwagen- markt durch den Einstieg amerikanischen Produzenten am Beispiel Trinity Rail</i> <i>ZEV Glasers Annalen – Sonderheft Graz 2002</i>, pagg. 186-188, figg. 2.</p> <p>Breve nota su un tentativo di introdurre carri di conce- zione americana nel mercato europeo.</p>	<p>07 L'attesa dei riparandi (PUCCIA) <i>La Tecnica Professionale</i>, marzo 2006, pagg. 37-40, figg. 6.</p> <p>08 Il progetto LNT riguardante carri piatti con ri- dotta rumorosità (MINGOZZI-PRESLE-RUTZ) <i>Das LNT- Projekt, Larmarme Flachgüterwagen</i> <i>ETR</i>, gennaio-febbraio 2007, pagg. 56-59, figg. 7. Biblio 10 titoli.</p> <p>Ceppi in materiale sintetico e verniciatura acusticamen- te isolante delle ruote consentono di ottenere una di- screta riduzione del rumore emesso fino alla velocità di 80 km/h.</p>	
	<p>03 Il complesso "Hcceerrs 330" per trasporto di automobili (BEIER) <i>The "Hcceerrs 330" Auto Carrier</i> <i>RTR Railway Technical Review</i>, gennaio 2004, pagg. 39-44, figg. 9.</p> <p>Il complesso "Hcceerrs 330" è composto da quattro se- zioni a due piani. La struttura di tipo chiuso offre prote- zione del carico dagli agenti esterni, consentendo così l'eliminazione delle lunghe e costose operazioni neces- sarie con i carri tradizionali. Il carico e lo scarico delle vetture è facilitato da appositi sistemi idraulici che, oltre ad agevolare il lavoro degli operatori, riducono anche il rumore rispetto a prima.</p>	<p>09 Il carro silenzioso per il trasporto di dolomia polverulenta (POS-PEN) <i>Der leise Dolomit-Shuttle</i> <i>EI, der Eisenbahningenieur</i>, febbraio 2007, pagg. 30- 34, figg. 11. Biblio 5 titoli.</p> <p>Rapporto sulla riduzione di rumorosità ottenuta con l'im- piego di ceppi da freno in materiale sintetico e risuona- tori antirumore applicati alle ruote.</p>	
	<p>04 Moderni carri come fattore concorrenziale nel parco della Railion Deutschland AG (ENGELMANN) <i>Moderne Fahrzeuge als Wettbewerbsfaktor im Güterwagenpark der Railion Deutschland</i> <i>ETR</i>, maggio 2004, pagg. 295-300, figg. 15.</p>	<p>10 Identificazione dei carri merci mediante let- tura ottica del numero di matricola (GENZ) <i>Identifizierung von Güterwagen mit opti- scher Nummererkennung</i> <i>EI, Eisenbahningenieur</i>, ottobre 2008, pagg. 36-38, figg. 4.</p>	
	<p>05 Caratteristiche dei carri del parco di TREN- TALIA (PAGNONI-CRUPANO-FRANCESCHINI) <i>La Tecnica Professionale</i>, gennaio 2005, pagg. 33-35, figg. 6.</p>	<p>11 La certificazione dei contenitori dei carri merci (SCHWEINSBERG) <i>Die Zertifizierung von Güterwagenbehältern</i> <i>ETR</i>, maggio 2009, pagg. 247-254, figg. 5. Biblio 6 titoli.</p>	
	<p>06 I carri ultrabassi Saadkms di Global Logi- stics</p>	<p>12 I nuovi carri delle ferrovie italiane (PRINCIPE) <i>La Tecnica Professionale</i>, ottobre 2009, pagg. 31-41, figg. 21. Biblio 2 titoli.</p>	

## AGENDA FERROVIARIA CIFI 2010

È stata pubblicata l'AGENDA FERROVIARIA 2010, dedicata ai 50 anni dall'immissione in servizio del primo treno ETR250 "Arlecchino", uno dei prestigiosi esempi dell'eccellenza dei treni italiani.

### CONTENUTI

- I Indice e presentazione del Presidente
- II Avvenimenti e celebrazioni dell'anno
- III Organigramma del C.I.F.I. con indirizzi e numeri telefonici
- IV Pagine pubblicitarie (distribuite nel testo)
- V Pagine Agenda settimanale
- VI U.I.C., Amministrazioni Ferroviarie Europee ed altre organizzazioni internazionali del trasporto su rotaia
- VII Commissione Europea, Direzione Generale Energia e Trasporti
- VIII Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Dipartimento dei Trasporti Terrestri
- IX Gruppo FS - altre Imprese Ferroviarie - Imprese Intermodali
- X Assessorati Regionali Trasporti - Società di Trasporto Pubblico Locale
- XI Organizzazioni sindacali, sociali e culturali del settore trasporti
- XII Ordini degli Ingegneri
- XIII Elenco Soci Collettivi del C.I.F.I.
- XIV Elenco Soci SIDT (Società Italiana Docenti Trasporti)
- XV Repertorio Industrie
- XVI Indice alfabetico dei nominativi dei dirigenti nominati nell'Agenda
- XVII Rubrica telefonica

In relazione alle attuali normative sulla privacy, è possibile che alcuni Organigrammi possano avere variazioni rispetto all'edizione 2008.

Il costo dell'Agenda è fissato in € 25.00 comprensive di IVA (20%) e spese di spedizione (€ 20.00 per i Soci CIFI).

Per le inserzioni pubblicitarie, gli interessati possono prendere contatti con la Sig.ra Grillo (Tel. 06/4742986 - Fax 06/4742987) - [biblioteca@cifi.it](mailto:biblioteca@cifi.it) nonché consultare il sito [www.cifi.it](http://www.cifi.it).  
Per ordinativi è richiesto l'invio di pagamento anticipato mediante c.c.p. n. 31569007 intestato al Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani, Via Giolitti, 48 - 00185 Roma, - oppure tramite bonifico bancario: IBAN IT80 0 030 6903235100000000008 - BIC BCITITMM- Intesa S. Paolo Stazione Roma Termini Agenzia 39.

	IF Biblio	<b>Politica ed economia dei trasporti, tariffe</b>	<b>27</b>
	<p>30 Considerazioni sul controllo delle quantità nei contratti basati su prezzi unitari (HEINISCH) <i>Überlegungen zum Mengenkontrolle bei Einheitspreisverträgen</i> <i>EI, Eisenbahningenieur</i>, marzo 2008, pagg. 22-24.</p> <hr/> <p>31 Il significato dello sviluppo di un progetto per la stabilità dei costi (HARTIG) <i>Die Bedeutung der Projektentwicklung für die Kosten Stabilität</i> <i>ETR</i>, giugno 2008, pagg. 406-409.</p> <hr/> <p>32 Riconoscere il valore generale delle ferrovie (BURNS) <i>Recognising the total value of railways</i> <i>Railway Gazette</i>, settembre 2008, pagg. 660-672, figg. 7.  La tesi sostenuta è che le ferrovie producono benefici alla società, per cui tocca ai governi far sì che essi vengano riconosciuti e compensati.</p> <hr/> <p>33 Le riforme del mercato rivitalizzano il trasporto merci per ferrovie in Europa (DREW) <i>Market reforms revitalise European rail freight</i> <i>Railway Gazette</i>, settembre 2008, pagg. 675-691, fig. 10.  Analisi degli effetti positivi della concorrenza introdotta con la separazione dell'infrastruttura in tre nazioni europee.</p> <hr/> <p>34 Irregolarità della normativa ferroviaria (KUNZ) <i>Ordnungswidrigkeiten im Eisenbahnwesen</i> <i>EI, Eisenbahningenieur</i>, ottobre 2008, pagg. 51-52.</p> <hr/> <p>35 2007, un'annata record per l'industria ferroviaria francese (CHARLANNE) <i>2007, un'année record pour l'industrie ferroviaire française</i> <i>Revue Générale des Chemins de Fer</i>, novembre 2008, pagg. 57-59.  Interessante rassegna di dati riguardanti le forniture di materiale ferroviario all'interno e all'estero.</p>	<p>36 Un (altro) anno di ferrovia (VENTIMIGLIA) <i>La Tecnica Professionale</i>, ottobre 2008, pagg. 8-26, figg. 18.</p> <hr/> <p>37 Esiste un potenziale di crescita per le ferrovie nonostante i limiti dell'infrastruttura? (VARI) <i>Wachstumspotenziale der Bahnen trotz begrenzter Infrastruktur?</i> <i>ZEVrail</i>, gennaio-febbraio 2009, pagg. 16-41.  Vari autori esaminano il tema di cui al titolo sotto il profilo economico, politico, degli operatori e della clientela.</p> <hr/> <p>38 Problemi ed avanzamenti con l'introduzione della carta elettronica nelle NS (BADCOCK) <i>OV Chipkaart roll out creeps forward</i> <i>Railway Gazette</i>, gennaio 2009, pagg. 41-43, figg. 4.</p> <hr/> <p>39 Interoperabilità ad absurdum (GODDE) <i>Interoperabilitat ad absurdum</i> <i>ETR</i>, maggio 2009, pagg. 253-258, figg. 5. Biblio 8 titoli.  Le nuove direttive europee che regolano il transito transfrontaliero della UE sono emesse da un organismo politico sopranazionale, mentre in precedenza esse derivavano da accordi fra le reti ferroviarie. Analisi delle conseguenze.</p> <hr/> <p>40 Le serie storiche e i loro legami con l'economia (GAUDRY) <i>Séries historiques et découplage transport-économie</i> <i>Revue Générale des Chemins de Fer</i>, maggio 2009, pagg. 27-32, figg. 7. Biblio 14 titoli.  Evidenziazione degli stretti legami fra i parametri dell'economia e quelli del trasporto in Europa e negli USA conferma della loro permanenza anche nel futuro.</p> <hr/> <p>41 L'importanza dell'ingegneria dei sistemi per l'esercizio e lo sviluppo delle ferrovie (DREIMANN) <i>Bedeutung der Bahnsystemtechnik für Betrieb und Entwicklung</i> <i>ZEVrail</i>, agosto 2009, pagg. 307-313, figg. 3.</p>	

IF Biblio	<b>Politica ed economia dei trasporti, tariffe</b>	<b>27</b>
-----------	--	-----------

La scelta di una soluzione tecnica ottimale scaturisce anche da considerazioni economico-finanziarie. Proposta di un nuovo metodo di analisi combinata.

stato lo strumento determinante per la corresponsione delle somme dovute.

42 European performance regime

(GIOVINE-DI VECE)

*Ingegneria Ferroviaria*, settembre 2009, pagg. 773-789, figg. 16. Biblio 6 titoli.

14 La tariffazione dell'infrastruttura ferroviaria e la posta economica in gioco, dalla teoria alla pratica: la riforma del 2008

(DEHORNOY)

*La tarification d'infrastructure ferroviaire et les enjeux économique, de la théorie à la pratique: la réforme de 2008*

*Revue Générale des Chemins de Fer*, ottobre 2009, pagg. 7-17, figg. 7.

43 Un esercizio più affidabile della nuova linea AV HSL-Zuid

(JANSSEN)

*Zuverlässiger Betrieb auf der Hochgeschwindigkeitsstrecke HSL Zuid*

*ETR*, ottobre 2009, pagg. 550-554, figg. 4.

Linea AV realizzata in Olanda con finanziamento pubblico-privato. La capacità operativa dei tratti approntati è

Attraverso la strutturazione della tariffa d'uso dell'infrastruttura lo Stato da una risposta indiretta alle grandi questioni della politica ferroviaria. Numerose considerazioni ed applicazioni numeriche.

Indice Analitico della **"RIVISTA TECNICA DELLE FERROVIE ITALIANE"** 1912-1939 con supplementi 1940-42 e 1943-44.

Uno strumento indispensabile per conoscere la storia dell'ingegneria ferroviaria italiana.

Riproduzione in fotocopia da originale di n. 222 pagine – Fascicolo formato A4, legata all'americana - **Prezzo € 20,66, I.V.A. inclusa, più spese di spedizione.**

Versamento su c.c.p. n. 31569007 intestato a **"Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani"** – Via Giolitti, 48 – 00185 ROMA

Indici analitici di **"INGEGNERIA FERROVIARIA"** dal 1946 ad oggi

In vendita in fascicolo estratto originale o in fotocopia per le annate più lontane.

Prezzo di un fascicolo € 5,16 per le annate dal 1980 e € 7,75 per quelle anteriori. I prezzi su indicati si intendono comprensivi di IVA e spese di spedizione.

Per ordinativi superiori a 10 fascicoli si applica lo sconto del 20%.

Per informazioni rivolgersi alla Redazione della Rivista: tel. 06/48.27.116. Importo da versare su c.c.p. n. 31569007 intestato a **"Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani"** – Via Giolitti, 48 – 00185 ROMA

## CONDIZIONI DI ABBONAMENTO ALLA RIVISTA E DI ASSOCIAZIONE AL CIFI

### ABBONAMENTI ANNO 2010

– <b>Ordinari</b>	€/anno	75,00
– Per il personale <i>non ingegnere</i> del Ministero delle Infrastrutture, e dei Trasporti, delle Ferrovie e Tranvie in concessione e Pensionati FS	€/anno	40,00
– <b>Studenti</b> (allegare certificato di frequenza Università) <sup>(*)</sup>	€/anno	20,00
– <b>Estero CE</b>	€/anno	130,00
– <b>Estero Paesi extra CE</b>	€/anno	150,00

(\*) Gli **Studenti**, fino al compimento del 28° anno di età, possono iscriversi al CIFI quali **Soci Juniores** con una quota annua di € 15,00 che include l'invio gratuito della Rivista.

I pagamenti possono essere effettuati tramite c.c.p. n. **31569007** intestato a Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani – Via Giolitti, 48 – 00185 ROMA, indicando chiaramente la causale del versamento.

**Gli abbonamenti, se non disdetti, vengono rinnovati d'ufficio; le disdette debbono pervenire entro il 31 ottobre di ciascun anno. Onde evitare la sospensione dell'invio della rivista, la sottoscrizione degli abbonamenti deve essere effettuata entro il 31 marzo dell'annata richiesta. Per gli abbonamenti sottoscritti dopo tale data, le spese postali per spedizione di numeri arretrati saranno a carico del richiedente.**

Per ulteriori informazioni: Redazione Ingegneria Ferroviaria – tel. 06/4827116 –E mail: redazioneif@cifi.it.

### QUOTE DI ASSOCIAZIONE AL CIFI PER L'ANNO 2010

– Soci <b>Ordinari e Aggregati</b>	€/anno	62,00
– Soci <b>Ordinari e Aggregati</b> abbonati a “La Tecnica Professionale”	€/anno	80,00
– Soci <b>Ordinari e Aggregati</b> fino a 35 anni	€/anno	31,00
– Soci <b>Ordinari e Aggregati</b> fino a 35 anni abbonati a “La Tecnica Professionale”	€/anno	49,00
– Soci <b>Juniores</b> (studenti fino a 28 anni)	€/anno	15,00
– Soci <b>Juniores</b> (studenti fino a 28 anni) abbonati a “La Tecnica Professionale”	€/anno	25,00
– Soci <b>Collettivi</b>	€/anno	530,00

**La quota di Associazione 2010, include l'invio della Rivista Ingegneria Ferroviaria.**

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

Il modulo di associazione è disponibile sul sito internet [www.cifi.it](http://www.cifi.it) alla voce “Associarsi” e l'iscrizione decorre dopo il versamento della quota associativa sul c.c.p. 31569007 intestato al CIFI – Via Giolitti, 48 – 00185 Roma o mediante bonifico bancario sul c/c n. 100000000008 – Istituto Bancario Intesa S. Paolo Agenzia 39 Roma Termini – ABI 03069 – CAB 03235 – CIN: “O” - IBAN IT80 003069032351 0000 0000 008 BIC BCITITMM.

Per il personale FS Spa o ITALFERR Spa è possibile versare la quota annuale valida solo per l'importo di € **62,00** con trattenuta a ruolo compilando il modulo per la delega disponibile sul sito. Il versamento per l'abbonamento annuale alla rivista *La Tecnica Professionale* di € **18,00** deve essere effettuato sul c.c.p. 31569007 intestato al CIFI – Via Giolitti 48 – 00185 Roma.

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

Per ulteriori informazioni: Segreteria Generale – tel. 06/4882129 – FS 66825 – E mail: areasoci@cifi.it

### RICHIESTA FASCICOLI ARRETRATI

Un fascicolo € **8,00**; doppio o speciale € **16,00**; un fascicolo arretrato: *Italia* € **16,00**; *CE* € **19,50**; *USA* \$ **25,00**. Supplemento aereo Europa e Bacino mediterraneo € **54,00** – Supplemento aereo Continenti extraeuropei *USA* \$ **100**.

Estratto di un singolo articolo apparso su un numero arretrato € 5,20, IVA assolta dall'Editore ai sensi dell'art. 74, 1° comma, lett. c), D.P.R. 633/1972 e successive modificazioni; ad esaurimento degli originali, gli estratti vengono riprodotti in fotocopia al prezzo di € **6,20** + IVA (20%) cadauno.

I pagamenti potranno essere eseguiti sul c.c.p. sopra menzionato.

# Monografie DI INGEGNERIA FERROVIARIA

## seconda serie

Anche il secondo quinquennio degli anni '90 è stato per I.F. particolarmente ricco di memorie e numeri speciali caratterizzati da elevato contenuto tecnico e scientifico. È quindi con piacere che la Rivista presenta ai suoi lettori la ormai tradizionale selezione di monografie sui principali argomenti di tecnica ferroviaria trattati in questo periodo.

La Rivista si augura in tal modo di venire incontro, come per il passato, alle esigenze di un'utenza attenta e qualificata, composta da studiosi e professionisti, da uffici e centri studi della industria, delle imprese costruttrici, delle amministrazioni ferroviarie e dei trasporti di massa.

Per ogni argomento sono riportati i nomi degli Autori che vi hanno contribuito, elencati in ordine alfabetico.

**Condizioni di pagamento:** Versamento in c.c.p. N. 31569007 intestato a "Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani" – Via Giolitti, 48 – 00185 ROMA, indicando il titolo delle monografie. Ai Soci CIFI ed ai dipendenti dei Soci Collettivi viene praticato lo sconto del 20% sui prezzi appresso indicati, che sono comprensivi dell'IVA. Le stesse condizioni sono riservate agli studenti universitari, di facoltà tecniche ed economiche, previa presentazione di un certificato di iscrizione all'anno accademico in corso.

Le monografie vengono fornite in estratto originale e, ad esaurimento di questi, in fotocopia.

<b>90.2.1) ARMAMENTO</b>	Marzullo, Mattioli Guidarelli, Misiti, Monorchio, Nicchiniello, Oriandi, Pagani, Paoletti, Pasquali, Pedicini, Petriccione, Ricceri, Rizzardi, Sarnataro, Savini Nicci, Sciuotto, Simonini, Traverso, Vaciago, Vicentini, Walrave ..... €	78	
n. 11 memorie – Autori: Accattatis, Ando, Bracciali, Bruni, Cascini, Cheli, Coletti, Collina, Corridoni, Diana, Estrade Panades, Hansaka, Kubomura, Lopez Pita, Malavasi, Mifune, Natoni, Phillips, Rieger, Romani, Sappino, Sheen, Wenty ..... €	31		
<b>90.2.2) CORPO STRADALE</b>	<b>90.2.12) SEGNALAMENTO E SICUREZZA</b>		
n. 13 memorie – Autori: AA.VV., Bono, Calzona, Clemenza, Colella, Coli, Dagrada, Del Grosso, Di Giangiacomo, Dolara, Gervasi, Lunardi, Marchese, Marino, Misiti, Modugno, Monaco, Persia, Pezzati, Poma, Roccia, Sdoga, Steiner ..... €	37	n. 19 memorie – Autori: Altamura, Ansuini, Berieau, Berlincioni, Biagiotti, Boccalaro, Capparella, Carganico, Cesario, Colella, Conti Pourger, Filippini, Firpo, Foschi, Fossati, Francone, Freneaux, Galaverna, Guasconi, Guido, Idili, Malaspina, Marino, Morzenti, Mosca, Patrignani, Penna, Petrilli, Pezzati, Poggio, Ricci B., Ricci S., Schreiber, Scordato, Stafferini, Vocca €	42
<b>90.2.3) DINAMICA DELLA LOCOMOZIONE</b>	<b>90.2.14) TRAM E FILOBUS</b>		
n. 11 memorie – Autori: Baron, Bourguet, Bracciali, Cascini, Corazza, Corona, Joly, Licciardello, Losi, Malavasi, Mancini, Marccone, Orso, Panagin R., Panagin F., Pau, Pier, Redko, Serebryanyi, Ushkalov, Vedani, Vigliani ..... €	31	n. 4 memorie – Autori: Ferrari, Moriconi, Muller, Paci, Pendenza, Rossetti ..... €	11
<b>90.2.5) METROPOLITANE E SUBURBANE</b>	<b>90.2.15) TRASPORTI INTERMODALI</b>		
n. 25 memorie – Autori: Abbadessa, Adinolfi, Barra Caracciolo, Beltrame, Botti, Castelli, Ceron, Cirenei, Corazza, Dellasette, Di Mario, D'Ovidio, Fadda, Farnè, Fiocca, Giovine, Kluzer, Lamedica, Liberatore, Mazzei, Mihailescu, Moschi, Ogliari, Pastorelli, Peticaroli, Petruccelli, Pezzati, Prudenzi, Simut ..... €	52	n. 3 memorie – Autori: Massa, Mazzarino, Monticelli, Trevisan ..... €	8
<b>90.2.6) PIANIFICAZIONE DEI TRASPORTI</b>	<b>90.2.16) TRAZIONE ELETTRICA</b>		
n. 32 memorie – Autori: Abbadessa, Andronico, Astengo, Basoli, Bauda, Baumgartner, Bernard, Bonora, Brandi, Cavagnaro, Cesetti, Cirillo, Collevocchio, Crotti, De Lazzari, Ferretti, Galaverna, Heinisch, Imovilli, Incalza, Laganà, Larssons, Lucarno, Maestrini, Maraini, Morasso, Necci, Papaioannou, Pavone, Pronello, Rizzotti, Sciarrone, Sciuotto, Spirito, Walrave, Welsby, Winter ..... €	62	<b>a) Impianti</b> n. 35 memorie – Autori: Alberizzi, Antonacci, AA.VV., Bandinelli, Bazzoni, Benedetto, Bessi, Biondi, Capasso, Carlà, Cavallero, Cesario, Chiesa, Ciaccio, Conti, Cosulich, D'Ajello, De Boni, Fasciolo, Ferrazzini, Fumi, Galaverna, Gentile, Ghiara, Giorgi, Grandolfo, Guidi Buffarini G., Guidi Buffarini G., Iacomi, Iliceto, Laganà, Lamedica, Lazzari, Litardi, Monducci, Morelli, Pagnucci, Panaro, Paris, Pasquali, Pedeferrari, Pellerano, Perniceni, Prudenzi, Pulciati, Redaelli, Ricci, Solbiati, Tartaglia, Vecchia, Ventura, Zilembo €	78
<b>90.2.9) PROGETTAZIONE DEI ROTABILI</b>	<b>b) Materiale rotabile</b> n. 8 memorie – Autori: Carillo, Cesario, Cheli, Cirenei, Diana, Di Matteo, Miotto, Mugnano, Paci, Palazzini, Piro, Resta, Saviano, Ventura ..... €	26	
n. 22 memorie – Autori: Barberis, Belmonte, Biagi, Burchi, Campion, Caravello, Cau, Cavaliere, Coldewey, Cremonini, De Curtis, Di Majò, Dondolini, Feuerstack, Frediani, Fumero, Grenier, Kure, Labbadia, Maestrini, Margheri, Mattioli, Mignardi, Monfardini, Nerozzi, Olivo, Panagin, Perissinotto, Piro, Rogione, Sarnataro, Skiller, Spirito, Testart, Vitali, Zanuttini ..... €	52	<b>90.2.17) ESERCIZIO FERROVIARIO – CIRCOLAZIONE – NORMATIVE</b> n. 16 memorie – Autori: Baione, Canciani, Ciaccio, Ciuffini, Cozzi, Framba, Galaverna, Gattuso, Lamedica, Lanzavecchia, La Volpe, Longo, Malaspina, Malavasi, Melani, Milazzo, Ricci, Reitani, Rota, Saffi, Sarnataro, Sciuotto, Sposito, Zanolin ..... €	39
<b>90.2.11) PROGETTI E REALIZZAZIONI FERROVIARIE</b>	<b>90.2.18) IMPATTO AMBIENTALE</b>		
n. 39 memorie – Autori: Aliadiere, Alei, Banelli, Bartolini, Berardi, Betti, Brandani, Briganti, Burgio, Cavagnaro, Cavallone, Corsi, De Dominicis, De Falco, De Rita, Di Majò, Fagotto, Fedele, Fernandez Gil, Fumi, Gavarini, Gattuso, Giambartolomei, Gusman, Incalza, Jansch, Laganà, Latorre, Lazzari, Liuzza, Mancini, Manganello, Maraini, Marchetti, Marchisella,	n. 9 memorie – Autori: Barbera, Boccalaro, Canale, Capoccia, Cornolini, Ceravolo, De Leo, Dianda, Galaverna, Giuliattini Burbui, Licitra, Masoero, Palmeri, Paoli, Papi, Petrella, Piroli, Pisani, Sauli, Sciuotto, Tartaglia ..... €	26	
	<b>90.2.19) STORIA DELLE FERROVIE</b>		
	n. 5 memorie – Autori: Buratta, Cirillo, Orfei ..... €	13	

# 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

**ING. STANZIONE** – Via Garofoli, 238 – 37057 SAN GIOVANNI LUPATOTO (VR) – Tel./Fax 045.9251910 045.9251910 – Cell. 3479011656 - E-mail: info@ingstanzone.it – Sito web: www.ingstanzone.it – Consulenza tecnica – Progettazione e gestione delle costruzioni industriali – Ingegneria della locomozione diesel di bassa-media potenza.

**I.P.A. PRECAST S.p.A.** – Via Provinciale Per Trescore s.n. – 24050 CALCINATE (BG) – Tel. 035/4493411 – Fax 035/4423205 – Traverse ferroviarie in c.a.p. – Componenti prefabbricati in c.a. per edifici industriali e civili – Pannelli di tamponamenti in c.a. per uso civile e industriale.

**I.P.I. – INDUSTRIA PREFABBRICATI ITALIANI S.p.A.** – Via Stroppato, 1-bis – 61100 PESARO – Tel. 0721/201522.3.4 – Telex 560266 IPI PS I – Edifici industriali e civili mono e pluripiano – Pannellature e solai – Pavimentazione industriale – Muri di sostegno a «griglie spaziali» con invertimento di facciata – Barriere antisuono a «griglie spaziali» – Muri di sostegno a piastre intirantate.

**MARGARITELLI S.p.A. – Divisione Ferroviaria** – Via Adriatica n.109 – 06135 PONTE SAN GIOVANNI (PG) – Tel. 075/597211 – Fax 075/395348 – Sito internet: www.margaritelli.com – Progettazione e produzione di manufatti per armamento ferroviario, tramviario e per metropolitane in cemento armato, cemento armato precompresso, legno e legno impregnato. Trattamenti preservanti del legno.

**PIANETA S.r.l.** – Via Rose di Sotto, 36/L – 25126 BRESCIA – Tel. 030/3739190 – Fax 030/3731931 – e-mail: info@pianeta-srl.com – RPS 0/20 pavimentazione in resina elastomerica OMOLOGATA FS – COLOR-PET per rivestimento antigraffiti pareti interne rotabili – POLI-VET trasparente ed oscurante per protezione antigraffio, antigraffiti, antiUV vetri – conformi alle normative fuoco e fumi.

**TERRA ARMATA S.r.l.** – Via Petritoli, 19 – 00138 ROMA – Tel. 06/45495100 – Fax 06/45495101 – e-mail: terra-armata@fretai.com – www.fretai.com – DIREZIONE COMMERCIALE MILANO: Via Conservatorio, 22 – 20122 MILANO – Tel. 02/77297527 - Fax 02/7729226 – e-mail: terra-armata.mi@fretai.com – Redazione dei progetti costruttivi e fornitura dei materiali prefabbricati brevettati per la realizzazione di: – Muri di sostegno in Terra Armata: a paramento verticale: in cls; a paramento subverticale rinverdibile in cls (MURO VERDE); a paramento subverticale rinverdibile in rete elettrosaldata (TERRA VERDE) – Spalle da ponte in Terra Armata a paramento verticale in cls – Gallerie artificiali in cls.

**D** Meccanica, metallurgica, macchinari, materiali, impianti elettrici ed elettronici:

**ACCOMANDITA TECNOLOGIE SPECIALI ENERGIA S.p.A.** – Strada S. Giuseppe, 19 – 43039 SALSOMAGGIORE TERME (PR) – Tel. 0524/523668 – Fax 0524/522145 – e-mail: Accomandita@accomandita.com – Alberto@Accomandita.com – Sito: www.Accomandita.com – Scaldiglie autoregolanti per deviatori ferroviari e tranviari – Sistemi antigelo autoregolanti

**A** Lavori ferroviari, edili e stradali  
Impianti di riscaldamento e sanitari  
Lavori vari:

**A.R. FER S.r.l.** – Via Carlo Alberto, 42 – 15100 ALESSANDRIA – Tel. 0131/342312 – Armamento ferroviario – Raccordi industriali.

**TECNOFER S.p.A.** – Via Cavour, 96 – 46100 MANTOVA – Tel. 0376/322229 – Fax 0376/221388 – email: tecnofer.diserbo@tin.it – Diserbo chimico-meccanico linee e piazzali ferroviari – Decespugliamento chimico-meccanico linee e piazzali ferroviari – Bonifica tunnel ferroviari.

**C** Attrezzature e materiali da costruzione:

**GUNNEBO ITALDIS S.p.A.** – Via A. Volta, 15 – 38015 LAVIS (TN) – Tel. 0461/240357 – Fax 0461/246523 – Barriere automatiche per controllo accessi (Tornelli, Varchi, ecc.).

ti per tubazioni, marciapiedi, rampe e pensiline – Sistemi ad energia solare elettrici e termici.

**ALSTOM FERROVIARIA S.p.A.** – [www.transport.alstom.com](http://www.transport.alstom.com) **SEDE LEGALE** – Via Ottaviano Moreno, 23 – 12038 SAVIGLIANO (CN) – Tel. 0172.718111 – Fax 0172.718306  
**SITO DI SESTO SAN GIOVANNI** – Via Fosse Ardeatine, 120 – 20099 SESTO S. GIOVANNI (MI) – Tel. 02.514111 – Fax 02.54144400 – **SITO DI COLLEFERRO** – Via Sabotino – 00034 COLLEFERRO (Roma) – Tel. 06.97285928 – Fax 06.97285939.

**SITO DI BOLOGNA** – Via di Corticella, 75 – 40128 BOLOGNA – Tel. 051.4163111 – Fax 051.4163594

**SITO DI VERONA** – Via dell’Elettronica, 19 – 37100 ZAI BASSON (VR) – Tel. 045.8393111 – Fax 045.8510530

**SITO DI BARI** – Via dei Gladioli, 5 – 70123 MODUGNO Z.I. (BA) – Tel. 080.5380811 – Fax 080.5380812

**SITO DI GUIDONIA** – Via Lago dei Tartari, 14 – 00012 GUIDONIA (Roma) – Tel. 0774.37741 – Fax 0774.353430. Sistemi di trasporto ferro-tranviari – Progettazione e produzione di materiale rotabile ferro-tranviario – Sistemi di segnalamento e telecomunicazioni – Equipaggiamenti elettrici ed elettronici – Sistemi di attuazione e controllo rotazione cassa, motori di trazione, infrastrutture e sviluppo-gestione progetti chiavi in mano.

**ANSALDOBREDA S.p.A.** – Capitale sociale € 91.561.634,84 i.v. – **Direzione Generale – Sede Legale e Stabilimento** – Via Argine, 425 – 80147 NAPOLI (Italia) – Tel. 081.2431111 – Fax 081.2432698 – Sede e Stabilimento – Via Ciliegiole, 110/b – 51100 PISTOIA – Tel. 0573.370111 – Fax 0573.370292 – E-mail: [info@ansaldobreda.it](mailto:info@ansaldobreda.it) – Produzione metropolitana pesanti e leggere, tram, locomotive elettriche e diesel, elettrotreni, EMU, DMU, treni ad alta velocità, carrozze passeggeri, carri merci, carrelli motori elettrici – Service – Equipaggiamenti elettrici di trazione convenzionali ed elettronici per trasporti ferroviari urbani e suburbani.

**ANSALDO STS S.p.A.** Una società Finmeccanica Via Paolo Mantovani, 3-5 16151 GENOVA Sede Secondaria: NAPOLI - [www.ansaldosts.com](http://www.ansaldosts.com) - *Ansaldo STS*, quotata sulla Borsa di Milano, è leader nel settore della tecnologia per il trasporto ferroviario e metropolitano. La Società opera con due unità di business, “*Transportation solutions*” e “*Signalling*”, nella progettazione, realizzazione e gestione di sistemi di trasporto e segnalamento. Ansaldo STS, riveste il ruolo di main contractor e integratore di sistemi, con soluzioni “chiavi in mano”, nell’ambito di importanti progetti a livello mondiale. Ansaldo STS, società del gruppo Finmeccanica, conta oltre 4350 dipendenti in 28 paesi e concentra in sé il knowhow, l’eccellenza e le competenze tecnologiche di società leader che hanno operato sui mercati internazionali come *Ansaldo Trasporti Sistemi Ferroviari(I)*, *Ansaldo Segnalamento Ferroviario(I)*, *Union Switch & Signal (USA)* e *CSEE Transport (F)*. Nel 2008 ha realizzato ricavi per 1.106 milioni di euro, con un margine operativo lordo di 118 milioni e un utile netto consolidato di 77,6 milioni. **TRANSPORTATION SOLUTIONS:** Ansaldo STS ha l’esperienza e le risorse per fornire sistemi di trasporto innovativi per linee ferroviarie convenzionali e ad Alta Velocità, linee regionali e merci, parchi di smistamento, linee metropolitane e tranvie. La metropolitana di Copenhagen ha ricevuto due riconoscimenti: nel 2008 è “migliore metropolitana nel mondo” e nel 2009 “migliore metropolitana driverless nel mondo”. Ansaldo STS applicherà la tecnologia della metropolitana “driverless” di Copenhagen, completamente automatica e senza personale a bordo, anche per le metropolitane di Roma linea C, Milano linea 5, Brescia, Salonicco, Taipei Circular line e Riyadh women’s university. Le principali competenze del gruppo Ansaldo STS nella fornitura di sistemi “chiavi in mano” sono nelle funzioni di: General contractor, Project Financing, Progettazione, Costruzione, Esercizio e Manutenzione, integrazione dei sotto sistemi, armamento, trazione elettrica

**SIGNALLING SYSTEMS:** Le società ferroviarie richiedono di disporre di sistemi di controllo del traffico sempre più efficienti che consentano di ridurre i tempi di ammortamento degli investimenti, aumentando l’utilizzo delle infrastrutture. Sono quindi essenziali i requisiti della sicurezza e velocità dell’esercizio, la capacità di supervisione e gestione dei sistemi insieme a elevati livelli di efficienza e costi contenuti. Ansaldo STS garantisce che ogni progetto e realizzazione soddisfi i particolari requisiti a carattere nazionale richiesti dal cliente, offrendo, al contempo, i benefici di una società internazionale. Le principali linee di prodotto sono: Esercizio e controllo del traffico, ERTMS/ETCS, Apparat centrali di stazione e Multistazione, apparecchiature di linea, sistemi di automazione e in sicurezza (vitali), sistemi di supporto all’esercizio e Communication Based Train Control (CBTC). Oltre allo sviluppo di Sw applicativo per il controllo del traffico sulle linee ferroviarie e metropolitane, Ansaldo STS dispone di una “fabbrica” con tre siti produttivi (Francia, Italia, USA). Oltre 600 tecnici specializzati (diplomati e laureati) svolgono le attività di testing, burn in, run in, prove ambientali (tra cui vibrazioni, compatibilità elettromagnetiche) e test funzionali di integrazione dei sottosistemi vitali per la realizzazione dell’elettronica in sicurezza e i prodotti più significativi per il controllo del traffico ferroviario quali: sistemi di blocco automatico, casse di manovra per deviatoi, segnali, apparecchiature per la trasmissione dati terra/treno, relè, rilevatori boccole calde, passaggi a livello, registratori eventi.

**APW ELECTRONICS S.r.l.** – Corso Lombardia, 52 – 10099 SAN MAURO (TO) – Tel. 011.2734352 – [www.apw.eu.com](http://www.apw.eu.com) – Armadi da muro, cabinet 19” anche EMC e IP per applicazioni ferroviarie fisse e on board, subracks 19”, consolle, minidatcenter.

**ARTHUR FLURY ITALIA S.r.l.** – Via G.G. Sforza, 62 – 20081 ABBIATEGRASSO (MI) – Tel. 02/94966945 – Fax 02/94696531 – E-mail: [info@fluryitalia.it](mailto:info@fluryitalia.it) – [www.fluryitalia.it](http://www.fluryitalia.it) – Progettazione e costruzione di accessori per linee di contatto (TE) ferroviarie, metropolitane, tramviarie e filoviarie. Isolatori di sezione per binari secondari e di scalo fino a 60 km/h, isolatori di sezione per comunicazioni di stazione fino a 90 km/h e binari di corsa fino a 200 km/h ed asta di montaggio per isolatori cat. 773/145 e 146. Morsetteria in CuNiSi, morse di ormeggio Inox, morsetti di giunzione per filo di contatto 100-150 mmq. Sistema di messa a terra e corto circuito completo di rilevatore di tensione per linee AV 25 kV. Filo sagomato Cu/ Cu-Ag/ Cu-Mg e fune portante per impianti RFI 3 kV cc e 25 kV ca.

**BALFOUR BEATTY RAIL S.p.A.** – Via Lampedusa, 13/F – 20141 MILANO – Tel. 02/895361 – Fax 02/89536536 – e-mail: [info.bbrrps.it@bbrail.com](mailto:info.bbrrps.it@bbrail.com) – [www.bbrail.com](http://www.bbrail.com) – Impianti fissi di trazione elettrica chiavi in mano per trasporti ferroviari, metropolitani e tranviari – Studi di fattibilità, progettazione e realizzazione di linee di contatto, ferroviarie ed urbane – Sottostazioni elettriche per alimentazione in c.a. e c.c. – Linee primarie, impianti di telecomando – Impianti luce e forza motrice.

**BILANCAI SOCIETÀ COOPERATIVA a r.l.** – Via Sergio Ferrari, 16 – 41011 CAMPOGALLIANO (MO) – Tel. 059/526965 – Fax 059/527079 – Produzione e manutenzione di impianti di pesatura ad uso stradale e ferroviario – Progettazione, sviluppo e produzione di apparecchiature elettroniche e celle di carico – Centro sit n. 44 per taratura masse e forze (celle di carico, dinamometri).

**BOMBARDIER TRANSPORTATION ITALY S.p.A.** – Divisione Trasporti – Via Tecnomasio, 2 – 17047 VADO LIGURE (SV) – Tel. 019/28901 – Fax 019/2890581 – Locomotive elettriche e diesel-elettriche, equipaggiamenti e componenti relativi – Metropolitane, tram, filobus, equipaggiamenti e componenti relativi – Carrelli, riduttori e trasmissioni. Accoppiatori automatici. Pantografi – Equipaggiamenti elettronici di potenza

a chopper e ad inverter. Sistemi di controllo. Convertitori per ausiliari – Motori di trazione a c.c. e a c.a. Generatori – Sottostazioni per alimentazione di reti ferroviarie e urbane, sottostazioni ambulanti, componenti relativi.

**Divisione Rail Control Solutions – Via Cerchiara, 125-127 – 00131 ROMA** – Tel. 06/87429111 – Fax 06/87429492 – Sistemi ed apparecchiature di segnalamento, controllo e supervisione del traffico per ferrovie e metropolitane – Sistemi di telecomando, per impianti TE – Sistemi di ripetizione segnali e blocco automatico continui e discontinui.

**BONOMI EUGENIO S.p.A. – Via Mercanti, 17 – 25018 MONTECHIARI (BS)** – Tel. 030/8921527-8921543 – Fax 030/8921250 – Accessori per linee ferroviarie (linea di contatto TE) – Morsetti di giunzione filo di contatto – Morsetteria di collegamento per funi portanti – Morse di sospensione e ormeggio – Dispositivi di tensionatura – Morsetteria di sottostazione – Connettori elettrici a compressione – Utensili meccanici ed oleodinamici.

**CANAVERA & AUDI S.r.l. – Regione Malone, 6 – 10070 CORIO (TO)** – Tel. 011/928628 – Fax 011/9282709 – E-mail: canavera@canavera.com – Sito internet: www.canavera.com – Forniture ferroviarie e per arsenali.

**CARLO GAVAZZI FEME S.p.A. – Via Como, 2 – 20020 LAINATE (MI)** – Tel. 02/93176201 – Fax 02/93176200 – Apparecchiature di segnalamento e controllo – Interruttori a scatto per ACE serie FS68 in c.c. e c.a. – Relè unitari in c.c. serie FS58-86-89 – Relè schermo – Segnali a specchi dicroici SPDO – Gruppi ottici a commutazione statica ed altro analogo su richiesta.

**CART S.r.l. – Strada Cà Bruciata, 7 – 46020 PEGOGNAGA (MN)** – Tel. 0376/558309 – Telex 301081 EXPMN I – Carrozzerie per Veicoli Ferroviari, Stradali e Fuoristrada.

**CEMBRE S.p.A. – Via Serenissima, 9 – 25135 BRESCIA** – Tel. 030/36921 – (r.a. + Sel. pass.) – Fax 030/3365766 – E-mail: info@cembre.com – Produzione e commercio di: capicorda e connettori elettrici – Utensili per la compressione dei capicorda e connettori, tranciacavi e tranciacavi oleodinamici – Trapani adatti alla foratura di rotaie e di apparecchi del binario nelle applicazioni ferroviarie – Trapani per traverse in legno – Pandrolatrici – Motoavvitatori portatili.

**CINEL OFFICINE MECCANICHE S.r.l. – Via Sile, 29 – 31033 CASTELFRANCO VENETO (TV)** – Tel. 0423/490471 r.a. Telex 0423/498622 – E-mail: info@cinelspa.it – www.cinelspa.it. Stabilimenti: Via Sile, 29 – 31033 Castelfranco Veneto (TV) – Via Pagnana – Scalo Merci 1 – Castello di Godego (TV) – Tel. 0423/760022 – Raccordo Ferroviario – Castello di Godego (TV) – Forgiatura e stampaggio a caldo particolari in acciaio fino a 60 kg cad. circa. Carpenteria metallica. Lavorazioni meccaniche in genere. Costruzioni materiali per veicoli ferroviari. Particolari per armamento ferroviario: Caviglie, Chiavarde, Bulloneria stampata e tornita, Scambi ferroviari, Intersezioni semplici e doppie, con relativi gruppi tiranterie e zatteroni. Giunti isolanti incollati. Rotaie intermedie isolanti – Barriere per P.L. – Particolari per Enel, Telecom ecc.

**COMEP S.r.l. – Via Luciano, 76 – 80078 POZZUOLI (NA)** – Tel./Fax 081/5266684 – E-mail: info@comepsrl.net – Sito www.comepsrl.net – Costruzione ed assemblaggio della quadristica, montaggio, integrazione dei sistemi di controllo, collaudo, messa in servizio e test finali nel settore del trasporto ferroviario – Taglio cavi con relativi sistemi di marcatura – Manutenzione e revisione di impianti elettrici ferroviari.

**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.

**ECM S.p.A. – Via IV Novembre, 29 – Loc. Cantagrillo – 51034 SERRAVALLE PISTOIESE (PT)** – Tel. 0573/92981 – Fax 0573/526392-929880 – e-mail: commerciale@ecmre.com – www.ecmre.com – Progettazione, produzione, installazione di: Sistemi di alimentazione elettrica senza interruzioni – Segnali luminosi ferroviari innovativi – Registratori cronologici di eventi – Diagnostica ferroviaria per apparati ferroviari – Telecomandi e controlli – Impianti di sicurezza e segnalamento ferroviario – Sistemi completi, terra bordo, di controllo automatico della marcia del treno – Controllo centralizzato del traffico ferroviario CTC – Conta-Asse.

**ELECTRIC AGE S.r.l. – Via Bottesini, 2 – 26020 – MADIGNANO (CR)** – Tel. 0373.65651 – Fax 0373.65575 – E-mail: info@electricage.it – www.electricage.it – Electric Age Srl è un'azienda elettromeccanica molto dinamica, specializzata nella costruzione conto terzi di quadri elettrici, anche "chiavi in mano". Vanta un'esperienza ventennale nel cablaggio per il settore ferroviario ed un'elevata flessibilità produttiva. Dispone di attrezzature all'avanguardia, di un collaudo computerizzato ed è in grado di fornire ai propri clienti un esercizio di telecontrollo dello stato di lavorazione delle commesse.

**ELETECH S.r.l. – S.S. 98 km 77,800 – 70032 BITONTO (BA)** – Tel. 080/3739023 – Fax 080/3759295 – www.eletech.it – E-mail: sales@eletech.it – Progettazione, produzione e installazione di reti di accesso e trasporto ridondate su rame e fibra complete di diagnostica remota SNMP, SHDSL, PDH, SDH Next Generation, da STM-1 a STM-64, trasmissione dati fino a 10 Gbps (omologazione ISCTI) – Apparat di networking L2/L3 con interfacce 10 GbE – Industrial Managed Ethernet Switch su fibra ottica per impianti di sicurezza in galleria (conf. TT595) – Sistemi ridondanti di registrazione digitale Multicanali (fino a 90) per comunicazioni verbali di esercizio di canali audio analogici, estensioni digitali, ISDN, E1, VOIP (sistema HERMES conforme alla TT600) – Sistemi RAMA per la registrazione automatica di informazioni al pubblico – Sistemi TVCC per passaggi a livello operanti in regime di sicurezza – Sistemi per il telecontrollo di linee ferroviarie (caduta massi) e di apparati di treno (pantografi).

**ELPACK S.r.l. – Via Valbrona, 4 – 20125 MILANO** – Tel. 02.6470712 – Fax 02.66.100114 – Rack e subrack 19" anche per uso ferroviario EN50155 – Custodie metalliche/schermate per connettori DIN41612 – Alimentatori modulari euro card – Dispositivi KVM per la gestione e controllo di server – Arredi tecnici per sale controllo – Cavi in rame e fibra ottica.

**EMC TRACTION S.r.l. – Strada Statale 11 Padana Superiore, 133 – 20090 VIMODRONE (MI)** – Tel. 02.2651821 – Fax 02.2651824 – info@emctraction.it – www.emctraction.it – Società operante nel campo della progettazione e produzione di apparecchiature in corrente continua (interruttori extrarapidi, quadri CC metalglad, contattori e relè) destinata al mercato della trazione elettrica.

**EMIL GEN S.p.A. – Zona industriale ASI – Località Pantano 80011 ACERRA (NA)** – Tel. 081/8032973 – Fax 081/8845486 – e-mail: emilgen@intercosmo.it – Sito internet: www.emilgen.com – Costruzione e revisione finestrini e porte per veicoli ferroviari.

**E4 COMPUTER ENGINEERING S.p.A. – Via Martiri della Libertà, 66 – 42019 CITTÀ SCANDIANO (RE)** – Tel. +39(0)522991811 – Fax +39(0)522991803 – E-mail: info@e4company.com – Sito web: www.e4company.com – E4 Computer Engineering è un'Azienda specializzata nella produzione di Server e Workstation ad elevate performance dedicati all'utenza professionale, alla piccola e media azienda, alla grande industria ed ai centri di calcolo universitario e scientifico. L'offerta di E4 Computer Engineering è focalizzata nelle

seguenti tipologie di prodotto: Workstation specializzate, Server, Server enterprise multiprocessore, storage, SAN e sistemi cluster HA/HPC, alle quali fa da complemento una linea di sistemi appositamente customizzati per l'utenza industriale.

**ERMES ELETTRONICA S.r.l. – Via Verri, 87/b – 30010 MARENO DI PIAVE (TV) – Tel. +39.0438.308470 – Fax +39.0438.492340 –**

E-mail: ermes@ermes-cctv.com – www.ermes.cctv.com – Sistemi audio/video innovativi operanti in LAN Ethernet (VoIP) – Sistemi telefonici-interfonici digitali punto-punto – Diffusione sonora, messaggi, P.A., Paging, operante in rete LAN – Sistema telefonico di emergenze e di diffusione sonora di galleria – Videocontrollo e comunicazione audio per passaggi a livello in tecnologia LAN – Videocomunicazioni per aree sensibili quali scale mobili ed ascensori – Help Point audio/video su reti LAN per biglietterie automatiche o zone non presidiate da operatori – Software di supervisione delle comunicazioni – Passengers Information System – Registratori video a bordo treno – Gateway di trasferimento e comunicazione audio video terra/bordo treno – Progettazione di apparati e sistemi TVCC Over IP o tradizionali.

**FAIVELEY TRANSPORT ITALIA S.p.A. – Via Volvera, 51 – 10045 PIOSSASCO (TO) – Tel. 011.9044.1 – Fax 011.9064394 – Sito internet: www.faiveley.com**

*Sistemi e prodotti a marchio SAB WABCO:* Impianti di frenatura pneumatici, elettropneumatici, elettromeccanici ed elettroidraulici, freni a pattino tradizionali e a magneti permanenti, per veicoli ferroviari, metropolitani e tramviari – 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 – Indirizzo internet: www.fase.it – e-mail: info@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.

**FLEXBALL ITALIANA S.r.l. – Str. San Luigi, 13/A – 10043 ORBASSANO (TO) – Tel. 011/9038900-965-975 – Telegrafo: FLEXBALLIT ORBASSANO –**

Telecomandi meccanici – Flessibili, scorrevoli su sfere per applicazioni meccaniche varie navali, automobilistiche, ferroviarie ed aeronautiche – Comando rubinetti freno – Comando regolatori motori Diesel – Comandi valvole ad areatori – Comandi sezionatori elettrici – Comandi scambi e segnalazione.

**FLUORTEN S.r.l. – Casella Postale n. 33 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 per l'Italia semilavorati e finiti in VESPEL® (marchio reg. DUPONT) – Omologata Istituto MPA di Stoccarda per piastre in PTFE a norma EN 1337-2 e MPA. Certificazione sistema di qualità a norma ISO 9001:2000, IQNET Reg. N° IT-3468. Certificazione sistema di gestione

ambientale a norma ISO 14001:04, IQNET Reg. N° IT-16210.

**FREN SISTEMI S.r.l. – Via della Cupola, 112 – 50145 FIRENZE –**

Tel. 055/3020.1 – Fax 055/3020.333 – Impianti di frenatura pneumatici, elettropneumatici ed elettroidraulici per veicoli ferroviari, metropolitani e tranviari – Sistemi di frenatura per treni ad alta velocità – Attuatori pneumatici, unità frenanti, regolatori di timoneria, dischi freno – Compressori rotativi a vite e a pistoni, essiccatori d'aria, unità di produzione trattamento dell'aria compressa – Convertitori statici di potenza e carica batterie – Impianti completi ecologici di toilettes – Sistemi ed apparecchiature elettroniche di comando e controllo di bordo – Sistemi audiovisivi di informazione al pubblico – Reti di comunicazione dati di bordo – Sistemi elettronici di diagnostica e manutenzione.

**FRIEM S.p.A. – Via Edison, 1 – 20090 SEGRATE (Milano) – Tel. 02/2133341 – Telefax 02/26923036 –**

Raddrizzatori a diodi ed a tiristori – Impianti completi di Trasformazione e Conversione.

**GALLOTTI 1881 S.r.l. – Via Aspromonte 16/a – 40026 IMOLA (BO) –**

Tel. 0542/39121 – Fax 0542/39121 – e-mail: gallotti@gallotti1881.com – www.gallotti1881.com – Costruzione e progettazione di strutture speciali per il sostegno segnali ACEI – Costruzione e riparazione di carrelli ferroviari porta bobine e scale a carrello – Carpenterie metalliche e meccaniche.

**GE TRANSPORTATION SYSTEMS S.p.A. – Via Pietro Fanfani, 21 – 50127 FIRENZE –**

Tel. 055/4234.1 – Fax 055/433868 – e-mail: getransportation@trans.ge.com – Costruzioni elettromeccaniche – Costruzioni elettroniche – Apparecchiature per locomotori – Levette e banchi Acei – Quadri sinottici componibili – Impianti – Rilevamento temperatura boccole RTB – Tra-smissione numero treno ATN – Ripetizione a bordo continua e discontinua – Trasmissione dati in sicurezza TDS – Registratori cronologici eventi RCE – Ritardatori e lampeggiatori Audio Frequency Overlay AFO.

**DIVISIONE IMPIANTI – Via F.lli Canepa, 6/b – 16010 SERRA RICCÒ (GE) –**

Tel. 010/751991 – Fax: 010/752011 – Telex 282833 SILIMP – Apparat centrali elettrici ACEI – Impianti di telecomunicazione – Comando centralizzato traffico CTC – Telecomandi punto-punto TPP – Impianti di trazione elettrica – Impianti di protezione passaggi a livello.

**GLEN AIR CONNECTORS ITALIA S.r.l. – Via Santi, 1 – 20037 PADERNO DUGNANO (MI) –**

Tel. 02.91082121 – Fax 02.99043565 – e-mail: sales-italia@glenair.com – Cablaggi sigillati chimicamente per ambienti estremi – Conduits e interfacce di connessione – Scatole di derivazione in composito – Accessori – Connettori – Attrezzature per il cablaggio – Sistemi di messa a terra – Indicatori luminosi – Tecnologia led.

**GOMA ELETTRONICA S.p.A. – Via Carlo Capelli, 89 – 10146 TORINO –**

Tel. 011.7725024 – Fax 011.712298 – www.gomaelettronica.it – Microrack e sistemi integrati su VMEbus e Compact PCI – Sistemi on board EN50155, Pc industriali, server e workstation S402, Panel pc, schede CPU, schede di I/O, MVB, alimentatori certificati EN50155, armada rack e cabinet, display, notebook e pda rugged.

**HARTING S.p.A. – Via dell'Industria, 7 – 20090 VIMODRONE (MI) –**

Tel. 02.250801 – Fax 02.2650597 – E-mail: it@harting.com – Sito web: www.harting.com – Sistemi di connettività, cablaggio e infrastruttura rete dati per applicazioni ed installazioni industriali e ferroviarie.

**IB ITALIAN BRAKES S.p.A. – Via Ponte di Napoli – 80036 PALMA CAMPANIA (NA) –**

Tel. 081/8277927-28-29 – Fax 081/8277031 – E-mail: info@italianbrakes.com – www.italianbrakes.com – Ceppi e pastiglie freno organiche ECO-BRAKE® per ogni tipo di treno, metropolitana e tram.

**IL CARBONIO S.p.A. – Via dei Missaglia, 97 – 20142 MILANO –**

Tel. 02/826813.1 – Fax 02/82681395 – www.CARBONE-LORRAINE.com www.Ferrazshawmut.com – e-mail: prote-

zione@ilcarbonio.it – Spazzole e portaspazzole per macchine elettriche rotanti – Striscianti per pantografi, smiatrici e rettifiche per collettori – Messa a terra di rotabili ferrotramviari – Resistenze industriali “Silhom” (lineari), “Carbohm” (variabili con la tensione) – Fusibili FERRAZ SHAWMUT per B.T., M.T. e per semi-conduttori in c.a. e c.c. – Interruttori, sezionatori FERRAZ SHAWMUT – Dissipatori di calore Ferraz date industries – Grafiti per applicazioni meccaniche (guarnizioni, cuscinetti, ecc.).

**ISOIL INDUSTRIA S.p.A. – Via F.lli Gracchi, 27 – 20092 CINISELLO BALSAMO (MI)** – Tel. 02/660271 – Fax 02/6123202 – E-mail: vendite@isoil.it – Web: www.isoil.com – Strumentazione del materiale rotabile: Pick-up ad effetto Hall per misure di velocità anche multicanale – Generatori di velocità – Sensori Radar ad effetto doppler per velocità e distanza – Indicatori di velocità standard e applicazioni di sicurezza (SIL 2) – Juridical Recorder – MMI: Multifunctional Display per ERTMS – Videocamere – Passenger Information – Sistemi sicurezza automatici per rottura vetri – Switch e Fotocellule di Sicurezza per porte – Livelli carburante – Pressostati e Termostati – Agente esclusivo di: DEUTA WERKE / JAQUET / GEORGIN / FOCOM / KAMERA & SYSTEM TECHNIK / ALERT.

**KLIMAT-FER S.p.A. – ISO 9001 – ISO 14001 – www.klimat-fer.com – Sede legale e U.O. MILANO: Via Cadore, 3 – 20098 Sesto Ulteriano – San Giuliano M. (MI)** – Tel. 02/988691 – Fax 02/98281234 – U.O. Padova: Corso Stati Uniti, 1/1 – 35127 PADOVA – Tel. 049/6988402 – Fax 049/8704856 – Progettazione e produzione impianti di climatizzazione – Sistemi di conversione dell'energia ed equipaggiamenti per il settore dei trasporti – Soluzioni compatibili con le tipologie di tutti i rotabili: treni ad Alta Velocità, treni Regionali e Due Piani, Tram e metropolitane – Climatizzazione per applicazioni aeroportuali: “impianti point of use” per aeromobili in stazionamento – Sanificazione impianti di condizionamento, trattamento atto a garantirne la cura funzionale ed igienico-sanitaria.

**KREMLIN REXSON S.p.A. – Via Brunelleschi, 16 – 20126 MILANO** – Tel. 02.48952815 – Fax 02.4830071 – e-mail: gherex@gherex.it – Pistole per verniciatura a spruzzo – Apparecchiature per verniciatura airless – Apparecchiature per verniciatura elettrostatica – Maschere di protezione – Impianti automatici per verniciatura – Macchine per decorazione a spruzzo.

**LIGHT AGE S.r.l. – Via Bottesini 2 – 26020 MADIGNANO (CR)** – Tel. 0373.650021 – Fax 0373.380212 – E-mail: info@lightagenet.it – www.lightagenet.it – Light Age offre una vasta gamma di prodotti e accessori per l'illuminazione a LED per il settore ferroviario: faretti, plafoniere, proiettori, spot e fari per rotabili, oltre a: segna passo, segna gradino, fari per ambienti esterni. Light Age è in grado di fornire un servizio di realizzazione prodotti *custom* su specifiche esigenze dei clienti.

**LUCCHINI S.p.A. – Via Oberdan 1/A – 25128 BRESCIA** – Tel. 03039921 – Vasta gamma di prodotti in acciaio di qualità destinati alla realizzazione di infrastrutture – Rotaie fino a 108 metri senza saldatura, accessori per l'armamento delle linee ferroviarie e cuori fusi al manganese per scambi ferroviari.

**LUCCHINI RS S.p.A. – Via G. Paglia, 45 – 24065 LOVERE (BG)** – Tel. 035/963562 – Fax 035/963552 – e-mail: rollingstock@lucchini.it – sito web: www.lucchini.it – Materiale rotabile per trasporti ferroviari urbani, suburbani e metropolitani; ruote cerchiate; ruote elastiche; ruote monoblocco; assili; cerchioni; boccole; sale montate da carro, carrozza e locomotiva completa di componenti; cuori fusi al manganese per scambi ferroviari – Riparazione e ripristino di sale montate con sostituzione di ruote e cerchioni – Revisione e collaudo di altri componenti.

**MARINI IMPIANTI INDUSTRIALI S.r.l. – Via delle Province – Zona Artigianale – 04012 CISTERNA DI LATINA** – Tel. 06/96871088 – Fax 06/96884109 – e-mail: marini\_impian-ti\_industriali\_srl@hotmail.com – Registratori Cronologici di Eventi (RCE) – Monitoraggio della temperatura delle rotaie

(UMTR) – Apparecchiature di diagnostica centralizzate degli impianti di Segnalamento di linea e di stazione (SDC) – Sistemi di supervisione – Strumenti di misura per sotto stazioni – Rilevatore differenziale per segnali luminosi alti a commutazione statica SDO – Generatore di alimentazione 83 Hz PSK – Progettazione ed installazione degli impianti.

**MATISA S.p.A. – Via Ardeatina km. 21 – Loc. S. Palomba – 00040 POMEZIA (ROMA)** – Tel. 06.918291 – Telefax 06.91984574 – e-mail: matisa@matisa.it – Vagliatrici, rinalzatrici, profilatrici, veicoli di servizio per infrastruttura e catenaria, drasine di misura della geometria del binario, treni di costruzione nuovo binario, incavigliatrici, foratraverse, forarotaie, apparecchiatura di controllo, segarotaie, gruppi rinalzatrici a lame vibranti.

**MONT-ELE S.r.l. – Via Cavera, 21 – 20034 GIUSSANO (MI)** – Tel. 0362/850422 – Fax 0362/851555 – e-mail: mont-ele@mont-ele.it – www.mont-ele.it – Ingegneria di sottostazioni di conversione e di sottostazioni di alimentazione sistemi A.V. 25 kV – Produzione di quadri innovativi, alimentatori, raddrizzatori, sezionatori bipolari, quadri filtri, quadri misure – Produzione commutatori 3600 V 3000 A, sezionatori bipolari 3000 A, trasduttori di corrente, quadri di sezionamento 25 kV (52 kW) e sezionatori di alta tensione – Realizzazione di impianti, sottostazioni fisse e mobili lato alternata e continua.

**OFFICINE FERROVIARIE VERONESI S.p.A. – Lungadige A. Galtarossa, 21 – 37133 VERONA** – Tel. 045/8064218 – Fax 045/8064333 – E-Mail commerciale@ofv.it – Costruzione e riparazione di materiale rotabile; carrozze passeggeri di ogni tipo – Postali – Bagagliai – Carri e pianali e chiusi – Carrelli per carrozze e carri – Carpenteria metallica.

**ORA ELETTRICA S.p.A. – Via Filanda, 12 – 20010 S. PIETRO ALL'OLMO – Frazione di Cornaredo (MI)** – Tel. 02/93563308 – Fax 02/93560033 – Filiali: Roma, tel./fax 06/3729955 – Torino, tel. 011/7497215 – Fax 011/7778725 – Bologna, tel. 051/6647988 – Fax 051/8651414 – E-mail: info@ora-elettrica.com – sito web: www.ora-elettrica.com – Sistemi di centralizzazione oraria con sincronismo radio e satellite – Registratori cronologici di eventi e della voce – Rilevazione presenze e controllo accessi – Sistemi teleindicatori – Orologi da facciata, pensilina ed interni.

**PANDROL ITALIA S.p.A. – Zona Industriale – 64020 S. ATTO (TE)** – Tel. 0861/587149 – Fax 0861/588590, E-Mail pandrol@tiscali.it – Sistemi di attacco ferroviari per traverse in calcestruzzo armato e precompresso.

**PFISTERER S.r.l. – Via Sirtori, 45-d – 20017 PASSIRANA DI RHO (MI)** – Tel. 02/9315581.1 – Fax 02/931558127 – e-mail: pfisterer@pfisterer.it – Costruzione e progettazione accessori per linee aeree di contatto ferroviarie e metropolitane – Isolatori di sezione fino a 90 km/h per 1 o 2 fili di contatto Marca I 699 CAT. 773/145. Marca I 700 CAT. 773/146; – Isolatori di sezione fino a 250 km/h linee A.V. – Isolatori compositi gomma silconica I 621 CAT. 773/192 fino a 3 kV c.c. I 622 CAT. 773/207 – Isolatori compositi gomma silconica 25 kV c.a. linee A.V. – Morsetteria stampata CuNi-Si per pendino equipotenziale A.V. – Morse di amarro in acciaio INOX – Compensatore meccanico «TENSOREX» per R.A. senza contrappesi – Dispositivi di messa a terra e corto circuito per la manutenzione linee ferroviarie. Materiali progettati per essere compatibili con l'ambiente.

**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 – Vagliatrici, rinalzatrici, profilatrici, stabilizzatrici, vetture e drasine di controllo binario e linea T.E., saldatrici mobili per rotaie, attrezzature in genere per l'armamento ferroviario, autocarrelli con gru e piattaforme per costruzione e manutenzione, autocarrelli per tesatura frenata linee di contatto, carrelli portabobine, dispositivi per videoispezione, linee ferroviarie e binario, rotaie ferroviarie V.A.S.

**PMA ITALIA S.r.l. – Via Marmolada, 12 – 20037 PADERNO DUGNANO (MI)** – Tel. +39.02.91084241 – Fax +39.02.91082354  
E-mail: info@pma-it.com – www.pma-it.com – Guaine corrugate in poliammide per la protezione dei cavi elettrici, raccordi in poliammide e raccordi compositi poliammide-metallo per guaine corrugate, accessori di fissaggio per guaine corrugate – Trecce in rame stagnato per schermatura elettromagnetica delle guaine in poliammide e relativi raccordi per la loro terminazione – Guaine espandibili in poliestere UL V0, accessori per la terminazione ed il fissaggio delle guaine espandibili – Tutti i prodotti sono autoestinguenti, esenti da alogeni fosforo, cadmio ed a limitata emissione di fumi tossici.

**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 metrotramvie e tramvie – Radiocomando scambi, casse di manovra carrabili, sistemi di controllo semaforico – Priorità mezzi pubblici – Sistemi di controllo e gestione traffico stradale.

**PROMATEC S.p.A. – Via Per Castelletto, 3/5 – 20080 ALBAIRATE (MI)** – Tel. 02/33501251 – Fax 33501353 – Telex 332390 PROTEC – Raccordi ad anello rubinetti a sfera alta pressione, innesti rapidi, tubi rigidi per circuiti oleodinamici – Motori idraulici lenti, pompe oleodinamiche, ralle di orientamento.

**QSD SISTEMI S.r.l. – Via Isonzo, 6/bis – 20060 PESSANO CON BORNAGO (MI)** – Tel. 02.95741699 – 02.9504773 – Fax 02.95749915 – e-mail: gio.galimberti@qsdsistemi.it – www.qsd-sistemi.it – Elettronica per ferroviario a norme EN50155 – Passenger Information System – Interfoni – Cru-scotti – Terminali video Touch Screen – Sistemi Radio Terra Treno – Realizzazione apparecchiature custom – Riprogettazione apparecchiature obsolete – Consulenza sviluppo Hw Sw.

**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.

**RITTAL S.p.A. – S.P. 14 Rivoltana – km 9,5 – 20060 VIGNATE (MI)** – Tel. 0039/02959301 – Fax 0039/0295360209 – Armadi e contenitori elettrici per applicazioni ferroviarie fisse (segnalamento) – Rolling stocks (locomotori) – Esterno (bordo binari); scambiatori calore (carrozze-locomotori); terminali interattivi (stazioni); subracks 19" per elettronica omologati e testati (locomotori-segnalamento) – Servizi: progettazione secondo standard EN50155 / EMC50121 – Calcoli FEM – Saldatura secondo DIN6700 – Test – Protezione dal fuoco@o.

**ROYALPLAST – Via Caduti, 18 – 27018 VIDIGULFO (PV)** – Tel. 0382/619126 – Fax 0382/619017 – Pali, cunicoli affioranti, parapetti, pannelli antirumore in materiale plastico.

**RURMEC S.p.A. – Via B. Buozi, 26 – 20097 SAN DONATO MILANESE (MI)** – Tel. 02/5187201 – Fax 02/51872050 – Attrezzi fissachiodi, tasselli industriali omologati, bulloni isolanti per fissaggio binario, martelli demolitori elettrici, scanalatori.

**SAB WABCO S.p.A. – Via Volvera, 51 – 10045 PIOSSASSCO**

(TO) – Tel. 011/9044.1 – Fax 011/9064394 – *VEDI FAIVELEY TRANSPORT.*

**SAFT S.r.l. – Via Einaudi, 91 – 00012 GUIDONIA MONTECELIO (RM)** – Tel. 0774/355041-0774/356004 – Fax 0774/370253 – E-mail: saft@saft.191.it – www.saftsrl.it – Lavori di grande revisione e riparazione di veicoli ferrotranviari – Revisione carrelli – Ripristino e riparazione sale montate con sostituzione di ruote e cerchioni – Riduttori di velocità – Costruzione e revisione componentistica meccanica ed elettromeccanica – Costruzione particolari carrozzeria vetroresina – Costruzione carpenteria metallica – Pellicolatura carrozze.

**SAIRA EUROPE S.p.A. – Via Spagna, 9 – 37069 VILLAFRANCA DI VERONA (VR)** – Tel. 045/6331111 – Fax 045/79 00791 – Sito Internet: saira@sairalluminio.com – Componenti ed arredi per trasporti ferroviari, urbani, suburbani e metropolitani.

**SCHAEFFLER ITALIA S.r.l. – Strada Regionale 229, km 17 – 28015 MOMO (NO)** – Tel. 0321/929211 – Fax 0321/929300 – E-mail: info.it@schaeffler.com – Sito internet: www.schaeffler.it – Cuscinetti volventi a marchio FAG e INA, standard e speciali, boccole ferroviarie, snodi sferici, attrezzature di montaggio e smontaggio, diagnostica.

**SCHUNK ITALIA S.r.l. – Via Novara, 10/D – 20013 MAGENTA (MI)** – Tel. 02/972190-1 – Fax 02/97291467 – Spazzole, portaspazzole, pantografi, striscianti, dispositivi di messa a terra.

**SHRAIL S.r.l. (già S.H.G. Rail Division) – Via Olgiati, 26 – 20143 MILANO** – Tel. 02.58110934 – Fax 02.58100320 – www.shrail.it – info@shrail.it – Simulatore A.C.E.I. per la formazione dei Dirigenti Movimento e dei Manutentori (SIM ACEI©) – Simulatore della cabina di guida di locomotori e tram (SIMURAIL) - Sistemi integrati di realtà virtuale - Software di simulazione di reti ferroviarie e per lo studio dei carichi in SSE – Corsi di formazione – Sviluppo di software specialistico su specifiche.

**S.I.D.O.N.I.O. S.p.A. – Via IV Novembre, 51 – 27023 CASOLNOVO (PV)** – Tel. 0381/92197 – 92607 – Fax 0381/928414 – e-mail: sidonio@sidonio.it – Impianti di segnalamento ferroviario – Linee elettriche di alta/media e bassa tensione – Impianti esterni di illuminazione – Impianti di telecomunicazioni – Costruzioni edili e stradali – Impianti di sicurezza e segnalamento ferroviario, metropolitano e tranviario – Acquedotti e gasdotti.

**SIRTEL – Via Taranto 87°/10 – 74015 MARTINA FRANCA (TA)** – Tel. 080/4834959 – Fax 080 4304011 – E-mail: info@sirtel.biz – Sito web: www.sirtel.biz – Lanterne portatili ricaricabili ad uso ferrotranviario per illuminazione (a 1/2 lampada alogena) e segnalazione (a 1/2 LEDs ad elevata luminosità) con possibilità di avere fino a 3 diversi colori sulla stessa lanterna.

**SIRTI S.p.A. – Sede Legale e Direzione Centrale: Via Stamira d'Ancona, 9 – 20127 MILANO** – Tel. +390295881 – Fax +390295867801 – Sede di Roma: Via Silvio D'Amico, 53 – 00145 Roma – Tel. +390659781706 – www.sirti.it – Progettazione, costruzione, controllo e manutenzione di reti e sistemi di telecomunicazioni con tecnologie wireline, wireless, larga banda – Sistemi e reti di telecomunicazioni dedicati per le ferrovie; sistemi di segnalamento; impianti per la trazione elettrica – Sistemi di gestione, supervisione e controllo per reti di telecomunicazioni ed altre infrastrutture tecnologiche.

**SPII S.p.A. – Via Don Volpi, 37 angolo Via Montoli – 21047 SARONNO (VA)** – Tel. 02/9622921 – Fax 02/9609611 – www.spii.it – info@spii.it – Temporizzatori elettromeccanici, multifunzione e digitali – Programmatori elettromeccanici, multifunzionali e digitali – Microinterruttori ed elementi di contatto di potenza – Elettromagneti – Relè di potenza e ausiliari – Relè di controllo tensione frequenza e corrente – Teleruttori per c.a. e per c.c., per bassa ed alta tensione – Sezionatori – Motori e motoriduttori frazionari in c.c. – Connettori – Dispositivi di interblocco multiplo a chiave – Combinatori e manipolatori – Equipaggiamenti integra-

ti completi per la trazione pesante e leggera.

**SYSKO S.p.A. - Via Bruno Pontecorvo, snc - 00012 GUIDO - NIA MONTECELIO (RM)** - Tel. 0774/357608 - 0774/357628 - Fax 0774/357832 - e-mail: info@syskospa.it - Sistemi e apparecchiature per le informazioni al pubblico (teleindicatori - diffusione sonora) - Realizzazione e manutenzione di impianti tecnologici (LFM, TT, IS, TE) - Registratori cronologici di eventi.

**SYSNET TELEMATICA S.r.l. - Via Berbera, 49 - 20162 MILANO** - Tel. 02/6473021 - Fax 02/6437637 - <http://www.sysnettelematica.it> - e-mail: info@sysnettelematica.it - Materiali Articoli che può fornire - Lavori che può appaltare: Modem a normativa ferroviaria EN 50121-4 e 50125-3 sia fonici che banda base. Modem a 2.048 Kbps su singolo doppino telefonico. Sistemi di trasmissione dati lungolinea multipoint completi di diagnostica remota e a standard Ethernet TCP/IP con management SNMP. Sviluppo apparati di telecomunicazione su specifica del cliente. Progettazione, produzione, installazione impianti chiavi in mano, assistenza e manutenzione post-vendita.

**TECNEL SYSTEM S.p.A. - Via Brunico, 15 - 20126 MILANO** - Tel. 02/2578803 r.a. - Fax 02/27001038 - [www.tecnelsystem.it](http://www.tecnelsystem.it) - E-mail: tecnel@tecnelsystem.it - Pulsanti - Interruttori - Selettori - Segnalatori serie T04 per banchi comando - Segnalatori a Led serie S130 - Pulsanti apertura porte serie 56 e 58 - Pulsanti mancorrente richiesta fermata serie T84 - Sistemi di comando e protezione porte - Avisatori ottici ed acustici - Sirene - Temporizzatori - Sensori presenza e apertura porte.

**TEKFER S.r.l. - Via Prima Strada, 1 - 10043 ORBASSANO (TO)** - Tel. 011.3975771 - 011.0712426 - Fax 011.3975771 - E-mail: segreteria@tekfer.com - Sito internet: [www.tekfer.com](http://www.tekfer.com) - Sistemi per impianti di sicurezza e segnalamento - Apparecchiature per il blocco automatico - INFILL - Codificatori statici - Relè elettronici (TR, HR, DR, relè a disco e altri) - Prodotti per 83,3 Hz (generatori di potenza fino a 15 kVA, filtri e rifasatori) - Telecomandi in sicurezza - Diagnostica impianti - Progettazione e installazione impianti.

**TELEFIN S.p.A. - Via Albere, 87/A - 37138 VERONA** - Tel. 045/8100404 - Fax 045/8107630 - Sito Internet [www.telefin.it](http://www.telefin.it) - E-mail [telefin@telefin.it](mailto:telefin@telefin.it) - Telefonia selettiva in tecnica digitale compatibile con ogni sistema - Concentratori ed apparecchi stagni universali, diagnosticabili, monitorabili e configurabili da remoto - Posti centrali integrati DC-DCO-DOTE digitali - Impianti DC-DCO-DOTE in tecnica digitale - Impianti telefonici punto-punto, telediffusione sonora con sintesi vocale, teleannunci garantiti per linee impresenziate - Software di supervisione e monitoraggio - Sistema telefonico e di diffusione sonora integrato per emergenza in galleria - Sistemi innovativi per la diffusione sonora, rilievi e perizie fonometriche - Isolamento galvanico per gli impianti TLC, Telecomando ed ASDE in SSE.

**THERMIT ITALIANA S.r.l. - P.le Santorre di Santarosa, 9 - 20156 MILANO** - Tel. 02/38006660-61 - Fax 02/38006656 - Materiali ed attrezzature per la saldatura alluminotermica delle rotaie.

**VAE ITALIA S.r.l. - Via Alessandria, 91 - 00198 ROMA** - Tel. 06/84241106 - Fax 06/96036670 - e-mail [vaeitalia@vaeitalia.it](mailto:vaeitalia@vaeitalia.it) - scambi ferroviari A.V. e standard, scambi tranviari, sistemi elettronici per monitoraggio scambi, impianti R.T.B. e R.F.B., giunti di dilatazione, cuscinetti autolubrificanti, casse di manovra per scambi ferroviari e tranviari.

**VAIA CAR S.p.A. - Via Isorella, 24 - 25012 CALVISANO (BS)** - Gru - Caricatori - Escavatori - Strada rotaia.

**VOSSLOH COGIFER ITALIA S.r.l. - Via T. Colombo, 7 - 70123 BARI** - Tel. 080.5343596 - Fax 080.5340791 - e-mail: [headoffice@vsscogifer.it](mailto:headoffice@vsscogifer.it) - UFFICIO COMMERCIALE: Via Pregonara, 32 - 20010 CORNAREDO (MI) - Tel. 02.93565877

- Fax 02.93562015 - e-mail: [salesoffice@vsscogifer.it](mailto:salesoffice@vsscogifer.it) - Scambi ferroviari A.V. e standard, scambi tranviari, armamento per interporti con rotaia SEI 70 G, armamento tranviario LOHR, armamento metropolitana classico o sistema VAL, sistemi elettronici e monitoraggio scambi, giunti di dilatazione, cuscinetti autolubrificanti e a rulli, supporti per controrotaia UIC 33, cuori fusi al Mn, forgiatura aghi a norma RFI, casse di manovra per scambi ferroviari o tranviari.

## E Impianti di aspirazione e di depurazione aria:

**SIBILIA A. OFF. - Viale Stazione, 1 - 28053 CASTELLETTO TICINO (NO)** - Tel. 0331/972529 - Aspiratruciolini - Aspiraliquidi - Aspirafanghi - Aspirapolveri industriali - Depolveratori per lavorazioni polverose - POTENZE da 3 a 50 c.v. - DEPRESSIONI da 2300 a 8500 mm. H2O - PORTATA ARIA da 180 a 1950 m<sup>3</sup>h.

## F Prodotti chimici ed affini:

**HENKEL ITALIA S.p.A. - Via Amoretti, 78 - 20157 MILANO** - Tel. 039/02.357921 - Fax 039/02.3552550 - E-mail: [piero.mauri@it.henkel.com](mailto:piero.mauri@it.henkel.com) - [www.loctite.it](http://www.loctite.it) - Adesivi strutturali - Adesivi istantanei per arredi interni - Blocca boccole - Bronzine, alberi e cuscinetti - Convertitori di ruggine - Epossidiche - Frenafili per dadi e bulloni - Sigillanti per guarnizioni piane - Impianti idraulici e raccordi filettati - Siliconi speciali - Rimuovi graffiti - Siliconi modificati - Poliuretani incollaggio vetri.

## G Articoli di gomma, plastica e vari:

**ANGST+PFISTER S.p.A. - Via Montefeltro, 4 - 20156 MILANO** - Tel. 02/30087.1 - Fax 02/30087100 - e-mail: [sales@angst-pfister.it](mailto:sales@angst-pfister.it) - [www.angst-pfister.it](http://www.angst-pfister.it) - Guarnizioni, particolari a disegno ricavati da materiali tecnoplastici, sospensioni elastiche ed antivibranti, elastomeri poliuretani cellulari SYLOMER® e SYLODYN®, elementi di trasmissione meccanica, tubi flessibili e raccordi industriali - Adesivi e sigillanti.

**ISOLGOMMA S.r.l. - Via dell'Artigianato, Z.I. - 36020 ALBETTONE (VI)** - Tel. 0444/790781 - Fax 0444/790784 - E-mail: [info@isolgomma.it](mailto:info@isolgomma.it) - Componenti elastomerici per il binario ferroviario - Materassini sottoballast e sottopiat-taforma - Pannelli fonoassorbenti.

**IVG COLBACHINI S.p.A. - Via Fossone, 132 - 35030 CERVARRESE S. CROCE (PD)** - Tel. 049/9997311 - Fax 049/9915088 - e-mail: [market.italy@ivgspa.it](mailto:market.italy@ivgspa.it) - [ivg.colbacchini@ivgspa.it](mailto:ivg.colbacchini@ivgspa.it) - [www.ivgspa.it](http://www.ivgspa.it) - Capitale Sociale L. 10.575.000 - Tubi di gomma a basse e medie pressioni e flessibili con raccordi per ogni uso ed applicazione, studiati su specifiche richieste, in modo particolare per il settore rotabile (tubi per impianti frenanti tipo RAILWS e guaine gomma-tela a Dis. FS 304188).

**PANTECNICA S.p.A. - Via Magenta, 77/14A - 20017 RHO (MI)** - Tel. 02.93261020 - Fax 02.93261090 - e-mail: [info@pantecnica.it](mailto:info@pantecnica.it) - [www.pantecnica.it](http://www.pantecnica.it) - Sistemi antivibranti per materiale rotabile e per armamento ferrotranviario - Completa gamma di guarnizioni per tenuta fluidi - Certificata ISO 9001:2000 - Fornitore Trenitalia.

**PLASTIROMA S.r.l. - Via Palombarese km 19,100 - 00012 GUIDONIA MONTECELIO (RM)** - Tel. 0774.367431-32 -

Fax 0774.367433 – E-mail: info@plastiroma.it – Sito web: www.plastiroma.it – Morsetterie, contropiastre, cassette per C.D.B., materiale isolante per C.D.B., segnali bassi di manovra, segnali alti di chiamata, shunt, componenti in materiale plastico per relè FS, progettazione di articoli tecnici.

**SOCHIMA S.p.A. – Corso Piemonte, 38 – Tel. 011/2236834 – 10099 S. MAURO TORINESE (TO) – Aquaplas – Schal-schluck – Baryfol – Materiali coibenti ad alta efficienza – Antivibranti – Assorbenti – Fonotermodisolanti – Fornitori FS.**

## **H** Rilievi e progettazione opere pubbliche:

**ABATE dott. ing. Giovanni – Via Zumaglia, 7 – 10145 TORINO – Tel. 011.7716665 – Fax 011.7716665 – 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.**

## **I** Trattamenti e depurazione delle acque:

## **L** Articoli e dispositivi per la sicurezza sul lavoro:

**PROMOFER S.r.l. – Via Appia Pignatelli, 277 – 00178 ROMA – Tel. +39 06 7183143-06 7180242 – Fax +39 06 71299343 – E-mail: info@promofer.it – Sito: www.promofer.it – Servizi e Prodotti per la protezione cantieri ferroviari mediante Sistemi Automatici di Protezione Cantieri (SAPC) “Autoprowa” e Barriere Mobili di Protezione “Desa Base” – Fornitura di Full-Service: Consulenza, Progettazione, Montaggio/Smontaggio, Gestione e Mantenimento in Efficienza.**

**SCHWEIZER ELECTRONIC S.r.l. (SEIT) – Sede Centrale: Via Santa Croce, 1 – 20122 MILANO – Tel. +39 0289426332 – Fax +39 0283242507 – E-mail: franco.pedrinazzi@schweizer-electronic.com – Sito: www.schweizer-electronic.com – Sede Legale: Via Felice Casati, 20 – 20124 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.**

**ROYALPLAST – Via Caduti, 18 – 27018 VIDIGULFO (PV) – Tel. 0382/619126 – Fax 0382/619017 – Portatarghe e targhe nuova segnaletica TE.**

## **M** Tessuti, vestiario, copertoni impermeabili e manufatti vari:

## **N** Vetrofanie, targhette e decalcomanie:

**BRADY ITALIA S.r.l. – Via Lazzaroni, 7 – 21047 SARONNO (VA) – Tel. 02/96286014– Fax 02/96700882 – e-mail: servizio.clienti@bradycorp.it – Etichette e tubetti termorestringenti per identificazione fili e cavi, stampanti a trasferimento termico per stampa etichette, etichette per cablaggi elettrici e per quadri elettrici, etichette di sicurezza e di segnalazione, etichette marcatubi.**

**TACK SYSTEM S.r.l. – Via XXV Aprile, 50 D – 20040 CAMBIAGO (MI) – Tel. 02/9506901 – Fax 02/95069051 – e-mail: tack@tacksystem.it – www.tacksystem.it – Pellicole autoadesive colorate, fluorescenti, trasparenti, rifrangenti, antigraffiti e protettive – Etichette, pittogrammi e iscrizioni prespaziate per rotabili carri, carrozze, locomotori, ecc. – I succitati manufatti rispondono a Specifiche FS TRENITALIA.**

## **O** Formazione

**SOGEA S.c.r.l. – Via Eugenia Ravasco, 10 – 16128 GENOVA – Tel. +39 010.5767811 – Fax +39 010.5385790 – E-mail: sogeasogeaneet.it – Sito web: www.sogeaneet.it – SOGEA propone, col marchio RINA Training Factory, un’offerta formativa mirata forte dell’esperienza del socio di riferimento Rina S.p.A., sulla norma IRIS (International Railway Industry Standard) emanata da UNIFE. Eroghiamo inoltre sessioni formative e di qualifica per valutatori di sistemi di gestione qualità, ambiente e sicurezza per i principali operatori nazionali del trasporto ferroviario.**

**RAIL TRAINING di Luigi Zucchini – Istruttore accreditato RFI – Piazza Giovanni XXIII, 2 – 40038 VERGATO (BO) – Tel. e Fax +39 051911700 – E-mail: info@railtraining.it – www.railtraining.it – Consulenza per la certificazione RFI di Impresa Ferroviaria – Formazione istruttori e sviluppo programmi per l’acquisizione ed il mantenimento delle competenze – Istruzione personale addetto ai cantieri – Corsi per D.C.O. – Progettazione e sviluppo sale operative – Realizzazione materiale didattico multimediale.**

## **P** Enti di certificazione

**RINA S.p.A. – Via Corsica 12 – 16128 GENOVA – Tel. +39 0105385791 – Fax +39 0105351237 – E-mail: railway@rina.org – www.rina.org – Organismo Notificato per le Verifiche CE di Interoperabilità secondo le Direttive per il sistema Alta Velocità 96/48/CE e Convenzionale 2001/16/CE – Assessment funzionali e di sicurezza – Supporto all’omologazione di materiale rotabile – Ispezioni e test di materiale per applicazioni ferroviarie e di trasporto locale – Supporto tecnico alla stesura di specifiche tecniche e ad attività di V&V.**

Dott. Ing. Renato CASALE, *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 Febbraio 2010



**LUCCHINI**RS



## Lucchini RS Viaggiare in punta di piedi.

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

Lucchini RS:  
design e ricerca,  
affidabilità e sicurezza,  
ecologia e protezione.  
Al massimo livello oggi possibile.  
E l'infinito piacere di viaggiare  
velocissimi verso il futuro,  
in un silenzio mai sentito.



Towards a safer world

**TSR** L'EVOLUZIONE DELLA TECNOLOGIA  
PER IL TRASPORTO REGIONALE



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

**AnsaldoBreda**  
a Finmeccanica Company