



il futuro corre su binari sicuri

## dal 1945

CLF con le società controllate, Sifel, Tes e Sitec ha raggiunto, in oltre mezzo secolo di storia, un elevato grado di specializzazione nella progettazione, manutenzione e realizzazione di nuove linee ferroviarie, tranviarie e metropolitane in Italia e all'estero.

La forza che spinge CLF verso lo sviluppo è la conoscenza di tutto il processo sia nel campo delle infrastrutture che nel settore del materiale rotabile.



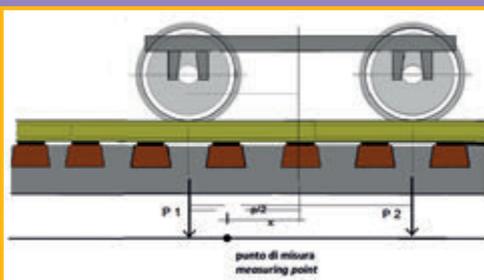
Via della Cooperazione, 34 - 40129 (Bologna - Italy) - Tel. +39 051 323424 - Fax +39 051 324135 - clf.spa@clfspa.it - www.clfspa.com

INGEGNERIA FERROVIARIA - Marzo 2024

ISSN: 0020 - 0956

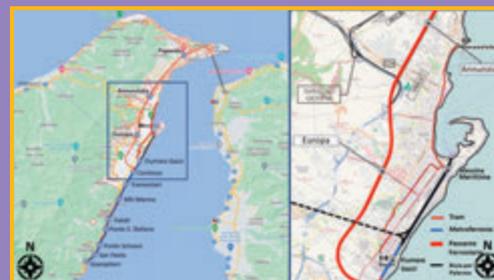
Poste Italiane S.p.A. - Spedizione in abbonamento postale - d.l. 353/2003 (conv. in l. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma 1 - DCB Roma

In questo numero  
In this issue



Il calcolo del binario

Calculation of the track



Nuovo assetto ferroviario  
per la città di Messina  
New railway structure  
for the city of Messina

1

## ESPERTO TECNICO GARE D'APPALTO DI FERROVIE

Durata del corso: 35 ore



2

## ESPERTO COLLAUDO TECNICO AMMINISTRATIVO DI FERROVIE, STRADE E IMPIANTI FISSI

Durata del corso: 24 ore



3

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

Durata del corso: 38 ore



4

## RISERVE DELL'APPALTATORE

Durata del corso: 26 ore



TUTTE LE INFORMAZIONI SU

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

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

## I SOCI COLLETTIVI DEL COLLEGIO INGEGNERI FERROVIARI ITALIANI

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

## INDICE DEGLI ANNUNZI PUBBLICITARI

CLF – Costruzioni Linee Ferroviarie S.p.A. – Bologna	I copertina
CIFI Servizi S.r.l. - Roma	II copertina
SALCEF GROUP S.p.A. – Roma	pagina 208
PLASTIROMA S.r.l. – Guidonia Montecelio (RM)	pagina 233
PLASSER Italiana S.r.l. – Velletri (RM)	pagina 234
ESSEN ITALIA S.p.A. – Roma	III copertina
BONOMI EUGENIO S.p.A. – Montichiari (BS)	IV copertina

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Contatti - Contacts**

Tel. 06.4742987

E-mail: redazioneif@cifi.it - notiziari.if@cifi.it - direttore.if@cifi.it  
Indirizzo skype: REDAZIONE I.F. C.I.F.I.**Servizio Pubblicità - Advertising Service**

Roma: 06.47307819 - redazioneip@cifi.it

Milano: 02.63712002 - 339.1220777 - segreteria@cifimilano.it

**Direttore - Editor in Chief**

Stefano RICCI

**Vice Direttore - Deputy Editor in Chief**

Valerio GIOVINE

**Comitato di Redazione - Editorial Board**Benedetto BARABINO  
Massimiliano BRUNER  
Maurizio CAVAGNARO  
Giuseppe CAVALLERI  
Federico CHELI  
Maria Vittoria CORAZZA  
Biagio COSTA  
Bruno DALLA CHIARA  
Massimo DEL PRETE  
Salvatore DI TRAPANI  
Anders EKBERG  
Alessandro ELIA  
Luigi EVANGELISTA  
Carmen FORCINITI  
Attilio GAETA  
Federico GHERARDI  
Ingo HANSEN  
Marino LUPI  
Adoardo LUZI  
Gabriele MALAVASI  
Giampaolo MANCINI  
Vito MASTRODONATO  
Enrico MINGOZZI  
Elena MOLINARO  
Francesco NATONI  
Umberto PETRUCCELLI  
Luca RIZZETTO  
Stefano ROSSI  
Francesco VITRANO  
Dario ZANINELLI**Consulenti - Consultants**Giovannino CAPRIO  
Paolo Enrico DEBARBIERI  
Giorgio DIANA  
Antonio LAGANÀ  
Emilio MAESTRINI  
Mauro MORETTI  
Silvio RIZZOTTI  
Giuseppe SCIUTTO**Redazione - Editorial Staff**Massimiliano BRUNER  
Ivan CUFARI

Francesca PISANO

Federica THOLOSANO DI VALGRISANCHE

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

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

Via Giovanni Giolitti, 46 - 00185 Roma

E-mail: info@cifi.it - u.r.l.: www.cifi.it

Tel. 06.4742986

Partita IVA 00929941003

Orario Uffici: lun.-ven. 8.30-13.00 / 13.30-17.00

Biblioteca: lun.-ven. 9.00-13.00 / 13.30-16.00

# Indice

Anno LXXIX | **Marzo 2024** | 3**Condizioni di Associazione al CIFI** **174****IL CALCOLO DEL BINARIO  
CALCULATION OF THE TRACK**

Francesco NATONI

**177****IPOTESI DI NUOVO ASSETTO FERROVIARIO  
METROPOLITANO PER LA CITTÀ DI MESSINA  
NEL CONTESTO DELLA REALIZZAZIONE  
DELL'ATTRAVERSAMENTO STABILE DELLO STRETTO  
HYPOTHESIS OF A NEW METROPOLITAN RAILWAY  
STRUCTURE FOR THE CITY OF MESSINA  
IN THE CONTEXT OF THE CREATION  
OF THE STABLE CROSSING OF THE STRAIT**

Giovanni SACCA

Salvatore LEOCATA

**209****Notizie dall'interno** **235****Notizie dall'estero***News from foreign countries***243****Vita del CIFI - Visita al Polo Museale ASTRAL di Roma** **255****IF Biblio** **257****Condizioni di Abbonamento a IF - Ingegneria Ferroviaria***Terms of subscription to IF - Ingegneria Ferroviaria***258****Elenco di tutte le Pubblicazioni CIFI** **260****Fornitori di prodotti e servizi** **262**La riproduzione totale o parziale di articoli o disegni è permessa citando la fonte.  
*The total or partial reproduction of articles or figures is allowed providing the source citation.*

## LINEE GUIDA PER GLI AUTORI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## GUIDELINES FOR THE AUTHORS

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

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

*The articles can be presented both in English and/or Italian language. The publication is anyway bilingual.*

*The admission of a paper does not imply acknowledgment or approval by the journal of theories and opinions presented by the Authors.*

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

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

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

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

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

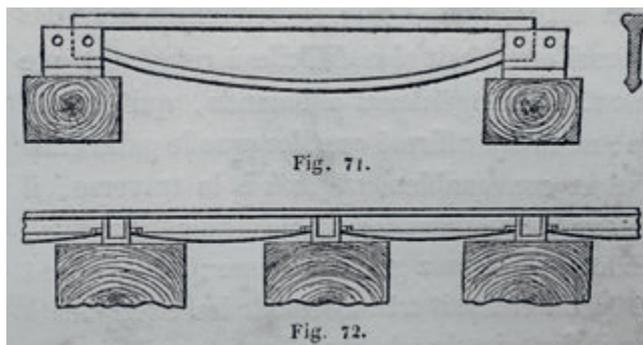


## Il calcolo del binario

### Calculation of the track

Francesco NATONI

(<https://www.medra.org/servlet/view?lang=it&doi=10.57597/IF.03.2024.ART.1>)



(Fonte – Source: [1])

Rotaie a ugual resistenza ed ondulate. All'epoca la resistenza era considerata la tensione.  
*Curved rails with equal strength. At the time, resistance was considered tension.*

**Sommario** - La sostanziale equivalenza dei metodi di calcolo del binario secondo i due filoni consolidatisi nel tempo di WINKLER – ZIMMERMANN (trave continua su suolo elastico) e di ENGHESSE (trave su appoggi elastici discontinui), consente di adottare l'uno o l'altro metodo restando le relative limitazioni di applicabilità. Si esaminano situazioni particolari (variazione brusca di rigidità del supporto, assenza di portanza delle traverse, ecc.) con valutazione degli effetti indotti in termini di sollecitazioni in rotaia e di accelerazioni verticali applicate alle ruote.

### 1. Introduzione

L'esigenza di conoscere le tensioni in rotaia al transito dei carichi dei rotabili nasce insieme all'esercizio ferroviario (metà 1800).

Il frequente ripetersi delle rotture delle barre, e relative nefaste conseguenze, che ebbero a verificarsi non appena il peso e la velocità delle locomotive aumentava, sollecitavano, per il dimensionamento della rotaia, l'adozione di criteri adeguati, cioè appoggiati alla teoria dell'equilibrio dei corpi elastici: tale teoria aveva trovato un sorprendente sviluppo quando nel 1826 comparve in Francia l'opera basilare del NAVIER professore alla Scuola di Ponti e Strade di Parigi.

Ne derivò, l'ovvia conseguenza di applicare al calcolo del binario i metodi della "Scienza delle Costruzioni" che via via si andavano affinando.

In effetti, la maggioranza dei guasti interessava le giunzioni non appoggiate dove, mancando la continuità della trave e, per le modeste prestazioni delle ganasce inchiodate, le sollecitazioni in rotaia erano maggiori. Infatti, il CANTALUPI

**Summary** - The substantial equivalence of the calculation methods of the track according to Winkler and Zimmermann's currents consolidated over time (continuous beam on elastic soil) and that of Engesser (beam on discontinuous elastic supports), allows adopting one or the other method without prejudice to the relative limitations of applicability. Particular situations are analysed (abrupt change in rigidity of the support, absence of lift of the sleepers, etc.) with evaluation of the effects induced in terms of stresses on the rail and vertical accelerations applied to the wheels.

### 1. Introduction

The need to know the rail tensions at the transit of rolling stock loads arises together with the railway operation (mid-1800).

The frequent repetition of bar breakages, and their ill-fated consequences, which occurred as soon as the weight and speed of the locomotives increased, prompted the adoption of adequate criteria for the sizing of the rail, that is, supported by the theory of the equilibrium of elastic bodies: this theory had found a surprising development when in 1826 the basic work of NAVIER, professor at the School of Bridges and Streets of Paris appeared in France.

As a result, the obvious consequence of applying the "Construction Science" methods that were gradually being refined to the calculation of the track.

Indeed, the majority of failures affected the unsupported joints where the stresses on the rail were greater, due to the lack of continuity of the beam and to the modest performance of the fishplate. In fact, for the calculation of rail ten-

(1872) [2] proponeva, per il calcolo delle tensioni in rotaia, di considerarla come una mensola incastrata, di lunghezza pari al semispazio delle traverse, caricata in punta.

La proposta, in sé ragionevole, sovrastima il momento flettente e motiva l'adozione, per tutta la barra, di una sezione sovrabbondante: si qualifica, pertanto, economicamente discutibile. Le problematiche tipiche delle giunzioni furono affrontate [6] sviluppando – non sempre con successo – gli organi di giunzione, almeno fino alla loro definitiva eliminazione con la costituzione del binario continuo di estensione illimitata (la cosiddetta Lunga Rotaia Saldata passante).

## 2. Il calcolo del binario

Come “Calcolo del binario” qui s'intende – convenzionalmente – la ricerca delle deformazioni della rotaia, delle tensioni flessionali in questa e altre grandezze connesse, alla presenza di carichi verticali in condizioni quasi-statiche. Si escludono, pertanto, quanto connesso ai complicati fenomeni d'interazione ruota-rotaia [13][17] e agli aspetti vibrazionali del binario medesimo [18].

Numerosi furono i contributi: dal WINKLER (1865) “Vortrage uber Eisenbahnbau”, allo ZIMMERMANN (1888) “Die Berechnung des Eisenbahn-Oberbaues” allo ENGHESSE (1888) “Zur Berechnung des Eisenbahn-Oberbaues”, al Talbot (1919) “Stresses in Railroad Track” per citare i principali [19].

Per un elenco più completo dei “precursori” vedasi [3].

Altre informazioni circa i criteri di calcolo impiegabili si ricavano in MARONGIU (2022) [4].

Lo sviluppo storico [15][16] delle caratteristiche dell'armamento (profilo della rotaia, dimensioni della traversa, attacchi) fino all'adozione della traversa in c.a.p. è improntato su un costante irrobustimento delle porzioni metalliche dell'armamento medesimo per tener seguito all'incremento dei pesi e delle velocità dei treni.

Se all'inizio dell'esercizio di stato delle Ferrovie Italiane le circolazioni “top” marciavano a 80 km/h con pesi<sup>1</sup> assiali delle locomotive di 16 t. su rotaie del peso di 36 kg/m e traverse in legno da m. 2,60, già negli anni 1960 (adozione della rotaia del peso di 60 kg/m) si circolava a 120 km/h con pesi assiali di 18 t. Il rapporto tra i due prodotti V P è di 1,7 km·kg/h; il rapporto tra il peso dei due tipi rotaia è di 1,7. Il risultato non deve sorprendere perché la correlazione dei due fattori è, pressoché, lineare nel tempo.

L'analogo prodotto per le locomotive dell'Alta Velocità (300 km/h x 17 t = 5100 km·kg/h) più che doppio di quel 120 x 18 = 2160 km·kg/h, non sembrerebbe congruo (poiché le rotaie dell'AV sono ancora quelle da 60 kg/m, sebbene i processi metallurgici per l'affinamento dell'acciaio siano stati migliorati, la tecnica della colata continua dei

sions, CANTALUPI (1872) [2] proposed considering it as a cantilever beam, equal in length to the half distance of the sleepers, loaded at the tip.

The proposal, which was in itself reasonable, overestimates the bending moment and motivates the adoption of an overabundant section throughout the bar: it therefore qualifies as economically questionable. The typical problems of junctions were addressed by [6] developing the junction parts – not always successfully –, at least until their definitive elimination with the setting-up of the continuous track with unlimited extension (the so-called Long Welded through Rail).

## 2. Calculation of the track

The meaning of “Calculation of the track” here – conventionally – is the search for rail deformations, flexural stresses in it and other related characteristics, the presence of vertical loads in quasi-static conditions. Therefore, what is connected to the complicated phenomena of wheel-rail [13][17] interaction and the vibrational aspects [18] of the track itself is excluded.

There were numerous contributions: from WINKLER (1865) “Vortrage uber Eisenbahnbau”, to ZIMMERMANN (1888) “Die Berechnung des Eisenbahn-Oberbaues” to ENGHESSE (1888) “Zur Berechnung des Eisenbahn-Oberbaues”, to TALBOT (1919) “Stresses in Railroad Track” just to mention the main ones [19].

For a more complete list of “precursors” see [3].

Further information on the calculation criteria can be found in MARONGIU (2022) [4].

The historical development [15][16] of the characteristics of the permanent way (profile of the rail, dimensions of the sleeper, fastenings) until the adoption of the reinforced concrete sleeper is based on constant strengthening of the metal portions of the permanent way itself to keep up with the increase in the weights and the train speeds.

If at the beginning of the state operation of the Italian Railways the “top” circulations were running at 80 km/h with axial weights<sup>1</sup> of the locomotives of 16 t.<sup>1</sup> on rails weighing 36 kg/m and wooden sleepers of 2.60 m, already in the 1960s (adoption of the rail weighing 60 kg/m) circulation was at 120 km/h with axial weights of 18 t. The ratio between the two V P products is 1.7 km·kg/h; the ratio between the weight of the two rail types is 1.7. The result should not be surprising because the correlation of the two factors is almost linear over time.

The same produced for the High Speed locomotives (300 km/h x 17 t = 5100 km·kg/h) more than double than that 120 x 18 = 2160 km·kg/h, would not seem appropriate (since the HS rails are still the 60 kg/m ones, although the metallurgical processes for the refinement of steel have been

<sup>1</sup> Sia consentito, almeno nel richiamo storico, di usare le unità di misura, tuttavia, più consuete per il periodo.

<sup>1</sup> At least in the historical reference, let us use the most usual units of measurement, however for that time.

blumi sia diventata la pratica standard, i controlli non distruttivi e le tecniche di diagnostica automatica all'atto della fabbricazione siano molto più precisi): peraltro, la configurazione dei binari AV è inconfondibile con quella dei binari del 1960 (traverse in c.a.p. da m. 2,60 vs. traverse in legno, piano di piattaforma in subballast vs. strato di terra, regimi di diagnostica della difettosità e di manutenzione informatizzati e meccanizzati vs. controlli e lavorazioni ancora sostanzialmente impostate sulla manualità).

Inoltre, la qualità dei rotabili è incomparabile: si consideri, ad esempio l'aggressività di un treno ETR 1000 con quella di una locomotiva E 428<sup>2</sup> !

Le modellazioni che nel tempo si sono affinate [10][11][12] seguono due filoni:

- quello di WINKLER – ZIMMERMANN<sup>3</sup> che considera la rotaia su appoggio diffuso ed impiega la “Teoria della trave continua su suolo elastico alla Winkler”, in breve trave elastica – t.e.;
- quello alla ENGHESSESSER che considera la trave su appoggi elastici discontinui (le traverse) che adotta p. es. l'Equazioni dei 4 Momenti (o analoghi metodi a soluzioni di sistemi di equazioni), le cui filiazioni possono essere considerati i Modelli ad Elementi Finiti.

Dalla letteratura tecnica (testi, ad esempio [1][3][4], articoli su riviste specializzate e siti web) sembrerebbe maggiormente illustrato il metodo della trave elastica, essendo invece, d'interesse – per applicazioni particolari (quelle dinamiche) l'impiego di modelli numerici.

A fronte di una tale quantità di riferimenti, non apparirebbero necessari altri contributi potendosi agevolmente operare consultando la letteratura.

Inoltre, essendosi consolidati il profilo della rotaia e le sue caratteristiche metallurgiche (sostanzialmente le specifiche della rotaia 60E1 non differiscono da quella 60 U - salvo come detto gli aggiornamenti produttivi-, normata nel 1962) il calcolo del binario “quasi-statico” non sarebbe funzionale ad ulteriori sviluppi tecnologici della rotaia ma resta di assoluto interesse per il calcolo della traversa (componente ancora in evoluzione) e fondamento conoscitivo di base per le elaborazioni dinamiche-vibrazionali, essenziali nelle valutazioni di impatto ambientale cui le scelte tipologiche dell'armamento devono (nelle opportune circostanze) doverosamente tenere conto.

Si ritiene, pertanto, dare seguito:

- analizzando i vantaggi ed i limiti (se esistono) dei due filoni di calcolo;

*improved, the technique of continuous casting of blooms has become standard practice, non-destructive checks and automatic diagnostic techniques at the time of manufacture are much more accurate): moreover, the configuration of the HS rails is incomparable with that of the 1960 rails (reinforced concrete 2.60 m sleepers vs. wooden sleepers, sub-ballast track bed vs earth layer, computerised and mechanised defect diagnosis and maintenance regimes vs controls and machining still substantially set on dexterity).*

*In addition, the quality of the rolling stock is incomparable: consider, for example, the aggressiveness of an ETR 1000 train with that of an E 428 locomotive<sup>2</sup>!*

*The models that have been refined [10][11][12] over time follow two currents:*

- *that of WINKLER – ZIMMERMANN<sup>3</sup> which considers the rail on widespread support and employs the “WINKLER’S theory of the continuous beam on elastic soil”, in short elastic beam – e.b.;*
- *that of ENGHESSESSER that considers the beam on discontinuous elastic supports (the sleepers) which adopts, for example, the Equations of 4 Moments (or similar methods to solutions of equation systems), whose filiations can be considered Finite Element Models.*

*From technical literature (texts, for example [1][3][4], articles in specialised magazines and websites) the elastic beam method seems to be more illustrated, while the use of numerical models is of interest – for particular applications (dynamic ones).*

*Against such a large number of references, no other contributions would appear necessary, since it would be easy to operate by consulting the literature.*

*In addition, having consolidated the profile of the rail and its metallurgical characteristics (basically the specifications of the 60E1 rail do not differ from the 60 U one - except as said the production updates -, regulated in 1962) the calculation of the “quasi-static” track would not be functional to further technological developments of the rail but remains of absolute interest for the calculation of the sleeper (component still evolving) and basic cognitive foundation for dynamic-vibrational elaborations, essential in environmental impact assessments that the typical choices of the permanent way must duly take into account (in appropriate circumstances).*

*It is considered, therefore, to follow up:*

- *analysing the advantages and limits (if any) of the two calculation currents;*
- *exposing some particular cases, through specific applications.*

<sup>2</sup> Locomotiva elettrica delle FS costruita nel 1934-1943, 4 assi portanti da 14,25 t e 4 assi motore da 19,5 t. Vmax 130 km/h poi ridotta a 100.

<sup>3</sup> A rigore lo ZIMMERMANN aveva applicato la teoria della trave elastica alla traversa per trovarne la sua inflessione sotto rotaia per addivenire al cedimento complessivo dell'appoggio. In letteratura, però, [3] il metodo su appoggio continuo viene attribuito allo ZIMMERMANN medesimo.

<sup>2</sup> FS electric locomotive built in 1934-1943, 4 load-bearing axles of 14.25 t and 4 motor axles of 19.5 t. Vmax 130 km/h then reduced to 100.

<sup>3</sup> Strictly speaking, ZIMMERMANN had applied the theory of the elastic beam to the sleeper to find its inflection under the rail to reach the over-rail subsidence of the support. In literature, however, [3] the method on continuous support is attributed to ZIMMERMANN himself.

- esponendo, mediante specifiche applicazioni, alcuni casi particolari.

### 3. Trave continua su suolo elastico alla Winkler

Quando si usi l'uno o l'altro criterio, una prima difficoltà da superare è la determinazione dei dati di base sui quali impostare il calcolo.

Ora, il binario, nella sua configurazione corrente, cioè quella costituita da un telaio piano (i cui correnti sono le rotaie) collegate da trasversi (le traverse), il tutto appoggiato su un letto di pietrisco (a sua volta sostenuto dal corpo stradale) è complicato dal punto di vista strutturale e sconta notevoli incertezze circa la reologia del supporto (la fondazione).

Mentre per le rotaie, le traverse e connessi organi di attacco, le caratteristiche geometriche e meccaniche sono, praticamente, certe, altrettanto non si può sostenere per quanto riguarda l'appoggio.

Le innumerevoli ricerche (teoriche e sperimentali) fatte, prevalentemente, nella disciplina geotecnica per assegnare le caratteristiche reologiche alla fondazione tendono ad una definizione abbastanza precisa delle stesse [14]. Purtroppo, la variabilità dei componenti (pietrisco, terra) sia nello spazio (cioè lungo l'estesa del binario) sia nel tempo (per le influenze stagionali, di consolidamento, ecc.) non consentono un'affidabilità dei risultati certa.

Si deve, cioè, scontare un certo grado di approssimazione di fatto accettabile. Un po' diverso il caso quando il binario sia appoggiato su impalcati o sia in galleria dove il piano di piattaforma può essere considerato praticamente rigido: i margini di aleatorietà, infatti, si riducono.

Altrettante incertezze pregiudicano l'esatta valutazione dei carichi non appena si abbandoni il calcolo statico.

L'applicazione dei coefficienti di incremento dinamico richiede l'applicazione della statistica: ne deriva che i risultati conseguono dalla affidabilità e precisione che si vuole ottenere.

Ciò, però, non stupisce più di tanto giacché le valutazioni ingegneristiche sono sempre connotate dall'essere "sufficientemente" esatte.

Il criterio, caratterizzato da uno schema di calcolo concettualmente semplice (trave flessibile su fondazione elastica continua), richiede la soluzione - onerosa ma non difficile - della equazione di equilibrio della struttura (equazione differenziale di quarto grado a coefficienti costanti,) che, per l'appunto, ripostula la costanza dei parametri (modulo di inerzia e modulo di Young della trave e rigidità dell'appoggio).

In base alle considerazioni fatte dal WINKLER si stima che un prisma (perfettamente elastico e di superficie ed altezza unitarie), appoggiato su un piano perfettamente rigido, sia soggetto, sulla sua faccia piana, ad una pressione verticale  $v$ ; le facce laterali sono libere di deformarsi.

### 3. Continuous beam on Winkler-style elastic soil

*When using either criterion, the first difficulty to overcome is the determination of the basic data on which to set the calculation.*

*Now, the track, in its current configuration, that is, that consisting of a flat frame (whose beams are the rails) connected by joists (the sleepers), all resting on a bed of stone (in turn supported by the subgrade) is complicated from the structural point of view and faces considerable uncertainties about the rheology of the support (the foundation).*

*While the geometric and mechanical characteristics of the rails, sleepers and related fastening parts are practically certain, the same cannot be sustained with regard to the support.*

*The innumerable researches carried out (theoretical and experimental), mainly, in the geotechnical discipline to assign the rheological characteristics to the foundation, tend to a fairly precise definition of the same [14]. Unfortunately, the variability of the components (gravel, earth) both in space (i.e. along the length of the track) and in time (due to seasonal influences, consolidation, etc.) do not allow a certain reliability of the results.*

*A certain degree of acceptable approximation in fact must be considered. The case is a little different when the track is resting on decks or in the tunnel where the platform surface can be considered practically rigid: the randomness margins, in fact, are reduced.*

*As many uncertainties affect the exact evaluation of loads as soon as the static calculation is abandoned.*

*The application of the coefficients of dynamic increase requires the application of statistics: it follows that the results derive from the reliability and precision that one wants to obtain.*

*This, however, is not surprising since engineering evaluations are always characterised by being "sufficiently" accurate.*

*The criterion, characterised by a conceptually simple calculation scheme (flexible beam on continuous elastic foundation), requires the burdensome but not difficult solution - of the equilibrium equation of the structure (fourth degree differential equation with constant coefficients,) which, in fact, shows the consistency of the parameters (inertia module and Young's module of the beam and stiffness of the support).*

*Based on the considerations made by WINKLER, it is estimated that a prism (perfectly elastic and of unitary surface and height), resting on a perfectly rigid plane, is subject to a vertical pressure  $v$  on its flat side; the lateral sides are free to deform.*

*Said prism thus loaded drops by an amount  $d$ : the ratio between pressure and deformation ( $v / d = C_w [N/m^3]$ ) is called the Winkler coefficient (or deformation module) and the support system is called Winkler soil. In fact, the prism is nothing but a spring.*

Detto prisma così caricato si abbassa di una quantità  $d$ : il rapporto fra la pressione e la deformazione ( $v / d = C_w$  [N/ m<sup>3</sup>]) si chiama coefficiente di Winkler (o modulo di deformazione) ed il sistema di appoggio si chiama suolo alla Winkler. Di fatto, il prisma altro non è che una molla.

Considerando, ora, una trave retta appoggiata su un suolo alla Winkler, avente una base di larghezza  $B$  [m], per ogni unità di lunghezza della stessa, si ha una reazione allo spostamento pari a  $B C_w = k$  [N/m<sup>2</sup>] ossia la rigidità lineica dell'appoggio.

La trattazione è di evidente derivazione dal calcolo delle fondazioni: qui l'appoggio è il suolo e la formulazione del coefficiente (o modulo) di sottofondo si avvale del metodo di valutazione delle singole caratteristiche geotecniche del multistrato di appoggio. Nel caso del binario, l'assimilazione alla Winkler è alquanto approssimativa, anche se, data la estrema variabilità dei parametri in gioco che condizionano notevolmente i risultati, è considerata accettabile. Di fatto, il coefficiente  $C_w$  (nel seguito chiamato coefficiente di sottofondo) deve tener conto, con studiate formulazioni:

- della cedevolezza della piastra sottorotaia (nota con apprezzabile certezza ma considerata costante al variare del carico);
- della deformabilità della traversa (se in legno, assolutamente trascurabile per traverse in cemento armato precompresso);
- della cedevolezza dello strato di pietrisco (variabile con le caratteristiche del materiale, con il grado di compattazione, ecc.);
- della cedevolezza dell'eventuale tappetino interposto tra traversa e pietrisco oppure tra pietrisco e piattaforma;
- per binario su opere in terra
- della cedevolezza cumulata del multistrato, costituito dalla piattaforma (subballast, supercompattato, ecc.) la cui profondità da esaminare deve essere tale che le pressioni diventino trascurabili<sup>4</sup>;
- per binario su ponte, viadotto o galleria si considera il supporto rigido.

L'indeterminatezza dei dati di base può essere considerata accettabile, perché il calcolo delle sollecitazioni in rotaia (come pure nella traversa) occorre per operare scelte comparative tra diverse soluzioni: se l'incertezza sul parametro è paritetica la sua influenza è irrilevante rispetto al risultato.

I tanti esperimenti in situ e le misure, anche raffinate, confermano che se, per un dato carico (meglio statico che

*Considering, now, a straight beam resting on a WINKLER ground, with a base of width  $B$  [m], for each unit of length thereof, there is a displacement reaction equal to  $B C_w = k$  [N/m<sup>2</sup>] that is to say, the linear stiffness of the support.*

*The discussion is clearly derived from the calculation of the foundations: here the support is the soil and the formulation of the subgrade coefficient (or module) uses the evaluation method of the individual geotechnical characteristics of the supporting multilayer. In the case of the track, the assimilation to Winkler is somewhat approximate, although considered acceptable, given the extreme variability of the parameters in play that greatly affect the results. In fact, the coefficient  $C_w$  (hereinafter called the subgrade coefficient) must consider, with studied formulations:*

- *the pliability of the base plate (known with appreciable certainty but considered constant as the load varies);*
- *the deformability of the sleeper (if made of wood, absolutely negligible for prestressed reinforced concrete sleepers);*
- *the pliability of the stone layer (variable with the characteristics of the material, with the degree of compaction, etc.);*
- *the pliability of any mat interposed between the sleeper and the gravel or between the gravel and the platform; for track on earthworks*
- *the cumulative pliability of the multilayer, consisting of the platform (sub-ballast, super compacted, etc.) whose depth to be examined must be such that the pressures become negligible<sup>4</sup>;*
- *for track on bridge, viaduct or tunnel, the rigid support is considered.*

*The uncertainty of the basic data can be considered acceptable, because the calculation of the stresses in the rail (as well as in the sleeper) is necessary to make comparative choices between different solutions: if the uncertainty on the parameter is equal, its influence is irrelevant with respect to the result.*

*The many in situ experiments and measurements, even refined, confirm that if, for a given load (rather static than dynamic due to the obvious lower uncertainty about its magnitude), subsidence (with displacement transducers) or tensions with strain gauges are measured, depending on the method, the results confirm the theory in line with the parameter settings.*

*Measuring, for example, the subsidence of the free sleeper loaded with a press at the fastening, knowing the load, we can find the subgrade coefficient of the gravel - platform ensemble with sufficient approximation (obviously in the measuring point).*

<sup>4</sup> Dalla sperimentazione citata in [9] risulta che "il valore delle sovrappressioni nel corpo del rilevato si riduce rapidamente dopo il primo strato di 50 cm" ed aumenta con il crescere della velocità di transito.

<sup>4</sup> From the experimentation mentioned in [9] it appears that " the value of the overpressures in the body of the embankment decreases rapidly after the first layer of 50 cm" and increases with the increase in the transit speed.

dinamico per l'evidente minore incertezza sulla sua entità), si misurano, a seconda del metodo, cedimenti (con trasduttori di spostamento) oppure tensioni con estensimetri i risultati confermano la teoria coerentemente con le impostazioni dei parametri.

Misurando, ad esempio, i cedimenti della traversa libera caricata con una pressa in corrispondenza dell'attacco, noto il carico, si risale con sufficiente approssimazione al coefficiente di sottofondo del pacchetto pietrisco - piattafoma (ovviamente nel punto di misura).

La risposta è, di norma, tutt'altro che lineare (p.es. il pietrisco s'irrigidisce con l'aumento della pressione) ma, per comodità, si linearizza.

Ponendolo in serie con la cedevolezza (anch'essa linearizzata) della piastra in gomma sottorotaia si ha il coefficiente globale da usare nel calcolo.

L'equazione di equilibrio [5] è, dunque,

$$EJ w^{IV} + kw = q$$

Con

$w$  = il cedimento verticale della trave alla ascissa  $x$  [m];

$q$  = il carico uniformemente distribuito lungo la trave, cioè il peso della rotaia, di mezza traversa e, almeno, quota parte del pietrisco [N/m];

$E$  = modulo di elasticità acciaio [N/m<sup>2</sup>];

$J$  = modulo di inerzia della rotaia [m<sup>4</sup>].

La base della trave (che è la rotaia) va calcolata considerando che la rotaia stessa è appoggiata sulle traverse che gravano il pietrisco tramite una superficie, convenzionalmente, data dal doppio dello sbalzo  $S$  [m] (distanza tra l'asse della rotaia e testata della traversa) per la larghezza  $b$  [m] della traversa medesima; queste sono tra loro intervallate di  $i$  [m]: pertanto, la base  $B$  si ottiene da

$$B = \frac{(L_T - S)b}{i}$$

che per una traversa lunga 2,60 m e larga 0,3 m e posta ad interasse 0,6 m dà  $B=0,55$  m.

Poiché la traversa monoblocco è anch'essa una trave deformabile, per l'individuazione corretta dell'ampiezza della base della trave-rotaia, bisognerebbe calcolare la deformazione della traversa che è funzione della rata di carico su essa applicata: quest'ultima si ricava dal calcolo del binario. Ciò porterebbe alla necessità di un calcolo iterativo (oneroso e, nella generalità dei casi, superfluo per quanto detto circa l'incertezza dei valori da assegnare ai parametri). Ne consegue che considerare la traversa perfettamente rigida è usuale.

Considerare attiva la porzione di traversa pari al doppio dello sbalzo è giustificato dal fatto che la parte interna del binario non risulta così compattata come quella sotto la rotaia: infatti le batte rincalzanti operano abbracciate alla rotaia.

*The answer is, as a rule, far from linear (e.g. the gravel stiffens with increasing pressure) but, for convenience, it linearises.*

*Putting it in series with the compliance of the sub-rail rubber plate (which is also linearised), we have the overall coefficient to be used in the calculation.*

*The equation of equilibrium [5] is, therefore,*

$$EJ w^{IV} + kw = q$$

*With*

*$w$  = the vertical subsidence of the beam at the abscissa  $x$  [m];*

*$q$  = the load evenly distributed along the beam, i.e. the weight of the rail, half a sleeper and, at least, part of the crushed stone [N/m];*

*$E$  = steel elasticity modulus [N/m<sup>2</sup>];*

*$J$  = inertia module of the rail [m<sup>4</sup>].*

*The base of the beam (which is the rail) must be calculated considering that the rail itself is resting on the sleepers that weigh on the ballast through a surface, conventionally, given by the double of the cantilever  $S$  [m] (distance between the axis of the rail and the head of the sleeper) multiplied by the width  $b$  [m] of the sleeper itself; these are spaced apart by  $i$  [m]: therefore, the base  $B$  is obtained from*

$$B = \frac{(L_T - S)b}{i}$$

*which for a sleeper 2.60 m long and 0.3 m wide and placed at a distance of 0.6 m results in  $B=0.55$  m.*

*Since the monobloc sleeper is also a deformable beam, for the correct identification of the width of the base of the beam-rail, the deformation of the sleeper should be calculated as a function of the loading rate applied to it: the latter is obtained from the calculation of the track. This would lead to the need for an iterative calculation (onerous and, in most cases, unnecessary for what has been said about the uncertainty of the values to be assigned to the parameters). It follows that considering the sleeper perfectly rigid is common.*

*Considering as active the portion of the sleeper equal to twice the cantilever is justified by the fact that the inner part of the track is not as compacted as the one under the rail: in fact, the packers operate clasping the rail.*

*In Fig. 1, taken from [7], the manual packing under the sleeper is clearly highlighted.*

*Obviously, in the case of dual block sleepers, considering the actual width of the support area is much more realistic.*

*Therefore, the value of  $\lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4EJ}}$  (hereinafter called "lambda") is determined, i.e. the inverse of the so-called "characteristic length of the beam"<sup>5</sup>. The magnitude  $k = C_w B/i$  is the*

<sup>5</sup> It is thus defined because the moment under load of an unlimited elastic beam is equal to that of a beam of length  $L$  simply resting on supports at the ends and loaded in the centre.

In Fig. 1, tratta da [7] ben evidenziata rincalzatura manuale sotto traversa.

Ovviamente, nel caso di traverse a blocco, prendere in considerazione l'ampiezza effettiva dell'area di appoggio è decisamente più realistico.

Si determina, dunque, il valore di  $\lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4EJ}}$  nel seguito chiamata "lambda")

ossia l'inverso della cosiddetta "lunghezza caratteristica della trave"<sup>5</sup>. La grandezza  $k = C_w B / i$  è la rigidità lineica del supporto data dalla rigidità dell'appoggio ripartita sull'interasse delle traverse.

Evidentemente per una traversa lunga 2,60 m, la rigidità lineica vale  $k = C_w 0,55$  e p, e per una traversa lunga 2,30 m, la relazione diventa  $k = C_w 0,35$  con un rapporto tra le due traverse del  $0,35 / 0,55 = 63\%$ . Pertanto a parità di coefficiente di Winkler un binario con traverse m. 2,30 ha una rigidità lineica del 63% inferiore. Ne consegue una variazione di  $\lambda$  pari a  $\sqrt[4]{0,63} = 89\%$ .

Per una rotaia 60E1, traversa m. 2,60 oppure m. 2,30 in cap ed  $EJ = 6415500 \text{ N m}^2$  si ha il grafico 1 rappresentativo di lambda (Fig. 2).

Si nota che  $\lambda$ , crescendo con la radice quarta di  $C_w$ , aumenta di 1,78 volte per un ordine di grandezza di  $C_w$ .

Ricordando  $k = C_w B$ , l'equazione di equilibrio diventa

$$w^{IV} + 4 \lambda^4 w = \frac{q}{EJ}$$

Risolviendo la omogenea ed omettendo i passaggi<sup>6</sup> si ha

$$w = e^{-\lambda x} [c1 \cos \lambda x + c2 \sin \lambda x] + e^{\lambda x} [c3 \cos \lambda x + c4 \sin \lambda x]$$

Risolviendo la particolare, si ha la soluzione generale

$$w(x) = e^{x\lambda} (C3 \cos x\lambda + C4 \sin x\lambda) + e^{-x\lambda} (C1 \sin x\lambda + C2 \cos x\lambda) + q/k$$

con le 4 costanti da determinare in rapporto alle condizioni ai limiti.

<sup>5</sup> Viene così definita perché il momento sotto carico di una trave elastica illimitata è pari a quello di una trave di lunghezza L semplicemente appoggiata agli estremi e caricata al centro.

<sup>6</sup> Per lo sviluppo completo della equazione differenziale si consulti [8].



Figura 1- Rincalzatura manuale.  
Figure 1- Manual packing.

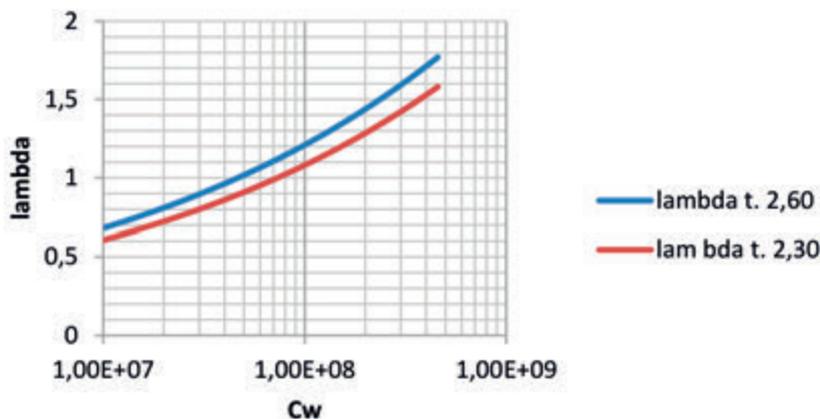


Figura 2-  $\lambda$  in funzione di  $C_w$ .  
Figure 2-  $\lambda$  as a function of  $C_w$ .

linear stiffness of the support given by the stiffness of the support distributed over the centre distance of the sleepers.

Evidently for a 2.60 m long sleeper, the linear stiffness is  $k = C_w 0.55$  and p, and for a 2.30 m long sleeper, the relation becomes  $k = C_w 0.35$  with a ratio between the two sleepers of  $0.35 / 0.55 = 63\%$ . Therefore, with the same Winkler coefficient, a track with 2.30 m sleepers has a 63% lower linear stiffness. This results in a variation of  $\lambda$  equal to  $\sqrt[4]{0,63} = 89\%$ .

For a 60E1 rail, 2.60 m or 2.30 m precast concrete sleeper and  $EJ = 6415500 \text{ N m}^2$  we have graph 1 representative of lambda (Fig. 2).

It is observed that  $\lambda$ , increasing with the fourth root of  $C_w$ , increases 1.78 times by an order of magnitude of  $C_w$ .

**3.1. Trave illimitata ad ambo gli estremi**

In tal caso  $C_3 = C_4 = 0$

Pertanto è

$$w(x) = e^{-x\lambda}(C_1 \sin x\lambda + C_2 \cos x\lambda) + q/k \text{ (Eq. 1)}$$

Quindi, gli sviluppi lungo  $x$  del cedimento, della sua derivata prima (l'inflessione), della derivata seconda (la rotazione) e della derivata terza (il taglio) contengono il termine di attenuazione  $e^{-\lambda x}$ .

Ne consegue che oltre l'ascissa  $\underline{x} = (\ln 0,01)/\lambda = 4,606/\lambda$  tutte le grandezze sono lo 1% del valore massimo.

Pertanto, per i due estremi di  $C_w$  considerati in letteratura (2E7 N/m<sup>3</sup> - sottofondo scadente — 2E8 N/m<sup>3</sup> - sottofondo buono)  $0,807 < \lambda < 1,439 \text{ m}^{-1}$  si avrebbe una lunghezza  $6,6 > \underline{x} > 2,5 \text{ m}$ ; la costanza dei parametri deve sussistere per una estesa, rispettivamente, di 5 e 13,2 m a cavallo del punto di applicazione del carico, per non superare un errore dello 1%.

Derivando (Eq. 1) in  $x = 0$  si ha

$$C_1 = -\frac{w(0)''}{2\lambda^2}$$

$$C_2 = \frac{w(0)'''}{2\lambda^3} + \frac{w(0)''}{2\lambda^2}$$

da cui

$$w(0)' = -\frac{w(0)''}{\lambda} - \frac{w(0)'''}{2\lambda^2}$$

$$w(0) = \frac{w(0)''}{2\lambda^2} + \frac{w(0)'''}{2\lambda^3} + q/k$$

Ponendo, con carico  $P(0)$  diretto verso il basso e momento  $M(0)$  che tende le fibre superiori applicati in  $x=0$ , con le convenzioni

$w$  + verso il basso

$w'$  rotazione oraria + se  $x$  (assolute) dirette a dx

$w'$  rotazione antioraria + se  $x$  (assolute) dirette a sx

$w''$  + se variazione di  $w'$  positiva

$w'''$  + se variazione di  $w''$  positiva

Essendo  $w'' = \frac{M_i}{EJ}$ , essendo  $M_i$  + se tese fibre superiori

$w'' = \frac{T}{EJ}$ , essendo  $T$  + se

si ottiene la rotazione  $\theta(0) = \frac{M_i(0)}{\lambda EJ} + \frac{T(0)}{2\lambda^2 EJ}$

ed il cedimento

$$w(0) = +\frac{M_i(0)}{2\lambda^2 EJ} + \frac{T(0)}{2\lambda^3 EJ} + q/k.$$

Ma essendo  $EJ = \frac{k}{4\lambda^4}$

$$\theta(0) = \frac{4M_i(0)\lambda^3}{k} - \frac{2T(0)\lambda^2}{k}$$

$$w(0) = -\frac{2M_i(0)\lambda^2}{k} + \frac{2T(0)\lambda}{k} + q/k$$

Recalling  $k = C_w B$ , the equilibrium equation becomes

$$w^{IV} + 4\lambda^4 w = \frac{q}{EJ}$$

Solving the homogeneous and omitting the steps<sup>6</sup> results in

$$w = e^{-\lambda x}[c_1 \cos \lambda x + c_2 \sin \lambda x] + e^{\lambda x}[c_3 \cos \lambda x + c_4 \sin \lambda x]$$

Solving the particular, we have the general solution

$$w(x) = e^{x\lambda}(C_3 \cos x\lambda + C_4 \sin x\lambda) + e^{-x\lambda}(C_1 \sin x\lambda + C_2 \cos x\lambda) + q/k$$

with the 4 constants to be determined in relation to the conditions at the limits.

**3.1. Unlimited beam at both ends**

In this case  $C_3 = C_4 = 0$

Therefore, it is

$$w(x) = e^{-x\lambda}(C_1 \sin x\lambda + C_2 \cos x\lambda) + q/k \text{ (Eq. 1)}$$

Hence, the developments along  $x$  of the subsidence, of its first derivative (the inflection), of the second derivative (the rotation) and of the third derivative (the shear) contain the mitigation term  $e^{-\lambda x}$ .

It follows that besides the abscissa  $\underline{x} = (\ln 0.01)/\lambda = 4.606/\lambda$  all quantities are 1% of the maximum value.

Therefore, for the two extremes of  $C_w$  considered in literature (2E7 N/m<sup>3</sup> - poor substrate — 2E8 N/m<sup>3</sup> - good substrate)  $0.807 < \lambda < 1.439 \text{ m}^{-1}$  we would have a length of  $6.6 > \underline{x} > 2.5 \text{ m}$ ; the regularity of the parameters must exist for an extension, respectively, of 5 and 13.2 m at the point of application of the load, in order not to exceed an error of 1%.

Deriving (Eq. 1) in  $x = 0$  we have

$$C_1 = -\frac{w(0)''}{2\lambda^2}$$

$$C_2 = \frac{w(0)'''}{2\lambda^3} + \frac{w(0)''}{2\lambda^2}$$

From which

$$w(0)' = -\frac{w(0)''}{\lambda} - \frac{w(0)'''}{2\lambda^2}$$

$$w(0) = \frac{w(0)''}{2\lambda^2} + \frac{w(0)'''}{2\lambda^3} + q/k$$

Placing, with load  $P(0)$  directed downwards and moment  $M(0)$  tending the upper fibres applied at  $x=0$ , with the conventions

$w$  + downwards

$w'$  clockwise rotation + if  $x$  (absolute) directed to the right

$w'$  counterclockwise rotation + if  $x$  (absolute) directed to the left

<sup>6</sup> For the full development of the differential equation, see [8].

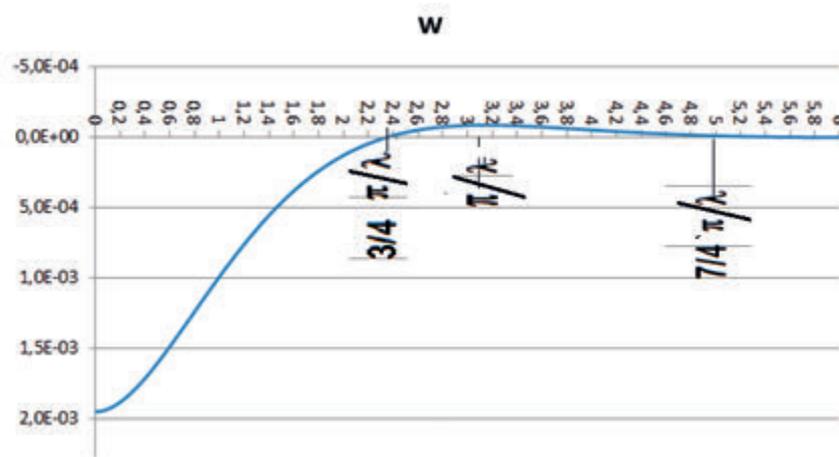


Figura 3 - Funzione  $w - q/k$  per  $P$  100 kN e per  $\lambda = 1 \text{ m}^{-1}$ .  
 Figure 3 - Function  $w - q/k$  for  $P$  100 kN and for  $\lambda = 1 \text{ m}^{-1}$ .

da cui si osserva che  $\theta(0)$  e  $w(0)$  sono combinazioni lineari di  $M_i(0)$  e di  $T(0)$ ; in particolare si ha

$$\theta(0) = \frac{4M_i(0)\lambda^3}{k} - \frac{2T(0)\lambda^2}{k}$$

$$w(0) = -\frac{2M_i(0)\lambda^2}{k} + \frac{2T(0)\lambda}{k} + q/k$$

**3.2. Trave infinita da ambo il lati, con solo carico  $P$  in  $x=0$**

Essendo, per la simmetria

$$T(0) = P/2 \text{ e } \theta(0) = 0$$

si ottiene

$$0 = 4M_i(0)\lambda - P$$

$$kw(0)/\lambda = -2M_i(0)\lambda + P + q/\lambda$$

Ossia

$$M_i(0) = \frac{P}{4\lambda}$$

$$w(0) = \frac{P\lambda}{2k} + q/k$$

Trascurando il termine in  $q$  (operazione lecita come si vedrà in seguito) si ottiene, per i casi correntemente ritenuti come estremi di  $C_w$  cui corrisponde come già detto per la rotaia 60E1 una  $\lambda = 0,808 - 1,439$  e sostituendo in  $w(0) = \frac{P\lambda}{2k}$ ,  $k = 4EJ \lambda^4$  si ha

$$w(0) = \frac{P}{8EJ\lambda^3}$$

e con  $\frac{P}{8EJ} = \frac{1}{6415500} \cdot 1000 \cdot \frac{100000}{8} = 1,984$

$$w(0) = \frac{1,984}{\lambda^3} \text{ mm}$$

si ottengono gli estremi del cedimento  $w = 3,693 - 0,654 \text{ mm}$ ;

Invece, il momento sarà compreso tra 30940 - 17373 Nm.

$w''$  + if  $w'$  change is positive

$w'''$  + if  $w''$  change is positive

Being  $w'' = \frac{M_i}{EJ}$ , being  $M_i +$ , if superior fibres are stretched

$w'' = \frac{T}{EJ}$ , being  $T +$ , if the rotation is obtained

$$\theta(0) = \frac{M_i(0)}{\lambda EJ} + \frac{T(0)}{2\lambda^2 EJ}$$

and the subsidence

$$w(0) = +\frac{M_i(0)}{2\lambda^2 EJ} + \frac{T(0)}{2\lambda^3 EJ} + q/k.$$

But being  $EJ = \frac{k}{4\lambda^4}$

$$\theta(0) = \frac{4M_i(0)\lambda^3}{k} - \frac{2T(0)\lambda^2}{k}$$

$$w(0) = -\frac{2M_i(0)\lambda^2}{k} + \frac{2T(0)\lambda}{k} + q/k$$

from which it is observed that are linear combinations of  $M_i(0)$  and  $T(0)$ ; in particular, we have

$$\theta(0) = \frac{4M_i(0)\lambda^3}{k} - \frac{2T(0)\lambda^2}{k}$$

$$w(0) = -\frac{2M_i(0)\lambda^2}{k} + \frac{2T(0)\lambda}{k} + q/k$$

**3.2. Infinite beam on both sides, with only load  $P$  in  $x=0$**

Being, for the symmetry

$$T(0) = P/2 \text{ and } \theta(0) = 0$$

results in

$$0 = 4M_i(0)\lambda - P$$

$$kw(0)/\lambda = -2M_i(0)\lambda + P + q/\lambda$$

That is

$$M_i(0) = \frac{P}{4\lambda}$$

$$w(0) = \frac{P\lambda}{2k} + q/k$$

Neglecting the term in  $q$  (licit operation as will be seen below) we obtain, for the cases currently considered as extremes of  $C_w$  which corresponds to as already said for the rail 60E1 a  $\lambda = 0.808 - 1.439$  and replacing in, we have  $w(0) = \frac{P\lambda}{2k}$ ,  $k = 4EJ \lambda^4$  we have

$$w(0) = \frac{P}{8EJ\lambda^3}$$

and with  $\frac{P}{8EJ} = \frac{1}{6415500} \cdot 1000 \cdot \frac{100000}{8} = 1,984$

$$w(0) = \frac{1,984}{\lambda^3} \text{ mm}$$

the subsidence extremes  $w = 3.693 - 0.654 \text{ mm}$  are obtained;

Instead, the moment will be between 30940 - 17373 Nm.

La linea di influenza del cedimento (Fig. 3) è

$$w(x) = \frac{P\lambda}{2k} e^{-x\lambda}(\text{sen } x\lambda + \text{cos } x\lambda) + q/k$$

La linea di influenza del momento (Fig. 4) è

$$M_i(x) = \frac{P}{\lambda} e^{-x\lambda}(\text{cos } x\lambda - \text{sen } x\lambda)$$

La linea di influenza del taglio è

$$T(x) = \frac{p}{2} e^{-x\lambda} \text{cos } x\lambda$$

Di seguito (Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7 e Fig. 8) alcuni grafici rappresentativi delle grandezze in esame (sottocarico, quindi valori massimi) per alcuni tipi di rotaie (U 33, UNI 50, 60E1) [traversa m. 2,60] in funzione di  $C_w$ .

Come da attese, i cedimenti e le tensioni diminuiscono con l'aumento della rigidezza lineica dell'appoggio e con il modulo di inerzia della rotaia. Invece, le reazioni lineiche aumentano con la rigidezza ( $p = P/2 \lambda$ ).

Il fattore lavoro specifico rappresenta l'energia messa in gioco dal sistema (rotaia, piastra sottorotaia, sottofondo); anche questo diminuisce con la rigidezza<sup>7</sup> (Tab. 1).

Le distanze, in m dal carico, del 1° annullamento del momento, del taglio, del cedimento e della rotazione per rotaia del tipo 60E1.

Alcune considerazioni:

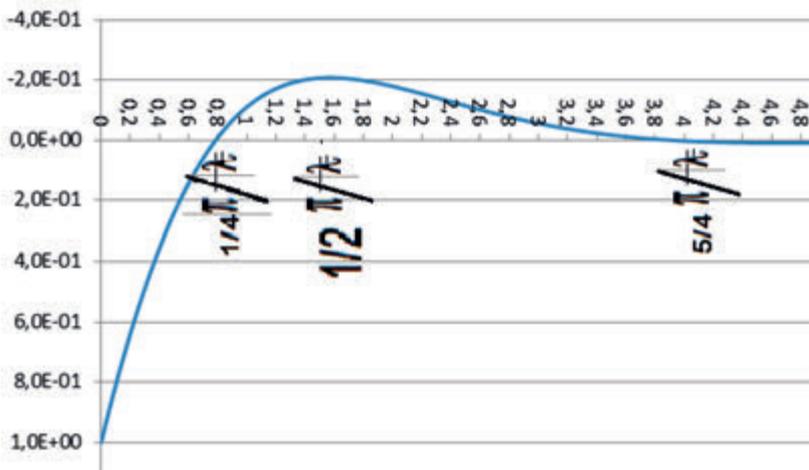


Figura 4 - Funzione  $e^{-x\lambda}(\text{cos } x\lambda - \text{sen } x\lambda)$ .  
Figure 4 - Function  $e^{-x\lambda}(\text{cos } x\lambda - \text{sen } x\lambda)$ .

<sup>7</sup> In un sistema di 2 molle in serie di rigidezza K1 e K2 il lavoro per un cedimento applicato da una forza P è dato da  $P/2 \cdot 1/K1 \cdot (1+\eta)/\eta$  con  $\eta=K2/K1$ . Per  $\eta \gg 1$  il lavoro è prevalentemente eseguito dalla molla più cedevole. Perciò l'inserimento di un tappetino in gomma sotto la traversa protegge il pietrisco riducendone la quota di lavoro e, quindi, l'usura.

The line of influence of the subsidence (Fig. 3) is

$$w(x) = \frac{P\lambda}{2k} e^{-x\lambda}(\text{sen } x\lambda + \text{cos } x\lambda) + q/k$$

The line of influence of the moment (Fig. 4) is

$$M_i(x) = \frac{P}{\lambda} e^{-x\lambda}(\text{cos } x\lambda - \text{sen } x\lambda)$$

The line of influence of the shear stress is

$$T(x) = \frac{p}{2} e^{-x\lambda} \text{cos } x\lambda$$

Below (Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7 and Fig. 8) are some representative graphs of the quantities in question (under load, therefore maximum values) for some types of rails (U 33, UNI 50, 60E1) [sleeper m. 2.60] as a function of  $C_w$ .

As expected, subsidences and stresses decrease with the increase in the linear stiffness of the support and with the inertia module of the rail. Instead, linear reactions increase with stiffness ( $p = P/2 \lambda$ ).

The specific work factor represents the energy put into play by the system (rail, baseplate, substrate); this also decreases with rigidity<sup>7</sup> (Tab. 1).

The distances, in m from the load, of the 1<sup>st</sup> moment cancellation, of the shear, of the subsidence and of the rotation per type 60E1 rail.

Some considerations:

- the subsidences for rigid track are close to the millimetre for the three types of rail (light, medium, heavy), for the subsiding rail they differ from 3.1 to 5.5 mm;
- the sigma tensions in light rail and subsiding track are about three times those of 60E1 rail on rigid track.

#### 4. Infinite beam subjected to two loads

A bogie with  $p$  pitch is considered.

Being, for the infinite beam on both sides

$$M(0) = \frac{P}{4\lambda}$$

remembering that

$$M(x) = \frac{P}{\lambda} e^{-x\lambda}(\text{cos } x\lambda - \text{sen } x\lambda)$$

said  $x$  the distance between the

<sup>7</sup> In a system of 2 springs in series of stiffness K1 and K2 the work for a subsidence applied by a force P is given by  $P/2 \cdot 1/K1 \cdot (1+\eta)/\eta$  with  $\eta=K2/K1$ . For  $\eta \gg 1$  the work is mainly performed by the most subsiding spring. Therefore, the introduction of a rubber mat under the sleeper protects the gravel by reducing its working height and, therefore, wear.

- cedimenti per binario rigido sono prossimi al millimetro per i tre tipi di rotaia (leggera, media, pesante), per quello cedevole si differenziano da 3,1 a 5,5 mm;
- le tensioni sigma in rotaia leggera e binario cedevole sono circa il triplo di quelle della rotaia 60E1 su binario rigido.

**4. Trave infinita soggetta due carichi**

Si considera un carrello di passo p.

Essendo, per la trave infinita da ambo i lati

$$M(0) = \frac{P}{4\lambda}$$

ricordando che

$$M(x) = \frac{P}{4} e^{-x\lambda} (\cos x\lambda - \text{sen } x\lambda)$$

detta x la distanza tra punto di misura e punto centrale del carrello (con x < di p/2), per il carico 1 si ha, tra punto di misura e carico, (-x + p/2) e per il carico 2 (x+p/2); se ciascun carico di entità vale P, si ottiene, per la sovrapposizione degli effetti, il momento nel punto di misura;

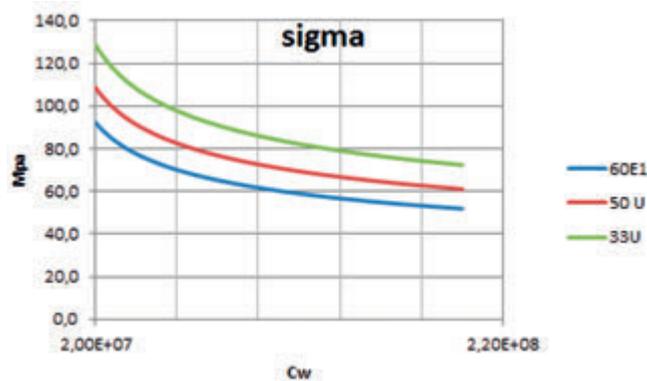


Figura 6 – Tensioni sezione sottocarica.  
Figure 6 – Section under load tensions.

Tabella 1 – Table 1

Progressivo primo annullamento linee di influenza  
Progressive first cancellation of influence lines

Cw	$\lambda$	ann. M can. M	ann. T can. T	ann. w can. w	ann. rot can. rail
2,00E+07	8,09E-01	0,97	1,94	2,91	3,88
2,00E+08	1,44E+00	0,55	1,09	1,64	2,18

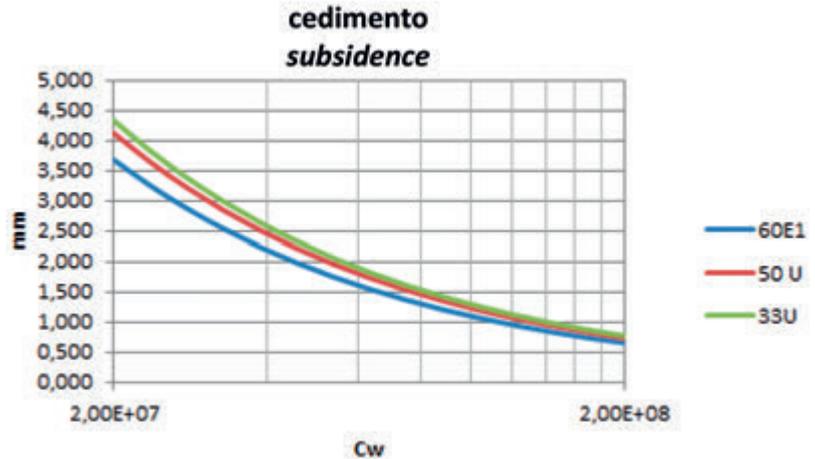


Figura 5 – Cedimenti sottocarico.  
Figure 5 – Subsidence under load.

measuring point and the central point of the bogie (with x < of p/2), for load 1 we have, between measuring point and load, (-x + p/2) and for load 2 (x+p/2); if each entity load is P, the moment at the measuring point is obtained, by the superposition of the effects;

$$M(P1 + P2) = \frac{P}{4} [e^{-(-x+\frac{p}{2})\lambda} (\cos(-x+\frac{p}{2})\lambda - \text{sen}(-x+\frac{p}{2})\lambda) + e^{-(x+\frac{p}{2})\lambda} (\cos(x+\frac{p}{2})\lambda - \text{sen}(x+\frac{p}{2})\lambda)] \text{ (Eq. 2)}$$

For x = 0 we have

$$M(P1 + P2) = \frac{P}{4} 2[e^{-\frac{p}{2}\lambda} (\cos(\frac{p}{2})\lambda - \text{sen}(\frac{p}{2})\lambda)]$$

and it is the minimum value (shear cancellation); this will be less than 0 if

$$(\cos(\frac{p}{2})\lambda - \text{sen}(\frac{p}{2})\lambda) < 0$$

so when

$$p\lambda > 2 \arctan 1 = 1,57$$

For x = p/2 (displacement of the pin to the left) we have the moment under load, which will be the maximum moment

$$M(P1 + P2) = \frac{P}{4} [1 + e^{-(p)\lambda} (\cos(p)\lambda - \text{sen}(p)\lambda)]$$

Hence, the position of a wheel on the measuring section results in the maximum of the moment (Fig. 9).

Hence it is observed that since p · λ can be between 0.8 · 1.8 and 4.5 · 1.4 = 1.44 and 6.33, the maximum value of the moment is always less than 1.

The loading rate acting on a sleeper assigned at a distance d<sub>1</sub> and d<sub>2</sub> from the two wheels of the bogie is given by the respective differences of the shears calculated at the sleeper in question: that is

$$M(P1 + P2) = \frac{P1}{\lambda 4} [e^{-|x+\frac{p}{2}| \lambda} (\cos(-x + \frac{p}{2}) \lambda - \text{sen}(-x + \frac{p}{2}) \lambda) + e^{-(x+\frac{p}{2}) \lambda} (\cos(x + \frac{p}{2}) \lambda - \text{sen}(x + \frac{p}{2}) \lambda)] \text{ (Eq. 2)}$$

Per x= 0 si ha

$$M(P1 + P2) = \frac{P1}{\lambda 4} 2[e^{-\frac{p}{2} \lambda} (\cos(\frac{p}{2}) \lambda - \text{sen}(\frac{p}{2}) \lambda)]$$

ed è il valore minimo (annullamento del taglio); questo sarà minore di 0 se

$$(\cos(\frac{p}{2}) \lambda - \text{sen}(\frac{p}{2}) \lambda) < 0$$

quindi quando

$$p\lambda > 2 \arctan 1 = 1,57$$

Per x = p/2 (spostamento del perno verso sx) si ha il momento sotto carico, che sarà il momento massimo

$$M(P1 + P2) = \frac{P1}{\lambda 4} [1 + e^{-(p)\lambda} (\cos(p)\lambda - \text{sen}(p)\lambda)]$$

Quindi, la posizione di una ruota sulla sezione di misura comporta il massimo del momento (Fig. 9).

Da cui si osserva che potendo essere p · λ compreso tra 0,8 · 1,8 e 4,5 · 1,4 = 1,44 e 6,33, il valore massimo del momento è sempre minore di 1 (Fig. 10).

La rata di carico agente su una assegnata traversa a di-

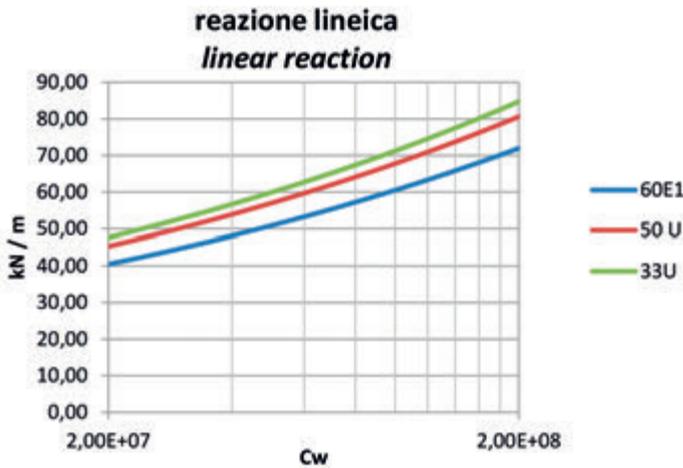


Figura 7 – Reazione lineica sottocarico.  
Figure 7 – Linear reaction under load.

stanza d<sub>1</sub> e d<sub>2</sub> dalle due ruote del carrello è data dalle rispettive differenze dei tagli calcolati a cavallo della traversa in esame: cioè

$$R = \frac{P1}{2} \left[ e^{-(d1+\frac{I}{2}) \lambda} \cos(d1 + \frac{I}{2}) \lambda - e^{-(d1-\frac{I}{2}) \lambda} \cos(d1 - \frac{I}{2}) \lambda \right] + \frac{P2}{2} \left[ e^{-(d2+\frac{I}{2}) \lambda} \cos(d1 + \frac{I}{2}) \lambda - e^{-(d1-\frac{I}{2}) \lambda} \cos(d1 - \frac{I}{2}) \lambda \right]$$

$$R = \frac{P1}{2} \left[ e^{-(d1+\frac{I}{2}) \lambda} \cos(d1 + \frac{I}{2}) \lambda - e^{-(d1-\frac{I}{2}) \lambda} \cos(d1 - \frac{I}{2}) \lambda \right] + \frac{P2}{2} \left[ e^{-(d2+\frac{I}{2}) \lambda} \cos(d1 + \frac{I}{2}) \lambda - e^{-(d1-\frac{I}{2}) \lambda} \cos(d1 - \frac{I}{2}) \lambda \right]$$

If we put P<sub>1</sub>= P<sub>2</sub> pitch of the bogie p=1.8 m, 0.6 m between the sleepers, the calculation provides that the loading rate on the sleeper in question is that of the insistent load plus that due to the adjacent load: this amount is equivalent to that of the sleeper distant as the pitch (Fig. 11).

In this case, since the wheel is adjacent to sleeper 4, the sleeper is subject to a total load of 0.3 P

In this case, since the wheel is still adjacent to sleeper 4, the sleeper is subject to a total load of 0.4 P.

### 5. Non-bilateral nature of the constraint

As anticipated in par. 3, the behaviour of the support is schematised (with all the conventionalities mentioned) as a diffused reacting elastic spring with both compressive and tensile stiffness k. Obviously, the platform, the gravel and the rubber plate do not react to traction but, moreover, can be unloaded from the preload (that is, the sum of the weight of the rail, the sleeper and, strictly speaking, part of the gravel itself).

The line of influence of the subsidence is

$$w(x) = \frac{P\lambda}{2k} e^{-x\lambda} (\text{sen } x\lambda + \cos x\lambda) + q/k$$

the first term becomes negative starting from x= 3/4 π/λ and up to x= 7/4 π/λ

The minimum of w is obtained by

$$w'(x) = \frac{P\lambda}{2k} \lambda e^{-x\lambda} 2\text{sen } x\lambda = 0$$

from which x(w<sub>min</sub>) = π/λ

Therefore

$$w(x)\text{min} = \frac{1}{k} (-\frac{P\lambda}{2} e^{-\pi} + q)$$

Being, basically λ= 0.8- 1.4m<sup>-1</sup>, the spring goes into traction when

$$q/P \leq \lambda e^{-\pi}$$

i.e. for q/P = < 0.034 - 0.060 m<sup>-1</sup>.

With P = 100 kN if q = 3.4 - 6.0 kN /m.

A track, with 60E1 rails, 2.30 m precast concrete sleepers and 35 cm thick gravel under the sleeper, weighs about 14 kN per m (for each rail) of which about 10 kN of gravel and, therefore, in principle it can be considered that there is no traction in the diffused spring and that, therefore, neglecting the term q/k is acceptable, as normally occurs.

Se si pone  $P_1 = P_2$  passo del carrello  $p = 1,8$  m, interasse traverse  $0,6$  m il calcolo fornisce che la rata di carico sulla traversa in esame è quella propria del carico insistente più quella dovuta al carico adiacente: questa quota equivale a quella della traversa distante il passo (Fig. 11).

In questo caso, essendo la ruota adiacente sulla traversa 4, la traversa è soggetta ad un carico complessivo di  $0,3 P$  (Fig. 12).

In questo caso, essendo la ruota adiacente ancora sulla traversa 4, la traversa è soggetta ad un carico complessivo di circa  $0,4 P$ .

**5. Non bilateralità del vincolo**

Come anticipato al par. 3, il comportamento dell'ap-

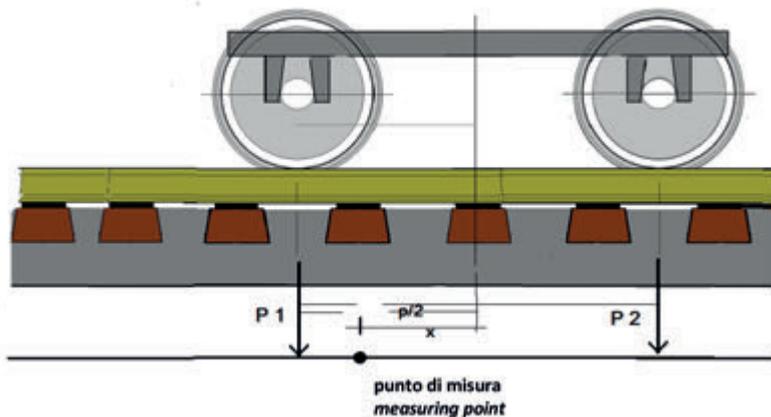


Figura 9 – Posizionamento del carrello sul punto di misura.  
Figure 9 – Positioning of the bogie on the measuring point.

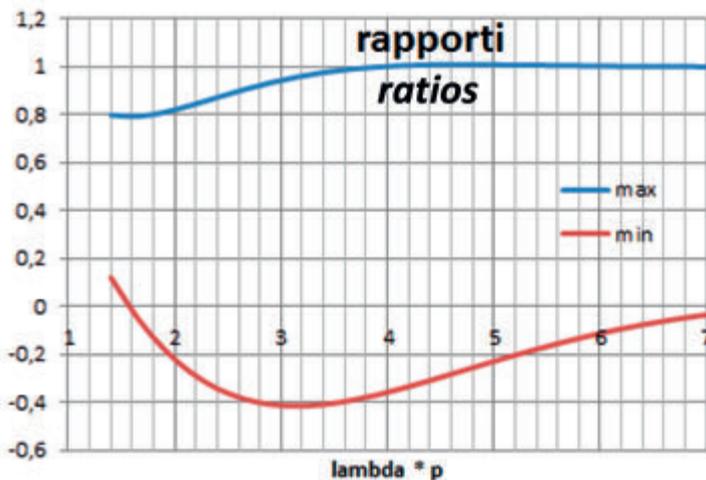


Figura 9 - Rapporti tra  $M_{max}$  e  $M_{min} / M_{max}$  carico isolato.  
Figure 9 - Ratios between  $M_{max}$  and  $M_{min} / M_{max}$  point load.

**lavoro specifico dell'appoggio**  
**specific support work**

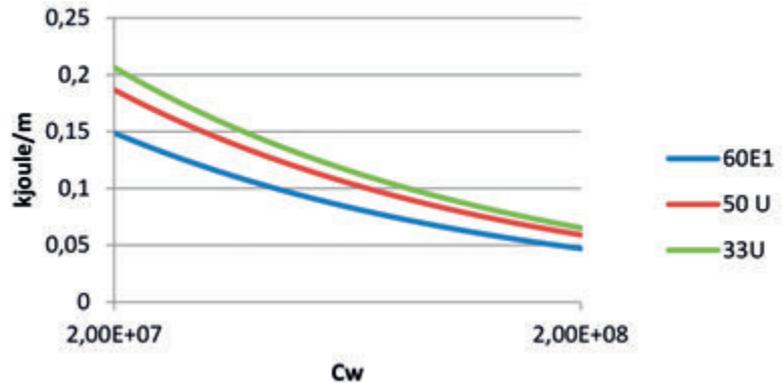


Figura 8 – Lavoro specifico della sezione sottocarico.  
Figure 8 – Specific work of the section under load.

**6. Applicability of the elastic beam calculation model**

From the expression of the loading rate of the sleeper under load

$$R/P = \left[ 1 - e^{-\left(\frac{1}{2}\right)\lambda} \cos\left(\frac{1}{2}\lambda\right) \right]$$

the limit of application of the elastic beam calculation model is obtained: in fact, there is a coefficient  $Cw$  for which

$$1 - e^{-\left(\frac{1}{2}\right)\lambda} \cos\left(\frac{1}{2}\lambda\right) = \max$$

that is, when the progressive cancellation of the reaction (derivative of the shear) coincides with the halfway point of the sleepers.

In fact, if this reaction cancels out over a distance of less than  $i/2$ , it means that there are simultaneously positive and negative reactions in the support area of the sleeper and, therefore, as the subgrade coefficient increases, the loading rate would decrease.

This occurs when with  $i = 0.6$  m we have  $\lambda = 7.854$  corresponding to  $Cw = 1.78 \cdot 11$ , a value of 3 orders of magnitude higher than that representative of a rigid track. It can therefore be said that the model, is absolutely responsive in concrete terms.

An effective limit is that connected to the fact that the model in question does not give any information on the different deformations and stresses that occur in the two different load situations: above the sleeper and in the middle of the division.

poggio è schematizzato (con tutte le convenzionalità accennate) come una molla elastica diffusa reagente con una rigidità  $k$  sia a compressione che a trazione. Evidentemente la piattaforma, il pietrisco e la piastra in gomma non reagiscono a trazione ma, tutt'al più, possono scaricarsi del precarico (cioè la somma del peso proprio della rotaia, della traversa ed, a rigore, di quota parte del pietrisco medesimo).

Essendo la linea di influenza del cedimento

$$w(x) = \frac{P\lambda}{2k} e^{-x\lambda} (\sin x\lambda + \cos x\lambda) + q/k$$

il primo termine diventa negativo a partire da  $x = 3/4 \pi/\lambda$  e fino a  $x = 7/4 \pi/\lambda$ .

Il minimo di  $w$  si ottiene per

$$w'(x) = \frac{P\lambda}{2k} \lambda e^{-x\lambda} 2 \sin x\lambda = 0$$

da cui  $x(w_{min}) = \pi/\lambda$ .

Quindi

$$w(x)_{min} = \frac{1}{k} \left( -\frac{P\lambda}{2} e^{-\pi} + q \right)$$

Essendo, in pratica,  $\lambda = 0,8 - 1,4 \text{ m}^{-1}$ , si ha che la molla va in trazione quando

$$q/P \leq \lambda e^{-\pi}$$

ossia per  $q/P < 0,034 - 0,060 \text{ m}^{-1}$ .

Con  $P = 100 \text{ kN}$  si ha  $q = 3,4 - 6,0 \text{ kN/m}$

Un binario, con rotaie del 60E1, traverse in cap da  $2,30 \text{ m}$  e pietrisco di spessore  $35 \text{ cm}$  sotto traversa, pesa circa  $14 \text{ kN/m}$  (per ciascuna rotaia) di cui circa  $10 \text{ kN}$  di pietrisco e, quindi, in linea di massima si può, allora, considerare che non si abbia trazione nella molla diffusa e che, pertanto, trascurare il termine  $q/k$  sia accettabile, come si usa normalmente.

### 6. Applicabilità del modello di calcolo della trave elastica

Dalla espressione della rata di carico della traversa sottocarico

$$R/P = \left[ 1 - e^{-\left(\frac{l}{2}\right)\lambda} \cos\left(\frac{l}{2}\lambda\right) \right]$$

si ottiene il limite di applicazione del modello di calcolo della trave elastica: infatti, esiste un coefficiente  $C_w$  per il quale

$$1 - e^{-\left(\frac{l}{2}\right)\lambda} \cos\left(\frac{l}{2}\lambda\right) = \max$$

cioè quando la progressiva di an-

To analyse the case, it is necessary to set the beam as on discrete interspersed supports of the division of the sleepers and on a suitable number of supports to mitigate the imprecision of schematising the unlimited beam with a diagram (Fig. 13) necessarily limited.

A beam is calculated on 18 supports, 16 lateral spans of  $l$  length, central span  $b$  length, position of the unit load in central span at distance  $x$  from support 9.

The criterion of the 4-moment equation applies; its development is in Appendix A.

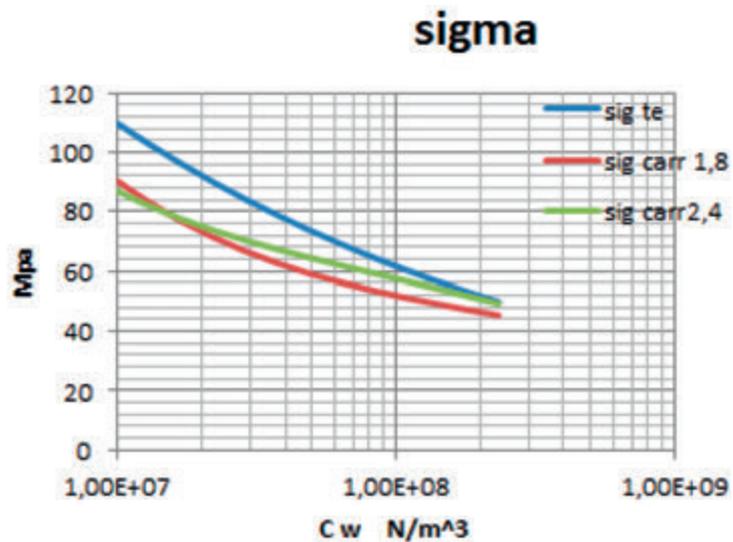


Figura 10 - Variazione delle tensioni ( $\sigma_{te}$  = asse isolato) con il coefficiente di sottofondo.

Figure 10 - Tension variation ( $\sigma_{elastic beam} = \text{single axis}$ ) with the subgrade coefficient.

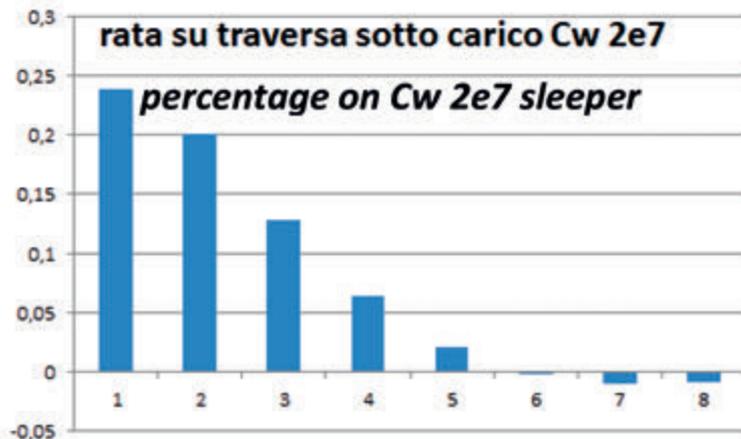


Figura 11 - Percentuale di carico agente sulla traversa sottocarico  $P_1$ .

Figure 11 - Percentage of load acting on sleeper  $P_1$  under load.

nullamento della reazione (derivata del taglio) coincide con il seminterasse delle traverse.

Infatti, se tale reazione si annulla su una distanza inferiore a  $i/2$  significa che nella zona di appoggio della traversa sussistono contemporaneamente reazioni positive e negative e, quindi al crescere del coefficiente di sottofondo la rata di carico diminuirebbe.

Ciò avviene quando con  $i = 0,6$  m si ha  $\lambda = 7,854$  corrispondente a  $Cw = 1,78+11$ , valore di 3 ordini di grandezza superiore a quello rappresentativo di binario rigido. Si può, quindi, affermare che il modello, nella pratica, è assolutamente rispondente.

Un limite effettivo è quello connesso al fatto che il modello in esame non dà alcuna informazione sulle differenti deformazioni e sollecitazioni che si hanno nelle due diverse situazioni di carico: sopra la traversa ed in mezzeria dello spartito.

Per analizzare il caso, occorre impostare la trave come su appoggi discreti intervallati dello spartito delle traverse e su un congruo numero di appoggi per attenuare l'imprecisione di schematizzare la trave illimitata con uno schema (Fig. 13) su necessariamente limitato.

Si calcola una trave su 18 appoggi, 16 campate laterali di lunghezza  $i$ , campata centrale lunghezza  $b$ , posizione del carico unitario in campata centrale alla distanza  $x$  dall'appoggio 9.

Si applica il criterio dell'equazione dei 4 momenti; il relativo sviluppo è in Appendice A.

Allo scopo di verificare l'errore che si commette in rapporto alla lunghezza finita della trave ed al fatto che ponendo il carico su un appoggio il carico non è più centrato (le due semitravi non sono simmetriche) si opera il calcolo su una trave continua su appoggi elastici costituita da 22 aste (semilunghezza = 6,6 m)

Lo schema di calcolo è come in Fig. 14.

Il relativo sviluppo dei calcoli è in Appendice B.

Si esegue, allora, il confronto (Fig. 15, Fig. 16 e Fig. 17) tra i 3 criteri:

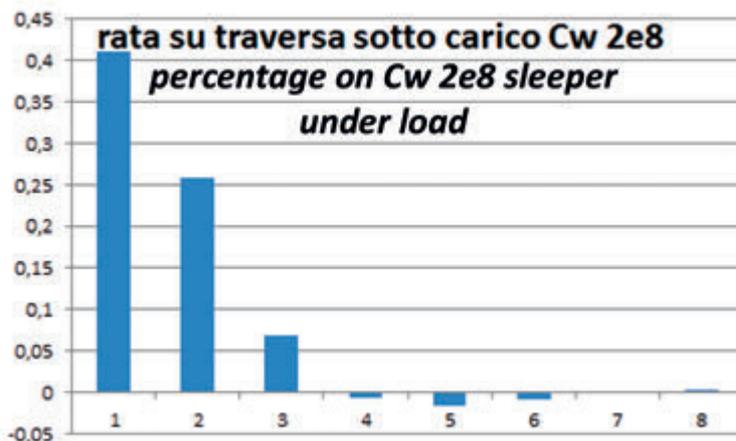


Figura 12 – Percentuale di carico agente sulla traversa sottocarico P<sub>1</sub>,  
Figure 12 – Percentage of load acting on sleeper P<sub>1</sub> under load.

In order to verify the mistake made in relation to the finite length of the beam and the fact that by placing the load on a support, the load is no longer centred (the two half base beams are not symmetrical), the calculation is carried out on a continuous beam on elastic supports consisting of 22 rods (half-length = 6.6 m)

The calculation scheme is as shown in Fig. 14.

The relative development of the calculations is in Appendix B.

A comparison (Fig. 15, Fig. 16 and Fig. 17) is then made between the 3 criteria:

- limited beam on 18 load supports in the centreline and on support 9;
- limited beam on 23 supports, load on central support;
- unlimited beam on continuous support (elastic beam).

The graphs show the substantial identity of results between the calculation performed with the criterion of discrete supports (equation of 4 moments) and that of continuous support (elastic beam). Tab. 2 which follows shows the various trends in subsiding quantities and rates.

In the graphs of Fig. 18, Fig. 19, Fig. 20 and Fig. 21 the loading rates for load on supports and in the centreline

from which it can be seen that the difference in subsidence between the centreline and the support is 161 /1000

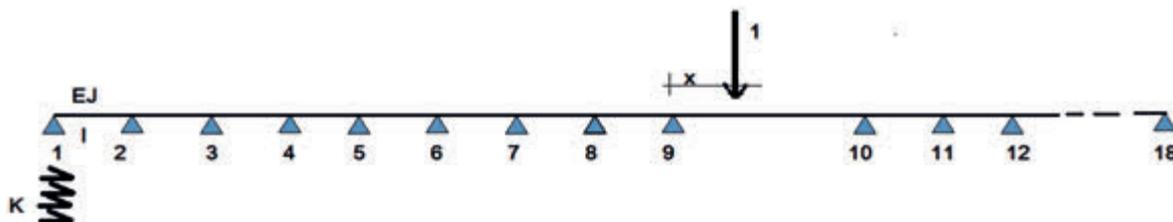


Figura 13 - Schema di calcolo della trave continua su appoggi discreti (18 appoggi).  
Figure 13 - Calculation diagram of the continuous beam on discrete supports (18 supports).

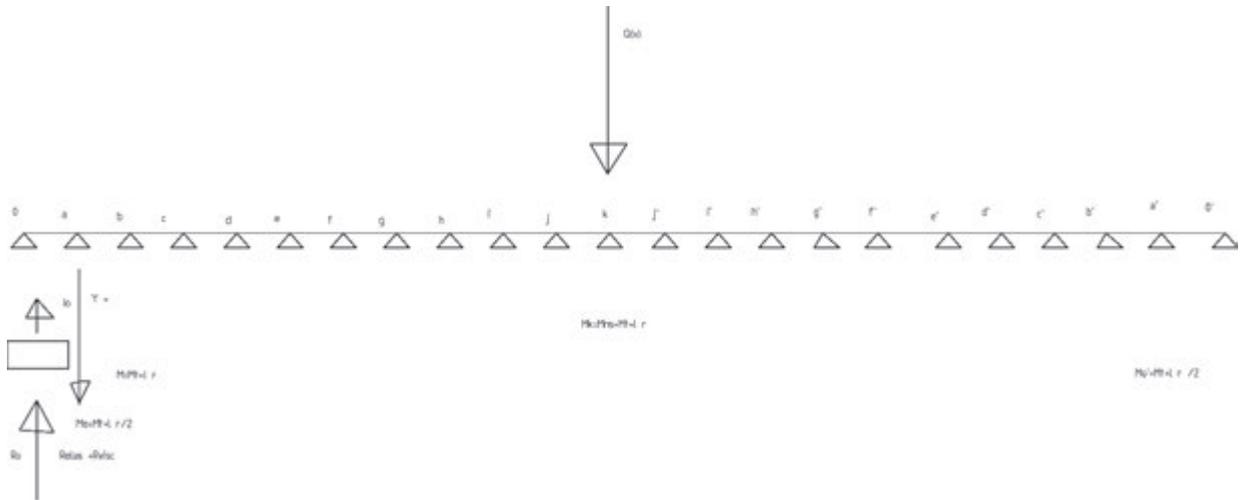


Figura 14 - Schema di calcolo della trave continua su appoggi discreti (23 appoggi).  
 Figure 14 - Calculation diagram of the continuous beam on discrete supports (23 supports).

- trave limitata su 18 appoggi carico in mezzeria e su appoggio 9;
- trave limitata su 23 appoggi, carico su appoggio centrale;
- trave illimitata su appoggio continuo (t.e.).

Dai grafici emerge la sostanziale identità di risultati tra il calcolo eseguito con il criterio degli appoggi discreti (equazione dei 4 momenti) con quello dell'appoggio continuo (t.e.). Segue la Tab. 2 con i vari andamenti di grandezze e cedimenti e rate.

Nei grafici delle Fig. 18, Fig. 19, Fig 20 e Fig. 21 seguenti le rate di carico per carico su appoggi ed in mezzeria da cui si osserva che la differenza di cedimento tra mezzeria a ed appoggio è di 161 /1000 e 25/1000 di mm rispettivamente per  $C_w = 2E7$  e  $2E8$  N/m<sup>3</sup>. Detti valori sono leggermente superiori a quelli che risulterebbero da un calcolo più preciso perché l'appoggio non è concentrato bensì distribuito dalla piastra in gomma sottorotaia; ne consegue una attenuazione del momento (Fig. 22) e, di conseguenza, del cedimento.

Naturalmente se si considera una rigidità tendente all'infinito la trave elastica fornisce un momento nullo mentre quella su appoggi discreti - con carico evidentemente in mezzeria- dà un momento dell'ordine dei 10 kN m.

Anche con tale metodo di calcolo si ottiene che la rata di carico della traversa sotto carico in presenza di un carrello  $p= 1,8$  m è di 41,9% e 30,6% rispettivamente per  $C_w = 2E7$  e  $2E8$  N/m<sup>3</sup>.

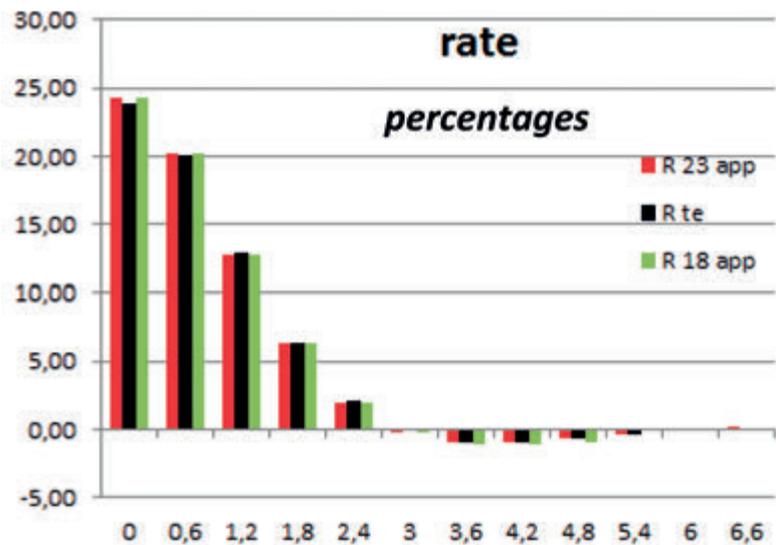


Figura 15 – Percentuali di carico traversa sottocarico.  
 Figure 15 – Load percentages of sleeper under load.

and 25/1000 mm respectively for  $C_w = 2E7$  and  $2E8$  N/m<sup>3</sup>. These values are slightly higher than those that would result from a more precise calculation because the support is not concentrated but distributed by the under-rail rubber plate; this results in a mitigation of the moment (Fig. 22) and, consequently, of the subsidence.

Of course, if we consider a stiffness tending to infinity, the elastic beam provides a zero moment while the one on discrete supports - with a load evidently in the middle - gives a moment of the order of 10 kN m.

With this calculation method the loading rate of the sleeper under load in the presence of a bogie  $p= 1.8$  m is 41.9% and 30.6% respectively for  $C_w = 2E7$  and  $2E8$  N/m<sup>3</sup>.

Andamento grandezze cedimenti e rate  
Trend in subsiding quantities and rates

Cw	ascissa calcolata dal carico <i>abscissa calculated from the load</i>	y appoggi discreti <i>y discreet supports</i>	Y TEY elastic beam	r% discreti <i>r% discreet</i>	r% continuo <i>r% continuous</i>	Cw	y appoggi discreti <i>y discreet supports</i>	Y TEY elastic beam	r% discreti <i>r% discreet</i>	r% continuo <i>r% continuous</i>
2,00E+08	0	0,6505	0,6540	42,93	41,01	2,00E+07	3,6766	3,6779	24,27	23,85
	0,6	0,3879	0,3889	25,60	25,76		3,0572	3,0580	20,18	20,06
	1,2	0,0970	0,0969	6,41	6,93		1,9357	1,9360	12,78	12,82
	1,8	-0,0159	-0,0161	-1,05	-0,78		0,9492	0,9494	6,26	6,36
	2,4	-0,0260	-0,0260	-1,72	-1,66		0,2996	0,3003	1,98	2,07
	3	-0,0114	-0,0114	-0,76	-0,77		-0,0344	-0,0327	-0,23	-0,16
	3,6	-0,0017	-0,0016	-0,11	-0,13		-0,1525	-0,1493	-1,01	-0,95
	4,2	0,0011	0,0011	0,07	0,07		-0,1548	-0,1501	-1,02	-0,98
	4,8	0,0009	0,0009	0,06	0,06		-0,1116	-0,1069	-0,74	-0,70
	5,4	0,0003	0,0003	0,02	0,02		-0,0607	-0,0595	-0,40	-0,40
	6	0,0000	0,0000	0,00	0,00		-0,0153	-0,0243	-0,10	-0,16
	6,6	-0,0001	-0,0001	-0,01	0,00		0,0251	-0,0039	0,17	-0,03

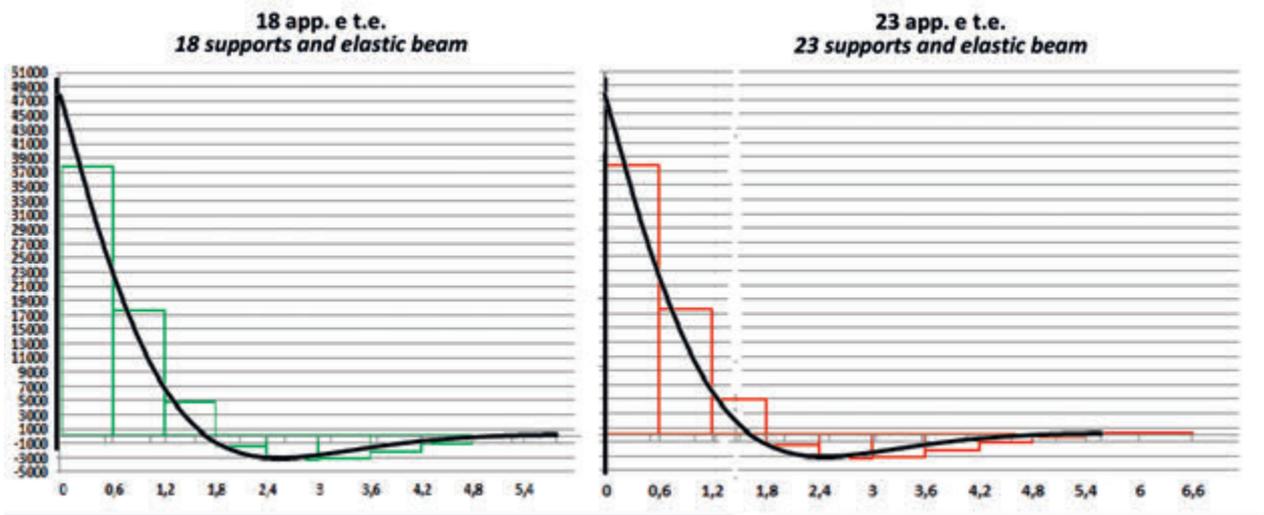


Figura 16 – Andamento del taglio.  
Figure 16 – Shear stress trend.

**7. Applicazione: discontinuità di rigidezza**

Si abbia, in corrispondenza di una sezione S di binario, una brusca discontinuità di rigidezza (Fig. 23): a dx si ha  $C_w$  ed a sx  $C_w$ .

Nella sezione S è applicato un carico P (Fig. 24).

**7. Application: stiffness discontinuity**

There is, in correspondence with a section S of track, an abrupt discontinuity of stiffness (Fig. 23): on the right we have  $C_w$  and on the left  $C_w$ .

In section S a P load is applied (Fig. 24).

Dalle

$$w(x) = e^{-x\lambda} (C_1 \text{sen } x\lambda + C_2 \text{cos } x\lambda)$$

derivando, imponendo la congruenza degli spostamenti e delle rotazioni dei 2 tronchi, uguagliando i momenti e ponendo

$$\frac{\lambda_c}{\lambda} = \rho \text{ si ha}$$

lo spostamento del punto di applicazione del carico, la rotazione ed il momento

$$w(0) = \frac{P\lambda}{2k} \frac{4}{[(\rho + 1)(1 + \rho^2)]}$$

$$w(0)' = \frac{2 P\lambda^2}{k} \left( \frac{\rho - 1}{[(\rho + 1)(1 + \rho^2)]} \right)$$

$$M(0) = -\frac{P}{4\lambda} \frac{4\rho}{[(\rho + 1)(1 + \rho^2)]}$$

Considerando  $w(te)$  ed  $M(te)$ , quelli che si hanno su trave elastica corrente.

Per  $\rho = 1$

$$w(0) = \frac{P\lambda}{2k}$$

$$M(0) = -\frac{P}{4\lambda}$$

Per  $\rho \gg 1$

$$w(0) = 0$$

$$M(0) = 0$$

Per  $\rho \ll 1$

$$w(0) = \frac{P\lambda}{2k} \cdot 4$$

$$M(0) = 0$$

Evidentemente

$$\rho = \frac{\lambda_c}{\lambda} = \sqrt[4]{\frac{C_w}{C_w}}$$

Quindi, per un salto di 10, il rapporto vale 1,78.

Si calcola una applicazione esemplificativa (Tab. 3).

La ruota, pesante 100 kN e viaggiante a 160/3,6 m/s, si trova (punto iniziale) su un appoggio di rigidità  $C_w = 2E7$  e si trasferisce (punto finale) su un appoggio di rigidità  $C_w = 2E8$ .

Nel punto centrale la deformata ed il momento sono nei grafici di Fig. 25 e Fig. 26.

La traiettoria (Fig. 27) del punto di appoggio della ruota si ottiene, approssimativamente, imponendo che sia rappresentata da un polinomio del 5 grado, essendo note cinque condizioni cioè la quota iniziale = 0, la tg ini-

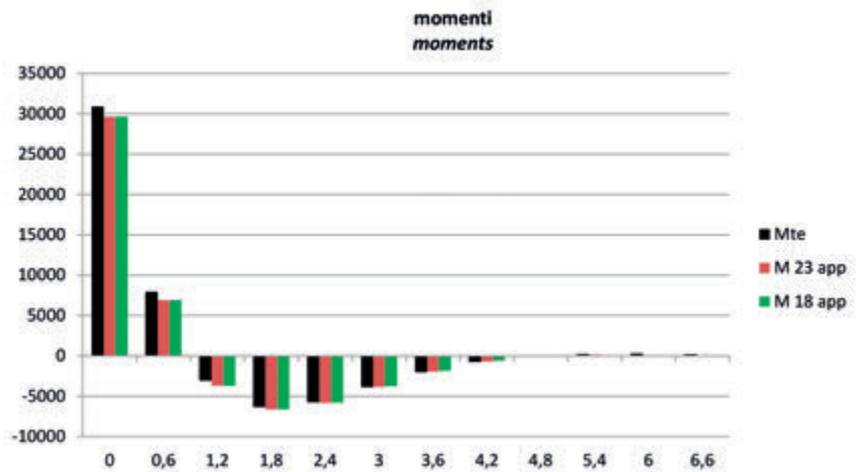


Figura 17 –Andamento dei momenti.  
Figure 17 - Moments trend.

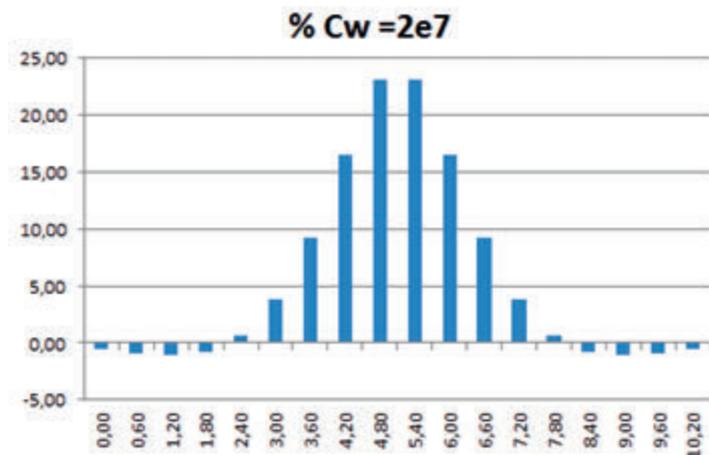


Figura 18 -  $C_w = 2E7$ , carico su mezzeria.  
Figure 18 -  $C_w = 2E7$ , load on centreline.

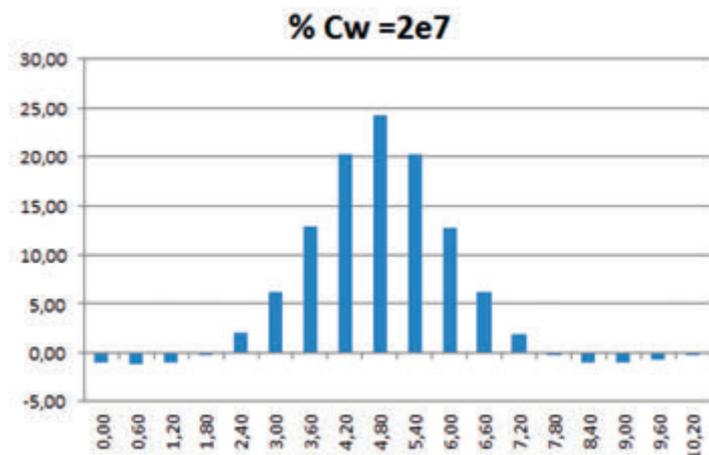


Figura 19 -  $C_w = 2E7$ , carico su appoggio.  
Figure 19 -  $C_w = 2E7$ , load on support.

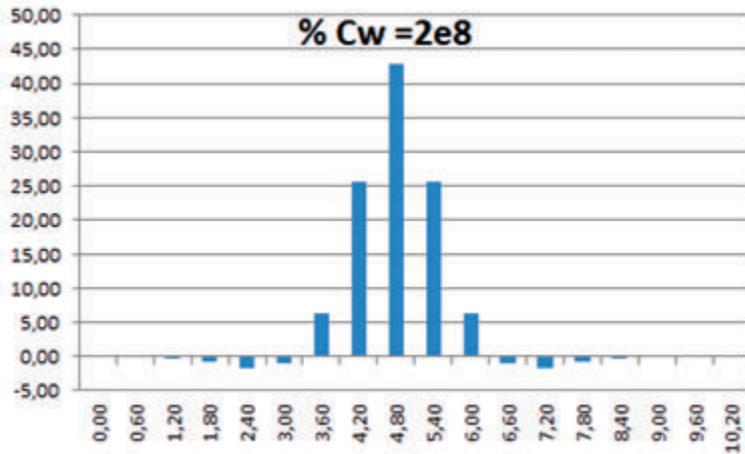


Figura 20 - Cw = 2E8, carico su appoggio.  
Figure 20 - Cw = 2E8, load on support.

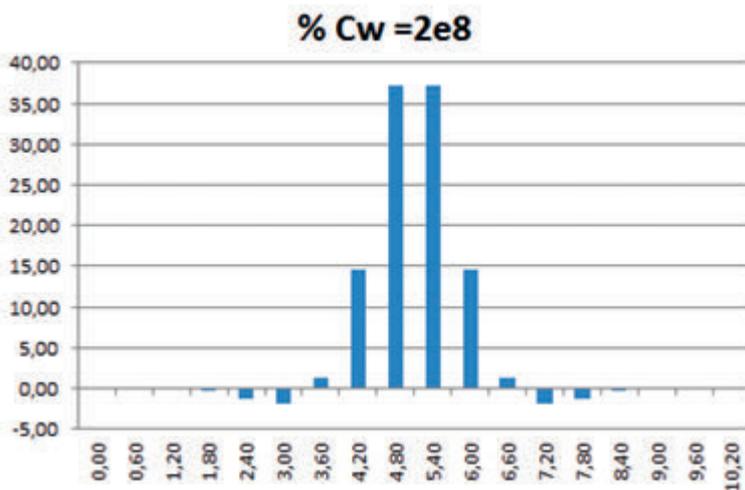


Figura 21 - Cw = 2E8, carico su mezzeria.  
Figure 21 - Cw = 2E8, load on centreline.

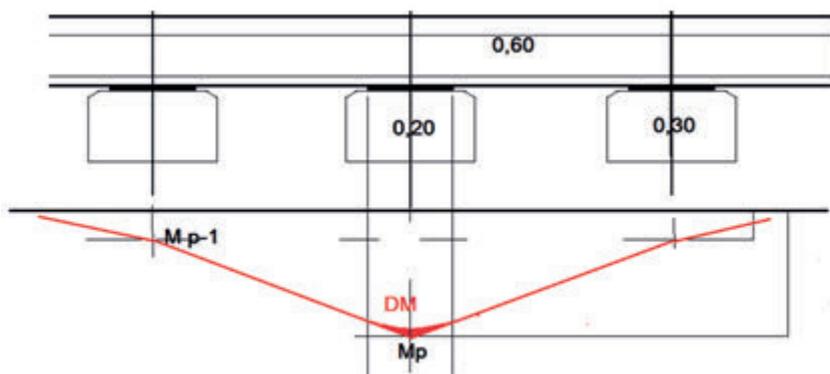


Figura 22 - Attenuazione del momento all'appoggio.  
Figure 22 - Mitigation of the moment on support.

From

$$w(x) = e^{-x\lambda}(C_1 \text{sen } x\lambda + C_2 \text{cos } x\lambda)$$

deriving, imposing the congruence of the displacements and rotations of the 2 sections, equalising the moments and placing

$$\frac{\lambda_c}{\lambda} = \rho$$

we have

the displacement of the point of application of the load, the rotation and the moment

$$w(0) = \frac{P\lambda}{2k} \frac{4}{[(\rho + 1)(1 + \rho^2)]}$$

$$w(0)' = \frac{2P\lambda^2}{k} \left( \frac{\rho - 1}{[(\rho + 1)(1 + \rho^2)]} \right)$$

$$M(0) = -\frac{P}{4\lambda} \frac{4}{[(\rho + 1)(1 + \rho^2)]}$$

Considering w(elastic beam) and M (elastic beam), those on the current elastic beam.

$$w(0) = \frac{P\lambda}{2k}$$

For  $\rho = 1$

$$M(0) = -\frac{P}{4\lambda}$$

For  $\rho \gg 1$

$$w(0) = 0$$

$$M(0) = 0$$

For  $\rho < 1$

$$w(0) = \frac{P\lambda}{2k} \cdot 4$$

$$M(0) = 0$$

Evidently

$$\rho = \frac{\lambda_c}{\lambda} = \sqrt[4]{\frac{C_w}{C_w}}$$

so for a value of  $C_w/C_w$  of 10, the value of the ratio is 1.78.

An example application is calculated (Tab. 3).

The wheel, weighing 100 kN and travelling at 160/ 3.6 m/s, is located (initial point) on a stiffness support  $C_w = 2E7$  and is transferred (final point) on a stiffness support  $C_w = 2E8$ .

In the central point the deflected shape and the moment are in the graphs of Fig. 25 and Fig. 26.

The trajectory (Fig. 27) of the support point of the wheel is obtained, approximately, by requiring that it be represented by a 5<sup>th</sup> degree polynomial, five conditions being known, i.e. the initial dimension = 0, the initial tg = 0, the in-

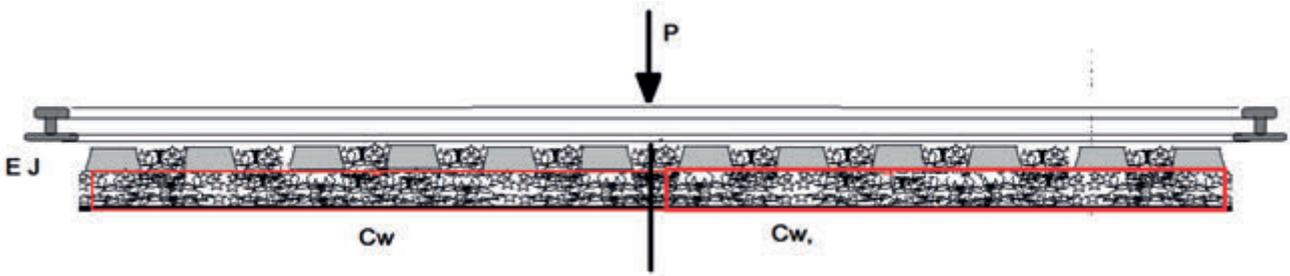


Figura 23 – Discontinuità di rigidezza del supporto.  
 Figure 23 – Support stiffness discontinuity.

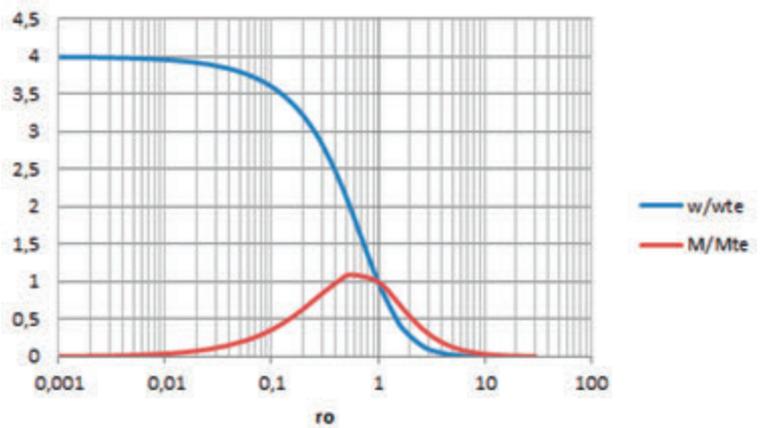


Figura 24 - Funzioni di rho.  
 Figure 24 - Functions of rho.

initial curvature = 0, the intermediate dimension, the final dimension and the final tangent = 0, i.e.

$$Y = A_5 x^5 + A_4 x^4 + A_3 x^3$$

Once the coefficients of the polynomial have been calculated, it will therefore be possible to find the trajectory, its second and third derivatives, with which, by setting it equal to zero, the two progressive ones are found where the second derivative is maximum and minimum. With these derivatives, the acceleration of the point of contact is obtained by multiplying by  $v^2$  (Fig. 28).

ziale = 0, la curvatura iniziale = 0 la quota intermedia, la quota finale e la tangente finale = 0 ossia

$$Y = A_5 x^5 + A_4 x^4 + A_3 x^3$$

Sarà, dunque, possibile, calcolati i coefficienti del polinomio, trovare la traiettoria, la sua derivata seconda e quella terza, con la quale, annullandola, si trovano le due progressive dove è massima e minima la derivata seconda. Con tali derivate si ottiene, moltiplicando per  $v^2$ , la accelerazione del punto di contatto (Fig. 28).

### 8. Applicazione Passaggio a Livello

Nei passaggi a livello (PL), in corrispondenza della pavimentazione stradale, alle rotaie sono unite rigidamente le controrotaie: pertanto, il binario a 4 barre è caratterizzato da un modulo di rigidezza che si può ritenere doppio di quello del binario corrente. Ammettendo che resti costante la rigidez-

### 8. Level crossing application

In level crossings (PL), at the road flooring, the check rails are rigidly joined to the rails: therefore, the 4-bar track

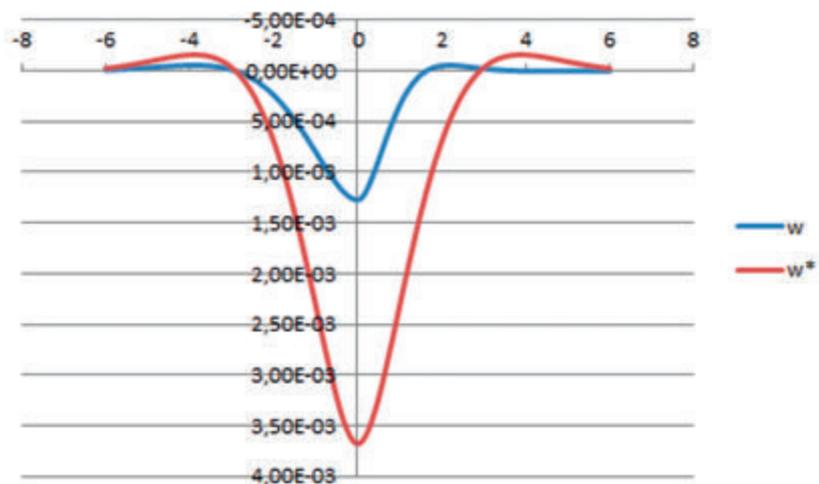


Figura 25 – Cedimenti in mm sotto carico -  $w^*$  è la deformata per la rigidezza costante  $Cw = 2E7$ .

Figure 25 – Subsidence in mm under load -  $w^*$  is the deflected shape for constant stiffness  $Cw = 2E7$ .

Andamento punto di contatto  
Point of Contact Trend

	Cw	k	$\lambda$	semionda half wave	ced subsidence	tg	$\rho$	f( $\rho$ )
punto iniziale starting point	2,00E+07	1,10E+07	0,809143	2,911961	3,68E-03	0		
punto centrale central point					1,27E-03		1,778279	0,345902
punto finale endpoint	2,00E+08	1,10E+08	1,438883	1,637516	6,54E-04	0		

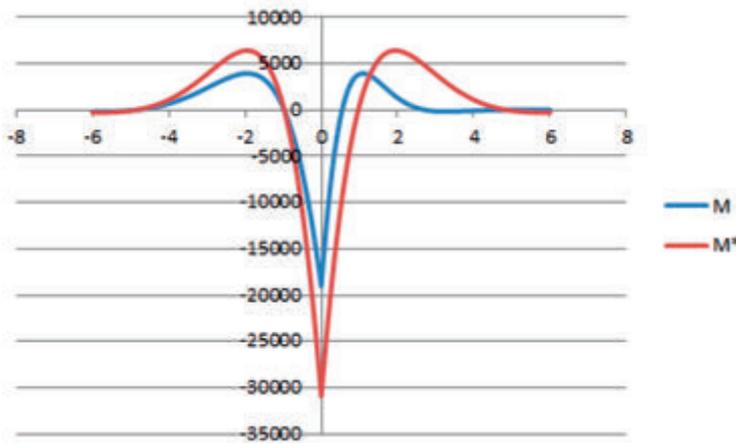


Figura 26 – Momenti in kN m - M\* è il momento per la rigidezza costante Cw= 2E7.  
Figure 26 – Moments in kN m - M\* is the moment for constant stiffness Cw= 2E7.

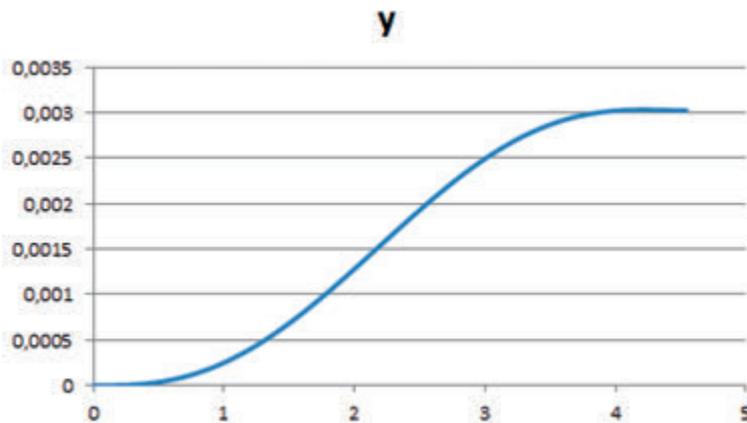


Figura 27 – Traiettorie altimetrica del punto di contatto.  
Figure 27 – Altimetric trajectory of the contact point.

is characterised by a stiffness module that can be considered double that of the current track. Assuming that the k stiffness of the support called J remains constant, the inertia of the current track and J' that of the track on PL, we have

$$w_{te} = \frac{P}{2^{\frac{3}{4}} \sqrt[4]{4E}} \frac{1}{\sqrt[4]{J}} k^{-\frac{3}{4}}$$

$$w_{pl} = \frac{P}{2^{\frac{3}{4}} \sqrt[4]{4E}} \frac{1}{\sqrt[4]{J'}} k^{-\frac{3}{4}}$$

$$w_{pl} = w_{te} \sqrt[4]{\frac{J}{J'}}$$

Therefore, the subsidence on PL is the current one as the fourth root of the ratio of inertias is. The same result is obtained by maintaining the current inertia and replacing the stiffness of substrate k with a fictitious stiffness k\* such that

$$\frac{1}{\sqrt[4]{J'}} k^{-\frac{3}{4}} = \frac{1}{\sqrt[4]{J}} k^*^{-\frac{3}{4}}$$

This results in

$$k^* = k \left( \frac{J'}{J} \right)^{\frac{1}{3}}$$

So, going to the inverse of the characteristic length

$$\lambda_{eq} = \sqrt[4]{\frac{k^*}{4EJ}} = \lambda \left( \frac{J'}{J} \right)^{\frac{1}{12}}$$

which allows using the calculations made for the previous application. Then being

$$\rho = \frac{\lambda_{eq}}{\lambda} = \left( \frac{J'}{J} \right)^{\frac{1}{12}}$$

za  $k$  del supporto detta  $J'$  inerzia del binario corrente e  $J'$  quella del binario su PL, si ha

$$w_{te} = \frac{P}{2\sqrt[4]{4E}} \frac{1}{\sqrt[4]{J'}} k^{-\frac{3}{4}}$$

$$w_{pl} = \frac{P}{2\sqrt[4]{4E}} \frac{1}{\sqrt[4]{J'}} k^{-\frac{3}{4}}$$

$$w_{pl} = w_{te} \sqrt[4]{\frac{J}{J'}}$$

Quindi, il cedimento su PL sta a quello corrente come la radice quarta del rapporto delle inerzie. Si ottiene lo stesso risultato mantenendo l'inerzia corrente e sostituendo alla rigidezza del sottofondo  $k$  una rigidezza fittizia  $k^*$  tale che

$$\frac{1}{\sqrt[4]{J'}} k^{-\frac{3}{4}} = \frac{1}{\sqrt[4]{J'}} k^*^{-\frac{3}{4}}$$

Si ottiene

$$k^* = k \left(\frac{J'}{J}\right)^{\frac{1}{3}}$$

Quindi, passando all'inverso della lunghezza caratteristica

$$\lambda_{eq} = \sqrt[4]{\frac{k^*}{4EJ}} = \lambda \left(\frac{J'}{J}\right)^{\frac{1}{12}}$$

che consente di utilizzare i calcoli fatti per l'applicazione precedente. Allora essendo

$$\rho = \frac{\lambda_{eq}}{\lambda} = \left(\frac{J'}{J}\right)^{\frac{1}{12}}$$

e poi  $f(\rho)$  che fornisce il cedimento al punto di transizione.

Eseguito i calcoli come sopra, si ottiene, per  $C_w$  (te) = 2E7 che l'accelerazione del punto di contatto – per una velocità di transito di 160 km/h - è quella della Fig. 29.

Analoghe considerazioni possono essere fatte per le varie discontinuità (di inerzia della rotaia e di coefficiente di sottofondo) che s'incontrano lungo linea: per esempio scambi, spalle di opere d'arte, transizioni rilevato-trincea-galleria, ecc.

Ognuna di esse comporta l'insorgenza di moti verticali della sala e connesse oscillazioni della cassa del veicolo che, in qualche misura pregiudicano la qualità di marcia.

**9. Trave semifinita. “Traversa ballerina”**

Si chiama, in gergo, traversa ballerina quella traversa che, per vari motivi, presenta, rispetto a quelle attigue, una minore o nulla portanza a causa di

and then  $f(\rho)$  which provides the subsidence at the transition point.

Performing the calculations as above, we have, for  $C_w$  (elastic beam) = 2e7 that the acceleration of the contact point – for a transit speed of 160 km/h - is that in the Fig. 29.

Similar considerations can be made for the various discontinuities (of rail inertia and subgrade coefficient) that meet along the line: for example turnouts, road structure stringers, embankment-trench-gallery transitions, etc.

Each of them involves the onset of vertical movements of the wheel set and related oscillations of the vehicle body that, to some extent, affect the quality of travel.

**9. Semi-finished beam. “Pumping sleeper”**

Generally speaking, a pumping sleeper is a sleeper that, for various reasons, has a lower or no lift due to deconsolidation of the underlying ballast or, even, lack thereof, compared to those adjacent. Such a situation is quite frequent in old tracks armed with wooden sleepers and with compacted ballast with individual equipment, in modern tracks it is more rare because mechanised levelling prevents its presence.

However, below, with the application of the elastic beam formula, the consequences of the failure to lift of one or more consecutive sleepers are investigated (with the appropriate approximations).

The calculation scheme is as shown in Fig. 30.

The track with EJ given – for each rail – has current linear stiffness  $k$ . In a section AB, of length D – hereinafter “gap”, the support is absent.

The subsidence under load P and the relative bending moment are calculated.

The vertical load P placed at the distance x from A is considered to be acting; the beam in B is disconnected and

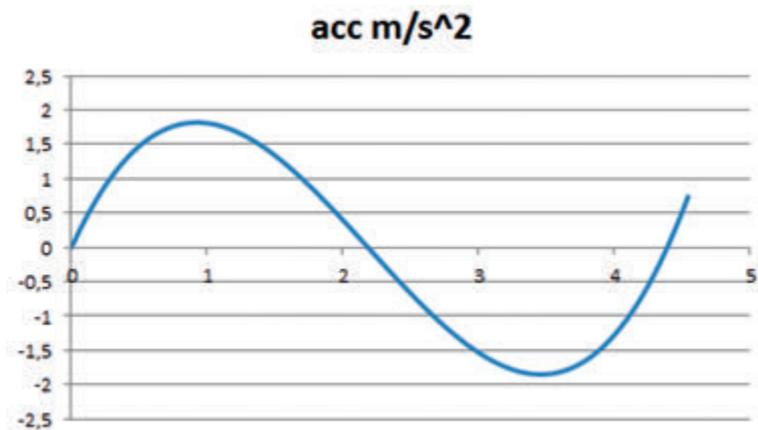


Figura 28 - Accelerazione del punto di contatto.  
Figure 28 - Point of Contact Acceleration.

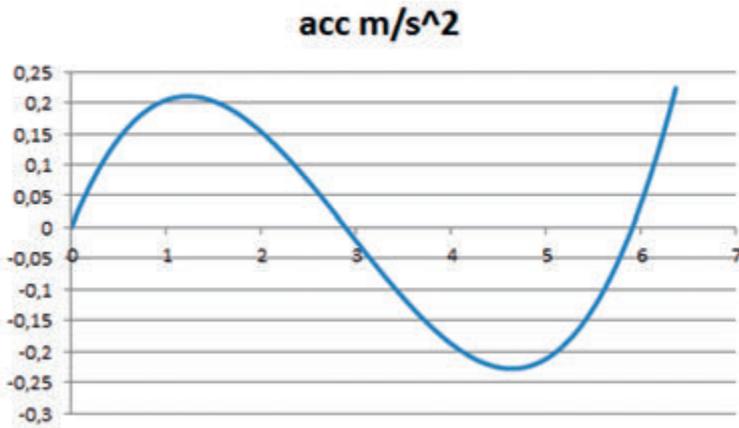


Figura 29 - Accelerazione del punto di contatto.  
Figure 29 - Point of Contact Acceleration.

deconsolidamento del pietrisco sottostante o, addirittura, mancanza dello stesso. Tale situazione piuttosto frequente nei vecchi binari armati con traverse in legno e con massicciata compattata con attrezzi individuali, nei binari moderni è più rara perché il livellamento meccanizzato ne impedisce la presenza.

Comunque, nel seguito, con applicazione della formula della trave elastica si indagano (con le approssimazioni del caso) le conseguenze della mancata portanza di una o più traverse consecutive.

Lo schema di calcolo è in Fig. 30.

Il binario con EJ dato – per ciascuna rotaia – ha rigidità lineica corrente k. In un tratto AB, di lunghezza D – nel seguito “lacuna”, il supporto è assente.

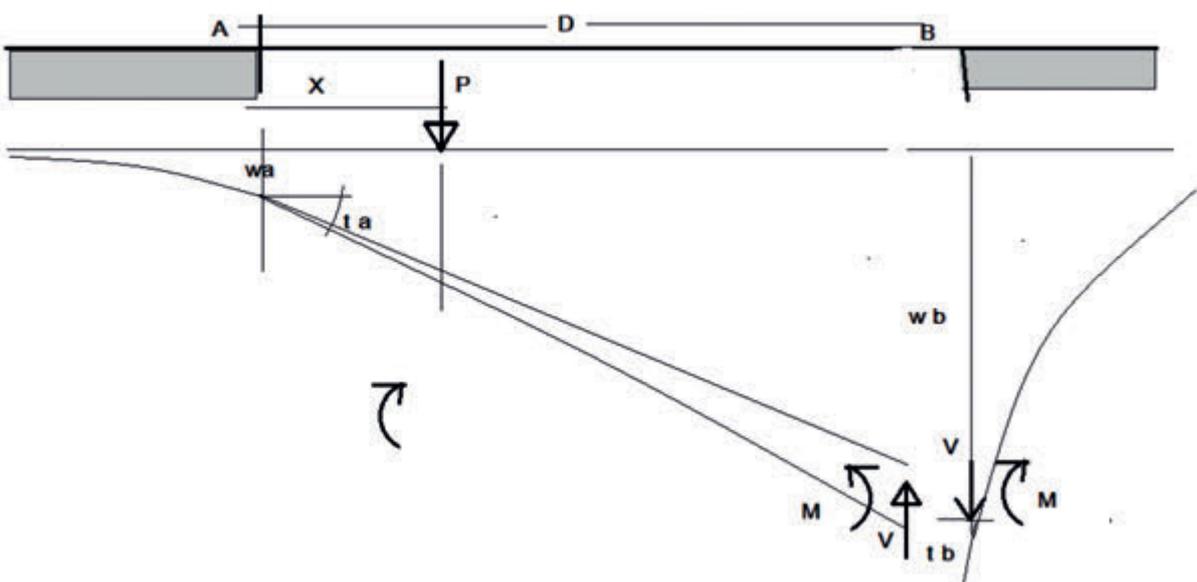


Figura 30 – Schema di carico.  
Figure 30 – Load diagram.

the equilibrium reactions are applied: they are the vertical force V and the moment M.

It is necessary to write the system of equations imposing the congruence of rotations and displacements in B.

The rotation of the beam in A is given by [see formulas beam on elastic support]

$$\theta_A = \frac{PX - M - VD}{\lambda EJ} + \frac{P - V}{2EJ\lambda^2}$$

The displacement of the beam in A is given by

$$w_A = \frac{PX - M - VD}{2\lambda^2 EJ} + \frac{P - V}{2EJ\lambda^3}$$

The rotation of the beam to the right of B is given by

$$\theta_{dx} = -\frac{M}{\lambda EJ} + \frac{V}{2EJ\lambda^2}$$

The right displacement in B is given by

$$w_{dx} = -\frac{M}{2\lambda^2 EJ} + \frac{V}{2EJ\lambda^3}$$

The rotation of the beam to the left of B is given by

$$\theta_{sx} = \theta_A + \frac{PX^2/2 - VD^2/2 - MD}{EJ}$$

The displacement to the left in B is given by

Si calcolano il cedimento sottocarico P ed il relativo momento flettente.

Si considera agente il carico verticale P posto alla distanza x da A; si disconnette la trave in B e si applicano le reazioni di equilibrio: esse sono la forza verticale V ed il momento M.

Occorre scrivere il sistema di equazioni imponendo la congruenza di rotazioni e spostamenti in B.

La rotazione della trave in A è data da [vds formule trave su appoggio elastico]

$$\theta_A = \frac{PX - M - VD}{\lambda EJ} + \frac{P - V}{2EJ\lambda^2}$$

Lo spostamento della trave in A è dato da

$$w_A = \frac{PX - M - VD}{2\lambda^2 EJ} + \frac{P - V}{2EJ\lambda^3}$$

La rotazione della trave a dx di B è data da

$$\theta_{dx} = -\frac{M}{\lambda EJ} + \frac{V}{2EJ\lambda^2}$$

Lo spostamento dx in B è dato da

$$w_{dx} = -\frac{M}{2\lambda^2 EJ} + \frac{V}{2EJ\lambda^3}$$

La rotazione della trave a sx di B è data da

$$\theta_{sx} = \theta_A + \frac{PX^2/2 - VD^2/2 - MD}{EJ}$$

Lo spostamento a sx in B è dato da

$$w_{sx} = w_A + \theta_A D + \frac{PX^2}{2} \left(D - \frac{1}{3}X\right) - \frac{VD^3}{3} - \frac{1}{2}MD^2$$

Per la congruenza si ha

$$\theta_{dx} + \theta_{sx} = 0 \quad e \quad w_{dx} = w_{sx}$$

Per D=X=0, ossia supporto continuo si ha

$$\theta_A = \frac{-M}{\lambda EJ} + \frac{P-V}{2EJ\lambda^2} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$w_A = \frac{-M}{2\lambda^2 EJ} + \frac{P-V}{2EJ\lambda^3} \quad (\text{Eq. 4})$$

Essendo per la simmetria  $\theta_A = 0$  deve essere

$$M = \frac{P - V}{2\lambda}$$

Ed essendo V=P/2

$$M = \frac{P}{4\lambda}$$

cioè il momento della trave elastica.

Inoltre

$$w_A = \frac{P}{8EJ\lambda^3}$$

ma essendo  $EJ = \frac{k}{4\lambda^4}$

$$w_A = \frac{P\lambda}{2k}$$

$$w_{sx} = w_a + \theta_A D + \frac{PX^2}{2} \left(D - \frac{1}{3}X\right) - \frac{VD^3}{3} - \frac{1}{2}MD^2$$

For congruence we have

$$\theta_{dx} + \theta_{sx} = 0 \quad e \quad w_{dx} = w_{sx}$$

For D=X=0, i.e. continuous support, we have

$$\theta_A = \frac{-M}{\lambda EJ} + \frac{P-V}{2EJ\lambda^2} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$w_A = \frac{-M}{2\lambda^2 EJ} + \frac{P-V}{2EJ\lambda^3} \quad (\text{Eq. 4})$$

Being it for symmetry it must be

$$M = \frac{P - V}{2\lambda}$$

And it being V=P/2

$$M = \frac{P}{4\lambda}$$

i.e. the moment of the elastic beam.

Additionally

$$w_A = \frac{P}{8EJ\lambda^3}$$

but it being  $EJ = \frac{k}{4\lambda^4}$

$$w_A = \frac{P\lambda}{2k}$$

which verifies the calculation.

In general, having obtained

$$\theta_A \quad e \quad W_A$$

The following are obtained from (Eq. 3) and (Eq. 4)

$$M_A \quad e \quad V_A$$

With these the moment under the load is obtained

$$M_p = M_A + V_A X$$

and, therefore, the subsidence under P

$$w_p = w_a + \theta_A X - \frac{M_A X^2}{2} + \frac{M_p - M_A}{6} X^2$$

When P is at the centre of D, we have V = P/2 and also for the symmetry

$$M_a = M$$

so by processing, the relation between the moment of the current elastic beam ( $M_{elastic\ beam}$ ) and the maximum moment under the load in the centre of the gap is obtained. ( $M_p$ ),

$$M_p = \frac{P}{4\lambda} \frac{-[\eta/2]^2 + 1}{\eta/2 + 1} = M_{te} \left( + \left[ \frac{\eta}{2} \right] + 1 \right)$$

with  $\eta = \lambda D$ .

For D=0;  $M_p = 1/4 P/\lambda$  (continuous beam).

Being

che verifica il calcolo.

In generale, ottenuti

$$\theta_A \text{ e } W_A$$

si ricavano dalle (Eq. 3) e da (Eq. 4)

$$M_A \text{ e } V_A$$

Con questi si ottiene il momento sotto il carico

$$M_p = M_A + V_A X$$

e, quindi, il cedimento sotto P

$$w_p = w_a + \theta_A X - \frac{M_A X^2}{2} + \frac{M_p - M_A}{6} X^2$$

Quando P è al centro di D, si ha  $V = P/2$  ed inoltre per la simmetria

$$M_a = M$$

per cui elaborando, si ottiene la relazione tra momento della trave elastica corrente ( $M_{te}$ ) e momento massimo sotto il carico al centro della lacuna ( $M_p$ ).

$$M_p = \frac{P}{4\lambda} \frac{-[\eta/2]^2 + 1}{\eta/2 + 1} = M_{te} \left( + \left[ \frac{\eta}{2} \right] + 1 \right)$$

con  $\eta = \lambda D$ .

Per  $D=0$ ;  $M_p = 1/4 P/\lambda$  (trave continua).

Essendo

$$M_A = M_p - PD/4$$

si ha

$$M_a = \frac{P}{4\lambda} \left( + \left[ \frac{\eta}{2} \right] + 1 \right) - P\eta/\lambda 4$$

$$M_a = M_{te} \left( - \left[ \frac{\eta}{2} \right] + 1 \right)$$

Se  $\eta > 2$  il momento in A e B è negativo (tende fibre superiori);

se  $\eta = 2$ , il momento in A e B è nullo e quello sotto il carico è pari al momento che si ha in una trave semplicemente appoggiata.

Il momento in mezzera è sempre positivo.

Ammettendo, ora, un carico per ruota di 100 kN si ottiene che in una rotaia 60E1, un momento di 33,6 kNm provoca una tensione di 100 N/mm<sup>2</sup> (33600/W) con  $W = 335 \text{ m}^6$ .

Tale momento è generato con un coefficiente  $C_w = 1,45E7$  [ $k = 7,965E6 \text{ N/m}^2$  e  $\lambda = 0,746 \text{ m}^{-1}$ ].

Infatti  $M = 1E5 / (4 \cdot 0,746) = 33500 \text{ Nm}$ .

Per una lacuna  $D = 1,20 \text{ m}$  (2 traverse prive di supporto) si ottiene  $\eta = 1,2 \lambda = 0,896 \text{ m}^{-1}$  da cui la tensione in rotaia passa a  $100(1 + 0,896/2) = 144,8 \text{ Mpa}$ .

Per quanto riguarda i cedimenti si ha che il cedimento alla estremità della trave elastica semifinita sotto P/2 è

$$W(A, B) = \frac{2V\lambda}{k} - \frac{2M\lambda^2}{k} = \frac{P\lambda}{k} \left( \frac{1}{2} + \frac{\eta}{2} \right)$$

$$M_A = M_p - PD/4$$

we have

$$M_a = \frac{P}{4\lambda} \left( + \left[ \frac{\eta}{2} \right] + 1 \right) - P\eta/\lambda 4$$

$$M_a = M_{te} \left( - \left[ \frac{\eta}{2} \right] + 1 \right)$$

If  $\eta > 2$  the moment in A and B is negative (upper fibres tensioned);

if  $\eta = 2$ , the moment in A and B is zero and that under the load is equal to the moment in a simply resting beam.

The moment in the centreline is always positive.

Assuming, now, a wheel load of 100 kN the result is that in a 60E1 rail, a moment of 33.6 kNm causes a tension of 100 N/mm<sup>2</sup> (33600/W) with  $W = 335 \text{ m}^6$ .

This moment is generated with a coefficient  $C_w = 1.45E7$  [ $k = 7.965E6 \text{ N/m}^2$  e  $\lambda = 0.746 \text{ m}^{-1}$ ].

In fact  $M = 1E5 / (4 \cdot 0.746) = 33500 \text{ Nm}$ .

For a gap  $D = 1.20 \text{ m}$  (2 sleepers without support), the result is  $\eta = 1.2 \lambda = 0.896 \text{ m}^{-1}$ , from which the rail tension goes to  $100(1 + 0.896/2) = 144.8 \text{ MPa}$ .

As far as subsidences are concerned, the subsidence at the end of the semi-finished elastic beam below P/2 is

$$W(A, B) = \frac{2V\lambda}{k} - \frac{2M\lambda^2}{k} = \frac{P\lambda}{k} \left( \frac{1}{2} + \frac{\eta}{2} \right)$$

and that under load P

$$w(p) = \frac{1}{48} \frac{Pb^3}{EJ} + \frac{Mb^2}{8EJ}$$

bearing in mind the transformation of  $EJ = k/(\lambda 4)$  and replacing M

$$w(p) = \frac{1}{2} \frac{P\lambda}{k} \left( \frac{\eta^3}{24} + \frac{\eta^2}{2} \right)$$

And summing with the lowering in A and B

$$w(P) = \frac{P}{2k} \lambda \left( \frac{1}{24} \eta^3 + \frac{\eta^2}{4} + 1 + \eta/2 \right)$$

from which the ratio between the subsidence is a cubic function of  $\eta$ .

Since the under load subsidence for the continuous support beam, (i.e. with  $D = 0$ , therefore  $\eta = 0$ ) the difference between the maximum subsidence in the gap and the current one has the value of the relation to the current subsidence,

$$\Delta w/w(te) \% = \frac{\eta}{2} \left[ 1 + \frac{\eta}{2} + \frac{\eta^2}{12} \right] 100$$

evidently equal to 0 when  $b = 0$  or with  $\eta = 0$ .

According to the previous example, with  $\eta = 0.896$  the subsidence increase is about 68%.

Being the current subsidence  $w = 4.68 \text{ mm}$ , the subsidence increase at the centre of the gap of  $m 1.20$  is about 3.18 mm or 2.7/1000 of the span.

Similar situations were calculated with the discrete sup-

e quello sotto il carico P

$$w(p) = \frac{1}{48} \frac{Pb^3}{EJ} + \frac{Mb^2}{8EJ}$$

ricordando la trasformazione di  $EJ = k/(4\lambda^4)$  e sostituendo M

$$w(p) = \frac{1}{2} \frac{P\lambda}{k} \left( \frac{\eta^3}{24} + \frac{\eta^2}{2} \right)$$

E sommando con l'abbassamento in A e B

$$w(P) = \frac{P}{2k} \lambda \left( \frac{1}{24} \eta^3 + \frac{\eta^2}{4} + 1 + \eta/2 \right)$$

da cui il rapporto tra i cedimenti è una funzione cubica di  $\eta$ .

Essendo il cedimento sottocarico per la trave a supporto continuo, (ossia con  $D = 0$ , quindi  $\eta = 0$ ) la differenza tra il cedimento massimo in lacuna e quello corrente vale rapporto al cedimento corrente,

$$\Delta w/w(te) \% = \frac{\eta}{2} \left[ 1 + \frac{\eta}{2} + \frac{\eta^2}{12} \right] 100$$

evidentemente pari a 0 quando  $b = 0$  ossia con  $\eta = 0$ .

Secondo l'esempio precedente, con  $\eta = 0,896$  l'incremento di cedimento è di circa il 68%.

Essendo il cedimento corrente  $w = 4,68$  mm, si ha che la maggiorazione di cedimento al centro della lacuna di m. 1,20 è di circa 3,18 mm ossia 2,7/1000 della luce.

Analoghe situazioni sono state calcolate con il metodo degli appoggi discreti, considerando l'asta centrale di lunghezza  $b = 1,2 / 1,8 / 2,4$  rispettivamente per 1, 2 o 3 appoggi non portante.

I risultati sono in Tab. 4.

Come si vede si una buona concordanza tra i due criteri: per la condizione di carico centrato il calcolo su appoggi discreti fornisce una lieve maggiorazione dei momenti e dei cedimenti rispetto all'appoggio continuo.

Notevoli, invece, gli incrementi di momento e di cedimento in presenza di lacuna (fino a 3 volte per 3 traverse non portanti) presenti in Fig. 31.

Con un tale incremento di cedimento del punto di contatto ruota- rotaia si cerca quale sarebbe l'incremento dinamico del carico.

Si ipotizza che quando il carico, posto a sx, dista da A (inizio del tratto non supportato)  $\frac{3\pi}{4\lambda}$ , il cedimento sotto carico è quello corrente ( $w_{te}$ ); quando il carico è in  $D/2$  il cedimento è  $w_p$  la differenza  $w_p - w_{te} = \Delta f$ .

Per  $C_w = 2E7 \text{ N/m}^3$ ,  $\frac{3\pi}{4\lambda} = 2,912 \text{ m}$  e per  $C_w = 2E8 \text{ N/m}^3$ ,  $\frac{3\pi}{4\lambda} = 1,638 \text{ m}$ .

Ammettendo che la traiettoria del punto di contatto segua una legge  $w = \frac{\Delta f}{2} (1 - \cos \omega x)$  con  $\omega = \frac{\pi}{(\frac{b}{2} + \frac{3\pi}{4\lambda})}$  che nel

ports method, considering the central rod of length  $b = 1.2 / 1.8 / 2.4$  respectively for 1, 2 or 3 non-load-bearing supports.

The results are shown in the Tab. 4.

As can be seen, there is a good consistency between the two criteria: for the centred load condition, the calculation on discrete supports provides a slight increase in moments and subsidences compared to continuous support.

On the other hand, the moment and subsidence increases are significant in the presence of a gap (up to 3 times for 3 non-load-bearing sleepers) shown in Fig. 31.

With such an increase in subsiding of the wheel-rail contact point, we are researching what the dynamic increase of the load would be.

It is assumed that when the load, placed to the left, is distant from A (beginning of the unsupported section)  $\frac{3\pi}{4\lambda}$ , the subsidence under load is the current one ( $w_{eb}$ ); when the load is in  $D/2$  the subsidence is  $w_p$  the difference  $w_p - w_{eb} = \Delta f$ .

For  $C_w = 2E7 \text{ N/m}^3$ ,  $\frac{3\pi}{4\lambda} = 2.912 \text{ m}$  and for  $C_w = 2E8 \text{ N/m}^3$ ,  $\frac{3\pi}{4\lambda} = 1.638 \text{ m}$ .

Assuming that the trajectory of the point of contact follows a law  $w = \frac{\Delta f}{2} (1 - \cos \omega x)$  con  $\omega = \frac{\pi}{(\frac{b}{2} + \frac{3\pi}{4\lambda})}$  with  $\omega =$

which in the time domain becomes  $\Omega = \frac{v \pi}{(\frac{b}{2} + \frac{3\pi}{4\lambda})}$ . By deriving

twice on the time we have  $w'' = \frac{\Delta f}{2} \Omega^2 \cos \Omega t$  and the maximum value is when the load is in  $D/2$ .

Therefore, the maximum dynamic action, given  $m$  [kg] a mass that participates in the motion of the point of contact, is

$$F_c = m w'' = m \frac{\Delta f}{2} \Omega^2 = m v^2 \Delta f \frac{4\lambda^2 \pi^2}{(b\lambda + \frac{3\pi}{2})^2} = m v^2 \Delta f \frac{4\lambda^2}{(\frac{\eta}{\pi} + 1,5)^2}$$

Being

$$\Delta f = w_{corr} \frac{\eta}{2} \left[ 1 + \frac{\eta^2}{12} + \frac{\eta}{2} \right]$$

Therefore

$$F_c = m v^2 \frac{\lambda^3}{(\frac{\eta}{\pi} + 1,5)^2} \frac{P}{k} \left[ \eta + \frac{\eta^3}{12} + \frac{\eta^2}{2} \right]$$

The value of the dynamic increase is

$$ID = 1 + \frac{F_c}{P} = 1 + m v^2 \frac{1}{\lambda \left( \frac{\eta}{\pi} + 1,5 \right)^2} \frac{1}{EJ} \left[ \eta/4 + \frac{\eta^3}{48} + \frac{\eta^2}{8} \right]$$

i.e.

$$M_{p \text{ din}} = M_{te} \left( 1 + \frac{\eta}{2} \right) \cdot ID M_{p \text{ din}} = M_{te} \left( 1 + \frac{\eta}{2} \right) \left( 1 + m v^2 \frac{1}{\lambda \left( \frac{\eta}{\pi} + 1,5 \right)^2} \frac{1}{EJ} \left[ \eta/4 + \frac{\eta^3}{48} + \frac{\eta^2}{8} \right] \right)$$

that for  $D = 0$ , that is  $\eta = 0$ , has a value of

$$M_d = \frac{P}{4\lambda}$$

Tabella 4 – Table 4

Sinossi dei momenti e dei cedimenti per diverse situazioni di “lacuna”  
Synopsis of moments and subsidences for different “gap” situations

	appoggi discreti discreet supports					appoggio continuo (te) continuous support (elastic beam)				
C w	2,00E+07	EJ	6,42E+06	λ	0,809		η	0,49	0,97	1,46
	b	0,6	1,2	1,8	2,4	D	0	0,6	1,2	1,8
car cen	Mp	31,5	39,2	46,7	54,3	Mp	30,9	38,4	45,9	53,4
car app	Mp**	29,65								
car cent	yp	3,838	4,981	6,492	8,475	yp	3,678	4,804	6,469	8,777
car app	yp**	3,677								
C w	2,00E+08	EJ	6,42E+06	λ	1,439		eta	0,86	1,73	2,590
	b	0,6	1,2	1,8	2,4	D	0	0,6	1,2	1,8
car cen	Mp	18,6	26,4	34,0	41,6	Mp	17,4	24,9	32,4	39,9
car app	Mp**	15,1								
car cent	yp	0,676	1,010	1,560	2,429	yp	0,654	1,075	1,846	3,070
car app	yp**	0,651								

dominio del tempo diventa  $\Omega = \frac{v \pi}{(\frac{p}{2} + \frac{3\pi}{4\lambda})}$ . Derivando due volte sul tempo si ha  $w'' = \frac{\Delta f}{2} \Omega^2 \cos \Omega t$  ed il valore massimo si ha quando il carico è in D/2.

Quindi, l'azione dinamica massima, posta m [kg] una massa che partecipa al moto del punto di contatto, vale

$$F_c = m w'' = m \frac{\Delta f}{2} \Omega^2 = m v^2 \Delta f \frac{4\lambda^2 \pi^2}{(b\lambda + \frac{3\pi}{2})^2} = m v^2 \Delta f \frac{4\lambda^2}{(\frac{\eta}{\pi} + 1,5)^2}$$

Essendo

$$\Delta f = w_{corr} \frac{\eta}{2} [1 + \frac{\eta^2}{12} + \frac{\eta}{2}]$$

Quindi

$$F_c = m v^2 \frac{\lambda^3}{(\frac{\eta}{\pi} + 1,5)^2} \frac{P}{k} [\eta + \frac{\eta^3}{12} + \frac{\eta^2}{2}]$$

L'incremento dinamico vale

$$ID = 1 + \frac{F_c}{P} = 1 + m v^2 \frac{1}{\lambda (\frac{\eta}{\pi} + 1,5)^2 E J} \frac{1}{E J} [\eta/4 + \frac{\eta^3}{48} + \frac{\eta^2}{8}]$$

ossia

$$M_{p \text{ din}} = M_{te} (1 + \frac{\eta}{2}) \cdot ID M_{p \text{ din}} = M_{te} (1 + \frac{\eta}{2}) (1 + m v^2 \frac{1}{\lambda (\frac{\eta}{\pi} + 1,5)^2 E J} [\eta/4 + \frac{\eta^3}{48} + \frac{\eta^2}{8}])$$

that is, the moment on continuous support.

In the application performed (Fig. 32), there would be an  $M_{p \text{ din}} / M_{eb}$  ratio of about 1.765 times. The static one was 1.448 times.

Since, as a rule,  $0.8 < \lambda < 1.4$ , considering  $0.6 < D < 2.4$ , we have  $0.48 < \eta < 4.32$ .

As can be seen from the graph, the increase  $M_{p \text{ din}} / M_{eb}$  increases with the subsiding of the support and with the width of the gap.

### 10. Conclusions

The “track calculation” was developed according to the two criteria considered by comparing their results and detecting a substantial consistency of the values provided.

The limits of the two criteria (the schematisation, with respect to reality, of a continuous support for the elastic beam) the restriction to a finite number of supports for the discrete criterion, do not entail significant consequences for the reliability of the results.

The elastic beam method offers the advantage of calculation in closed form but requires considering the regularity of the parameters (at least for a convenient length near the loads), except for somewhat complicated mathematical developments.

The discrete supports method – which requires the tedious compilation of equation systems – is more versatile (if

che per  $D = 0$ , ossia  $\eta = 0$ , vale

$$M_d = \frac{P}{4\lambda}$$

ossia il momento su appoggio continuo.

Nell'applicazione eseguita (Fig. 32) si avrebbe un rapporto  $M_{p\text{ din}} / M_{te}$  di circa 1,765 volte. Quello statico era di 1,448 volte.

Poiché, di norma,  $0,8 < \lambda < 1,4$ , considerando  $0,6 < D < 2,4$ , si ha  $0,48 < \eta < 4,32$ .

Come si evince dal grafico l'incremento  $M_{p\text{ din}} / M_{te}$  cresce con la cedevolezza del supporto e con l'ampiezza della lacuna.

10. Conclusioni

E' stato sviluppato il "calcolo del binario" secondo i due criteri considerati ponendo a confronto i loro risultati e riscontrando una sostanziale concordanza dei valori forniti.

I limiti dei due criteri (la schematizzazione, rispetto alla realtà, di un appoggio continuo per la trave elastica) la restrizione ad un numero finito di appoggi per il criterio discreto, non comportano sensibili conseguenze per la affidabilità dei risultati.

Il metodo della trave elastica offre il vantaggio della calcolo in forma chiusa ma obbliga - salvo richiedere sviluppi matematici alquanto complicati - a considerare la costanza dei parametri (almeno per una estesa conveniente in prossimità dei carichi).

Il metodo degli appoggi discreti - che richiede la tediosa compilazione di sistemi equazioni - è più versatile (nel caso possono essere variati i parametri in gioco lungo lo sviluppo della trave) e illustra le conseguenze nelle sollecitazioni e nei cedimenti nei due casi di carico centrato in campata o posto sull' appoggio.

Sono stati esemplificate alcune situazioni particolari (variazione brusca della rigidezza del supporto, variazione del momento di inerzia della trave, "traversa ballerina") e sono stimati gli effetti.

Ognuna di esse, come deve essere, è causa di perturbazione alla marcia dei veicoli - la variazione di cedimento genera accelerazioni verticali, anche di una discreta entità - con negativi riflessi sul confort di viaggio.

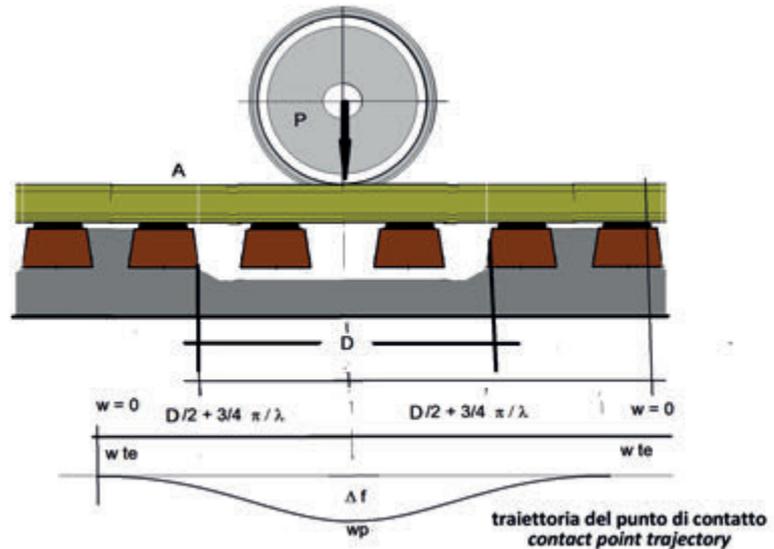


Figura 31 – Andamento altimetrico del punto di contatto in presenza di “lacuna”.

Figure 31 – Altimetric trend of the contact point in the presence of a “gap”.

necessary the parameters in play along the length of the beam can be varied) and illustrates the consequences in stresses and subsiding in the two cases of load centred in the span or placed on the support.

Some particular situations have been exemplified (abrupt change in the rigidity of the support, change in the moment of inertia of the beam, “pumping sleeper”) and the effects are estimated.

Each of them, as it should be, is a cause of disturbance to the circulation of vehicles - the variation in subsiding generates vertical accelerations, even of a fair amount - with negative effects on travel comfort.

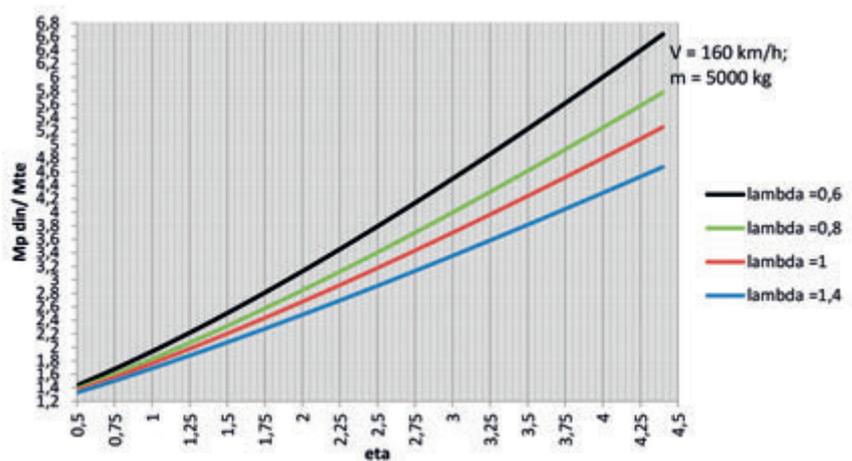


Figura 32 – Incrementi dinamici in presenza di “lacuna”.

Figure 32 – Dynamic increases in the presence of a “gap”.

Mentre per le linee di nuova costruzione, si ovvia mediante opportuni accorgimenti (distribuendo la variazione di rigidità del sottofondo su una congrua estesa di binario, elasticizzando gli attacchi degli scambi, p.es.), sulle linee di vecchia costruzione tali difettosità sono, praticamente, ineliminabili ma, tollerabili.

Le frequenti variazioni delle caratteristiche di portanza del supporto e connesse variazioni di cedimento sotto carico - che vengono lette dalle strumentazioni di misura allestite su carrozze di rilievo - si coniugano alle differenze statiche di quota e determinano i reali "difetti di livello"; alcune di esse sono fisiologiche (transizioni rilevato/spalle delle opere d'arte oppure trincea /galleria, passaggi a livello, transiti su apparecchi del binario, ecc.) e, pertanto, nelle valutazioni di qualità dl binario occorre una attenta segmentazione delle tratte omogenee significative.

*While for the new construction lines, it is solved with appropriate measures (distributing the variation in rigidity of the substrate on a congruous track length, elasticising the fastenings of the turnouts, e.g.), on the old construction lines such defects cannot, practically, be eliminated but are tolerable.*

*The frequent variations in the load bearing characteristics of the support and the related variations in subsiding under load - which are read by the measuring instruments installed on track inspection carriages - are combined with the static differences in height and determine the real "level defects"; some of them are physiological (embankment/civil works abutments or trench /tunnel transitions, level crossings, transits on track devices, etc.) and, therefore, in the quality assessments of the track, a careful segmentation of the significant homogeneous sections is necessary.*

## BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] PERDONNET A. (1855), *"Traité élémentaire des Chemins de Fer"* – Langlois et Leclercq. – Paris.
- [2] CANTALUPI A. (1872), *"Trattato elementare di costruzione delle strade ferrate"* – Galli e Omodei Editori Librai - Milano.
- [3] LOPEZ PITA A. *et al.* (1977), *"Tratado de ferrocarriles i via"* - Editorial Rueda – 1977
- [4] MARONGIU L. (2022), *"Armamento ferroviario: impostazione e verifica dei requisiti di progetto tramite un modello quantitativo ingegneristico"* - Ingegneria Ferroviaria - n° 6.
- [5] ESVELD C. (1989), *"Modern Railway Track"* – MRT Production 1989 e succ.
- [6] LANNI S. *et al.*, *"La sovrastruttura ferroviaria"* – CIFI.
- [7] ROBERT G. (1964). *"Le ferrovie nel mondo"* - C.E.D. F. Vallardi.
- [8] DI MAIO F. (1939), *"Analisi delle azioni dinamiche che sollecitano le sale delle automotrici"* – Rivista Tecnica delle FERROVIE dello N° 12.
- [9] Autori vari (1993), *"Speciale FS – Sperimentazione A.V."* – Ingegneria Ferroviaria N° 6.
- [10] PANDOLFO A. (1975), *"Il binario e l'alta velocità nelle linee a traffico misto"* - Ingegneria Ferroviaria N° 1.
- [11] ANGELERI G. (1982), *"Il binario su supporti elastici a due stadi"*. Ingegneria Ferroviaria N° 3.
- [12] D'ANDREA A. (1988), *"L'applicazione del metodo degli elementi finiti ad una struttura ferroviaria sperimentale su supporto rigido"* - Ingegneria Ferroviaria N° 7/8.
- [13] CIOFFI E., CORAZZA G.R., KAJON G. (2003), *"Caratteristiche e prestazioni degli armamenti"* - Ingegneria Ferroviaria N° 2.
- [14] BRUNER M., CIOFFI E., CORAZZA G.R., KAJON G. (2005), *"Modelli analitici d'armamento e loro impiego nello studio del degrado della via"* - Ingegneria Ferroviaria N° 11.
- [15] CONLES E., NOVALES M. (2013), *"Studio sulla meccanica del binario a scartamento ridotto per velocità fino a 160 km/h (Parte prima) / Study on narrow gauge track mechanics for speeding-up to 160 km/h (First part)"* - Ingegneria Ferroviaria N° 1.
- [16] CONLES E., NOVALES M. (2013), *"Studio sulla meccanica del binario a scartamento ridotto per velocità fino a 160 km/h (Parte seconda) / Study on narrow gauge track mechanics for speeding-up to 160 km/h (Second part)"* - Ingegneria Ferroviaria N° 2.
- [17] ACCATTATIS F.M.D., BRUNER M., CATENA M., CORAZZA G.R., COSCIOTTI E., MALAVASI G., ROSSI S., TESTA M. (2014), *"Misura dei carichi verticali trasmessi alla rotaia" / "Measurement of the vertical loads transferred to the rail"* -Ingegneria Ferroviaria N° 12.
- [18] BRUNER M., CORAZZA G.R., MALAVASI G. (2020), *"Mitigazione delle vibrazioni dell'armamento ferroviario su massicciata"* -Ingegneria Ferroviaria N° 12.
- [19] BRUNER M., CORAZZA G.R. (2018), *"Note sullo sviluppo di un pensiero scientifico originale nelle ferrovie. La marcia in rettilineo ed in curva"*.- Ingegneria Ferroviaria 9.

Appendice A

Sviluppo dei calcoli per la trave continua su 18 appoggi

Essendo

Area di appoggio della traversa = A [m<sup>2</sup>]

Rigidità del singolo appoggio  $K = C_w A$  [N/m]

Con  $W_l = l/EJ$  e  $W_b = b/EJ$

$K_l = K \cdot l$  e  $K_b = K \cdot b$  ed, inoltre,  $\alpha x/l$ ;  $\beta = 1 - \alpha$

$\mu_9 = b \alpha^2 \beta$  ;  $\mu_{10} = b \alpha \beta^2$

Ri ed Mi la reazione ed il momento all'appoggio i

Si scrivono le eq. di eq.

- 1)  $M_2 \cdot 4 W_l + M_3 W_l - R_1 \cdot 6/K_l + R_2 (6/K_l + 6/K_l) - R_3 \cdot 6/K_l = 0$
- 2)  $M_2 \cdot W_l + 4 M_3 W_l + M_4 W_l - R_2 \cdot 6/K_l + R_3 (6/K_l + 6/K_l) - R_4 \cdot 6/K_l = 0$
- 3) .....
- 4) .....
- 5) .....
- 6) .....
- 7) .....
- 8)  $M_8 \cdot W_l + M_9 (2 W_l + 2W_b) + M_{10} W_b - R_7 \cdot 6/K_l + R_8 (6/K_l + 6/K_b) - R_9 \cdot 6/K_l = -W_b (2_{9+10})$
- 9)  $M_9 \cdot W_b + M_{10} (2 W_b + 2W_l) + M_{11} W_l - R_8 \cdot 6/K_l + R_9 (6/K_b + 6/K_l) - R_{10} \cdot 6/K_l = -W_b (2_{10+9})$
- 10)  $M_{10} \cdot W_b + M_{11} (4 W_b) + M_{12} W_b - R_9 \cdot 6/K_l + R_{10} (6/K_l + 6/K_l) - R_{11} \cdot 6/K_l = 0$
- 11) .....
- 12) .....
- 13) .....
- 14)  $M_{14} \cdot W_l + 4 M_{15} W_l + M_{16} W_l - R_{14} \cdot 6/K_l + R_{15} (6/K_l + 6/K_l) - R_{16} \cdot 6/K_l = 0$
- 15)  $M_{15} \cdot W_l + 4 M_{16} W_l + M_{17} W_l - R_{15} \cdot 6/K_l + R_{16} (6/K_l + 6/K_l) - R_{17} \cdot 6/K_l = 0$
- 16)  $M_{16} \cdot W_l + 4 M_{17} W_l - R_{16} \cdot 6/K_l + R_{17} (6/K_l + 6/K_l) - R_{18} \cdot 6/K_l = 0$
- 17)  $-M_2 - R_1 l = 0$
- 18)  $-M_3 - 2 R_1 l - R_2 l = 0$
- 18) .....
- 19) .....
- .....
- 25)  $-M_{10} - (8 \cdot l + b)R_1 - (7 \cdot l + b) R_2 - \dots - R_{10} \cdot l = l \cdot$
- .....
- 34)  $R_1 + R_2 + R_{15} \dots + R_{18} = 1$

Calcolati i momenti e le reazioni (da cui i cedimenti  $y_i = R_i / K$ ) si calcola

Appendix A

Development of calculations for the continuous beam on 18 supports

Being

Sleeper support area = A [m<sup>2</sup>]

Stiffness of the individual support  $K = C_w A$  [N/m]

With  $W^l = l/EJ$  and  $W^b = b/EJ$

$Kl = K \cdot l$  and  $Kb = K \cdot b$  and, in addition,  $\alpha x/l$ ;  $\beta = 1 - \alpha$

$\mu_9 = b \alpha^2 \beta$  ;  $\mu_{10} = b \alpha \beta^2$

Ri and Mi the reaction and the moment at support i

The eq. of eq. are written

- 1)  $M_2 \cdot 4 W_l + M_3 W_l - R_1 \cdot 6/K_l + R_2 (6/K_l + 6/K_l) - R_3 \cdot 6/K_l = 0$
- 2)  $M_2 \cdot W_l + 4 M_3 W_l + M_4 W_l - R_2 \cdot 6/K_l + R_3 (6/K_l + 6/K_l) - R_4 \cdot 6/K_l = 0$
- 3) .....
- 4) .....
- 5) .....
- 6) .....
- 7) .....
- 8)  $M_8 \cdot W_l + M_9 (2 W_l + 2W_b) + M_{10} W_b - R_7 \cdot 6/K_l + R_8 (6/K_l + 6/K_b) - R_9 \cdot 6/K_l = -W_b (2_{9+10})$
- 9)  $M_9 \cdot W_b + M_{10} (2 W_b + 2W_l) + M_{11} W_l - R_8 \cdot 6/K_l + R_9 (6/K_b + 6/K_l) - R_{10} \cdot 6/K_l = -W_b (2_{10+9})$
- 10)  $M_{10} \cdot W_b + M_{11} (4 W_b) + M_{12} W_b - R_9 \cdot 6/K_l + R_{10} (6/K_l + 6/K_l) - R_{11} \cdot 6/K_l = 0$
- 11) .....
- 12) .....
- 13) .....
- 14)  $M_{14} \cdot W_l + 4 M_{15} W_l + M_{16} W_l - R_{14} \cdot 6/K_l + R_{15} (6/K_l + 6/K_l) - R_{16} \cdot 6/K_l = 0$
- 15)  $M_{15} \cdot W_l + 4 M_{16} W_l + M_{17} W_l - R_{15} \cdot 6/K_l + R_{16} (6/K_l + 6/K_l) - R_{17} \cdot 6/K_l = 0$
- 16)  $M_{16} \cdot W_l + 4 M_{17} W_l - R_{16} \cdot 6/K_l + R_{17} (6/K_l + 6/K_l) - R_{18} \cdot 6/K_l = 0$
- 17)  $-M_2 - R_1 l = 0$
- 18)  $-M_3 - 2 R_1 l - R_2 l = 0$
- 18) .....
- 19) .....
- .....
- 25)  $-M_{10} - (8 \cdot l + b)R_1 - (7 \cdot l + b) R_2 - \dots - R_{10} \cdot l = l \cdot$
- .....
- 34)  $R_1 + R_2 + R_{15} \dots + R_{18} = 1$

After calculating the moments and reactions (from which the subsidences  $y_i = R_i / K$ ) is calculated

$$T_9 = K (y_1 y_9) \text{ e } Mp = M9 + T9 \cdot l$$

Indi si calcola

$$\delta = y_9 - y_{10} \text{ e } \gamma = \delta / b$$

Essendo

$$EJ y = m_9 x^2 / 2 + (Mp - M_9) x^2 / 6$$

Si ottiene

$$yp = -\delta/b + y_9 + \Delta y$$

**Appendice B**

**Sviluppo dei calcoli per la trave su 23 appoggi simmetricamente caricata**

Con la seguente convenzione (Fig. B.1), equilibrio dei momenti nel nodo a l'

$$0 = -\frac{m_a}{l} - R_0$$

Da cui  $m_a = -R_0 l$

Equilibrio momenti nodo b

$$-m_b = R_2 l + R_a$$

Imponendo la congruenza e ponendo  $\gamma = \frac{EJ}{l^2 K}$  si ottiene

$$0 = 2m_a + \frac{1}{2} m_b - 3R_0 \gamma + 6R_a \gamma - 3R_b \gamma \quad \#12$$

$$0 = \frac{1}{2} m_a + 2m_b + \frac{1}{2} m_c - 3R_a \gamma + 6R_b \gamma - 3R_c \gamma \quad \#13$$

$$0 = \frac{1}{2} m_i + 2m_j + \frac{1}{2} m_k - 3R_i \gamma + 6R_j \gamma - 3R_k \gamma \quad \#22$$

$$0 = \frac{1}{2} m_j + 2m_k + \frac{1}{2} m_{j'} - 3R_j \gamma + 6R_k \gamma - 3R_{j'} \gamma = \\ = \frac{1}{2} m_j + m_k - 3\gamma R_j + 3R_k \quad \#23$$

essendo, per la simmetria,  $m_j = m_{j'}$  e  $R_j = R_{j'}$

dove devono essere sostituiti i momenti con le equazioni contenenti le reazioni  $R_i$ .

L'ultima equazione è l'equazione di equilibrio verticale.

$$T_9 = K (y_1 y_9) \text{ and } Mp = M9 + T9 \cdot l$$

Hence is calculated

$$\delta = y_9 - y_{10} \text{ e } \gamma = \delta / b$$

Being

$$EJ y = m_9 x^2 / 2 + (Mp - M_9) x^2 / 6$$

We obtain

$$yp = -\delta/b + y_9 + \Delta y$$

**Appendix B**

**Development of calculations for the beam symmetrically loaded on 23 supports**

With the following convention (Fig. B.1), the balance of moments in node a

$$0 = -\frac{m_a}{l} - R_0$$

From which  $m_a = -R_0 l$

Moments equilibrium node b

$$-m_b = R_2 l + R_a$$

By imposing congruence and placing  $\gamma = \frac{EJ}{l^2 K}$  s, we obtain

$$0 = 2m_a + \frac{1}{2} m_b - 3R_0 \gamma + 6R_a \gamma - 3R_b \gamma \quad \#12$$

$$0 = \frac{1}{2} m_a + 2m_b + \frac{1}{2} m_c - 3R_a \gamma + 6R_b \gamma - 3R_c \gamma \quad \#13$$

$$0 = \frac{1}{2} m_i + 2m_j + \frac{1}{2} m_k - 3R_i \gamma + 6R_j \gamma - 3R_k \gamma \quad \#22$$

$$0 = \frac{1}{2} m_j + 2m_k + \frac{1}{2} m_{j'} - 3R_j \gamma + 6R_k \gamma - 3R_{j'} \gamma = \\ = \frac{1}{2} m_j + m_k - 3\gamma R_j + 3R_k \quad \#23$$

being, for symmetry,  $m_j = m_{j'}$  and  $R_j = R_{j'}$

where the moments must be replaced with the equations containing the  $R_i$  reactions.

The last equation is the vertical equilibrium equation.

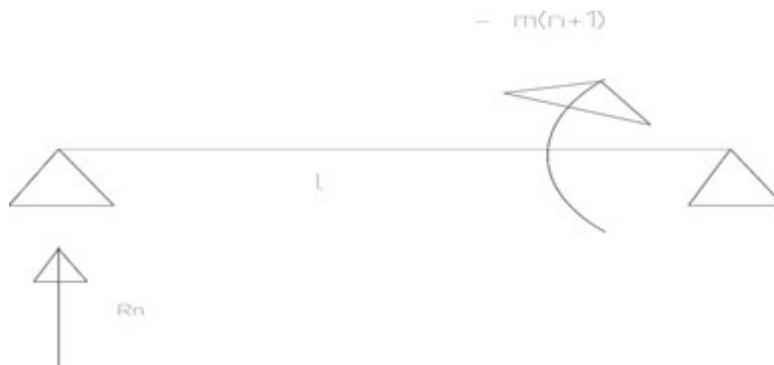
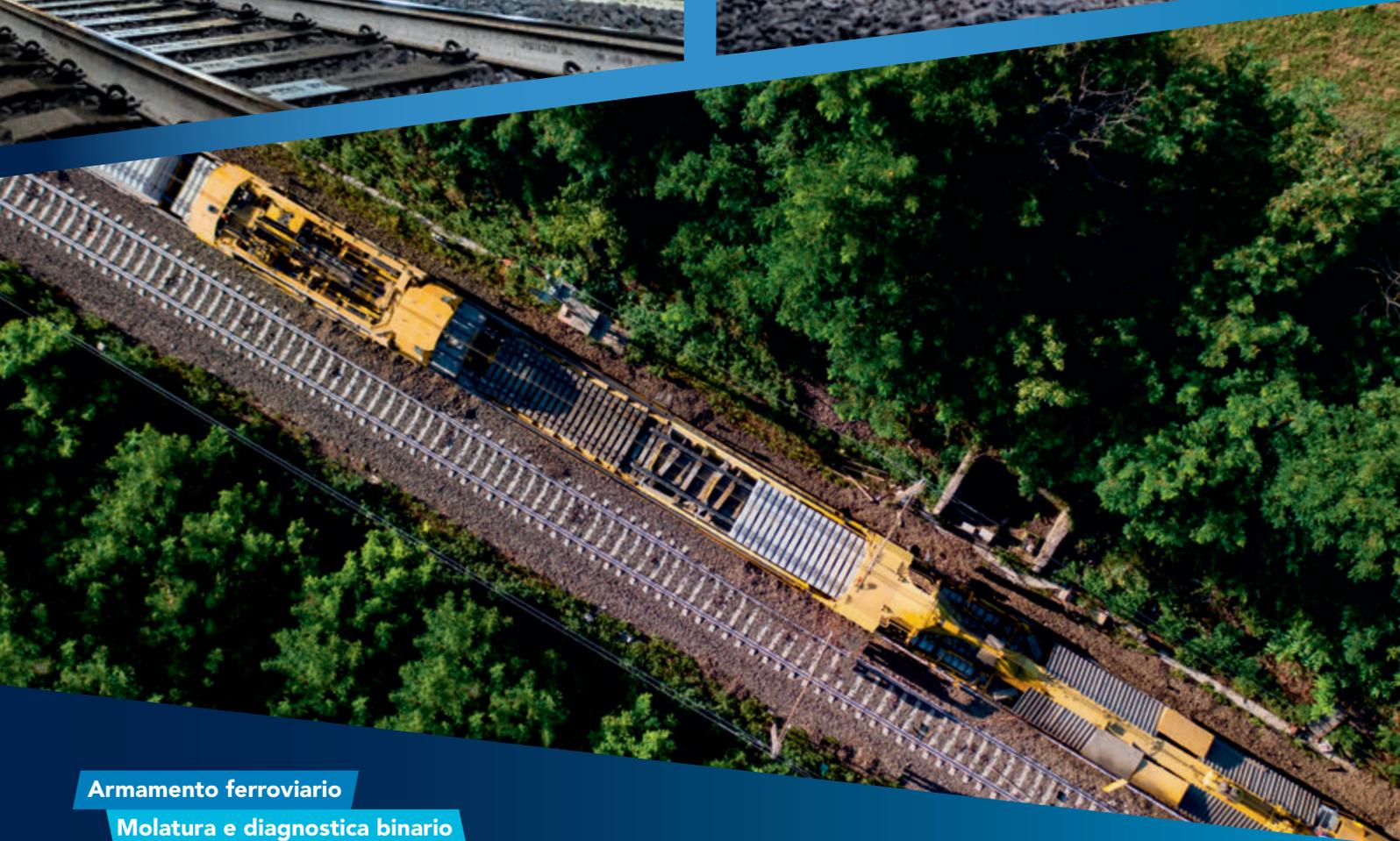


Figura B.1 - Convenzione sulla rotazione di flessione della trave;  
Figure B.1 - Convention on beam flexural rotation

# Per una mobilità urbana efficiente e sicura



Armamento ferroviario

Molatura e diagnostica binario

Energia, segnalamento e TLC

Macchine ferroviarie

Materiali ferroviari

Ingegneria e progettazione





## Ipotesi di nuovo assetto ferroviario metropolitano per la città di Messina nel contesto della realizzazione dell'attraversamento stabile dello Stretto

### *Hypothesis of a new metropolitan railway structure for the city of Messina in the context of the creation of the stable crossing of the Strait*

Giovanni SACCA<sup>(\*)</sup>  
Salvatore LEOCATA<sup>(\*)</sup>

(<https://www.medra.org/servlet/view?lang=it&doi=10.57597/IF.03.2024.ART.2>)

**Sommario** - Nella regione Sicilia da un decennio è stato avviato un vasto programma di realizzazione di nuove linee ferroviarie, tra i quali la Messina - Catania - Palermo inserita nel Corridoio europeo Scandinavo-Mediterraneo TEN-T 5.

Gli interventi riguardano anche la penetrazione urbana delle città di Palermo e Catania.

Il PUMS di Messina non prevede alcun intervento per realizzare nuove infrastrutture ferroviarie urbane.

In analogia con gli interventi di penetrazione urbana, realizzati o in realizzazione a Palermo e a Catania, si propone, nel contesto del nuovo assetto determinato dalla realizzazione del ponte sullo Stretto, la costruzione di una linea ferroviaria passante per Messina Centro, lunga 5,7 km circa. Lo scopo è progettare un sistema ferroviario metropolitano che, grazie alla realizzazione del ponte sullo Stretto, potrà assumere, insieme al corrispondente sulla sponda calabra, il ruolo di sistema di trasporto dell'Area Metropolitana dello Stretto. Da potenziare anche la linea tranviaria messinese in sintonia con la nuova rete ferroviaria.

#### 1. Introduzione

La rete ferroviaria in Sicilia ha visto una prima fase di sviluppo iniziata già prima dell'Unità d'Italia con le prime ferrovie commerciali merci per lo zolfo [1]. Con Il Governo Borbonico nel 1860 e subito dopo con il Governo Provvisorio Dittatoriale di Garibaldi, il 25 settembre 1860, furono avviate le attività di progettazione e realizzazione degli assi principali verso i capoluoghi di Palermo, Messina e Catania, completati a fine '800, prima della nazionalizzazione delle FS (1905): Messina - Catania - Siracusa (1871), Palermo - Catania (1885) e Messina - Palermo (1895). Le ferrovie siciliane furono completate negli anni

**Summary** - In the Sicily region a vast program of construction of new railway lines has been underway for a decade, including the Messina - Catania - Palermo line included in the European Scandinavian-Mediterranean Corridor TEN T 5.

The interventions also concern the urban penetration of the cities of Palermo and Catania.

The PUMS of Messina does not foresee any intervention to create new urban railway infrastructures.

In analogy with the urban penetration interventions, carried out or under construction in Palermo and Catania, in the context of the new structure determined by the construction of the bridge over the Strait, it is proposed to build a railway line passing through Messina Centre, 5.7 km long about. The aim is to design a metropolitan railway system which, thanks to the construction of the bridge over the Strait, will be able to assume, together with the corresponding one on the Calabrian side, the role of transport system of the Metropolitan Area of the Strait. The Messina tram line also needs to be upgraded in harmony with the new railway network.

#### 1. Introduction

The railway network in Sicily saw a first phase of development that began even before the unification of Italy with the first commercial sulfur freight railways [1]. With the Bourbon Government in 1860 and immediately afterwards with the Provisional Dictatorial Government of Garibaldi, on 25 September 1860, the planning and construction activities of the main axes towards the capitals of Palermo, Messina and Catania were started, completed at the end of the 19th century, before of the nationalization of the FS (1905): Messina - Catania - Syracuse (1871), Palermo - Catania (1885) and Messina - Palermo (1895). The Sicilian railways

<sup>(\*)</sup> Dirigente del Gruppo FSI a.r.

<sup>(\*)</sup> FSI Group Manager a.r.

'30 e poi rimasero senza variazioni fino al secondo dopoguerra, quando è incominciata la dismissione di alcune linee interne [2].

I decenni successivi hanno visto il raddoppio di alcune tratte afferenti alle città di Palermo, Catania e Messina, insieme alla chiusura di ulteriori linee secondarie. Solo a metà anni '80 sono stati avviati i primi interventi sul nodo di Palermo e l'avvio dei lavori di raddoppio della tratta Messina – Patti, comprendente la galleria di base dei Peloritani, iniziata 1986 e conclusasi nel 2001. In tale periodo si è verificato il declino del servizio ferroviario accentuato dalla realizzazione di un'articolata rete autostradale regionale costruita per lotti a partire dalla metà degli anni '60.

A partire dal primo decennio degli anni 2000 è stato avviato un vasto programma per la realizzazione di nuove linee ferroviarie, che riguardano l'asse ME - CT - PA inserito nel Corridoio europeo Scandinavo-Mediterraneo TEN T 5 passeggeri e merci, che prevede il rispetto degli Standard europei: per passeggeri P4 Gabarit gallerie, 22.5 ton/asse, velocità 120-200 km/h, lunghezza marciapiedi 250-400 m e merci F2 Gabarit gallerie B 22.5 ton/asse, velocità 100-120 km/h, lunghezza binari sosta merci 600-1050 m (REGOLAMENTO (UE) N. 1299/2014 e smi, INFRA).

La lunghezza complessiva delle linee ferroviarie siciliane in esercizio è pari a 1369 km, con tratte a doppio binario per 223 km e a semplice binario per 1146 km, linee elettrificate per 791 km (223 km doppio binario, 568 km semplice binario) e non elettrificate per 578 km (dati RFI aggiornati al 31/12/2018): tanto lavoro da fare per nuove linee e raddoppi!

Il programma per nuove linee riguarda l'asse ME - CT - PA con 9 lotti funzionali già avviati a completamento di tratte già adeguate (Palermo - Fiumetorto e Messina - Giampileri), per un importo complessivo di circa 10 mld € (Fig. 1) e il raddoppio da Termini Imerese a Cefalù - Castelbuono sulla ME - PA. A questi si aggiungono gli interventi ai nodi, di cui in seguito, e una serie di interventi di velocizzazione, riqualificazione e riapertura delle linee se-

were completed in the 1930s and then remained unchanged until after the Second World War, when the decommissioning of some internal lines began [2].

The following decades saw the doubling of some routes relating to the cities of Palermo, Catania and Messina, together with the closure of further secondary lines. Only in the mid-1980s were the first interventions started on the Palermo junction and the start of the works to double the Messina – Patti section, including the Peloritani base tunnel, which began in 1986 and ended in 2001. In this period verified the decline of the railway service accentuated by the creation of a complex regional motorway network built in batches starting from the mid-1960s.

Starting from the first decade of the 2000s, a vast program was launched for the construction of new railway lines, which concern the ME - CT - PA axis included in the European Scandinavian-Mediterranean Corridor TEN T 5 passengers and goods, which provides for compliance of European Standards: for passengers P4 Gabarit tunnels, 22.5 ton/axle, speed 120-200 km/h, platform length 200-400 m and goods F2 Gabarit tunnels B 22.5 ton/axle, speed 100-120 km/h, stop track length goods 600-1050 m (REGULATION (EU) N. 1299/2014 and subsequent amendments, INFRA).

The overall length of the Sicilian railway lines in operation is equal to 1369 km, with double track sections for 223 km and single track for 1146 km, electrified lines for 791 km (223 km double track, 568 km single track) and non-electrified lines for 578 km (RFI data updated as of 12/31/2018): a lot of work to do for new lines and doublings!

The program for new lines concerns the ME - CT - PA axis with 9 functional lots already started to complete already adequate sections (Palermo - Fiumetorto and Messina - Giampileri), for a total amount of approximately €10 billion (Fig. 1) and the doubling from Termini Imerese to Cefalù - Castelbuono on the ME - PA. Added to these are the interventions at the nodes, discussed below, and a series of interventions to speed up, redevelop and reopen the secondary lines. The Castelbuono - Patti doubling section, to com-



Figura 1 - Attuale assetto linee ferroviarie Regione Siciliana e interventi in corso di attuazione [3].  
 Figure 1 - Current layout of the Sicilian Region railway lines and interventions being implemented [3].

condarie. Il tratto di raddoppio Castelbuono – Patti, di completamento della linea ME – PA è inserito nel contratto di programma MIT – RFI, ma non risulta finanziato e non risulta avviata alcuna attività progettuale.

In tale contesto di rilancio del trasporto ferroviario, fondamentali sono gli interventi di penetrazione urbana (non realizzabili di certo con le autostrade) programmati o in corso per Palermo e Catania, mentre per Messina le ultime iniziative riguardano lo sviluppo ferroviario metropolitano con la cosiddetta Metroferrovia, attivata nel 2008 con l'adeguamento di una serie di fermate lungo la ferrovia Messina-Catania-Siracusa tra Giampilieri e Messina e un nuovo assetto si avrà con la realizzazione del Ponte sullo Stretto.

### 1.1. Sviluppo delle linee ferroviarie metropolitane nella città di Palermo

Gli interventi di realizzazione del Passante ferroviario di Palermo di RFI hanno avuto inizio a metà anni '80 con un progetto di liberazione della città di Palermo dalla linea ferroviaria di superficie, realizzando un passante verso la linea per Trapani e una serie di nuove fermate metropolitane centralissime, progetto in coordinamento con il raddoppio ferroviario da Termini Imerese a Cefalù e Castelbuono [4]. I lavori hanno visto diverse difficoltà per sofferenze negli appalti e impreviste difficoltà geologiche oggi superate. L'intervento nel suo complesso è in fase di completamento per i lavori del passante nella tratta Orleans – Notarbartolo con la realizzazione di nuove fermate (Lazio e De Gasperi).

La nuova linea interrata, a doppio binario, serve importanti nodi cittadini (Uffici della Regione, Centri Ospedalieri, Quartieri centrali, attrattori di Trasporto quali Aeroporto e Stazione centrale) e prevede la realizzazione di 25 fermate in ambito cittadino con l'estensione del servizio metropolitano di area verso Cefalù e Punta Raisi.

L'intervento di RFI si completa con il cosiddetto Anello Ferroviario, ampliamento dell'attuale anello già in esercizio da Notarbartolo a Giachery, oggi in realizzazione tra Giachery e Politeama e con la gara da avviare per la chiusura con Notarbartolo, a cura di RFI con committente il Comune di Palermo. La linea interrata si sviluppa nella parte centrale della città con punto di scambio nella stazione di Notarbartolo, che assume un ruolo centrale trasportistico, tenendo conto anche delle nuove tranvie di superficie a servizio di Notarbartolo e di Palermo centrale. Tale nuova linea ferroviaria metropolitana doterà la città di Palermo di ulteriori 7 stazioni metropolitane centralissime (Fig. 2).

Attualmente la città di Palermo è servita da 38 km di linee ferroviarie, 25 stazioni urbane e 7 stazioni extraurbane e 3 linee tranviarie.

Lo stato di attuazione vede il passante ferroviario attivato a meno della tratta detta B tra le stazioni di Notarbartolo e San Lorenzo Colli, le opere sono state già appaltate,

*plete the ME - PA line, is included in the MIT - RFI program contract, but is not financed and no project activity has been started.*

*In this context of relaunching rail transport, the urban penetration interventions (certainly not achievable with motorways) planned or underway for Palermo and Catania are fundamental, while for Messina the latest initiatives concern metropolitan railway development with the so-called Metrorailway, activated in 2008 with the adaptation of a series of stops along the Messina-Catania-Syracuse railway between Giampilieri and Messina and a new structure will take place with the construction of the Bridge over the Strait.*

### 1.1. Development of metropolitan railway lines in the city of Palermo

*RFI's Palermo railway link began in the mid-1980s with a project to free the city of Palermo from the surface railway line, creating a link towards the line to Trapani and a series of new very central metro stops, project in coordination with the railway doubling from Termini Imerese to Cefalù and Castelbuono [4]. The works saw various difficulties due to difficulties in the procurement and unexpected geological difficulties which have now been overcome. The project is being completed for the works on the bypass on the Orleans – Notarbartolo section with the creation of new stops (Lazio and De Gasperi).*

*The new underground line, with double track, serves important city nodes (Regional Offices, Hospital Centres, Central Districts, transport attractions such as the Airport and Central Station) and involves the creation of 25 stops in the city area with the extension of the metropolitan service of area towards Cefalù and Punta Raisi.*

*RFI's intervention is completed with the so-called Railway Ring, an extension of the current ring already in operation from Notarbartolo to Giachery, currently under construction between Giachery and Politeama and with the tender to be launched for the closure with Notarbartolo, organized by RFI with client the Municipality of Palermo. The underground line develops in the central part of the city with an exchange point in the Notarbartolo station, which takes on a central transport role, also considering the new surface tramways serving Notarbartolo and central Palermo. This new metropolitan railway line will provide the city of Palermo with an additional 7 very central metropolitan stations (Fig. 2).*

*Currently the city of Palermo is served by 38 km of railway lines, 25 urban stations and 7 extra-urban stations and 3 tram lines.*

*The state of implementation sees the railway link activated except for the section called B between the Notarbartolo and San Lorenzo Colli stations, the works have already been contracted, for the city ring the completion works are underway. The time profile for completion of all works is 2026.*



Figura 2 - Passante e anello ferroviario di Palermo e rete con tranvie [5][6][7][8].  
 Figure 2 - Passante and railway ring of Palermo and tram network [5][6][7][8].

per l'anello cittadino i lavori di completamento sono in corso. Il profilo temporale di completamento di tutte le opere è il 2026.

Il Piano integrato dei Trasporti di Palermo prevede anche l'ampliamento della rete tranviaria a seguito del notevole consenso ricevuto dalla popolazione, che ha riconosciuto in tale mezzo di trasporto il più sicuro, celere e meno inquinante in ambito urbano. Le nuove linee tranviarie mirano al soddisfacimento della popolazione cittadina, che gravita in aree lontane dal sistema ferroviario metropolitano urbano e dalle linee tranviarie già realizzate e quindi non in grado di usufruire con comodità di tali mezzi di trasporto rapido di massa. Le tre linee tranviarie della lunghezza totale di 17,4 Km, con 44 fermate poste ad una distanza media di 400 m tra loro, denominate rispettivamente "Roccella", "Leonardo da Vinci" e "CEP-Calatafimi", mettono direttamente in comunicazione la periferia palermitana con la metropolitana e la ferroviaria urbana [9].

Il Piano integrato dei Trasporti di Palermo prevede la realizzazione di ulteriori 4 nuove linee tranviarie per una lunghezza complessiva di circa 47 km: Stazione centrale – Giachery (via mare), Bonagia – Via Basile (Orleans), De Gasperi – Sferracavallo, De Gasperi – Zen/Mondello.

**1.2. Sviluppo delle linee metropolitane ferroviarie nella città di Catania**

Nell'ambito della città di Catania sono previsti una serie di interventi di RFI e di Circumetnea che consentiranno di realizzare in modo coordinato un servizio ferroviario diffuso con caratteristiche metropolitane, il sistema è caratterizzato da un asse costiero (rete di RFI) connesso nei nodi di Catania Piazza Giovanni XXIII (stazione di Catania C.le) e di Santa Maria Goretti (Fig. 3) con la linea della Circumetnea [10][11].

L'intervento di RFI prevede una nuova linea a doppio binario tra Catania Centrale e Catania Acquicella, a com-

*The Integrated Transport Plan of Palermo also provides for the expansion of the tram network following the considerable consensus received from the population, who recognized this means of transport as the safest, fastest and least polluting in an urban area. The new tram lines aim to satisfy the city population, which gravitates in areas far from the urban metropolitan railway system and from the tram lines already built and therefore not able to comfortably use these means of rapid mass transport. The three tram lines with a total length of 17.4 km, with 44 stops located at an average distance of 400 m between them, called respectively "Roccella", "Leonardo da Vinci" and "CEP-Calatafimi", directly connect the Palermo suburbs with the subway and the urban railway [9].*

*The Integrated Transport Plan of Palermo provides for the construction of a further 4 new tram lines for a total length of approximately 47 km: Central Station – Giachery (by sea), Bonagia – Via Basile (Orleans), De Gasperi – Sferracavallo, De Gasperi – Zen/Mondello.*

**1.2. Development of metropolitan railway lines in the city of Catania**

*Within the city of Catania, a series of RFI and Circumetnea interventions are planned which will allow the coordinated creation of a widespread railway service with metropolitan characteristics; the system is characterized by a coastal axis (RFI network) connected at the Catania Piazza Giovanni XXIII (Catania C.le station) and Santa Maria Goretti (Fig. 3) with the Circumetnea line [10][11].*

*RFI's intervention involves a new double-track line between Catania Centrale and Catania Acquicella, completing the double-track line towards Messina activated in 2018, with a development of approximately 7.4 km between the current stops of Piazza Europa and Airport – Fontanarossa, with a long tunnel to bypass the historic center underground. When fully operational, 8 stops are planned, partly already in service: Ognina (in service), Picanello (in serv-*

pletamento della linea a doppio binario verso Messina attivata nel 2018, con uno sviluppo di circa 7,4 km tra le attuali fermate di Piazza Europa e Aeroporto – Fontanarossa, con una lunga galleria per bypassare il centro storico in sotterraneo. A regime sono previste 8 fermate in parte già in servizio: Ognina (in servizio), Picanello (in servizio), Europa (in servizio), Catania C.le interrata (di previsione), Duomo/Porto (di previsione, centralissima a servizio di piazza Duomo e collegata con il porto di Catania), Catania Acquicella (di previsione a servizio del quartiere di San Cristoforo), S.G. La Rena di collegamento con la Circumetnea (di previsione), Fontanarossa (collegamento con aeroporto, attiva ma con previsione di ampliamento).

Con il completamento dei lavori di realizzazione della nuova tratta ferroviaria tra Fiumefreddo e Giampileri della ferrovia Messina-Catania-Siracusa, verrà utilizzata la tratta Letojanni-Catania C.le-Lentini per un servizio di tipo metropolitano.

L'intervento di RFI si qualifica anche come intervento di completamento del corridoio TEN – T Scandinavo-Mediterraneo tra ME - CT - PA sia per il traffico passeggeri che merci, tale promiscuità può rappresentare una limitazione per i servizi metropolitani.

La Società Ferroviaria Circumetnea, che gestisce la linea Catania-Randazzo-Linguaglossa-Riposto, di 111 km a scartamento ridotto e trazione diesel, a partire da metà degli anni Ottanta sta realizzando a Catania una linea metropolitana elettrificata a scartamento ordinario. La prima tratta (Borgo, Giuffrida, Italia, Galatea, Stazione FS e Porto per un totale di 3,8 km) è stata attivata nel 1999. È prevista la realizzazione di ben 20 fermate sotterranee metropolitane in ambito cittadino in modo da servire i maggiori attrattori di trasporto: fermate aeroporto e stazione FS Giovanni XXIII, il centro affari e finanziario: fermata Stesicoro, Università: fermate Italia e Milo e sia quartieri centrali che periferici (Librino, Monte Po).

Complessivamente, la realizzazione degli interventi consentirà di avere in esercizio, all'interno della città metropolitana di Catania, una linea ferroviaria metropolitana in galleria, a doppio binario lunga più di 20 km, capace di riequilibrare l'attuale situazione della mobilità dell'area, totalmente a favore del trasporto privato, e di migliorare la qualità dell'ambiente urbano [15].

La rete di metropolitana Circumetnea proseguirà verso la zona pedemontana etnea interessando i comuni di Misterbianco, Belpasso, Paternò e Biancavilla.

A differenza di Palermo e Messina, l'attuale piano trasporti per la città di Catania non prevede linee di superfi-



Figura 3 - Schema delle nuove linee ferroviarie metropolitane della città di Catania [12][13][14].

Figure 3 - Diagram of the new metropolitan railway lines of the city of Catania [12][13][14].

ice), Europa (in service), Catania C.le underground (forecast), Duomo/Porto (forecast, very central in service of Piazza Duomo and connected to the port of Catania), Catania Acquicella (expected to serve the San Cristoforo district), S.G. The Rena connection with the Circumetnea (forecast), Fontanarossa (connection with the airport, active but with expansion forecast). With the completion of the construction works of the new railway section between Fiumefreddo and Giampileri of the Messina-Catania-Syracuse railway, the Letojanni-Catania C.le-Lentini section will be used for a metropolitan service.

RFI's intervention also qualifies as an intervention to complete the TEN - T Scandinavian-Mediterranean corridor between ME - CT - PA for both passenger and freight traffic; this promiscuity may represent a limitation for metropolitan services.

The Società Ferroviaria Circumetnea, which manages the Catania-Randazzo-Linguaglossa-Riposto line, 111 km long with narrow gauge and diesel traction, has been building an electrified ordinary gauge metro line in Catania since the mid-1980s. The first section (Borgo, Giuffrida, Italia, Galatea, Railway Station and Port for a total of 3.8 km) was activated in 1999. The construction of 20 underground metropolitan stops in the city area is planned in order to serve the major transport attractors: airport and Giovanni XXIII railway station stops, the business and financial center: Stesicoro stop, University: Italia and Milo stops and both central and peripheral districts (Librino, Monte Po).

Overall, the implementation of the interventions will allow for the operation, within the metropolitan city of Catania, of a double-track metropolitan railway line in the tunnel, more

cie, che, se previste e integrate, potrebbero consentire il trasporto su ferro verso ampie zone oggi non servite.

Lo stato di attuazione vede per la linea della Circumetnea già in esercizio la tratta Stesicoro – Nesima e appaltate le altre tratte. Il progetto di interrimento della linea di Rete Ferroviaria da Piazza Europa a Catania Acquicella è inserito nell'attuale Contratto di Programma RFI – MIT, il progetto di fattibilità, presentato al Comune, è da finanziare e si attende l'avvio della fase autorizzativa.

I lavori di competenza della Circumetnea dovrebbero essere ultimati entro il 2026, mentre quelli di RFI dovrebbero essere ultimati entro il 2030 (Fig. 4).

### 1.3. Rete Metropolitana ferroviaria nella città di Messina

La rete ferroviaria a servizio della città di Messina si basa sulle stazioni di Messina C.le e Messina Marittima, attivate nel 1939 su progetto dell'architetto Angiolo Mazzoni in sostituzione della stazione originaria distrutta a seguito del catastrofico terremoto del 1908 [16], sulla decentrata stazione di Contesse della ferrovia Messina-Catania-Siracusa e, sino agli inizi degli anni Duemila, sulla stazione collinare di Camaro della ferrovia Messina-Palermo, che precedeva la galleria dei Peloritani a semplice binario [17].

A seguito della realizzazione della galleria di base dei Peloritani a doppio binario, attivata nel 2001, è stata chiusa la linea storica a semplice binario della ferrovia Messina-Palermo, che attraversava sin dal 1889 la città di Messina, in parte in superficie e in parte in galleria, da Messina Scalo a Villafranca Tirrena, passando per la stazione di Camaro e di Gesso, entrambe dismesse.

Solo nel 2008 è stata attivata la Metroferrovia tra Messina Centrale e Giampileri (tratta della ferrovia Messina-Catania-Siracusa, adeguata a doppio binario nel 1979) e sono state realizzate una serie di fermate a carattere metropolitano dotate di parcheggio il cui servizio si ritiene migliorabile, con conseguente riduzione del trasporto pubblico su gomma (Fig. 5).

Il servizio della Metroferrovia di Messina [18] si snoda lungo la costa entro il territorio comunale di Messina allo scopo di servire la fascia suburbana meridionale della città: lunghezza 15+354 km, 10 fermate da Messina Centrale a Giampileri, tempo di per-

than 20 km long, capable of rebalancing the current mobility situation in the area, totally in favor of private transport, and to improve the quality of the urban environment [15].

The Circumetnea metro network will continue towards the Etna foothills area, involving the municipalities of Misterbianco, Belpasso, Paternò and Biancavilla.

Unlike Palermo and Messina, the current transport plan for the city of Catania does not include surface lines, which, if foreseen and integrated, could allow rail transport to large areas not currently served.

The state of implementation sees the Stesicoro – Nesima section already in operation for the Circumetnea line and the other sections have been contracted. The underground project of the railway network line from Piazza Europa to Catania Acquicella is included in the current RFI - MIT Program Agreement, the feasibility project, presented to the Municipality, is to be financed and the start of the authorization phase is awaited.

The works under the responsibility of Circumetnea should be completed by 2026, while those of RFI should be completed by 2030 (Fig. 4).

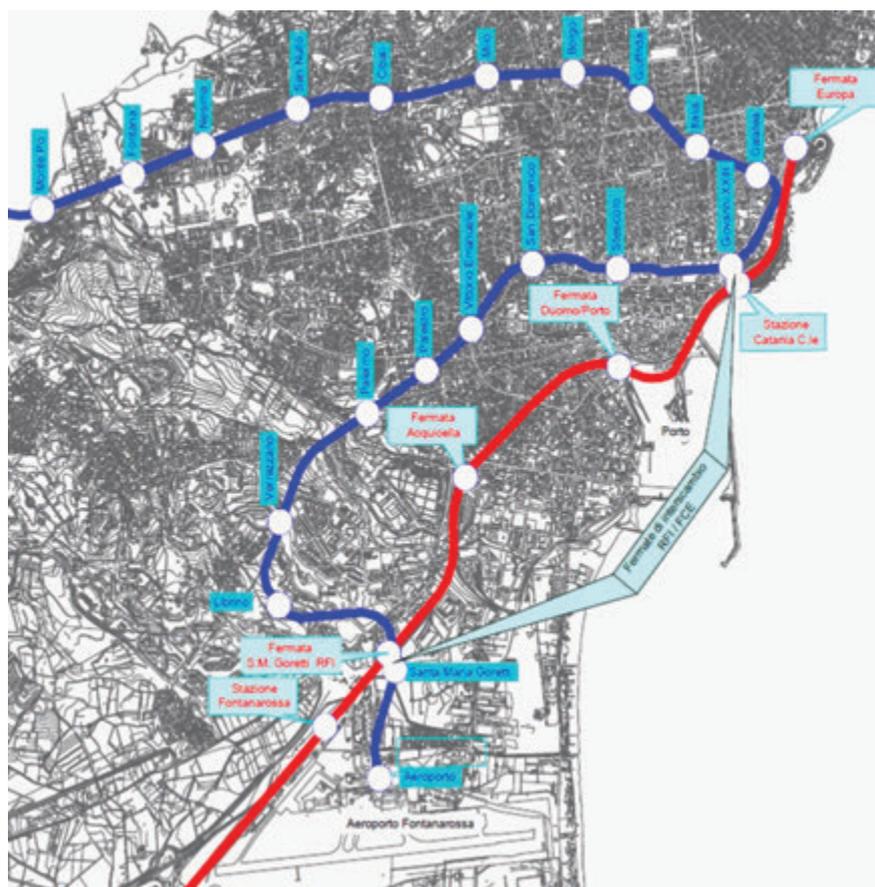


Figura 4 - Il Passante ferroviario (linea rossa) e la rete ferroviaria Metropolitana di Catania (linea blu)  
 Figure 4 - The Passante railway (red line) and the Catania metropolitan railway network (blue line).

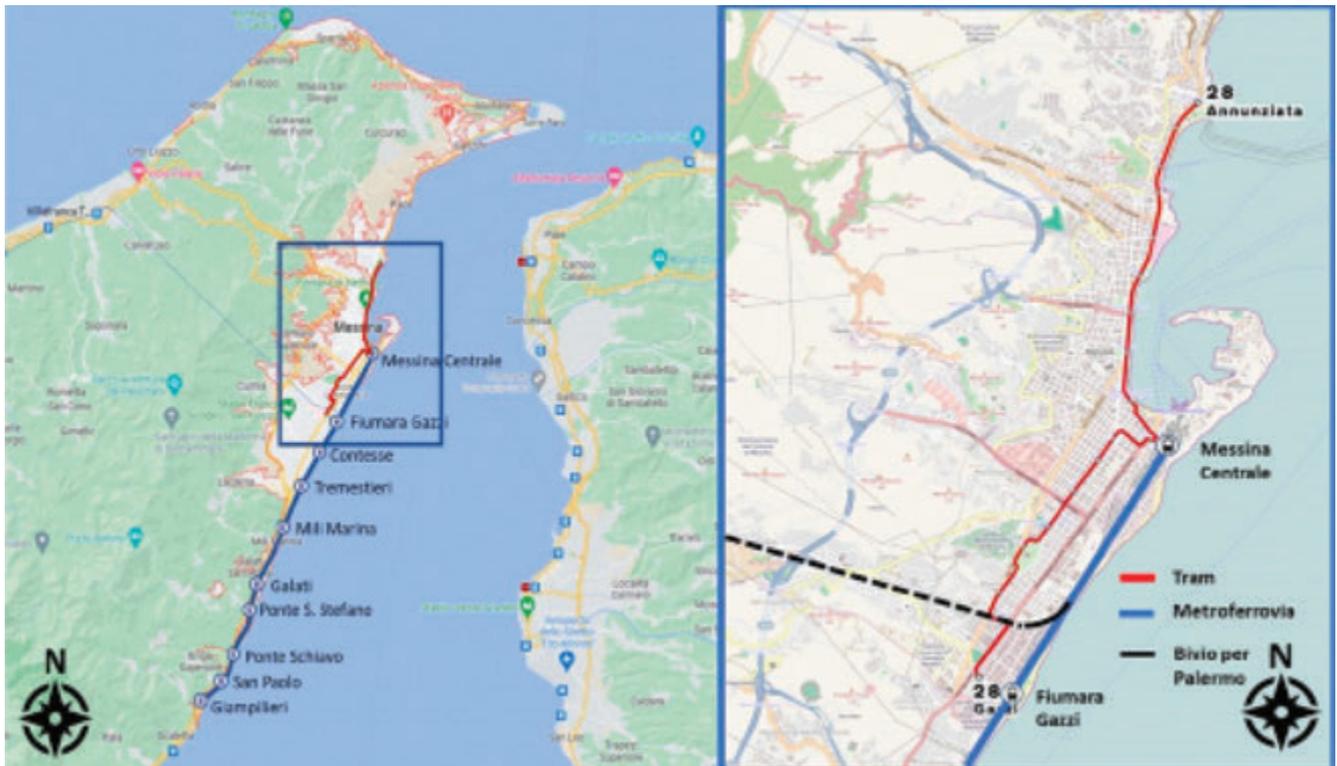


Figura 5 - Metroferrovia (linea blu) e tranvia di Messina (linea rossa).  
 Figure 5 - Metrorailway (blue line) and Messina tramway (red line).

correnza 30', attualmente il servizio viene svolto con sette coppie di corse al giorno. Il servizio, tuttavia, non è cadenzato ed è poco utilizzato.

Allo stato attuale non sono previsti ulteriori interventi di nuove infrastrutture ferroviarie urbane a Messina salvo gli scenari connessi con la realizzazione del ponte sullo Stretto.

Nel 2003 è stata attivata a Messina una linea tranviaria a doppio binario identificata con il numero 28, che percorre la città dal quartiere Gazzi (Capolinea ZIR) fino alla Annunziata (Capolinea Museo) [19][20].

La linea ha una lunghezza di circa 7,7 km ed è costituita da 18 fermate in totale per una percorrenza di 40 minuti circa, velocità commerciale 11,55 km/h, 15 convogli da 22,5 m composti da 5 elementi per 131 posti, attualmente il servizio viene svolto con cadenza 20 minuti dalle 5:00 alle 22:00.

L'unico punto di interscambio tra la Metroferrovia e la linea tranviaria si ha in corrispondenza della stazione di Messina Centrale dove c'è anche il Cavallotti principale terminal dei BUS, dotato di parcheggio multipiano. Nella piazza antistante la stazione Centrale sostano i pullman di linea extraurbani anche di lunga percorrenza e nelle immediate vicinanze (nella banchina del porto posta a circa 300m di distanza) attraccano le navi che traghettano i treni e le navi veloci a servizio dello Stretto e delle Isole Eolie. In pratica si tratta del principale nodo multimodale

### 1.3. Metropolitan railway network in the city of Messina

*The railway network serving the city of Messina is based on the Messina C.le and Messina Marittima stations, activated in 1939 based on a design by the architect Angiolo Mazzoni to replace the original station destroyed following the catastrophic earthquake of 1908 [16], on decentralized Ctesse station of the Messina-Catania-Syracuse railway and, until the early 2000s, on the hill station of Camaro of the Messina-Palermo railway, which preceded the single-track Peloritani tunnel [17].*

*Following the construction of the double-track Peloritani base tunnel, activated in 2001, the historic single-track line of the Messina-Palermo railway was closed, which had crossed the city of Messina since 1889, partly on the surface and partly in the tunnel, from Messina Scalo to Villafranca Tirrena, passing through the Camaro and Gesso stations, both disused.*

*Only in 2008 was the Metrorailway between Messina Centrale and Giampileri activated (section of the Messina-Catania-Syracuse railway, upgraded to double track in 1979) and a series of metropolitan stops with parking were created, the service of which is considered improvable, with a consequent reduction in public road transport (Fig. 5).*

*The Messina Metrorail service [18] runs along the coast*

della città di Messina su cui convergono i mezzi di trasporto pubblici.

Un rapido confronto tra i programmi di realizzazione e sviluppo di Palermo, Catania e Messina evidenzia come per questa ultima non sia previsto un progetto per dotare la città di un servizio rapido di massa nella parte centrale e marittima, che contiene numerosi attrattori di trasporto compresi i punti di scambio del traffico pendolari dello Stretto [21]. È da ricordare che in base a quanto riportato dal Piano Urbano della Mobilità Sostenibile di Messina 2030 [22], solo l'8% degli spostamenti viene effettuato con mezzi pubblici contro un obiettivo del 40% circa, che dovrebbe essere raggiunto entro il 2030 (Agenda ONU 2030 e direttive europee per le città metropolitane). Come vedremo tale necessità permane anche nel nuovo assetto delle linee ferroviarie nel contesto del ponte sullo Stretto.

### 2. L'assetto dell'infrastruttura ferroviaria nella città di Messina a seguito della realizzazione dell'attraversamento stabile dello Stretto

Con la realizzazione del Ponte sullo Stretto è stata prevista la costruzione di un collegamento ferroviario a doppio binario, quasi del tutto in galleria, tra la stazione di Contesse e il Ponte sullo Stretto (linea rossa più spessa di Fig. 6) [23].

Su richiesta del Sindaco di Messina (lettera 1° febbraio 2010 n. 18660 con allegata Deliberazione del Consiglio Comunale di Messina 5/C del 25/01/2010) è stato previsto, nell'elenco degli interventi compensativi e connessi alla realizzazione del manufatto, lo spostamento della stazione Messina Ponte da Messina Scalo (Maregrosso) a Messina Fiumara Gazzi [24][25] e la realizzazione della fermata Europa [26][27][28][29] e delle stazioni Annunziata [30][31][32][33] e Papardo [34][35][36][37] lungo tale collegamento sotterraneo.

Si dovranno adeguare le stazioni di Contesse e Fiumara Gazzi e in quest'ultima dovrebbero attestarsi i treni regionali. Inoltre, a seguito della riduzione degli spazi occupati dagli impianti ferroviari di Messina Scalo, del Deposito Locomotive e di gran parte dei binari di Messina Centrale, dovrebbe essere possibile la riqualificazione del waterfront di Messina da Gazzi alla Zona Falcata (Porto Storico) [38].

Con tale nuova configurazione:

- a) i treni regionali non raggiungeranno più Messina Centrale, ma avranno come stazione di origine/destinazione la stazione di testa Messina Ponte da realizzare sul sedime dell'attuale fermata di Messina Fiumara Gazzi;
- b) i treni viaggiatori a lunga percorrenza, che circoleranno lungo il corridoio Scandinavo-Mediterraneo, presteranno servizio a Messina solo nella fermata sotterranea Europa, progettata con due binari, uno per direzione, ciascuno dotato di un marciapiede lungo 400m. Su questi due soli binari passeranno tutti i treni sia a lunga percorrenza, che i treni regionali e i treni merci

*within the municipal territory of Messina with the aim of serving the southern suburban area of the city: length 15+354 km, 10 stops from Messina Centrale to Giampileri, travel time 30', currently the service is carried out with seven pairs of trips per day. The service, however, is not scheduled and is little used.*

*At present, no further interventions on new urban railway infrastructures in Messina are foreseen except for the scenarios connected with the construction of the bridge over the Strait.*

*In 2003, a double-track tram line identified with the number 28 was activated in Messina, which runs through the city from the Gazzi district (ZIR terminus) to the Annunziata (Museo terminus) [19][20].*

*The line has a length of approximately 7.7 km and is made up of 18 stops in total for a journey of approximately 40 minutes, commercial speed 11.55 km/h, 15 22.5 m trains made up of 5 elements for 131 seats, currently the service is carried out every 20 minutes from 5:00 to 22:00.*

*The only interchange point between the Metrorailway and the tram line is at the Messina Centrale station where there is also the Cavallotti main BUS terminal, equipped with a multi-storey car park. In the square in front of the Central station, extra-urban buses stop, including long-distance ones, and in the immediate vicinity (on the port quay located about 300m away) ships ferrying trains and fast ships serving the Strait and the Islands dock. Aeolian. In practice it is the main multimodal hub of the city of Messina on which public transport converges.*

*A quick comparison between the construction and development programs of Palermo, Catania and Messina highlights how for the latter there is no plan to provide the city with a rapid mass service in the central and maritime part, which contains numerous transport attractors including the exchange points for commuter traffic across the Strait [21]. It should be remembered that based on what is reported in the Urban Sustainable Mobility Plan of Messina 2030 [22], only 8% of journeys are made by public transport against a target of around 40%, which should be achieved by 2030 (ONU Agenda 2030 and European directives for metropolitan cities). As we will see, this need also remains in the new structure of the railway lines in the context of the bridge over the Strait.*

### 2. The layout of the railway infrastructure in the city of Messina following the creation of the stable crossing of the Strait

*With the construction of the Strait Bridge, the construction of a double-track railway connection, almost entirely in tunnels, was planned between the Contesse station and the Strait Bridge (thicker red line in Fig. 6) [23].*

*At the request of the Mayor of Messina (letter 1 February 2010 n. 18660 with attached Resolution of the Messina City*

(Progetto Definitivo: documenti ST0016 [26], ST0149 [30], ST0082 [34]);

- c) i treni viaggiatori locali che passeranno sul Ponte sullo Stretto fermeranno sia nella fermata sotterranea Europa, che nelle stazioni sotterranee Annunziata e Papardo, che avranno per ogni direzione un binario di corretto tracciato, privo di marciapiede per il libero transito dei treni, e un binario in deviated, con scambi percorribili sino alla velocità massima di 60 km/h, dotato di marciapiede lungo 250m per treni regionali (Progetto Definitivo documenti SF0393 [39] e SF0396 [40]);
- d) i treni merci transiteranno in tutte le fermate e le stazioni sopraccitate lungo i binari di corretto tracciato.

In caso di chiusura temporanea del Ponte sullo Stretto il servizio ferroviario dovrà essere garantito tramite le navi traghetto, che collegheranno Messina Marittima a Villa San Giovanni utilizzando i binari di collegamento tra le invasature e le nuove stazioni (nel caso di Messina sarà la stazione di Fiumara Gazzi a svolgere le funzioni attualmente svolte da Messina Centrale: linea nera di Fig. 6).

### 3. Una proposta di una linea integrativa interrata coordinata con il nuovo assetto ferroviario per un efficace servizio metropolitano

In analogia con gli interventi in atto e previsti sia a Catania che a Palermo, si propone la costruzione di una nuova tratta ferroviaria sotterranea a doppio binario (Passante

Council 5/C of 01/25/2010) it was foreseen, in the list of compensatory interventions connected to the construction of the building, the moving of the Messina Ponte station from Messina Scalo (Maregrosso) to Messina Fiumara Gazzi [24][25] and the construction of the Europa [26][27] [28][29] and the Annunziata stations [30][31][32][33] and Papardo [34][35][36][37] along this underground connection.

The Contesse and Fiumara Gazzi stations will have to be adapted and the regional trains should stop at the latter. Furthermore, following the reduction of the spaces occupied by the railway systems of Messina Scalo, the Locomotive Depot and a large part of the Messina Centrale tracks, it should be possible to redevelop the Messina waterfront from Gazzi to the Falcata area (Historic Port) [38].

With this new configuration:

- a) regional trains will no longer reach Messina Centrale, but will have the Messina Ponte head station as their origin/destination station to be built on the site of the current Messina Fiumara Gazzi stop;
- b) long-distance passenger trains, which will run along the Scandinavian-Mediterranean corridor, will serve in Messina only at the Europa underground stop, designed with two tracks, one in each direction, each equipped with a 400m long platform. All long-distance trains, regional trains and freight trains will pass on these two tracks alone (Final Project: documents ST0016 [26], ST0149 [30], ST0082 [34]);

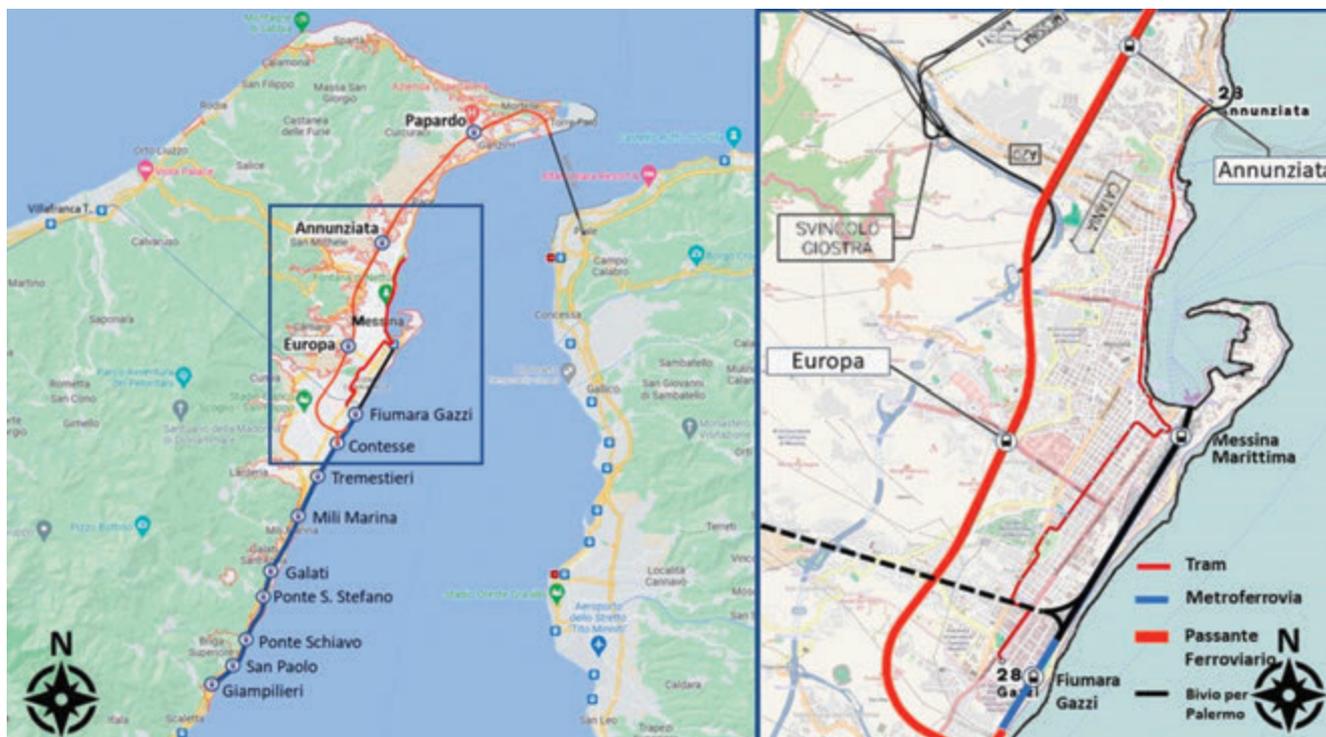


Figura 6 - La rete ferroviaria di Messina dopo la realizzazione del Ponte sullo Stretto.  
Figure 6 - The Messina railway network after the construction of the Bridge over the Strait.

Messina Centro), lunga circa 5,6 km, tra l'attuale bivio di Gazzi, dove confluiscono le linee per Palermo e per Catania, e un bivio sotterraneo da realizzare nelle vicinanze del Viale Giostra per raccordarsi alla galleria ferroviaria a doppia canna prevista nel Progetto Definitivo del Ponte sullo Stretto.

Lungo tale tracciato sotterraneo (Fig. 7) potrebbero essere realizzate:

- la stazione passante Messina Santa Cecilia, dotata di almeno sei binari, dovrà garantire l'interscambio tra treni Regionali e Metropolitani, il TPL e i mezzi stradali (Tram, BUS, TAXI, Pullman e auto). In quanto stazione principale della città dovrà avere caratteristiche architettoniche, di accoglienza e funzionali tali da essere rappresentativa sia della nuova centralità determinata dalla realizzazione del Ponte sullo Stretto, che della bellezza dei luoghi ritrovati a seguito della riqualificazione del waterfront di Messina [41]. Per sottolineare la grande valenza strategica e simbolica che dovrà assumere la nuova stazione principale di Messina, gli autori della presente proposta auspicerebbero che la nuova stazione potesse diventare simbolo rappresentativo locale, regionale e nazionale delle nuove stazioni italiane poste lungo il corridoio europeo scandinavo-Mediterraneo; improntata sul modello delle Grandi Stazioni dovrebbe diventare anche un luogo d'incontro e socializzazione ospitando al suo interno caffè, ristoranti, librerie, convegni, belvedere con vista sullo Stretto e sul waterfront riqualificato.
- la fermata Messina Centro da realizzare in corrispon-

c) *the local passenger trains that pass over the Strait Bridge will stop both in the Europa underground stop and in the Annunziata and Papardo underground stations, which will have a correctly laid track for each direction, without a platform for the free transit of trains, and a deviated track, with switches that can be used up to a maximum speed of 60 km/h, equipped with a 250m long platform for regional trains (Final Project documents SF0393 [39] and SF0396 [40]);*

d) *freight trains will pass through all the stops and stations mentioned above along the correctly laid tracks.*

*In the event of temporary closure of the Strait Bridge, the railway service must be guaranteed via ferries, which will connect Messina Marittima to Villa San Giovanni using the connecting tracks between the inlets and the new stations (in the case of Messina it will be the Fiumara station Gazzi to carry out the functions currently carried out by Messina Centrale: black line in Fig. 6).*

### 3. A proposal for an additional underground line coordinated with the new railway structure for an effective metropolitan service

*In analogy with the interventions underway and planned in both Catania and Palermo, the construction of a new double-track underground railway section (Passante Messina Centro), approximately 5.6 km long, is proposed, between the current Gazzi junction, where the lines for Palermo and Catania converge, and an underground junction to be built near Viale Giostra to connect to the double-tube railway tunnel envisaged in the Final Project of the Bridge over the Strait.*

*Along this underground route (Fig. 7) the following could be built:*

- *the Messina Santa Cecilia passing station, equipped with at least six tracks, will have to guarantee the interchange between Regional and Metropolitan trains, the TPL and road transport (Tram, BUS, TAXI, Coach and car). As the main station of the city, it must have architectural, welcoming and functional characteristics such as to be representative of both the new centrality determined by the construction of the Bridge over the Strait and the beauty of the places rediscovered following the redevelopment of the Messina waterfront [41]. To underline the great strategic and symbolic value that the new main station of Messina will have to take on, the authors of this proposal would hope that the new station could become a local, regional and national representative symbol of the new Italian stations lo-*



Figura 7 - Proposta della linea integrativa sotterranea "Passante Messina Centro" (linea viola) [42].

Figure 7 - Proposal for the "Passante Messina Centro" underground supplementary line (purple line) [42].

denza della centralissima Piazza Cairoli, come centro commerciale e servizi baricentrico urbano, dovrà facilmente interfacciarsi con la linea tranviaria e con i BUS, dovrà servire anche il vicinissimo Porto storico, dove attraccano sia le navi veloci a servizio dello Stretto e delle Isole Eolie che le grandi navi da crociera, che solcano il Mediterraneo, semplificando drasticamente il collegamento anche con gli aeroporti di Catania e di Reggio Calabria e aprendo conseguentemente nuove prospettive di sviluppo.

- la fermata Boccetta, e opzionalmente la fermata di Giostra da verificarne la fattibilità sulla linea di gronda fuori dal bivio, collocate in centralissime aree fortemente urbanizzate, sono vicinissime agli omonimi svincoli autostradali e se realizzare insieme ad appositi parcheggi multipiano diverrebbero dei punti importantissimi di interscambio atti a favorire l'uso dei mezzi pubblici in ambito urbano.

Il nuovo tracciato ferroviario sotterraneo è previsto per circa un terzo del percorso su terreno delle Ferrovie dello Stato Italiane e per due terzi su suolo pubblico con l'obiettivo di servire il centro della città e il maggior numero possibile di viaggiatori [43].

In tale contesto la stazione di Messina Fiumara Gazzi svolgerebbe il ruolo di semplice fermata per i treni regionali locali e dovrebbe svolgere le funzioni di deposito e manutenzione mezzi e linea, prevedendo le necessarie infrastrutture ricavate utilizzando, se necessario, anche gli spazi dell'ex Officina Grandi Riparazioni.

La nuova linea ferroviaria interrata, insieme alle nuove stazioni/fermate e all'attraversamento stabile dello Stretto, ha come obiettivo sia la realizzazione di un efficace servizio metropolitano in grado di ridurre in modo significativo i tempi di viaggio e di interscambio tra i vari modi di trasporto (treni, tram, bus, pullman, taxi, auto, mezzi gommati e mezzi navali), sia la riqualificazione del water front sud di Messina, sia il rilancio della zona centrale di Messina come baricentro tra le località siciliane e calabresi delle coste dello Ionio e del Tirreno.

### 3.1. Caratteristiche della nuova linea e inquadramento urbanistico

La nuova linea ferroviaria proposta dovrebbe iniziare in corrispondenza del piccolo ponte San Cosimo, posto al km 333+557 della linea ferroviaria Messina-Catania-Siracusa.

L'intervento prevede la realizzazione di una zona scambii per collegare tra di loro le linee ferroviarie a doppio binario Messina-Palermo e Messina-Catania-Siracusa, sia per incrociarle da una parte (lato mare) con la linea a doppio binario, che proseguirà in superficie sino a Messina Centrale e Messina Marittima e dall'altra (lato monte) con la linea a doppio binario che proseguirà in trincea discendente, con muri di contenimento laterali, per circa 700m in modo da portare la nuova ferrovia da quota (+6,39) m s.l.m. a (-8.53)

*cated along the European Scandinavian-Mediterranean corridor; based on the model of the Great Stations, it should also become a meeting and socialization place, hosting cafés, restaurants, bookshops, conferences, a viewpoint overlooking the Strait and the redeveloped waterfront.*

- *the Messina Centro stop to be built in correspondence with the very central Piazza Cairoli, as an urban center of gravity shopping and services centre, will have to easily interface with the tram line and with the BUS, it will also have to serve the very nearby historic port, where both the high-speed ships dock of the Strait and the Aeolian Islands than the large cruise ships that sail the Mediterranean, drastically simplifying the connection also with the airports of Catania and Reggio Calabria and consequently opening up new development prospects.*
- *the Boccetta stop, and optionally the Giostra stop to be checked for feasibility on the gutter line outside the crossroads, located in very central, highly urbanized areas, are awfully close to the motorway junctions of the same name and if created together with special multi-storey car parks they would become particularly important interchange points designed to encourage the use of public transport in urban areas.*

*The new underground railway route is planned for approximately one third of the route on Italian State Railways land and two thirds on public land with the aim of serving the city center and the greatest possible number of travelers [43].*

*In this context, the Messina Fiumara Gazzi station would play the role of a simple stop for local regional trains and should carry out the functions of storage and maintenance of vehicles and lines, providing the necessary infrastructure obtained using, if necessary, also the spaces of the former workshop Major Repairs.*

*The new underground railway line, together with the new stations/stops and the stable crossing of the Strait, has the objective of creating an effective metropolitan service capable of significantly reducing travel and interchange times between the various modes of transport (trains, trams, buses, coaches, taxis, cars, wheeled vehicles and naval vehicles), both the redevelopment of the southern water front of Messina and the relaunch of the central area of Messina as a center of gravity between the Sicilian and Calabrian towns on the coasts of Ionian and Tyrrhenian.*

### 3.1. Characteristics of the new line and urban planning framework

*The proposed new railway line should start at the small San Cosimo bridge, located at km 333+557 of the Messina-Catania-Syracuse railway line.*

*The intervention involves the creation of an exchange area to connect the double-track railway lines Messina-Pa-*

m slm, con una pendenza di circa il 22‰ (Fig. 8). Da tale punto in poi la nuova ferrovia sarà totalmente sotterranea e quindi proseguirà in galleria (Passante Messina Centro).

Subito dopo la fine del tratto in trincea della nuova ferrovia è prevista la realizzazione della stazione sotterranea passante Messina Santa Cecilia con binari dotati di marciapiedi lunghi sino a 350 m per i treni di massima composizione e più corti per i treni locali coincidenti, a servizio delle linee ferroviarie ioniche e tirreniche della Sicilia e della Calabria. Il piano binari potrebbe essere realizzato circa a quota -8,5 m slm in corrispondenza dell'attuale piazzale ferroviario, che è a quota 5,4 m slm. In superficie lungo la linea a doppio binario che porta a Messina Marittima potrebbe essere realizzata una fermata in modo da semplificare l'interscambio dei viaggiatori tra i treni regionali e quelli a lunga percorrenza (Fig. 9)

I binari della nuova stazione sono previsti interrati; il piano terra e i piani superiori potrebbero essere organizzati oltre che per renderla accogliente e funzionale per fini trasportistici, anche per valorizzare e rendere attrattivo il waterfront e il panorama dello Stretto dai piani superiori.

La nuova stazione insieme a tutta l'area circostante dovrà essere concepita come centro del waterfront Sud di Messina.

Il grande piazzale ferroviario, disponibile, collegato con il centralissimo Viale Europa, potrebbe essere riprogettato in modo da utilizzare al meglio tutta la superficie disponibile sia per le esigenze dei viaggiatori, come nodo intermodale strada-rotai, che per esigenze di trasporto pubblico

lermo and Messina-Catania-Syracuse to each other, and to cross them on one side (sea side) with the double-track line, which will continue on the surface up to Messina Centrale and Messina Marittima and on the other (mountain side) with the double track line which will continue in a descending trench, with lateral retaining walls, for approximately 700m in order to bring the new railway from altitude (+6 .39) m above sea level to (-8.53) m above sea level, with a slope of approximately 22‰ (Fig. 8). From this point onwards the new railway will be totally underground and will therefore continue in the tunnel (Passante Messina Centro).

Immediately after the end of the trench section of the new railway, the construction of the Messina Santa Cecilia underground station is planned with tracks equipped with platforms up to 350 m long for trains of maximum composition and shorter for coinciding local trains, serving the Ionian and Tyrrhenian railway lines of Sicily and Calabria. The track level could be built approximately at an altitude of -8.5 m above sea level in correspondence with the current railway yard, which is at an altitude of 5.4 m above sea level. A stop could be built on the surface along the double track line leading to Messina Marittima to simplify the interchange of travelers between regional and long-distance trains (Fig. 9).

The platforms of the new station are planned to be underground; the ground floor and upper floors could be organized not only to make it welcoming and functional for transport purposes, but also to enhance and make attractive



Figura 8 – Tratto iniziale della nuova linea ferroviaria sotterranea a doppio binario “Passante Messina Centro” (dal bivio Gazzi alla stazione sotterranea Messina Santa Cecilia).

Figure 8 – Initial section of the new double-track underground railway line “Passante Messina Centro” (from the Gazzi junction to the Messina Santa Cecilia underground station).

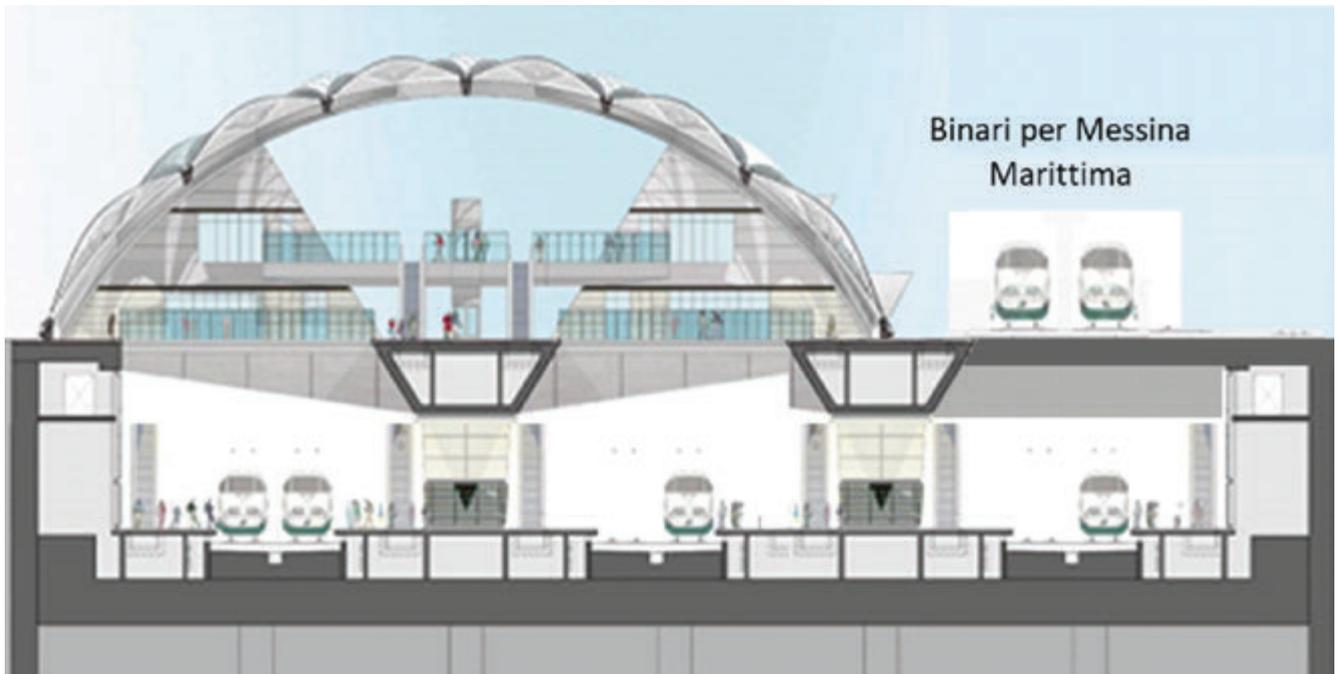


Figura 9 – Ipotesi di massima della sezione della stazione Messina Santa Cecilia.  
 Figure 9 – General hypothesis of the section of the Messina Santa Cecilia station.

locale (tram, bus, pullman, ecc.), per la realizzazione di nuovi edifici pubblici, di rappresentanza e turistici.

Subito dopo la stazione Santa Cecilia, la nuova linea sotterranea proseguirà con una galleria a doppio binario con una pendenza di circa il 13‰ e con raggio di curvatura di circa 300m, in modo da non dover mai sottopassare gli edifici fuori dal perimetro di proprietà del Gruppo FSI (Fig. 10 e Tab. 1). Ovviamente, se necessario si potrà aumentare la pendenza della linea.

La galleria alla fine della curva, superata via La Farina, proseguirà lungo via Tommaso Cannizzaro ad una quota di progetto della linea ferroviaria di almeno -20 m s.l.m. con una copertura media di circa 24 m (Fig. 11).

In corrispondenza di Piazza Cairoli, il nuovo tracciato giungerà alla fermata di Messina Centro che sarà dotata di marciapiedi lunghi sino a 350 m, in modo da poter accogliere anche treni a lunga percorrenza a servizio delle grandi navi da crociera (Fig. 12 e Fig. 13).

La profondità dell'infrastruttura da realizzare lungo la via Cannizzaro è tale da sottopassare tutte le infrastrutture esistenti (condotti idrici, elettrici, gas, TLC, ecc.).

La galleria ferroviaria proseguirà subito dopo la fermata di Messina Centro lungo la via Tommaso Cannizzaro, mantenendo un grado di copertura e pendenza tali da non creare problemi agli edifici circostanti. Superato l'incrocio con Corso Cavour verrà realizzata una curva con raggio di circa 500 m per direzionare la linea verso la fermata Boccetta da realizzare nelle vicinanze del Liceo Archimede (Fig. 14 e Fig. 15).

*the waterfront and the panorama of the Strait from the upper floors.*

*The new station together with the entire surrounding area must be conceived as the center of the southern waterfront of Messina.*

*The large railway yard, available, connected to the very central Viale Europa, could be redesigned so as to make best use of all the available surface both for the needs of travellers, as a road-rail intermodal hub, and for local public transport needs (tram, buses, coaches, etc.), for the construction of new public, representative and tourist buildings.*

*Immediately after the Santa Cecilia station, the new underground line will continue with a double-track tunnel with a gradient of approximately 13‰ and a radius of curvature of approximately 300m, to never have to pass under buildings outside the perimeter of the property. FSI Group (Fig. 10 and Tab. 1). Obviously, if necessary, you can increase the slope of the line.*

*The tunnel at the end of the curve, after passing via La Farina, will continue along via Tommaso Cannizzaro at a design level of the railway line of at least -20 m above sea level with an average coverage of approximately 24 m (Fig. 11).*

*At Piazza Cairoli, the new route will reach the Messina Centro stop which will be equipped with platforms up to 350 m long, to be able to also accommodate long-distance trains serving large cruise ships (Fig. 12 and Fig. 13).*

*The depth of the infrastructure to be built along Via Can-*

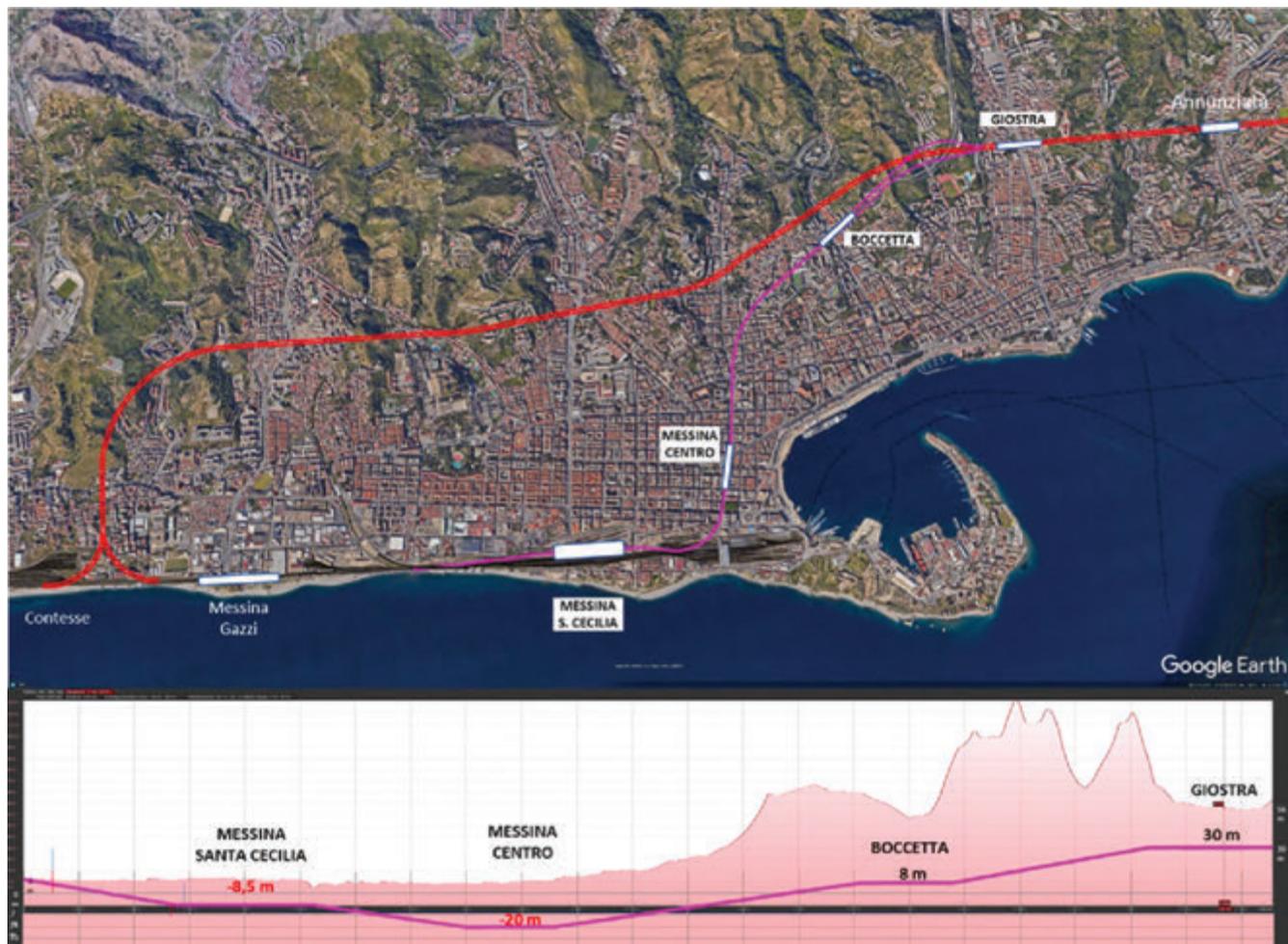


Figura 10 – Dati tecnici di massima del passante Messina Centro: tracciato e profilo altimetrico (linea viola).  
 Figure 10 – General technical data of the Messina Centro bypass: route and altitude profile (purple line).

Prima dell'eventuale stazione Giostra dovrebbero essere realizzati i cameroni di diramazione tra la linea a doppia canna che conduce al ponte sullo Stretto e il Passante Messina Centro. La stazione Giostra, se realizzata, dovrebbe essere analoga alle stazioni Annunziata e Papardo. La connessione con la linea di gronda si presenta opera complessa e della quale è stata solo accennata una possibile posizione.

Il nuovo Passante Messina Centro dovrebbe essere realizzato nel rispetto delle modello delle infrastrutture di trasporto nelle aree metropolitane del Gruppo FSI (Fig. 16).

Le aree circostanti alle nuove stazioni/fermate ferroviarie di Messina dovrebbero essere riqualificate e valorizzate in quanto nuovi punti di ingresso/uscita della città.

Così come riportato nel report "GAO-15-70 Multiple Factors Influence Extent of Transit-Oriented" del governo degli Stati Uniti dell'ottobre 2014, gli esperti di trasporti ritengono che lo sviluppo orientato al transito (*Transit Oriented Development: TOD*) possa aumentare l'accesso al-

nizzaro is such as to underpass all existing infrastructure (water, electricity, gas, TLC, etc. pipes).

*The railway tunnel will continue immediately after the Messina Centro stop along Via Tommaso Cannizzaro, maintaining a degree of coverage and slope such as not to create problems for the surrounding buildings. Once past the intersection with Corso Cavour, a curve with a radius of approximately 500 m will be created to direct the line towards the Bocchetta stop to be built near the Liceo Archimede (Fig. 14 and Fig. 15).*

*Before the possible Giostra station, the branch rooms should be built between the double-tube line that leads to the bridge over the Strait and the Passante Messina Centro. The Giostra station, if built, should be similar to the Annunziata and Papardo stations. The connection with the gutter line is a complex work and a possible position of which has only been mentioned.*

*The new Passante Messina Centro should be built in compliance with the transport infrastructure model in the metropolitan areas of the FSI Group (Fig. 16).*

Tabella 1 – Table 1

Dati tecnici di massima del binario pari del passante Messina Centro  
*General technical data of the even-numbered track of the Messina Centro bypass*

Nuovo tracciato ferroviario a partire dal ponte di San Cosimo inizio ferrovia Messina – Siracusa <i>New railway route starting from the San Cosimo bridge at the beginning of the Messina – Siracusa railway</i>	Inizio intervento km 333+553 <i>Start of intervention km 333+553</i>	Inizio stazione Messina Santa Cecilia <i>Start of Messina Santa Cecilia station</i>	Fine stazione Messina Santa Cecilia <i>End of Messina Santa Cecilia station</i>	Inizio fermata Messina Centro <i>Start of Messina Centro stop</i>	Fine fermata Messina Centro <i>End of Messina Centro stop</i>	Inizio fermata Bocchetta <i>Start of Bocchetta stop</i>	Fine fermata Bocchetta <i>End of Bocchetta stop</i>	Inizio stazione Giostra <i>Start of Giostra station</i>	Fine stazione Giostra <i>End of Giostra station</i>
Quota terreno (m) <i>Land share (m)</i>	9	9	9	10	12	57	58	60	56
Quote progetto (m) <i>Project quotas (m)</i>	7	-8,5	-8,5	-20	-20	8	8	30	30
Distanza intermedia (m) <i>Intermediate distance (m)</i>	0	720	650	900	400	1330	400	1060	400
Lunghezza intervento (m) <i>Intervention length (m)</i>	0	720	1220	2070	2470	3800	4200	5260	5660
Pendenza ‰ <i>Slope ‰</i>	0	0,022	0	0,013	0	- 0,021	0	- 0,021	0
Raggio di curvatura dx (m) <i>Right curvature radius (m)</i>				300					
Raggio di curvatura sx (m) <i>Left curvature radius (m)</i>						1.000		500	
Copertura terreno dalla calotta (m) <i>Ground cover from the canopy (m)</i>		10,5	10,5	23	25	42	43	23	19

l'occupazione, all'istruzione, alla cultura e ad altre opportunità promuovendo opzioni di trasporto per le famiglie, con conseguente aumento dell'utenza del transito e riduzione della congestione stradale [44][45].

Nel caso specifico bisognerà progettare gli interventi trasportistici, urbanistici e architettonici in modo coordinato con il progetto di riqualificazione del waterfront sud di Messina, per massimizzare il risultato dei nuovi investimenti.

La nuova infrastruttura assieme all'attraversamento stabile dello Stretto consentirà di realizzare un servizio metropolitano esteso integrato tra le aree metropolitane di Messina e le aree metropolitane di Reggio Calabria; sarà possibile quindi connettere con unico vettore Taormina/Giampileri con l'Aeroporto dello Stretto, Patti/Barcellona/Milazzo con Gioia Tauro/Rosarno, i centri storici, direzionali e amministrativi delle due città dello Stretto (Fig. 17 e Fig. 18). I treni merci e i treni viaggiatori a lunga percorrenza per il "continente" e verso le linee AV in pro-

*The areas surrounding the new railway stations/stops in Messina should be redeveloped and enhanced as new entry/exit points to the city.*

*As reported in the US government's October 2014 "GAO-15-70 Multiple Factors Influence Extent of Transit-Oriented" report, transportation experts believe that Transit Oriented Development (TOD) may increase access to employment, education, culture and other opportunities by promoting transportation options for families, resulting in increased transit ridership and reduced road congestion [44][45].*

*In the specific case it will be necessary to design the transport, urban and architectural interventions in a coordinated manner with the redevelopment project of the southern waterfront of Messina, to maximize the result of the new investments.*

*The new infrastructure together with the stable crossing of the Strait will allow the creation of an extended metropol-*



Figura 11 – Tratto centrale del Passante di Messina.  
 Figure 11 – Central section of the Passante di Messina.

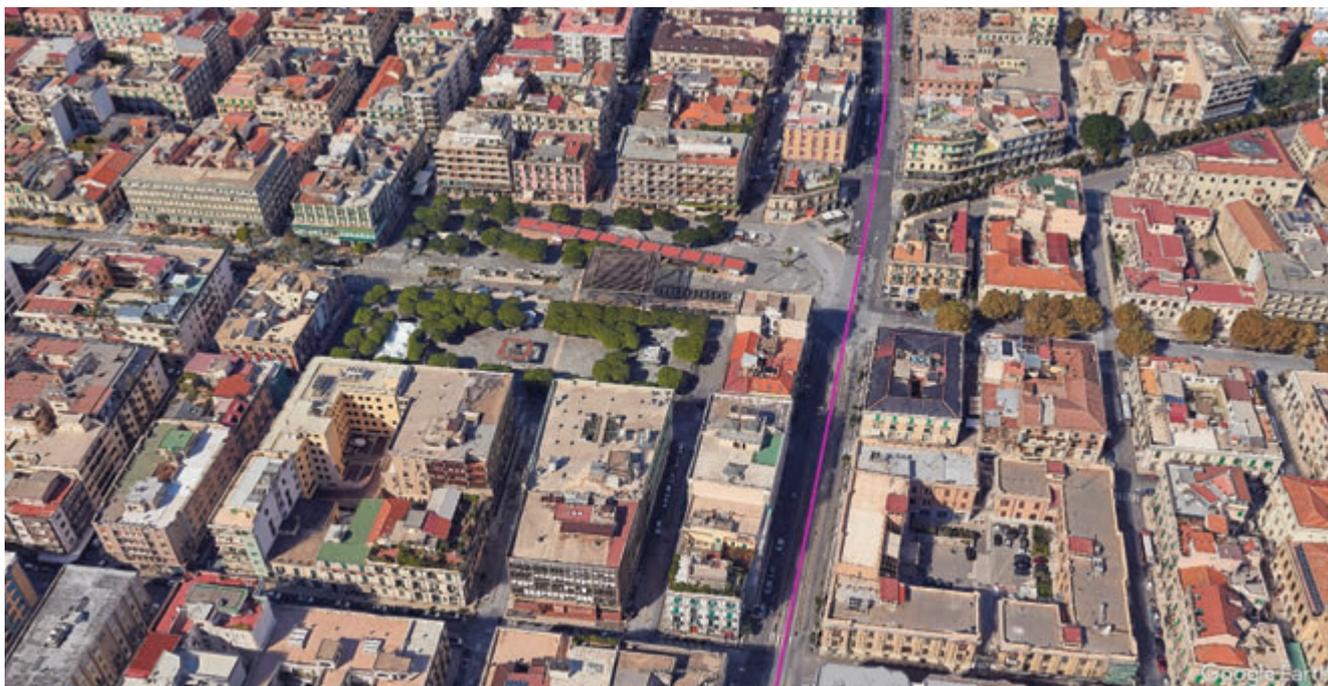


Figura 12 – Localizzazione della fermata Messina Centro lungo la via Tommaso Cannizzaro in corrispondenza della Piazza Cairoli.  
 Figure 12 – Location of the Messina Centro stop along Via Tommaso Cannizzaro in correspondence with Piazza Cairoli.

getto in Calabria impegnerebbero la linea di gronda con le attuali fermate previste, che da Annunziata ospiterebbero anche i treni metropolitani.

Il progetto ovviamente è da testare con un modello di esercizio e analisi trasportistica.

itan service integrated between the metropolitan areas of Messina and the metropolitan areas of Reggio Calabria; it will therefore be possible to connect with a single carrier Taormina/Giampileri with the Strait Airport, Patti/Barcelona/Milazzo with Gioia Tauro/Rosarno, the historical, di-

È da sottolineare che il tempo impiegato da un treno regionale per andare da Messina Santa Cecilia a Villa San Giovanni sarà di 20 minuti, circa lo stesso tempo impiegato ora per attraversare lo Stretto con una nave veloce in aree portuali, con la sostanziale differenza che il treno servirà un'ampia area della città con le fermate di Messina Centro, Bocchetta, Giostra, Annunziata e Papardo, con un servizio del territorio di massima affidabilità.

Analogamente, il tempo impiegato da una nave veloce tra Messina Marittima e il decentrato porto di Reggio Calabria è di 30 minuti, al quale bisogna aggiungere il tempo necessario per arrivare a destinazione. Con il nuovo tracciato ferroviario e la realizzazione del Ponte, il tempo impiegato sarà di 20 minuti sino a Reggio di Calabria Catona e di altri 24 minuti circa sino a Reggio Calabria Centrale per un totale di 44 minuti circa, tempo confrontabile con l'attuale, ma con il notevole vantaggio di effettuare un servizio totalitario su ambedue le sponde dello Stretto per un totale di 12 stazioni servite.

Con la realizzazione dell'infrastruttura proposta, potrebbe essere garantito il servizio ferroviario metropolitano a Messina, anche in caso di chiusura temporanea del ponte sullo Stretto, utilizzando come fine corsa la stazione Papardo (km 3+375 dal pilone siciliano del Ponte) in coordinamento con il Posto Manutenzione (km 5+400) opportunamente adattato.

### 3.1.1. Fattibilità e costi della proposta di nuova linea

La proposta di nuova linea si ritiene abbia gli elementi di base che ne consentano l'approfondimento per una successiva fase di progetto di fattibilità nell'ambito dei progetti che saranno sviluppati a corredo dell'intervento per la realizzazione dell'attraversamento stabile dello stretto di Messina.

In particolare il tracciato nella prima parte dall'uscita della Galleria Peloritana fino alle curve successive alla fermata di S. Cecilia, che rappresenta la zona iniziale di interrimento del tracciato, si svolge interamente in aree ferroviarie senza influenze su edifici esistenti; la parte successiva su via Tommaso Cannizzaro fino alla fermata di Messina Centro si svolge sottostante al sedime della via, continuando fino alla fine del tracciato sottopassando zone edificate, ma con ricoprimenti importanti. Per quanto riguarda i fenomeni di subsidenza degli scavi sugli edifici esistenti, il ricoprimento di circa 20 metri dalla calotta e la tipologia di terreni attraversati, che, come è noto, per l'areale della città di Messina, sono alluvioni costituiti da limi, sabbia e ghiaia, ben consolidabili, consentiranno di realizzare una zona che dovrebbe garantire subsidenze tollerabili dagli edifici soprastanti in buona parte laterali allo scavo. Tale assetto potrà inoltre essere migliorato: assumendo pendenze del profilo fino al 35 % per ottenere maggiori ricoprimenti e ove necessario prevedere sistemi di compensazione dei terreni con pozzi a raggiera utilizzati per effettuare gli scavi di gallerie in ambiti urbani.

Aspetti critici sono rappresentati dalla sicurezza antincendio delle lunghe gallerie che formeranno un sistema,

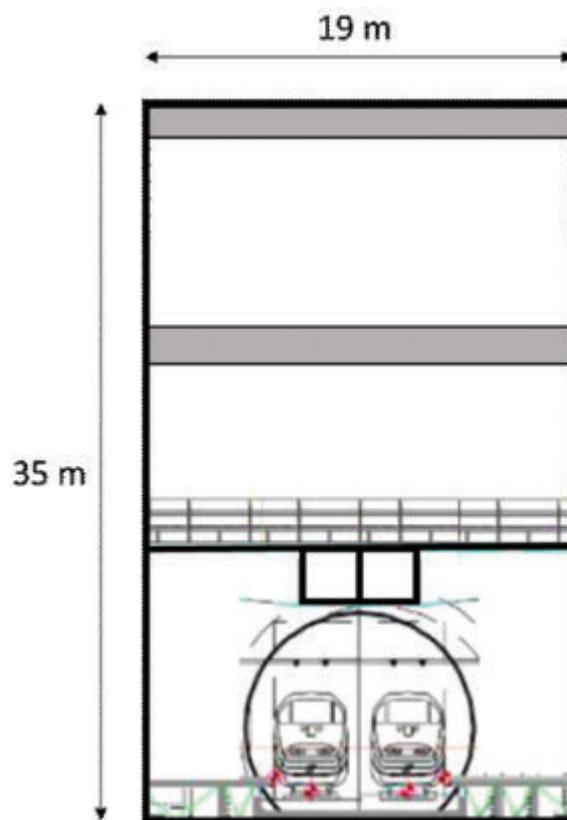


Figura 13 - Sezione di massima del piano del ferro della fermata Messina Centro.

Figure 13 - General section of the rail plan of the Messina Centro stop

rectional and administrative centers of the two cities of the Strait (Fig. 17 and Fig. 18). Freight trains and long-distance passenger trains for the "continent" and towards the high-speed lines planned in Calabria would use the gutter line with the current planned stops, which from Annunziata would also host metropolitan trains.

The project obviously needs to be tested with an operation model and transport analysis.

It should be underlined that the time taken by a regional train to go from Messina Santa Cecilia to Villa San Giovanni will be 20 minutes, approximately the same time now taken to cross the Strait with a fast ship in port areas, with the substantial difference that the train will serve a large area of the city with the Messina Centro, Bocchetta, Giostra, Annunziata and Papardo stops, with a highly reliable local service.

Similarly, the time taken by a fast ship between Messina Marittima and the decentralized port of Reggio Calabria is 30 minutes, to which the time needed to arrive at the destination must be added. With the new railway route and the construction of the Bridge, the time taken will be 20 minutes to Reggio Calabria Catona and another approximately



Figura 14 – Localizzazione di massima della fermata Bocchetta e del bivio e della fermata Giostra.  
 Figure 14 – General location of the Bocchetta stop and the crossroads and the Giostra stop.

dall'andamento concavo del profilo con la parte in basso a Messina Centro che necessiterà la realizzazione di un efficace sistema di allontanamento delle acque, dalle interferenze con opere importanti di viabilità, e dell'esposizione al pericolo Tsunami che deve essere gestito in qualsiasi opera costiera. Altro aspetto problematico potrebbe essere dato dai possibili ritrovamenti di coltre di materiale di riporto derivante dalle demolizioni degli edifici post terre-

24 minutes to Reggio Calabria Centrale for a total of approximately 44 minutes, a time comparable to the current one, but with the notable advantage of carrying out a total service on both sides of the Strait for a total of 12 stations served.

With the creation of the proposed infrastructure, the metropolitan railway service in Messina could be guaran-



Figura 15 - Sezione tipo della fermata sotterranea Bocchetta - Piano binari.  
 Figure 15 - Typical section of the Bocchetta underground stop - Platform level.

**Sviluppo Infrastruttura  
passeggeri regionale**

**Il modello delle infrastrutture di trasporto pubblico locale nelle aree metropolitane**



Figura 16 – Modello delle infrastrutture di trasporto nelle aree metropolitane.  
Figure 16 – Model of transport infrastructures in metropolitan areas.

teed, even in the event of temporary closure of the bridge over the Strait, using the Papardo station (km 3+375 from the Sicilian pylon of the Bridge) as the end stop in coordination with the Maintenance Station (km 5+400) appropriately adapted.

3.1.1. Feasibility and costs of the proposed new line

The new line proposal is believed to have the basic elements that allow it to be studied in depth for a subsequent feasibility project phase within the projects that will be developed in support of the intervention for the construction of the stable crossing of the Strait of Messina.

In particular, the route in the first part from the exit of the Peloritana Tunnel to the curves following the S. Cecilia stop, which represents the initial burial area of the route, takes place entirely in railway areas without affecting existing buildings; the next part on via Tom-

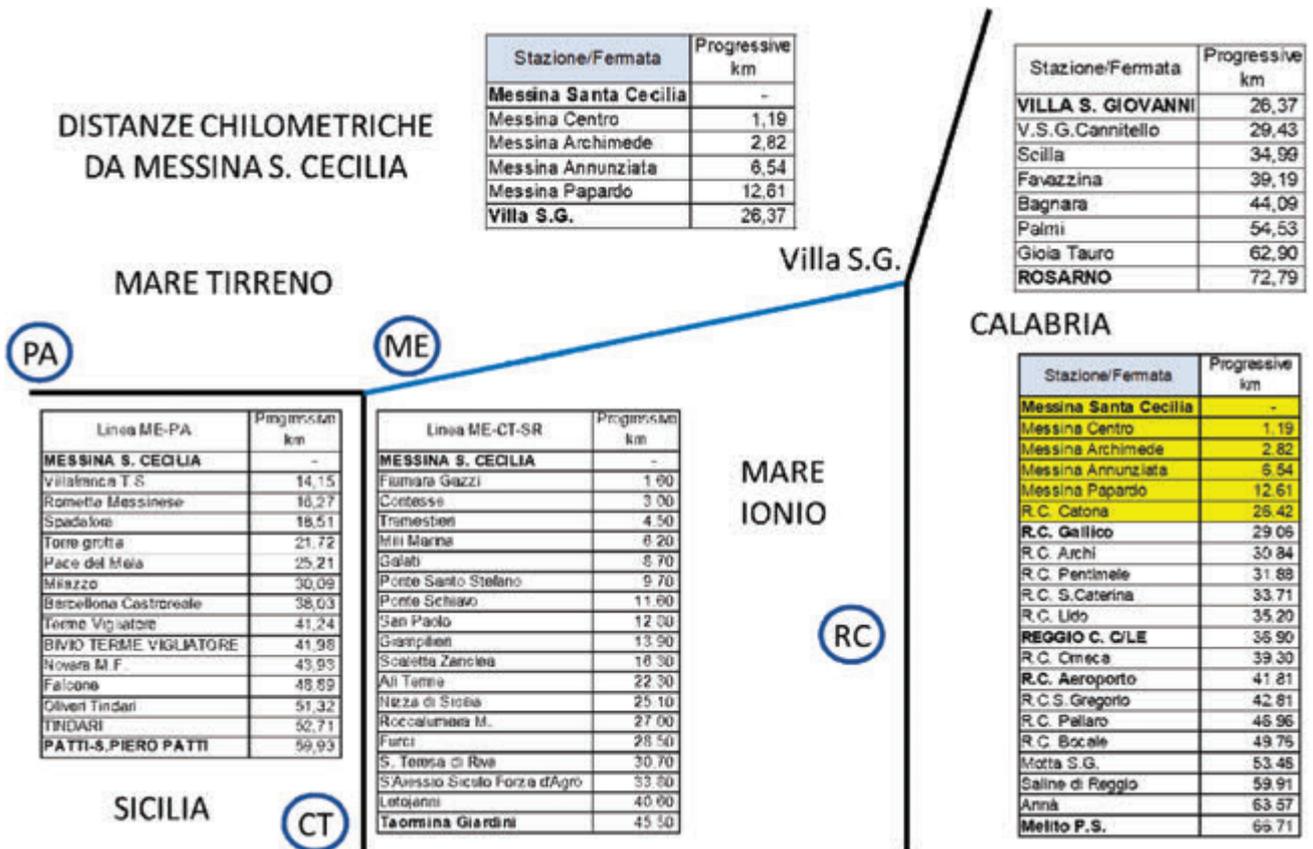


Figura 17 – Distanze in km da Messina Santa Cecilia.  
Figure 17 – Distances in km from Messina Santa Cecilia.

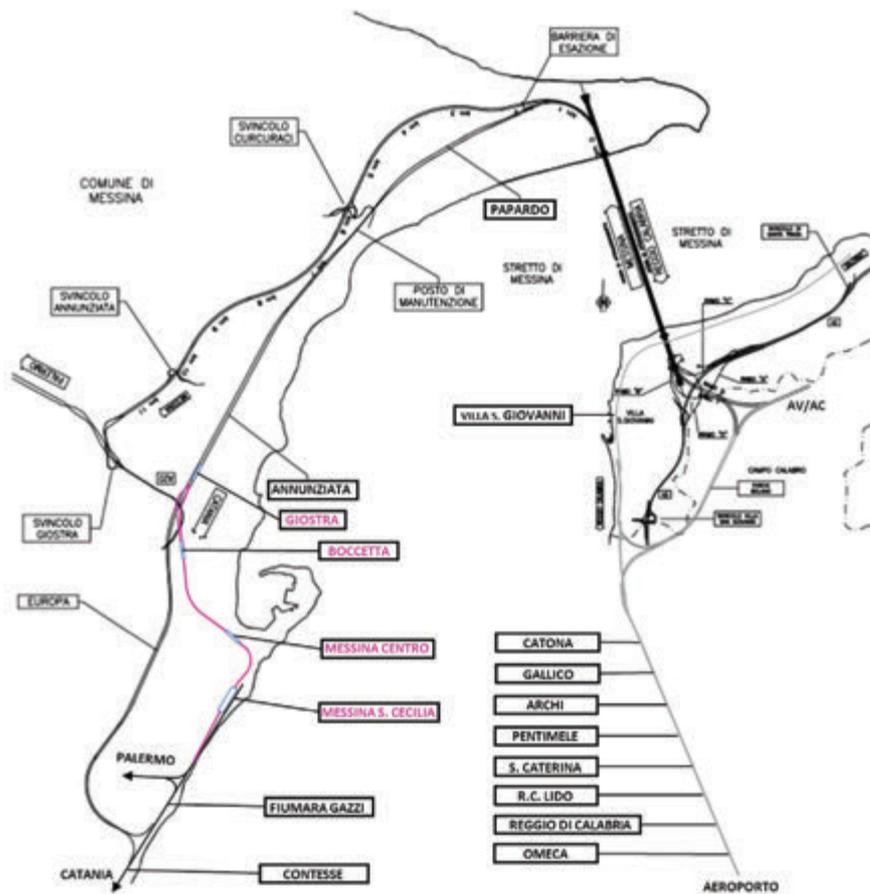


Figura 18 - Collegamenti ferroviari e stradali del ponte sullo Stretto con evidenziata (in viola) l'ipotesi del Passante Messina Centro.

Figure 18 - Rail and road connections of the bridge over the Strait with the hypothesis of the Passante Messina Centro highlighted (purple line).

moto del 1908 e di bombe inesplose della Seconda guerra mondiale. Come accennato la connessione tra la galleria proposta e la linea di gronda si presenta particolarmente complessa e non è da escludere una impossibilità di realizzazione, in tale caso è da valutare la realizzazione di una linea ad antenna, che pur utilizzando la linea di gronda per la circolazione di tutti i treni per il ponte, avrebbe il merito di una penetrazione urbana e di un servizio metropolitano di cui la città necessita.

Il progetto potrebbe essere gestito considerando l'opera come fase funzionale autonoma rispetto alle nuove opere connesse con il ponte di Messina, da realizzare in rapporto alle effettive disponibilità finanziarie con la possibilità essere realizzata per sottofasi: tratta fino a Messina Santa Cecilia, tratta fino a Messina Centro (con treni sulla linea di gronda), fino a Fermata di Bocchetta (idem), realizzazione connessione con linea di gronda.

Il costo standard a km per tale tipologia di opera è di circa 140 mln/km a costo vita intera (ogni onere compreso) che comporta per l'opera un costo complessivo di 800 milioni di euro.

maso Cannizzaro up to the Messina Centro stop takes place below the surface of the street, continuing to the end of the route passing under built-up areas, but with significant overlays. As regards the subsidence phenomena of the excavations on existing buildings, the covering of approximately 20 meters from the cap and the type of terrain crossed, which, as is known, for the area of the city of Messina, are alluviums made up of silt, sand and gravel, which can be consolidated well, will allow the creation of an area which should guarantee tolerable subsidence from the buildings above, largely lateral to the excavation. This structure can also be improved: assuming profile slopes of up to 35 % to obtain greater coverage and, where necessary, providing land compensation systems with radial wells used to excavate tunnels in urban areas.

Critical aspects are represented by the fire safety of the long tunnels that will form a system, the concave shape of the profile with the lower part in Messina Center which will require the creation of an effective water removal system, the interference with important road works, and the exposure to Tsunami danger that must be managed in any coastal work. Another problematic aspect could be given by the possible findings of blankets of landfill material resulting from the demolitions of buildings after the 1908 earthquake and unexploded bombs from the Second World War. As mentioned, the connection between the proposed tunnel and the gutter line is particularly complex and an impossibility of construction cannot be ruled out. In this case, the construction of an antenna line must be evaluated, which although using the gutter line for the circulation of all trains over the bridge, would have the merit of urban penetration and a metropolitan service that the city needs.

The project could be managed by considering the work as an independent functional phase with respect to the new works connected with the Messina bridge, to be carried out in relation to the actual financial availability with the possibility of being carried out in sub-phases: section up to Messina Santa Cecilia, section up to Messina Center (with trains on the gutter line), up to Bocchetta stop (idem), creation of connection with gutter line.

The standard cost per km for this type of work is approximately 140 million/km at the whole life cost (including all charges) which entails a total cost of €800 million for the work.



Figura 19 – Linea tranviaria attuale (in verde) e possibili prolungamenti (in celeste).  
 Figure 19 – Current tram line (in green) and possible extensions (in light blue).

### 3.2. Ampliamento dell'attuale linea tranviaria e integrazione con il sistema ferroviario metropolitano.

Per un efficace collegamento della rete ferroviaria con la rete dei trasporti urbani è necessario prolungare l'attuale linea tranviaria (Fig. 19).

A sud, per creare un punto di interscambio tra la linea tranviaria attuale e la fermata ferroviaria di Messina Fiumara Gazzi è da prolungare la linea tranviaria di circa 400m lungo il viale Gazzi, dall'attuale capolinea ZIR sino alla piazza da realizzare in corrispondenza della nuova stazione. In tale tratta il viale Gazzi ha una pendenza del 36% circa, ovvero compatibile con le caratteristiche tecniche degli attuali Tram Alstom Cityway in servizio a Messina.

Analogo intervento sarebbe necessario a partire dal capolinea nord della linea tranviaria, che dovrebbe essere prolungata di circa 1100m dall'attuale capolinea Museo almeno sino alla nuova stazione Annunziata lungo il viale Annunziata, che però, ha una pendenza del 60% circa, superiore a quella massima del 55%, ammessa dagli attuali mezzi tranviari, il che comporterà per tale tratto un impianto speciale.

In tale contesto è necessaria una riflessione sull'attuale situazione del sedime dell'ex linea a semplice binario Messina-Palermo tra Messina Scalo e l'ex stazione di Camaro (linea che prosegue, dopo la galleria dei Peloritani, fino a Villafranca Tirrena) chiusa dopo l'apertura della nuova linea a doppio binario della galleria di base dei Peloritani

### 3.2. Expansion of the current tram line and integration with the metropolitan railway system

For an effective connection of the railway network with the urban transport network it is necessary to extend the current tram line (Fig. 19).

To the south, to create an interchange point between the current tram line and the Messina Fiumara Gazzi railway stop, the tram line must be extended by approximately 400m along Viale Gazzi, from the current ZIR terminus to the square to be built in correspondence with the new station. In this section, Viale Gazzi has a slope of approximately 36%, which is compatible with the technical characteristics of the current Alstom Cityway trams in service in Messina.

A similar intervention would be necessary starting from the northern terminus of the tram line, which should be extended by approximately 1100m from the current Museo terminus at least up to the new Annunziata station along Viale Annunziata, which, however, has a slope of approximately 60%, higher than that maximum of 55%, permitted by current tram vehicles, which will require a special system for this stretch.

In this context, a reflection is necessary on the current situation of the site of the former Messina-Palermo single track line between Messina Scalo and the former Camaro station (line which continues, after the Peloritani tunnel, up to Villafranca Tirrena) closed after the opening of the new double track line of the Peloritani base tunnel (2001). For

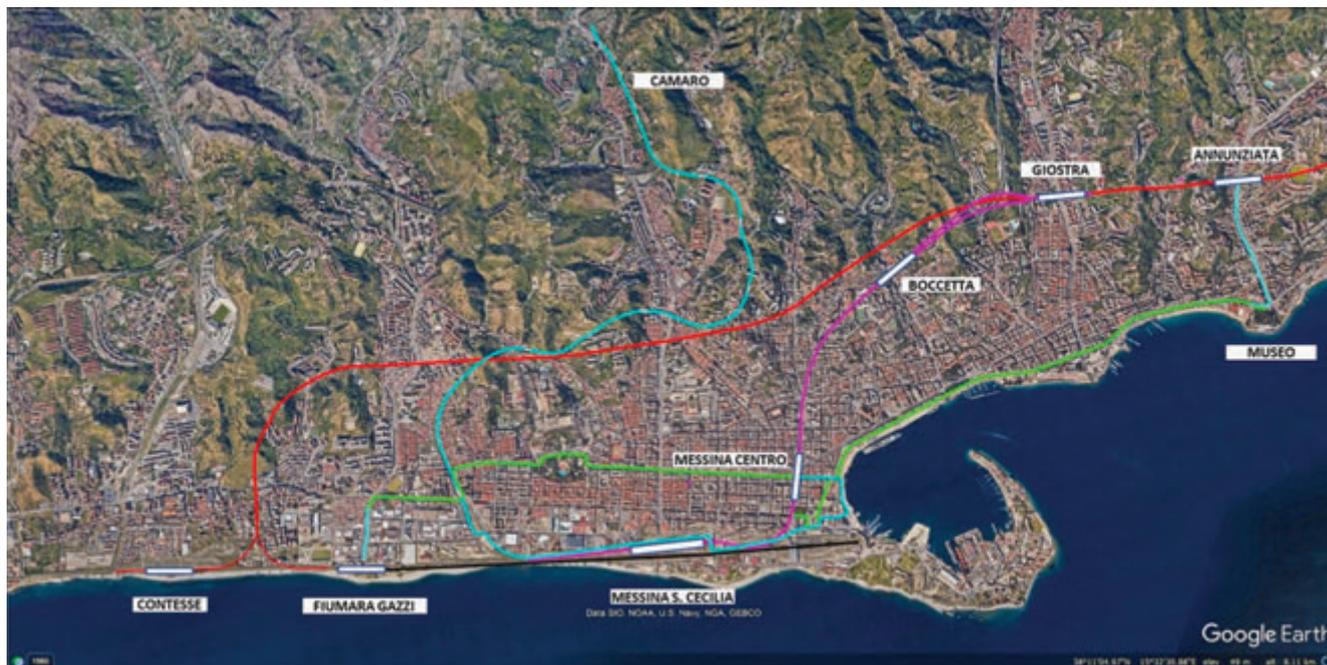


Figura 20 – Linee ferroviarie (rosso e viola) e linee tranviarie (verde e celeste) che potrebbero essere realizzate a Messina [25][50].

Figure 20 – Railway lines (red and purple) and tram lines (green and light blue) that could be built in Messina [25][50].

(2001). Per tale estesa infrastruttura (costituita da trincee, gallerie, ponti, viadotti e stazioni), che attraversa quartieri densamente abitati e insediamenti decentrati collinari, è da valutare la realizzazione di una seconda linea tranviaria, tra Messina Centro e l'ex stazione di Camaro, sul modello LOW-COST di Besançon e Valenciennes [46] (linea celeste di Fig. 20). Il tracciato, in parte a semplice binario, con una lunghezza complessiva di circa 9 km, verrebbe realizzato su sede riservata priva di interferenze con altri modi di trasporto e con una pendenza massima inferiore al 35%, permettendo di garantire un servizio tranviario veloce.

#### 4. Conclusioni

La presente proposta, illustrata alla Commissione Ponte del Comune di Messina durante la seduta del 27 febbraio 2025 [51], vuole delineare possibili sviluppi trasportistici dell'Area dello Stretto per migliorare i servizi ferroviari e tranviari che modificherebbero in modo significativo gli spostamenti verso il trasporto pubblico in tutta l'Area, con conseguente diminuzione dell'uso dei collegamenti navali dello Stretto, dei mezzi privati e dei relativi rischi collaterali, congestione stradale, incidenti e inquinamento, in linea con gli interventi in corso a Palermo, a Catania e in tutte le città metropolitane, così come auspicato dall'ONU con gli obiettivi 2030.

*this extensive infrastructure (consisting of trenches, tunnels, bridges, viaducts and stations), which crosses densely populated neighborhoods and decentralized hillside settlements, the construction of a second tram line between Messina Center and the former Camaro station should be evaluated, on the LOW-COST model of Besançon and Valenciennes [46] (light blue line in Fig. 20). The route, partly simple track, with a total length of approximately 9 km, would be built on a reserved site without interference with other modes of transport and with a maximum gradient of less than 35%, allowing a fast tram service to be guaranteed.*

#### 4. Conclusions

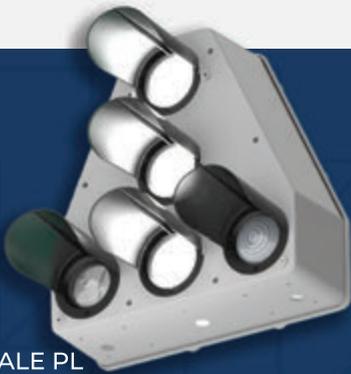
*This proposal, illustrated to the Bridge Commission of the Municipality of Messina during the session of 27 February 2025 [51], aims to outline possible transport developments in the Strait Area to improve railway and tram services which will significantly modify travel towards transport public throughout the Area, with a consequent reduction in the use of naval connections across the Strait, of private vehicles and the related collateral risks, road congestion, accidents and pollution, in line with the interventions underway in Palermo, Catania and all metropolitan cities, as desired by the UN with the 2030 objectives.*

## BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] PERNI F.M. (1861), *“Delle strade ferrate in Sicilia”*, Palermo, 1861, Tipografia Michela Amenta (Google Books, [https://books.google.it/books/download/Delle\\_strade\\_ferrate\\_in\\_Sicilia.pdf?id=6jUqAAAAAYAAJ&output=pdf&sig=ACfU3U1gJMt\\_jdhCb\\_tRhHgUyKf9kFx7w](https://books.google.it/books/download/Delle_strade_ferrate_in_Sicilia.pdf?id=6jUqAAAAAYAAJ&output=pdf&sig=ACfU3U1gJMt_jdhCb_tRhHgUyKf9kFx7w)), ultimo accesso ottobre 2023.
- [2] CIANCIULLO G., (2016), *“Le Ferrovie Siciliane tra arretratezza e sviluppo (Secoli XIX-XX)”*, Giuseppe Maimone Editore, Catania. Le Ferrovie Siciliane tra arretratezza e sviluppo (Secoli XIX-XX), Giuseppe Maimone Editore, Catania, 2016.
- [3] Libro Bianco sulle priorità infrastrutturali della Sicilia: Le opere indifferibili per il sistema economico siciliano, Uniocamere Sicilia, 2022 - [https://www.me.camcom.it/sites/default/files/contenuto\\_redazione/notizie/file/libro\\_bianco\\_sulle\\_priorita\\_infrastrutturali\\_-\\_sicilia\\_rev\\_3\\_ottobre.pdf](https://www.me.camcom.it/sites/default/files/contenuto_redazione/notizie/file/libro_bianco_sulle_priorita_infrastrutturali_-_sicilia_rev_3_ottobre.pdf), ultimo accesso marzo 2024.
- [4] Il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile di Palermo (PUMS), <https://pums.cittametropolitana.pa.it/>, ultimo accesso ottobre 2023.
- [5] Comune di Palermo: Sistema Integrato del Trasporto Pubblico di Massa, <https://www.comune.palermo.it/grandi-opere.php>, ultimo accesso ottobre 2023.
- [6] Gruppo FS, Youtube *“Anello ferroviario di Palermo”*, <https://www.youtube.com/watch?v=tukXBYilkvE>, ultimo accesso ottobre 2023.
- [7] CIFI Palermo, L'anello ferroviario di Palermo – 6 dicembre 2022, <https://www.cifi.it/download/lanello-ferroviario-di-palermo-6-dicembre-2022/>, ultimo accesso ottobre 2023.
- [8] Comune di Palermo: Tram - ulteriore sviluppo del sistema tranviario - Sistema Integrato del Trasporto Pubblico di Massa (comune.palermo.it) <https://www.comune.palermo.it/grandi-opere-tram.php>, ultimo accesso marzo 2024.
- [9] Tram Palermo: Youtube *“Completamento rete tranviaria cittadina”*, <https://www.youtube.com/watch?v=U-6Ra3vAWF8&list=PLiMgnDwDBB7S7PfDldt9W1l9mfXr2jZ18&index=8>, ultimo accesso ottobre 2023.
- [10] Il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile di Catania (PUMS), <https://pums.cittametropolitana.ct.it/>, ultimo accesso ottobre 2023.
- [11] Youtube *“Evoluzione della metro di Catania”*, <https://www.youtube.com/watch?v=hk6HWJmPMVg>, ultimo accesso ottobre 2023.
- [12] Il passante ferroviario urbano di Catania, <https://catania.mobilita.org/2016/01/25/la-metropolitana-a-san-giovanni-galermo-e-una-stazione-in-piazza-europa/>, ultimo accesso ottobre 2023.
- [13] CIFI Sezioni di Palermo e Milano, *“Il potenziamento della linea siciliana”*, Catania 20 ottobre 2023: <https://www.cifi.it/download/il-potenziamento-della-rete-ferroviaria-siciliana-20-ottobre-2023/>
  - Il programma di investimenti per il potenziamento della rete ferroviaria Siciliana, Ing. PALAZZO F., Commissario di governo per gli interventi di potenziamento della linea Palermo Catania Messina
  - Gli interventi di potenziamento e manutenzione di Rete Ferroviaria Italiana, Ing. ROGOLINO C., Direttore DOIT Palermo RFI,
  - Il Potenziamento della ferrovia Circumetnea e la metropolitana di Catania, Direttore Ferrovia Circumetnea.
- [14] Mobilità.Org, Youtube *“Metropolitana di Catania, come vengono costruite le nuove tratte”*, <https://www.youtube.com/watch?v=ARS-R0e5fcc&list=PLiMgnDwDBB7RUYTwu4nIOduvuhxFZXOhw&index=2>, ultimo accesso ottobre 2023.
- [15] Comune di Catania: Programma di Sviluppo della Metropolitana, <https://www.comune.catania.it/informazioni/ferrovia-circumetnea-metropolitana-di-catania/programma-di-sviluppo-della-metropolitana.aspx>, ultimo accesso marzo 2024.
- [16] BRANDINO A. (2007), *“Le stazioni ferroviarie di Messina: dalla realizzazione ottocentesca all'intervento di Angiolo Mazzone”*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2007.
- [17] VICUNA G. (1968), *“Organizzazione e tecnica ferroviaria”*, Edizioni CIFI, Roma, 1968; <https://www.cifi.it/categoria-prodotto/libri/>, ultimo accesso ottobre 2023.
- [18] Servizio ferroviario suburbano di Messina, [https://it.everybodywiki.com/Servizio\\_ferroviario\\_suburbano\\_di\\_Messina](https://it.everybodywiki.com/Servizio_ferroviario_suburbano_di_Messina), ultimo accesso marzo 2024.
- [19] FORMIGARI V., ROMANO G. (2001), *“Cento ventitré anni di tram a Messina”*, Edizioni Calosci, Cortona (AR).
- [20] La Tranvia di Messina, [https://it.wikipedia.org/wiki/Tranvia\\_di\\_Messina](https://it.wikipedia.org/wiki/Tranvia_di_Messina), ultimo accesso ottobre 2023.

- [21] Il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile di Messina (PUMS), <https://www.cittametropolitana.me.it/servizi/p-u-m-s/> , ultimo accesso ottobre 2023.
- [22] Il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile di Messina: Proposta di piano agosto 2021, <https://www.cittametropolitana.me.it/servizi/p-u-m-s/documenti-p-u-m-s/documenti-pums/allegati/all-ds-156.pdf> , ultimo accesso marzo 2024.
- [23] Attraversamento stabile dello Stretto di Messina e collegamenti stradali e ferroviari sui versanti Calabria e Sicilia, elaborati Progetto Definitivo 2011, Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica, Procedura VIA, <https://va.mite.gov.it/it-IT/Oggetti/Documentazione/1/2> , ultimo accesso ottobre 2023; per cercare un documento inserire nel campo “Testo da ricercare” il codice del documento riportato nel file indice ESPORTA (inserire solo la parte prima del segno meno); Tracciato ferroviario Sicilia:
- Sicilia, Profili longitudinali (AM0126), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/32894> ,
  - Mappa da Sant’Agata al Ponte sullo Stretto (AM0100), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/32868> ,
  - Mappa da Messina Centro a Sant’Agata (AM0101), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/32869> ,
  - Mappa da Contesse a Messina Centro (AM0102), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/32870>.
- [24] SACCÀ G. (2023), “*L’attraversamento dello Stretto e la riqualificazione della zona sud di Messina*”, Experiences, luglio 2023, <https://www.experiences.it/giovanni-sacca-lattraversamento-dello-stretto-e-la-riqualificazione-della-zona-sud-di-messina>.
- [25] SACCÀ G. (2018), “*Sistema di trasporto pubblico locale integrato tra mobilità metropolitana e collegamento stabile dello Stretto di Messina / Local public transport system integrated between metropolitan mobility and stable connection of the Strait of Messina*”, Rivista CIFI Ingegneria Ferroviaria, febbraio, pag. 95.
- [26] Progetto Definitivo Ponte sullo stretto di Messina: Relazione sulle caratteristiche funzionali delle stazioni e delle fermate – EUROPA (ST0016), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/40532> , ultimo accesso ottobre 2023.
- [27] Progetto Definitivo Ponte sullo stretto di Messina: Percezione visiva della fermata EUROPA (AMV0815), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/61321> , ultimo accesso ottobre 2023.
- [28] Progetto Definitivo Ponte sullo stretto di Messina: Pianta piano banchina e piano sotto banchina della fermata EUROPA (ST0021), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/40537> , ultimo accesso ottobre 2023.
- [29] Progetto Definitivo Ponte sullo stretto di Messina: Sezioni della fermata EUROPA (ST0022), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/40538> , ultimo accesso ottobre 2023.
- [30] Progetto Definitivo Ponte sullo stretto di Messina: Relazione sulle caratteristiche funzionali delle stazioni e delle fermate – ANNUNZIATA (ST0149), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/40666> , ultimo accesso ottobre 2023.
- [31] Progetto Definitivo Ponte sullo stretto di Messina: Percezione visiva della stazione ANNUNZIATA (AMV0814), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/61320> , ultimo accesso ottobre 2023.
- [32] Progetto Definitivo Ponte sullo stretto di Messina: Pianta piano banchina e piano sotto banchina della stazione ANNUNZIATA (ST0155), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/40672> , ultimo accesso ottobre 2023.
- [33] Progetto Definitivo Ponte sullo stretto di Messina: Sezioni della stazione ANNUNZIATA (ST0156), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/40673> , ultimo accesso ottobre 2023.
- [34] Progetto Definitivo Ponte sullo stretto di Messina: Relazione sulle caratteristiche funzionali delle stazioni e delle fermate – PAPPARDO (ST0082), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/40599> , ultimo accesso ottobre 2023.
- [35] Progetto Definitivo Ponte sullo stretto di Messina: Percezione visiva della stazione PAPPARDO (AMV0813), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/61319> , ultimo accesso ottobre 2023.
- [36] Progetto Definitivo Ponte sullo stretto di Messina: Pianta piano banchina e piano sotto banchina della stazione PAPPARDO (ST0087), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/40604> , ultimo accesso ottobre 2023.
- [37] Progetto Definitivo Ponte sullo stretto di Messina: Sezioni della stazione PAPPARDO (ST0088), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/40605> , ultimo accesso ottobre 2023.
- [38] E. CAMINITI, Il fronte a mare di Messina Sud tra piano e progetto, Edizioni ARACNE, Roma, 2012.
- [39] Progetto Definitivo Ponte sullo stretto di Messina: Relazione tecnico descrittiva impianti di segnalamento e sicurezza (SF0393), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/38583>, Profilo Planoaltimetrico (SF0403) <https://va.mite.gov.it/File/Documento/38593>, ultimo accesso ottobre 2023.
- [40] Progetto Definitivo Ponte sullo stretto di Messina: Piano schematico di linea (Profilo SCMT) (SF0396), <https://va.mite.gov.it/File/Documento/38586> , ultimo accesso ottobre 2023.
- [41] Railway Stations: Boosting the City, UIC next station <https://nextstation.org/?lang=en> [https://uic.org/IMG/pdf/2019\\_nextstation\\_railway\\_stations\\_boosting\\_the\\_city.pdf](https://uic.org/IMG/pdf/2019_nextstation_railway_stations_boosting_the_city.pdf), ultimo accesso ottobre 2023;

- [42] SACCA G., LEOCATA S., Proposta «Passante ferroviario Messina Centro», [https://www.youtube.com/watch?v=\\_GtjSpTTM4](https://www.youtube.com/watch?v=_GtjSpTTM4).
- [43] SACCA G., CANTONI E., GOGGI G., COLOMBI G., CRAPANZANO S., BERNARDO G., BARBIERI A., BALBI P., (2021), QUADERNO N° 32 “*L’attraversamento stabile dello Stretto di Messina*”, ALDAI Federmanager; Commissione Studi e Progetti, Milano, ottobre; figura 8-2 e paragrafo 12.5.2 Stazioni e fermate ferroviarie in Sicilia, [https://www.cifi.it/UplDocumenti/Verona11102021/14-Quaderno\\_32\\_ALDAI.pdf](https://www.cifi.it/UplDocumenti/Verona11102021/14-Quaderno_32_ALDAI.pdf) , ultimo accesso ottobre 2023.
- [44] Transit Oriented Development, [https://en.wikipedia.org/wiki/Transit-oriented\\_development](https://en.wikipedia.org/wiki/Transit-oriented_development) , ultimo accesso ottobre 2023.
- [45] United States Government Accountability Office, Department of Transportation, PUBLIC TRANSPORTATION: “*Multiple Factors Influence Extent of Transit-Oriented Development, Washington, DC 20548, United States, November 2014*”. <https://www.gao.gov/assets/gao-15-70.pdf> e [https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp\\_rrd\\_52.pdf](https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp_rrd_52.pdf) , ultimo accesso ottobre 2023.
- [46] SPINOSA A., (2017), “*Un tram Low-Cost è possibile?*”, Rivista “io Roma” dell’Ordine degli ingegneri della Provincia di Roma, n. 2, pag. 6-11 [https://issuu.com/ordingroma/docs/rivista\\_ioroma\\_14\\_ii\\_ae\\_online](https://issuu.com/ordingroma/docs/rivista_ioroma_14_ii_ae_online) e <https://rivista.ordingroma.it/un-tram-low-cost-e-possibile/> , ultimo accesso marzo 2024.
- [47] Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato (AGCM), SERVIZI TRAGHETTAMENTO VEICOLI STRETTO DI MESSINA, Provvedimento n. 30086/2022; [https://www.agcm.it/dotcmsCustom/getDominoAttach?urlStr=192.168.14.10:8080/41256297003874BD/0/6E78050056007ADFC1258829004752AB/\\$File/p30086.pdf](https://www.agcm.it/dotcmsCustom/getDominoAttach?urlStr=192.168.14.10:8080/41256297003874BD/0/6E78050056007ADFC1258829004752AB/$File/p30086.pdf) , ultimo accesso ottobre 2023.
- [48] Vigente Contratto di Programma RFI - MIT parte Investimenti sottoscritto tra MIT e RFI avvenuta rispettivamente in data 19 e 20 dicembre 2022; [https://trasparenza.mit.gov.it/archivio53\\_atti-di-programmazione\\_0\\_350\\_837\\_1.html](https://trasparenza.mit.gov.it/archivio53_atti-di-programmazione_0_350_837_1.html), ultimo accesso ottobre 2023.
- [49] Il Piano Commerciale di RFI, Edizione Luglio 2023 - Revisione Novembre 2023; <https://www.rfi.it/it/chi-siamo/Il-rapporto-con-lo-Stato-e-con-gli-stakeholder/il-piano-commerciale.html> , ultimo accesso marzo 2024.

		<a href="http://WWW.PLASTIROMA.IT">WWW.PLASTIROMA.IT</a>
<p><b>CONTENITORI in materiale plastico per segnali ferroviari</b></p>	 <p>SEGNALE PL LATO TRENO</p>	 <p>SEGNALE PL LATO STRADA</p>
 <p>SEGNALE ILL A LED</p>	 <p>SEGNALE DI AVANZAMENTO / AVVIO</p>	 <p>SEGNALE BASSO</p>

ALTA PRESTAZIONE | PRECISIONE | AFFIDABILITÀ

**Plasser Italiana**



## **UNIMAT 09-4X8/4S DYNAMIC: Un'unica macchina, molteplici soluzioni.**

La versatilità della rinalzatrice da linea e scambi più completa, unita all'essenzialità della stabilizzatrice dinamica integrata. Per una lavorazione veloce, perfetta e sicura, con il supporto di tutta la tecnologia P&T.



**MACHINE**

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

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

## Notizie dall'interno

Massimiliano BRUNER

### TRASPORTI SU FERROVIA

#### Veneto: linea AV/AC Verona-Padova, al via l'osservatorio cittadino per la gestione delle piene dell'Adige

L'introduzione dell'Osservatorio dei Cittadini e l'implementazione di un sistema di monitoraggio da parte di RFI rappresentano un'importante risorsa per potenziare la resilienza territoriale.

“La sottoscrizione della Convenzione tra RFI e l'Autorità di Bacino nel piano di gestione di rischio alluvione segna un passo cruciale nel nostro impegno per la gestione delle piene nel bacino del fiume Adige. Questo accordo riflette il nostro costante rispetto delle normative e l'impegno per garantire la sicurezza delle aree coinvolte e della Linea AV/AC Verona-Padova. L'introduzione dell'Osservatorio dei Cittadini e l'implementazione di un sistema di monitoraggio da parte di RFI rappresentano un'importante risorsa per potenziare la resilienza territoriale. Confidiamo che questa partnership possa portare benefici tangibili alla comunità e contribuire in modo sostanziale alla mitigazione dei rischi legati alle alluvioni.” Lo ha detto G. STRISCIUGLIO, Amministratore Delegato e Direttore Generale di Rete Ferroviaria Italiana, società capofila del Polo Infrastrutture del Gruppo FS, intervenendo alla presentazione dell'“Osservatorio dei Cittadini sulle piene”, tenutasi a Verona.

L'Osservatorio dei Cittadini sulle piene - sottoscritto da RFI e dall'Autorità di Bacino Distrettuale delle Alpi Orientali - si attiva sul 1°

Lotto Funzionale “Verona - bivio Vicenza” della Linea AV/AC Verona-Padova. Si tratta di un sistema di monitoraggio che coinvolge la cittadinanza nella gestione del rischio alluvioni. Attraverso l'utilizzo di tecnologie innovative, l'Osservatorio permetterà di conoscere meglio la vulnerabilità del territorio alle alluvioni, aumentare la consapevolezza dei cittadini sui rischi connessi e promuovere una cultura di prevenzione, mitigando così le conseguenze negative di questi eventi naturali. L'obiettivo è mettere in atto misure di partecipazione delle comunità locali rispetto alla realizzazione delle grandi infrastrutture sui territori e ai possibili impatti legati ai cambiamenti climatici.

Sono tre, nello specifico, le linee di azione:

- sviluppare le tecnologie a supporto dell'Osservatorio dei Cittadini;
- formare le comunità e i tecnici;
- estendere la rete sensoristica.

La Convenzione con l'Autorità di Bacino e la costituzione dell'Osservatorio dei Cittadini costituiscono esempi virtuosi di collaborazione con le istituzioni e la cittadinanza, confermando l'impegno per la realizzazione di infrastrutture sostenibili e resilienti a tutela dei territori che attraversano (Da: *Comunicato Stampa RFI Gruppo FS*, 22 febbraio 2024).

#### Lombardia: raddoppio Bergamo-Ponte San Pietro e lavori nel nodo di Bergamo

Dal 5 febbraio 2024, RFI chiude il tratto di linea tra Bergamo e Pon-

te San Pietro per importanti lavori di potenziamento infrastrutturale (Fig. 1).

Pertanto, i treni potranno circolare unicamente tra Milano e Ponte San Pietro e tra Lecco e Ponte San Pietro.

Trenord ha predisposto un servizio di autobus sostitutivi tra Ponte San Pietro e Bergamo con fermata intermedia a Bergamo Ospedale.

Inoltre, per agevolare gli studenti, sono stati istituiti ulteriori autobus con partenza dalle stazioni di Calusco, Terno d'Isola, Cisano/Caprino B., Pontida, Ambivere Mapello e Ponte San Pietro che arrivano direttamente a Bergamo senza effettuare fermate intermedie (servizio “Punto-Punto”) e viceversa (Da: *Comunicato Stampa Trenord*, 12 febbraio 2024).

#### Puglia: il 2023 anno da record per il collegamento ferroviario con l'aeroporto “K. WOJTYLA”

Anche il 2023 si è chiuso con numeri da record per il servizio di collegamento ferroviario passante per l'Aeroporto Internazionale Karol WOJTYLA di Bari, operato da Ferrottramviaria S.p.A., migliorando ulteriormente l'ottimo dato registrato nel 2022. Infatti, con una tendenza sempre in costante crescita, + 52,76% nell'ultimo triennio, e con oltre 685.000 viaggiatori che nell'anno passato hanno utilizzato il collegamento ferroviario “per” e “da” l'Aeroporto di Bari, si è superato di oltre il 6% il record di 643.953 viaggiatori del 2022. Un traguardo, quello dell'anno 2023, decisamente importante e reso possibile grazie anche alla forte collaborazione e all'ampia offerta di collegamenti messi a disposizione da Aeroporti di Puglia Spa. Un anno non a caso anche per loro con numeri record con l'aeroporto di Bari che ha superato il già storico traguardo del 2022: 270.000 passeggeri in più, tra arrivi e partenze, che hanno permesso allo scalo di toccare quota 6.461.179 passeggeri. Di questi 3.129.024 si riferiscono alla



(Fonte: Trenord)

Figura 1 – Tratta della Linea Milano-Bergamo-Lecco interessata dai lavori di raddoppio.

linea internazionale, in crescita del + 19% rispetto al dato globale dell'anno precedente. Senza sottovalutare il dato complessivo di 9.680.017 passeggeri nel 2023, considerando anche gli altri scali pugliesi. Inoltre, nella piena attuazione degli importanti obiettivi europei per la promozione della mobili-

tà sostenibile e della crescita della percentuale di share intermodale, la modalità di trasporto treno+aereo ha evidenziato, con valori in costante crescita ogni anno, che il 10,60% dei viaggiatori ha utilizzato il treno come mezzo di collegamento per e dallo scalo aeroportuale barese. Importante sottolineare il for-

te contributo fornito dall'accordo commerciale sottoscritto con Trenitalia, che consente di acquistare direttamente sui loro canali di vendita soluzioni di viaggio combinate per raggiungere l'aeroporto da tutti i centri serviti della Puglia (Da: *Comunicato Stampa Ferrotramviaria*, 15 febbraio 2024).

## TRASPORTI URBANI

### Lazio: ANSFISA, autorizzati oltre 80 ascensori e scale mobili nelle stazioni della Metro B a Roma dopo revisione tecnica

Condotti i sopralluoghi e le verifiche previste attualmente dalla legge che hanno portato alla riapertura al pubblico di oltre 80 impianti, tra ascensori e scale mobili. In fase di conclusione l'iter per gli ultimi 5 impianti mentre si lavora per snellire la procedura.

A seguito della necessaria revisione tecnica a cui sono stati sottoposti gli ascensori e le scale mobili che servono le stazioni della linea "B" della metropolitana di Roma, compresi quelli installati nella Stazione "Termini", ANSFISA.

A partire dallo scorso anno, sono stati infatti avviati dalla società esercente i lavori di ammodernamento e revisione generale di numerosi impianti contemporaneamente, che sono stati poi, una volta ultimati gli interventi, sottoposti ai sopralluoghi e alle verifiche necessarie da parte dell'Agenzia. In poche settimane le procedure tecnico-amministrative sono state ultimate per la grande maggioranza degli impianti, e sono in fase di conclusione quelle per gli ultimi 5 rimasti e si completeranno probabilmente nella prossima settimana, anche con l'assenso necessario della Regione.

Intanto MIT e ANSFISA stanno elaborando una proposta normativa che renderà queste procedure più snelle prevedendo che la riapertura degli impianti pubblici, come già avviene nel settore privato, sia in capo all'esercente stesso, responsabile effettivo della sicurezza degli impianti, che ne potrà riattivare la funzionalità in autonomia e sotto la propria responsabilità (Da: *Comunicato Stampa ANSFISA*, 28 ottobre 2023).

### Campania: "boom" di incassi e di passeggeri nel 2023 per il Campania Express Napoli – Sorrento di EAV

Numeri importanti nel 2023 per il Campania Express, il treno turistico che

da Napoli porta a Sorrento transitando per Pompei ed Ercolano. In aumento il numero dei passeggeri, circa 213.000, praticamente raddoppiati rispetto ai 106.000 del 2022, che hanno potuto beneficiare di un servizio confortevole con assistenza di hostess a bordo.

Il risultato del 2023 è anche frutto delle collaborazioni sottoscritte con agenzie e tour operator e, in particolare, con Distribution, una *travel tech start-up* tedesca che collega gli operatori con i rivenditori a livello globale, con oltre 60 operatori, 3500 agenzie di viaggio e decine di rivenditori online già consolidati. Un accordo che consente al Campania Express di essere presente su tutte le più importanti piattaforme di vendita online in Europa e nel Mondo.

Un volume di incassi passato da 1 milione e mezzo del 2022 ai oltre 3 milioni di euro, con un incremento del 100%.

Un successo rafforzato anche dall'accordo con Trenitalia che consente la realizzazione a Piazza Garibaldi dell'interscambio con le linee nazionali ferroviarie, mettendo in collegamento diretto, con l'utilizzo di una tariffa integrata, le destinazioni del Campania Express con le principali città italiane.

L'aumento del biglietto a 15 euro non ha determinato alcuna criticità sulla domanda ma ha consentito al servizio di autofinanziarsi senza contributi pubblici.

"La sfida per i prossimi anni – ha dichiarato il Presidente di EAV U. DE GREGORIO – con i nuovi treni ed il nuovo segnalamento ferroviario, è trovare il giusto equilibrio tra servizio turistico e servizio per i pendolari, senza penalizzare nessuno e migliorando le condizioni del servizio per i pendolari su tutte le linee, sfruttando le risorse finanziarie che il turismo può produrre sul territorio a vantaggio di tutti."

Importante il successo anche per la Funivia del Faito, che dalla stazione di Castellammare, anch'essa raggiungibile col Campania Express, consente di proseguire il viaggio in funivia fino al Monte Faito. La funivia nel suo periodo stagionale di atti-

vità, dalla primavera a fine ottobre, ha trasportato oltre 100.000 passeggeri accolti anche da numerose iniziative organizzate dalle attività commerciali locali (Da: *Comunicato Stampa EAV*, 20 febbraio 2024).

### Sicilia: Marsala, protocollo d'intesa tra FS Sistemi Urbani e Comune per gli interventi di rigenerazione urbana delle aree di proprietà del gruppo FSI

FS Sistemi Urbani, società capofila del Polo Urbano del Gruppo FS Italiane, e il Comune di Marsala hanno siglato un Protocollo d'Intesa per la rigenerazione urbana delle aree ferroviarie dismesse di proprietà di FS Sistemi Urbani nell'ambito della stazione ferroviaria di Marsala (Fig. 2).

Alla firma del protocollo hanno partecipato U. LEBRUTO, Amministratore Delegato di FS Sistemi Urbani e M. GRILLO, Sindaco di Marsala.

Con la sottoscrizione del Protocollo d'Intesa, il Comune di Marsala e FS Sistemi Urbani costituiranno un Tavolo Tecnico che effettuerà i necessari approfondimenti funzionali alla riqualificazione e alla valorizzazione delle aree oggetto dell'intesa.

L'accordo ha l'obiettivo di promuovere un programma di interventi di trasformazione urbanistica e riqualificazione urbana dell'Ex Scalo Mercè e di fabbricati dell'ambito di Stazione, anche tramite l'inserimento di nuove funzioni pubbliche e private. Inoltre, è prevista la definizione di interventi di valorizzazione e riuso dei compendi immobiliari oggetto del Protocollo, anche per una possibile alienazione al Comune di Marsala.

Il Protocollo è volto alla definizione di un piano di azione per lo sviluppo, nelle forme che saranno definite tra le Parti, di un terminal intermodale a servizio della stazione FS per il potenziamento del sistema di scambio intermodale, in linea con gli indirizzi strategici del PUMS – Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (Da: *Comunicato Stampa FS*



(Fonte: FS Sistemi Urbani)

Figura 2 – Veduta aerea dell'area di proprietà del Gruppo FSI nella città di Marsala.

Sistemi Urbani Gruppo FSI, 23 febbraio 2024).

## **TRASPORTI INTERMODALI**

### **Nazionale: le sfide della geopolitica alla logistica**

Diversificare le rotte commerciali per ridurre la dipendenza da zone a rischio e individuare per tempo alternative efficaci; scegliere partner affidabili, creando reti di collaborazione per ottimizzare le *operations* e mitigare i rischi; adottare tecnologie innovative per migliorare l'efficienza, la visibilità e la tracciabilità delle *supply chain*; investire in nuove tecnologie e soluzioni per la logistica del futuro. Sono alcune delle strategie di adattamento all'attuale situazione geopolitica emerse dal webinar promosso dal *Freight Leaders Council* (FLC), l'associazione che rappresenta gli operatori della logistica, riser-

vato ai soci, ai membri del Gruppo Young e del Comitato scientifico dell'Associazione. L'incontro, intitolato "La situazione geopolitica mondiale e gli impatti sulla logistica italiana", ha analizzato le sfide e le opportunità che l'attuale contesto geopolitico presenta per il nostro settore logistico.

A. PANARO, membro del Comitato scientifico FLC, Economista dei Trasporti e Capo Servizio dell'Area di Ricerca di SRM (centro studi collegato al Gruppo Intesa Sanpaolo) "*Maritime & Energy*", ha introdotto il tema, con particolare riferimento a porti, trasferimento navale e logistica. Ha fornito un'analisi approfondita sugli effetti delle tensioni geopolitiche sulla *supply chain*, a partire dalla crisi del Mar Rosso, e la logistica nazionale. Durante la sessione, è emerso come le tensioni commerciali stiano influenzando le dinamiche contrattuali e le rotte logistiche, richiedendo una

maggiore flessibilità nelle strategie di trasporto.

La discussione ha approfondito anche le strategie per gestire le fluttuazioni dei prezzi del petrolio, evidenziando la necessità di adattamenti nella gestione dei costi di trasporto. La pandemia di COVID-19 è stata esaminata come caso di studio, mettendo in evidenza la necessità di resilienza e adattabilità nelle catene di approvvigionamento globali. Infine, il webinar ha messo in luce le opportunità offerte dalla digitalizzazione e dagli sviluppi tecnologici nel settore.

"FLC – ha commentato il presidente dell'Associazione, M. MARCIANI – incoraggia ora i partecipanti a tradurre le strategie discusse in azioni concrete per garantire una logistica italiana sempre più resiliente, in grado di affrontare le sfide emergenti. L'associazione è pronta a supportare i suoi membri nell'attuazione di pratiche innovative e nella navigazione at-

traverso un contesto geopolitico sempre più dinamico” (Da: *Comunicato Stampa FLC*, 12 febbraio 2024).

**INDUSTRIA**

**Nazionale: OICE, aggiornamento sulle gare pubbliche di ingegneria e architettura, Gennaio 2024**

Inizio d’anno in forte discesa (Fig. 3) per il mercato pubblico dei servizi tecnici, secondo l’aggiornamento di gennaio 2024 dell’osservatorio OICE/Informatel, infatti il totale del valore di tutti i servizi tecnici messo in gara nel mese, sommando i 38,6 milioni dei bandi di architettura e ingegneria ai 7,4 milioni di servizi compresi negli appalti integrati, arriva a 46,0 milioni, segnando un calo dell’81,2% su gennaio 2023.

Nel mese di gennaio 2024 per servizi di ingegneria e architettura (escluse le progettazioni esecutive degli appalti integrati) sono stati rilevati 141 bandi per 38,6 milioni, con cali del 52,0% in numero e dell’81,3% in valore sul mese di gennaio 2023, rispetto a dicembre 2023 il numero scende del 77,0% e del 93,1% in valore. I valori raggiunti in questo mese, sia nel numero sia nel valore, sono tra i più bassi dell’intera serie storica dell’osservatorio dal 1996.

Le gare per servizi tecnici pubblicate sulla gazzetta europea (sopra la

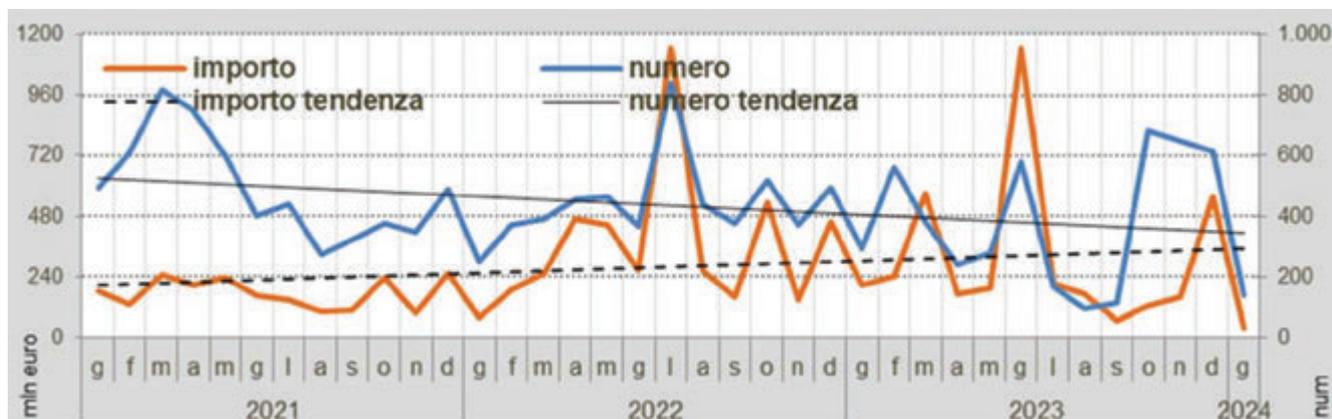
soglia UE di 215.000 euro) a gennaio sono solo 38, nel gennaio 2023 erano state 113, 66,4 %, un calo così vistoso è dovuto al ricorso al frazionamento artificioso dei bandi per rientrare nella fascia degli affidamenti diretti (fino a 140.000 euro).

Peggiora ancora a gennaio anche il dato delle gare di sola progettazione (escluse quindi le progettazioni esecutive affidate con appalti integrati): il valore si attesta su 17,9 milioni contro i 143,0 milioni di gennaio 2023 (87,5%); rispetto allo scorso mese di dicembre il valore cala del 76,9%. I bandi per affidamenti sotto i 140.000 euro, per i quali OICE tratta dal mese di ottobre 2023 anche gli open data di ANAC classificandoli per i propri associati, nel mese di gennaio 2024 sono stati 93, il 66,0% del numero totale, per 5,1 milioni di euro, il 13,1% del valore totale. Nel quarto trimestre 2023, da ottobre a dicembre, i bandi sotto i 140.000 euro erano stati 1.528, il 78,7% del numero totale, per 75,9 milioni di euro, l’8,9% del valore totale.

“Dal mercato arrivano segnali che sarebbe imprudente non definire preoccupanti e speriamo che a febbraio le cose cambino ha dichiarato G. LUPOI, a commento dei dati dell’osservatorio sulle ragioni abbiamo già scritto: le profonde e controverse modifiche normative, la complessa e travagliata gestazione del PNRR e le incertezze di parte delle amministrazioni. Appare evidente che ormai è una si-

tuazione di allarme se bisogna tornare al 1996 per trovare un dato mensile inferiore: non soltanto si vedono palesemente gli effetti di una soglia per gli incarichi fiduciari così alta che induce frazionamenti artificiosi, ma appare anche chiaro che la spinta del PNRR si sta esaurendo e che gli effetti della digitalizzazione delle procedure di appalto hanno inciso non poco sulla domanda messa sul mercato. Molto sta facendo l’ANAC per sollecitare le stazioni appaltanti ma la realtà è che il numero di stazioni appaltanti qualificate rimane basso, anche se oltre le 3000. Il confronto con dicembre è impietoso, ma lo è anche su gennaio dello scorso anno, prova di una riduzione del mercato ben più accentuata di quanto prevedibile. Non vanno nascoste neanche le incertezze normative determinate dall’assenza di regole ad hoc per questo settore, cui adesso il nuovo bando tipo per servizi di ingegneria e architettura messo in consultazione dall’Anac metterà riparo, ridando un po’ di certezza alle stazioni appaltanti, anche se ribadiamo la necessità che siano le linee guida 1/2016, adattate, a dovere essere inserite nel nuovo codice. Infine fondamentale sarà adeguare rapidamente il cosiddetto dm parametri perché molte attività affidate non trovano copertura nelle voci dell’allegato I.13. A questo punto non c’è più tempo da perdere.”

Le gare di sola progettazione con importo maggiore di 140.000 euro



(Fonte: OICE)

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

pubblicate ai sensi del D.lgs 36/23 da luglio 2023 a gennaio 2024 sono state 205, di queste 132 con richiesta di ribasso unico (sul compenso a base d'asta e sulle spese) e soltanto 50 quelle in cui si chiede il ribasso solo sulle spese e si lascia fisso il compenso (23 non citano le modalità di ribasso). Per la richiesta dei requisiti tecnici in 114 gare le stazioni appaltanti fanno riferimento a 3 anni, in 23 gare si chiedono 5 anni e in 51 gare 10 anni, in 17 manca la richiesta dei requisiti tecnici. Per i requisiti economico finanziari 98 gare fanno riferimento a 3 anni, 3 gare a 5 anni, 9 gare a 10 anni, 1 ai migliori 4 degli ultimi 8, 44 ai migliori 3 anni degli ultimi 5, 1 ai migliori 5 anni degli ultimi 10; in 49 gare manca la richiesta dei requisiti tecnici.

Nel mese di gennaio 2024 le gare rilevate per appalti integrati sono state solo 47, tutte con valore noto per un importo complessivo dei lavori di 408,1 milioni e con un importo dei servizi compresi stimato in 7,4 milioni di euro. Rispetto al mese di gennaio 2023 il numero è sceso del 71,5% e il valore dei lavori è sceso del 74,3% e il valore dei servizi è anch'esso calato dell'80,4% (Da: *Comunicato Stampa OICE*, 9 febbraio 2024).

### VARIE

#### **Liguria: "SICUREZZA DELLE INFRASTRUTTURE ITALIANE", un convegno per confrontarsi su ricerca, innovazione e applicazioni**

Si è chiuso il convegno organizzato a Genova dal Consorzio FABRE e dedicato al tema del monitoraggio e degli interventi di ispezione e classificazione dei rischi di ponti, viadotti e gallerie esistenti sulle infrastrutture italiane. Un fitto programma di dibattiti e approfondimenti su temi che sono al centro dell'attenzione della comunità di accademici, ricercatori, tecnici e professionisti e che ha visto la partecipazione anche degli esperti di ANSFISA.

I principali esponenti della comunità tecnico-scientifica nazionale

hanno partecipato a questa lunga maratona di cinque giorni con l'obiettivo finale di scambiare conoscenze e confrontarsi sulle modalità con cui individuare e programmare le azioni più adeguate a mitigare i rischi, strutturando sempre di più una gestione delle opere infrastrutturali razionale, organizzata ed efficiente.

Memorie, relazioni e tavole rotonde, arricchite anche da alcune testimonianze su esperienze e ricerche internazionali, che si sono succedute in scaletta molto serrata sono state opportunità per approfondire molti degli argomenti più rilevanti ed attuali: tecniche e strumenti per l'esecuzione delle ispezioni, digitalizzazione e tecnologia per la raccolta dei dati e la mappatura analitica dell'esistente, sistemi di monitoraggio ed elaborazione dati che guardano all'intelligenza artificiale, metodologie di analisi multi-rischio e valutazione dello stato dell'arte e della resilienza delle rete, gestione e programmazione della manutenzione.

L'Agenzia, che ha patrocinato l'evento, ha soprattutto voluto contribuire a stimolare il dibattito sia coordinando diverse sessioni, sia portando dei lavori di ricerca scientifica sulle modalità e le tecniche con cui supportare la mitigazione dei rischi e la sicurezza delle infrastrutture viarie, stradali e ferroviarie. Le opportunità offerte dallo sviluppo anche tecnologico per governare le criticità di contesto, a partire da un esistente in gran parte progettato molti decenni fa, in un contesto in cui le condizioni di traffico non erano neanche lontanamente paragonabili alla situazione attuale e le conoscenze e la strumentazione tecnica non era sofisticata e performante come quella al momento potenzialmente disponibile. A questo dato di base si sommano i fenomeni legati all'orografia del Paese, agli eventi climatici estremi, al rischio sismico ed idrogeologico diffuso su tutto il territorio nazionale e a numerosi altri aspetti problematici che possono minacciare e danneggiare le infrastrutture.

I contributi scientifici presentati da ANSFISA, caratterizzati da approcci sia teorici che sperimentali, hanno spaziato su diversi fronti come

ad esempio l'attività di supervisione del sistema, l'analisi degli elementi contestuali che vanno considerati nell'architettura del Sistema di Gestione della Sicurezza, il settaggio e l'implementazione di un metodo ispettivo innovativo agile e facilmente adottabile che sia capace di produrre sintesi confrontabili e classificabili, l'uso di strumentazione tecnologica come i droni, le applicazioni digitali per analizzare i dati delle opere esistenti e verificare il livello di compliance alle norme (Da: *Comunicato Stampa ANSFISA*, 15 Febbraio 2024).

#### **Nazionale: mobilità, recuperati i livelli pre-pandemici per quasi tutte le modalità di trasporti**

Continua la tendenza positiva della domanda di mobilità per quasi tutte le modalità di trasporto che, nel quarto trimestre del 2023, registra una crescita rispetto all'analogo periodo del 2022, con aumenti compresi tra l'1% e il 15%. Confrontando i dati a consuntivo del 2023 con quelli degli anni precedenti, emerge come ad ora quasi tutte le modalità di trasporto abbiano pressoché recuperato i livelli di domanda pre-pandemici, con punte del +23% per i passeggeri sui traghetti (periodo gennaio-ottobre) e del +10% del trasporto ferroviario IC/ICN. Fanno eccezione i soli passeggeri sul trasporto pubblico locale, che mostrano ancora un disavanzo compreso tra il 13% ed il 20%.

È quanto emerge dal Report trimestrale dell'Osservatorio sulle tendenze di mobilità predisposto dalla Struttura Tecnica di Missione (STM) del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT). La rilevazione riporta le analisi trimestrali sulle tendenze di mobilità, realizzate al fine di monitorare l'evoluzione e le esigenze del settore dei trasporti e della logistica, anche per pianificare e programmare meglio gli investimenti nelle infrastrutture e nei servizi di trasporto. Le analisi si basano sui dati messi a disposizione dagli operatori multimodali nazionali e dalle Direzioni Generali del MIT.

Con riferimento alle abitudini di mobilità degli italiani si rileva come, a dicembre 2023, gli italiani che si sono spostati ogni giorno sono stati circa 36,5 milioni (oltre il 72% della popolazione di riferimento), ciascuno dei quali ha effettuato mediamente circa 2,5 spostamenti al giorno per un totale di quasi 92 milioni di spostamenti, pari a circa 1,7 miliardi di spostamenti\*km/giorno. Nei giorni feriali ci si sposta leggermente di più di quelli festivi (+11%) e con un maggior numero di spostamenti medi pro-capite (+4%). La maggior parte degli spostamenti è di natura locale, infatti la percentuale di utenti medi/giorno che si spostano entro i 50 km è circa il 75% del totale. Tali dati nascondono tuttavia una eterogeneità sul territorio nazionale. Ad esempio, la percentuale di popolazione mobile varia da valori prossimi al 70% in Liguria, Puglia, Sicilia e Sardegna a valori intorno all'80% in Marche, Umbria, Abruzzo e Molise e pari a circa il 75% per le altre Regioni (Da: *Comunicato Stampa MIT*, 14 febbraio 2024).

## Lombardia: a Webuild lo studio di fattibilità per il progetto futuristico Hyper Transfer in Italia

Allo studio in Italia il primo prototipo operativo al mondo di trasporto terrestre ultraveloce a levitazione magnetica (Fig. 4), un nuovo mezzo di trasporto in grado di viaggiare alla velocità di un aereo. Webuild, in *joint-venture* con Leonardo, si è aggiudicato il contratto, del valore di 4 milioni di euro, per lo studio di fattibilità propedeutico alla realizzazione del sistema Hyper Transfer, ponendo le basi per la realizzazione del primo prototipo operativo al mondo, di valore stimato pari a complessivi 00 milioni di euro. Il progetto, commissionato da Concessioni Autostradali Venete (CAV) sarà un test propedeutico alla realizzazione di eventuali tratte in Veneto, permettendo di normare a livello nazionale e in Europa un sistema di trasporto che ad oggi non esiste.

Webuild guida la *joint-venture* con una quota pari al 96,22%, con Leo-

nardo al 3,78%. Hyperloop Transportation Technologies sarà il partner fornitore della tecnologia e partner strategico per la progettazione, in collaborazione con la sua licenziataria Hyperloop Italia. RINA sarà parte del team di progettazione. La JV e i suoi partner svilupperanno lo studio di fattibilità nell'ambito di un Partenariato per l'Innovazione, una formula contrattuale tipica nel settore della ricerca applicata.

Hyperloop è un sistema di trasporto terrestre ad altissima velocità in cui il trasferimento di merci e persone avviene mediante capsule che viaggeranno all'interno di un tubo. La bassa pressione all'interno del tubo riduce l'attrito e, grazie a sistemi di propulsione e di levitazione magnetica, le capsule viaggiano ad altissima velocità, garantendo una mobilità sostenibile e a basso consumo di energia. La sua realizzazione contribuirebbe a ridurre il traffico pesante su gomma, con benefici per la sicurezza stradale e in termini di riduzioni delle emissioni di CO2.

Hyper Transfer, che potrebbe essere il primo prototipo operativo al mondo, sarà sviluppato in tre fasi consecutive, a condizione del buon esito di ciascuna fase: studio di fattibilità (Fase 1), progettazione (Fase 2), realizzazione del prototipo con sperimentazione (Fase 3). Webuild conferma dunque il suo impegno in tema di innovazione e ricerca e per lo sviluppo di una mobilità sostenibile in grado di sostenere il processo di transizione energetica a livello globale.

I progetti per la costruzione di linee metropolitane che Webuild sta attualmente realizzando, come la nuova Linea M4 di Milano e la Linea C di Roma, consentiranno a milioni di persone ogni giorno di muoversi in modo veloce, efficiente e rispettoso dell'ambiente, grazie a infrastrutture all'avanguardia, evitando nuove emissioni in atmosfera di CO2 l'anno. I progetti ferroviari legati all'Alta Velocità in corso, come la linea AV/AC Verona - Padova e il Progetto Unico Terzo Valico dei Giovi-Nodo di Genova, permetteranno inoltre al Paese di essere sempre più integrato nei corri-

doi TEN-T, la rete transeuropea dei trasporti che punta ad accrescere la mobilità sostenibile per merci e persone nell'Unione Europea.

### • Nota per il lettore

Webuild è un società internazionale impegnata nella progettazione e realizzazione di grandi infrastrutture complesse nei settori mobilità sostenibile (ferrovie, metro, ponti, strade, porti), energia idroelettrica (dighe a scopo energetico, impianti idroelettrici), acqua (Impianti di depurazione, dissalatori, gestione acque reflue, dighe a scopo potabile e irriguo), edifici green (edifici civili e industriali, aeroporti, stadi e ospedali), supportando i clienti nel raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile – SDG definiti dalle Nazioni Unite.

Riconosciuto come prima società al mondo per la realizzazione di infrastrutture nel settore acqua, il Gruppo lavora in tutto il mondo, con una presenza in 50 paesi, con 85mila dipendenti (diretti e di terzi) di 100 nazionalità e una filiera di più di 17.500 imprese. In 117 anni di ingegneria applicata a oltre 3.200 progetti realizzati, il Gruppo ha costruito 14.118 km di ferrovie e metro, 82.509 km di strade e autostrade, 1.018 km di ponti e viadotti, 3.396 km di gallerie, 313 dighe e impianti idroelettrici.

I suoi progetti più noti sono il Ponte Genova San Giorgio in Italia e l'espansione del Canale di Panama, il progetto idraulico *Lake Mead Third Intake* di Las Vegas negli USA, l'*Airport Line* di Perth in Australia e il Centro Culturale della Fondazione Stavros Niarchos di Atene e, attualmente in corso, la Galleria di Base del Brennero, la Linea 4 della Metro di Milano, e il Terzo Valico dei Giovi-Nodo di Genova in Italia, il *North East Link* di Melbourne in Australia. Al 30 giugno 2023, Webuild ha registrato un portafoglio ordini complessivo di 61 miliardi di euro, con più del 90% del *backlog construction* relativo a progetti legati all'avanzamento degli obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG) delle Nazioni Unite.

Soggetta ad attività di direzione e coordinamento da parte di Salini Co-

struttori S.p.A., Webuild ha sede in Italia ed è quotata presso la Borsa di Milano (WBD; WBD.MI; WBD.IM). Dal 2021, è inclusa nell'indice MIB ESG, dedicato alle *blue-chip* italiane con le migliori pratiche ESG (Da: *Comunicato Stampa Webuild*, 30 gennaio 2024).

### Nazionale: “climate change”, ENAV rientra tra le aziende leader nell'indice CDP

ENAV S.p.A. ha raggiunto un traguardo significativo nel suo impegno per il contrasto al cambiamento climatico. Ha ottenuto, infatti la valutazione A- nel rating di CDP (ex *Carbon Disclosure Project*), un'organizzazione no profit internazionale che valuta l'impegno delle società nella gestione e nel monitoraggio dei rischi e delle opportunità connesse al cambiamento climatico.

Il Gruppo ENAV, guidato dall'AD P. MONTI, si posiziona per la prima volta tra le aziende leader a livello globale in questo ambito. Il *rating*

della Società, infatti, è sensibilmente migliorato, rispetto al precedente “C”, in una scala dove “D-” rappresenta il punteggio minimo e “A” il massimo.

L'Amministratore Delegato P. MONTI: “E' un risultato che condivido con tutte le persone del nostro Gruppo che ringrazio. Negli ultimi mesi abbiamo modificato l'organizzazione aziendale per integrare ancora di più la sostenibilità nelle strategie industriali. Il nostro è un approccio culturale ormai. Il cambiamento climatico è una sfida che ENAV ha raccolto da tempo e i risultati lo dimostrano. Non abbiamo ridotto solo le nostre emissioni ma, grazie alla nostra capacità operativa nell'ottimizzazione delle rotte, stiamo aiutando le compagnie aeree a consumare meno e quindi a ridurre le emissioni ed i ritardi a beneficio dei passeggeri e della comunità”.

Il *rating* “A-” di ENAV dimostra la validità della strategia di decarbonizzazione adottata a valle dell'approvazione degli obiettivi climatici da par-

te di *Science Based Targets initiative*, riuscendo ad abbattere le emissioni climalteranti dirette e indirette di oltre l'80% rispetto al 2019; inoltre, nel 2023, l'acquisto di *carbon credits* per la parte di emissioni non ancora riducibili (circa il 20%) ha consentito al Gruppo di raggiungere la *carbon neutrality*.

Il punteggio raggiunto da ENAV nel *rating* CDP è superiore alla media europea (pari a “B”) e anche alla media del segmento *Industrial Support Services* (pari a “C”), e colloca ENAV all'interno del 14% di aziende che hanno raggiunto il livello di leadership nel settore.

CDP, che ha analizzato l'impegno di oltre 23.000 società nella gestione e nel monitoraggio di rischi e opportunità legate al cambiamento climatico attraverso un questionario, si conferma come il punto di riferimento internazionale per la valutazione delle performance ambientali (Da: *Comunicato Stampa ENAV*, 14 febbraio 2024).



(Fonte: Comunicato Stampa Webuild)

Figura 4 – Il modulo Hyperloop TT a levitazione magnetica in ambiente privo di aria.

## Notizie dall'estero News from foreign countries

Massimiliano BRUNER

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

#### **Germania: accordo quadro con Railpool per la consegna di 250 locomotive**

Railpool, una delle società di noleggio di veicoli ferroviari operante in Europa, e Siemens Mobility hanno concluso un accordo quadro per la consegna di un massimo di 250 locomotive (Fig. 1). Con la firma del contratto sono state subito richieste 70 locomotive Vectron. Il bando iniziale comprende 24 locomotive multisistema da utilizzare nelle reti AC e DC, nonché 46 locomotive AC. Con questo ordine, Railpool's.

La flotta Vectron crescerà fino a raggiungere un totale di 228 locomotive. L'accordo quadro prevede varianti Vectron che possono operare fino a 16 paesi e su vari corridoi ferroviari europei (nord-sud ed est-ovest).

“Il recente ampliamento della nostra moderna flotta avviene con un focus lungimirante sulla massima flessibilità operativa per i nostri clienti. Oltre alle locomotive multisistema per il traffico est-ovest, stiamo aggiungendo alla nostra gamma altre locomotive AC, principalmente per il corridoio scandinavo e la regione DACH. Come le locomotive MS, anche le locomotive AC sono perfettamente equipaggiate per la prossima espansione ETCS in Europa”, ha affermato T. LEHNERT, CEO di Railpool.

“Siamo particolarmente lieti di continuare la nostra proficua collaborazione con Railpool. Ordini successivi come questo dimostrano che le nostre locomotive impressionano i clienti con la loro qualità e l'eccezio-

nale affidabilità operativa. Grazie all'usabilità universale di Vectron, il nostro cliente può rispondere in modo rapido e flessibile alle mutevoli esigenze del mercato e fornire un trasporto ferroviario transfrontaliero rispettoso del clima in tutta Europa”, ha affermato A. NEUMANN, CEO Rolling Stock Siemens Mobility.

Le locomotive per Railpool hanno una potenza di 6,4 megawatt e possono raggiungere, a seconda della variante, una velocità massima fino a 230 km/h. Sono inoltre dotate dei necessari sistemi nazionali di protezione dei treni e del sistema europeo di controllo dei treni (ETCS). Includendo questo primo lotto, Siemens Mobility ha venduto più di 2.400 locomotive della famiglia Vectron a 96 clienti in 16 paesi. Al momento la flotta ha percorso più di 900 milioni di km. Le locomotive con piattaforma Vectron sono approvate per il funzionamento in 20 paesi europei.

#### • Nota per i lettori

RAILPOOL è una delle principali società di noleggio di veicoli ferroviari con una vera esperienza nel servizio completo da un'unica fonte. L'azienda è stata fondata a Monaco nel 2008 ed è ora attiva in 19 paesi europei. Con oltre 600 locomotive elettriche e ibride e 148 veicoli passeggeri (con un investimento di 2,6 miliardi di euro), Railpool è uno dei maggiori fornitori in Europa. La flotta di Railpool percorre ogni anno 85.000.000 di km e fornisce un contributo importante al trasferimento modale su rotaia. Railpool dispone di sei officine proprie e di un magazzino con oltre 4.000 pezzi di ricambio e componenti diversi (Da: *Comunicato Stampa Siemens Mobility*, 20 febbraio 2024).

#### **Germany: framework agreement with Railpool for the delivery of up to 250 locomotives**

Railpool, one of the rail vehicle rental companies in Europe, and Siemens Mobility have concluded a framework agreement for the delivery of up to 250 locomotives (Fig. 1). With the signing of the contract, 70 Vectron locomotives were immediately called up. The initial call includes 24 multi-system locomotives for use in AC and DC networks, as well as 46 AC locomotives. With this order, Railpool's Vectron fleet will grow to a total of 228 locomotives. The framework agreement includes Vectron variants that can operate in up to 16 countries and on various European rail corridors (north-south and east-west).

“The recent expansion of our modern fleet is taking place with a forward-looking focus on maximum operational flexibility for our customers. In addition to the multi-system locomotives for east-west traffic, we are adding further AC locomotives to our range, primarily for the Scandinavian corridor and the DACH region. Like the MS locomotives, the AC locomotives are also perfectly equipped for the upcoming ETCS expansion in Europe,” said T. LEHNERT, CEO of Railpool.

“We are especially pleased to be continuing our successful collaboration with Railpool. Follow-up orders like this show that our locomotives impress customers with their quality and outstanding operational reliability. Thanks to the Vectron's universal usability, our customer can respond quickly and flexibly to changing market needs, and provide climate-friendly, cross-border rail transport throughout Europe,” said A. NEUMANN, CEO Rolling Stock Siemens Mobility.

The locomotives for Railpool have an output of 6.4 megawatts and, depending on the variant, can reach a top speed of up to 230 km/h. They are also equipped with the necessary national train protection systems as well as the European Train Control System (ETCS). Including this first call,



(Fonte - Source: Siemens Mobility)

Figura 1 – Un esemplare di loco Vectron di Siemens Mobility per Railpool.  
 Figure 1 – An example of a Siemens Mobility Vectron locomotive for Railpool.

Siemens Mobility has sold more than 2,400 locomotives from the Vectron family to 96 customers in 16 countries. To date, the fleet has covered more than 900 million km. The Vectron-platform locomotives are approved for operation in 20 European countries.

• Note for readers

RAILPOOL is one of the leading rail vehicle rental companies with genuine expertise in full service from a single source. The company was founded in Munich in 2008 and is now active in 19 European countries. With more than 600 electric and hybrid locomotives and 148 passenger vehicles (with an investment of 2.6 billion euros), Railpool is one of the largest providers in Europe. The Railpool fleet covers 85,000,000 km every year and makes an important contribution to the modal shift to rail. Railpool has six workshops of its own and a warehouse with more than 4,000 different spare parts and components (From: Siemens Mobility Press Release, February 20<sup>th</sup>, 2024).

**Svizzera: le FFS ordinano cinque nuovi Giruno**

Negli ultimi anni il numero di viaggiatori in treno tra la Svizzera e l'Italia è costantemente aumentato. Questa tendenza ha indotto Trenitalia e FFS, nel quadro della loro collaborazione, a rendere ancora più attrattiva l'offerta internazionale per la clientela – in particolare sull'asse del San Gottardo – e ad ampliarla ulteriormente a partire dal 2026. I dettagli sul potenziamento dell'offerta seguiranno in un secondo momento.

Per ampliare i propri servizi le FFS hanno quindi deciso di commissionare alla Stadler cinque nuovi Giruno (Fig. 2). Questi treni circolano con successo tra la Svizzera e l'Italia già dal 2020 e sono molto apprezzati dalla clientela grazie ai loro interni spaziosi e luminosi. L'investimento ammonterà a circa 170 milioni di franchi. Questi cinque veicoli fanno parte dei diritti di opzione esistenti per un totale di 92 veicoli, pubblicati

dalle FFS in occasione della gara d'appalto per i Giruno.

L'attuale flotta di 29 Giruno è stata ordinata nel 2014. Questi treni circolano al momento tra Basilea/Zurigo e Lugano/Milano, proseguendo poi per Genova, Bologna e Venezia. Nel 2022 ne erano poi stati commissionati altri sette, che dovrebbero circolare tra la Svizzera e la Germania, via Basilea, a partire dal 2026. Si veda il comunicato stampa del 15 giugno 2022.

Dopo la consegna dei cinque veicoli supplementari, dal 2026 la flotta di Giruno delle FFS comprenderà 41 treni.

• Il Giruno in dettaglio

I Giruno sono elettrotreni policorrente a 11 elementi che offrono a viaggiatrici e viaggiatori un totale di 810 posti a sedere su un massimo di 400 metri di lunghezza a trazione doppia. Essi vantano inoltre un accesso a pianale ribassato adattabile ai marciapiedi di Svizzera, Austria e Italia (alti 55 cm) e Germania (76 cm),

una novità assoluta alle FFS per un elettrotreno a un piano.

Soddisfano le prescrizioni previste dalla legge sui disabili, offrendo più del doppio di posti a sedere e servizi igienici accessibili in sedia a rotelle. Questi treni dispongono di una buona ricezione mobile a bordo, WiFi, prese di corrente a ogni posto a sedere, portabagagli spaziosi, toilette separate per uomini e donne e un moderno sistema di illuminazione con lampade a LED a risparmio energetico. Gli spazi interni, infine, sono molto spaziosi e luminosi (Da: *Comunicato Stampa FFS*, 14 febbraio 2024).

### **Switzerland: SBB orders five new Girunos**

*In recent years, the number of train travelers between Switzerland and Italy has steadily increased. This trend has led Trenitalia and FFS, as part of their collaboration, to make the international offer even more attractive for customers – in particular on the Gotthard axis – and to further expand it starting from 2026. The details on the strengthening of the offer will follow at a later date.*

*To expand its services, the SBB has therefore decided to commission five new Girunos from Stadler (Fig. 2). These trains have been running successfully between Switzerland and Italy since 2020 and are highly appre-*

*ciated by customers thanks to their spacious and bright interiors. The investment will amount to approximately 170 million francs. These five vehicles are part of the existing option rights for a total of 92 vehicles, published by SBB in conjunction with the tender for the Giruno.*

*The current fleet of 29 Girunos was ordered in 2014. These trains now run between Basel/Zurich and Lugano/Milan, continuing on to Genoa, Bologna and Venice. In 2022, another seven were commissioned, which should circulate between Switzerland and Germany, via Basel, starting from 2026. See the press release of 15 June 2022.*

*After the delivery of the five additional vehicles, the SBB Giruno fleet will include 41 trains from 2026.*

- **The Giruno in detail**

*The Giruno are 11-unit multi-current electric trains that offer travelers a total of 810 seats over a maximum of 400 meters in length with double traction. They also boast low-floor access adaptable to the pavements of Switzerland, Austria and Italy (55 cm high) and Germany (76 cm), an absolute first for the FFS for a single-deck electric train.*

*They meet the requirements of the disability law, offering more than double the number of seats and wheelchair-accessible toilets. These trains have good mobile reception on board,*

*WiFi, power sockets at every seat, spacious luggage racks, separate toilets for men and women and a modern lighting system with energy-saving LED lamps. Finally, the internal spaces are very spacious and bright (From: FFS Press Release, February 14<sup>th</sup>, 2024).*

### **TRASPORTI INTERMODALI INTERMODAL TRANSPORTATION**

#### **Cina: garantire il trasporto dei “tre beni congelati” per sostenere la produzione e la vita invernale delle persone**

Le recenti basse temperature, la neve e il clima gelido in tutta la Cina hanno portato a un notevole aumento del trasporto di petrolio, carbone e minerali congelati, noti come i “tre beni congelati”. Attribuendo grande importanza a questa questione, CR analizza attentamente la situazione e si concentra sull'organizzazione dei trasporti per garantire il carico, lo scarico rapido e la consegna tempestiva di questi beni essenziali, creando così condizioni favorevoli per la produzione e la vita invernale delle persone.

Nella regione nordorientale, CR-Shenyang rafforza la comunicazione e il coordinamento con le imprese clienti, adattando i piani di trasporto per le “tre merci congelate”. Forni-



(Fonte - Source: FFS)

Figura 2 – Le FFS intendono ampliare l'offerta internazionale verso l'Italia a partire dal 2026, rendendola ancora più attrattiva per la clientela. Per farlo commissioneranno alla Stadler cinque nuovi Giruno.

*Figure 2 – SBB intends to expand its international offering to Italy starting from 2026, making it even more attractive for customers. To do this, they will commission five new Girunos from Stadler.*

scono inoltre sessioni di formazione al personale di queste imprese per migliorare le loro capacità di risposta alle emergenze, garantendo il regolare carico, scarico e trasporto di queste merci.

Nella regione della Cina settentrionale, CR-Jinan attua misure per prevenire il congelamento dei veicoli adibiti al trasporto di carbone, minerali e petrolio. Si coordinano in anticipo per garantire una sufficiente spruzzatura di agenti antigelo nelle stazioni di carico, accelerano il flusso dei veicoli per ridurre al minimo i tempi di transito delle merci deperibili e collaborano con le imprese di scarico per garantire il funzionamento sicuro ed efficiente delle attrezzature di scongelamento. Aumentano inoltre il dispiegamento di squadre e attrezzature per lo scarico di emergenza per organizzare tempestivamente ed efficacemente lo scarico delle merci congelate. Attualmente, 26 centrali elettriche ferroviarie sotto la loro giurisdizione mantengono elevate riserve di carbone.

Nella regione della Cina centrale, CR-Wuhan garantisce una comunicazione efficace tra i funzionari esecutivi di tutti i depositi di trasporto merci e i leader dei dipartimenti competenti nella loro giurisdizione, garantendo informazioni accurate sui “tre beni congelati”, stabilendo in anticipo registri e misure dettagliate. Hanno istituito task force guidate da alti funzionari per supervisionare lo scarico di queste merci, organizzando il lavoro in loco e coordinando soluzioni a eventuali problemi sorti durante le operazioni di carico e scarico. Facilitano inoltre la crescita continua del numero di queste merci caricate e scaricate (Da: *Comunicato Stampa Ferrovie dello Stato Cinesi*, 21 febbraio 2024).

### **China: ensuring transportation of “Three Frozen” goods to support people’s winter production and living**

*Recent low temperatures, snow, and freezing weather across China have led to a noticeable increase in the transportation of frozen petroleum,*

*coal, and ore, known as the “three frozen” goods. Attaching great importance to this matter, CR thoroughly analyzes the situation and focuses on organizing transportation to ensure the fast loading, unloading, and timely delivery of these essential goods, thus creating favorable conditions for people’s winter production and living.*

*In the Northeast region, CR-Shenyang strengthens communication and coordination with customer enterprises, tailoring transportation plans for the “three frozen” goods. They also provide training sessions to personnel at these enterprises to enhance their emergency response capabilities, ensuring smooth loading, unloading, and transportation of these goods.*

*In the North China region, CR-Jinan implements measures to prevent the freezing of coal, ore, and petroleum transport vehicles. They coordinate in advance to ensure sufficient spraying of anti-freezing agents at loading stations, expedite the flow of vehicles to minimize transit time for perishable goods, and collaborate with unloading enterprises to ensure the safe and efficient operation of thawing equipment. They also increase the deployment of emergency unloading teams and equipment to promptly and effectively*

*organize the unloading of frozen goods. Currently, 26 railway power plants under their jurisdiction maintain high coal reserves.*

*In the Central China region, CR-Wuhan ensures effective communication among executive officials at all freight transportation depots and leaders of relevant departments within their jurisdiction, ensuring accurate information regarding “three frozen” goods, establishing records and detailed measures in advance. They set up task forces led by senior officials to oversee the unloading of these goods, organizing on-site work and coordinating solutions to any issues arising during loading and unloading operations. They also facilitate continuous growth in the number of these goods being loaded and unloaded (From: China State Railway Press Release, February 21<sup>st</sup>, 2024).*

## **TRASPORTI URBANI URBAN TRANSPORTATION**

### **India: primo convoglio per il progetto di Metro Meerut**

Alstom ha consegnato (Fig. 3) il primo convoglio prodotto interna-



(Fonte - Source: Alstom)

Figura 3 – S. V. KUMAR SINGH, MD NCRTC e il O. LOISON, MD, Alstom India alla cerimonia di “Consegna delle chiavi” del primo convoglio della metropolitana Meerut.

Figure 3 – S. V. KUMAR SINGH, MD NCRTC and O. LOISON, MD, Alstom India at the “ceremonial key handover” of the first Meerut Metro trainset.

mente per la metropolitana di Meerut alla *National Capital Region Transport Corporation* (NCRTC), come parte di un contratto firmato da Alstom nel 2020 per la consegna di 210 vagoni per il sistema di transito rapido regionale (RRTS). Il primo convoglio è stato inaugurato durante una cerimonia tenutasi presso lo stabilimento di produzione Alstom a Savli nel Gujarat, alla presenza di S.H. SINGH PURI, On. Ministro dell'edilizia abitativa e degli affari urbani e del petrolio e del gas naturale (virtualmente), S.V. KUMAR SINGH, Direttore Direttore – NCRTC, e O. LOISON, Amministratore delegato, Alstom India.

La metropolitana Meerut è un sistema urbano di transito rapido di massa (MRTS) che opererà lungo il tratto di 25 km della linea 1 (~ 14,80 km sopraelevato e 4,6 km sotterraneo), collegando Partapur a Modipuram tramite 11 stazioni. Per la comodità dei residenti di Meerut, tre stazioni su questa linea forniranno connettività al primo sistema di transito rapido regionale (RRTS) dell'India, collegando Delhi e Meerut. 30 carrozze saranno fornite da Alstom per servire la linea in una configurazione di 10 convogli da tre carrozze ciascuno. Il materiale rotabile si basa sulla famiglia di treni pendolari Adessia di Alstom, che incorpora l'esperienza mondiale. Lo scopo principale di questo Mass Rapid Transit System (MRTS) è un alimentatore per RRTS e una metropolitana per la regione di Meerut.

S.V. KUMAR SINGH, amministratore delegato – NCRTC, ha dichiarato: "I treni Namu Bharat e la metropolitana Meerut sono una testimonianza del nostro costante impegno verso la realizzazione del Piano generale nazionale Gati Shakti dell'Onorevole Primo Ministro. In un'iniziativa unica nel suo genere nel paese, entrambi questi servizi funzioneranno sulla stessa infrastruttura RRTS. I moderni convogli della metropolitana Meerut sono stati progettati e prodotti internamente nell'ambito dell'iniziativa Make-in-India. Il team di Alstom ha lavorato duramente per garantire la consegna tempestiva di questi convo-

gli MRTS in sincronia con la preparazione delle infrastrutture".

Commentando la consegna, O. LOISON, amministratore delegato di Alstom India, ha dichiarato: "Il progetto della metropolitana di Meerut rappresenta un passo avanti nell'ambizione del Paese di modernizzare i viaggi ferroviari intra e interurbani e siamo lieti di fornire i nostri prodotti di prossima generazione per realizzare questo visione. Con la sua connettività alla linea Namu Bharat, il servizio combinato avrà un impatto positivo a lungo termine per i viaggi d'affari e di piacere nella cintura settentrionale".

Progettati presso il centro di ingegneria Alstom di Hyderabad e prodotti a Savli (Gujarat), questi treni sono autoctoni, in linea con le ambizioni del governo Make-in-India e Aatmanirbhar Bharat. Il convoglio sarà sottoposto ai dovuti test e validazione all'arrivo al deposito di Meerut.

Nel 2020, Alstom si è aggiudicata l'appalto e lo scopo del lavoro comprende:

- Progettazione, costruzione e consegna dei convogli ferroviari

Progettare, fornire e installare il sistema di segnalamento, controllo treno e telecomunicazioni, la porta schermata della banchina e l'evoluzione a lungo termine completata per la sezione prioritaria di ~ 17 km per il lancio.

- Fornitura di servizi di manutenzione completi per 15 anni

L'eccezionale ergonomia, sicurezza e comfort, i bassi costi del ciclo di vita e l'elevata riciclabilità contribuiscono inoltre a rendere questi nuovi treni per pendolari una scelta sostenibile e attraente per promuovere il trasporto pubblico, riducendo così la congestione del traffico, l'inquinamento atmosferico e il consumo di carburante. Aiutano a risparmiare tempo e costi di viaggio, nonché a cambiare la vita di milioni di cittadini collegando le località suburbane con il centro economico della regione.

- I treni MRTS
  - assomigliano all'aspetto dei treni metropolitani comuni;
  - presentano un mix di sedili imbottiti longitudinali e laterali;
  - offrono una gamma di servizi incentrati sui passeggeri, tra cui portabagagli, schermi in miniatura all'interno dei pullman, connettività Wi-Fi e prese USB multiple vicino ai sedili;
  - prevedono spazi designati per sedie a rotelle per persone con disabilità e spazi per barelle per i trasferimenti medici di emergenza. Anche le funzionalità di comunicazione di emergenza sono integrate negli autobus, progettate e prodotte in linea con gli standard di sicurezza internazionali.

La metropolitana di Meerut svolgerà un ruolo chiave nel promuovere uno sviluppo economico equilibrato e sostenibile della regione. Il design avanzato ed ecologico porterà notevoli efficienze attraverso l'integrazione di tecnologie di risparmio energetico, tra cui la moderna carrozzeria, carrelli affidabili, un sistema di propulsione efficiente e una frenata rigenerativa (Da: *Comunicato Stampa Alstom*, 16 febbraio 2024).

### **India: first trainset for the Meerut Metro project**

*Alstom has delivered (Fig. 3) the first indigenously manufactured trainset for Meerut Metro to the National Capital Region Transport Corporation (NCRTC), as part of a contract signed by Alstom in 2020 for the delivery of 210 cars for the Regional Rapid Transit System (RRTS). The first trainset was flagged off at a ceremony held at Alstom's manufacturing facility at Savli in Gujarat, in the presence of S.H. SINGH PURI, Hon.ble Minister of Housing and Urban Affairs & Petroleum & Natural Gas (virtually), S.V. KUMAR SINGH, Managing Director – NCRTC, and O. LOISON, Managing Director, Alstom India.*

*The Meerut Metro is an urban Mass Rapid Transit System (MRTS) that will operate across the 25-km stretch of Line-1 (~14.80 km elevated*

and 4.6 km underground), connecting Partapur to Modipuram via 11 stations. For the convenience of the residents of Meerut, three stations on this line will provide connectivity to the India's first Regional Rapid Transit System (RRTS), connecting Delhi and Meerut. 30 coaches will be supplied by Alstom to serve the line in a configuration of 10 trainsets of three cars each. The rolling stock is based on Alstom's Adessia commuter train family, incorporating worldwide experience. The primary purpose of this Mass Rapid Transit System (MRTS) is a feeder to RRTS and a metro for the Meerut region.

S. V KUMAR SINGH, Managing Director – NCRTC, said “Namo Bharat trains and Meerut Metro are a testament to our unwavering commitment towards the realisation of the Hon'ble Prime Minister's Gati Shakti National Master Plan. In a first-of-its-kind initiative in the country, both these services will run on the same RRTS infrastructure. The modern Meerut Metro trainsets have been designed and manufactured indigenously under the Make-in-India initiative. Alstom team has worked hard in ensuring timely delivery of these MRTS trainsets in sync with the preparedness of infrastructure.”

Commenting on the delivery, O. LOISON, Managing Director, Alstom India said, “The Meerut Metro project is a step forward in the country's ambition to modernise intra and intercity rail travel and we are delighted to be delivering our next generation products towards realising this vision. With its connectivity to the Namo Bharat line, the combined service will drive a long-term positive impact for business and leisure travel in the northern belt.”

Designed at Alstom's Hyderabad engineering centre and manufactured at Savli (Gujarat), these trains are indigenous, in line with the government's Make-in-India and Aatmanirbhar Bharat ambitions. The trainset will undergo its due testing and validation upon arrival at the depot in Meerut.

In 2020, Alstom was awarded the

contract, and the scope of work includes:

- Design, build, and deliver the trainsets - 30 transit train cars

Design, supply and install the signalling, train control and telecommunication system, platform screen door & long-term evolution which is completed for the about 17km priority section for the launch.

- Provide comprehensive maintenance services for 15 years

The outstanding ergonomics, safety and comfort, low life cycle costs and high recyclability also contribute to making these new commuter trains an attractive sustainable choice to promote public transport, thereby reducing traffic congestion, air pollution and fuel consumption. They help to save travel costs and time as well as to change the lives of millions of citizens by connecting suburban places with the economic center of the region.

- The MRTS trains
  - Resemble the appearance of conformist metro trains.
  - Present a mix of longitudinal and lateral cushioned seating.
  - Offer a range of passenger-centric amenities, including overhead luggage racks, miniature screens within the coaches, wi-fi connectivity, and multiple USB sockets near the seats.
  - Feature designated wheelchair spaces for individuals with disabilities and stretcher space for emergency medical transfers. Emergency communication capabilities are also integrated into the coaches, designed, and manufactured in alignment with International Safety Standards.

The Meerut Metro will play a key role in promoting balanced and sustainable economic development of the region. The advanced, eco-friendly design will bring significant efficiencies through the incorporation of energy-saving technologies, including the modern car body, reliable bogies, efficient propulsion system and regenerative braking (From: Alstom Press Release, February 16<sup>th</sup>, 2024).

### Canada: Italferr, prima fase di sviluppo di una sezione della Ontario Line

Italferr, società di ingegneria del Polo Infrastrutture Gruppo FS, nell'ambito di un team di progettazione e insieme agli appaltatori Webuild e FCC, ha firmato un contratto per lo sviluppo e la costruzione della sezione “Pape Tunnel and Underground Stations (PTUS)” della Ontario Line in Canada (Fig. 4).

La nuova linea sarà situata nel cuore della Greater Toronto Region, dove si prevede un rapido aumento della popolazione dagli attuali 6 milioni di abitanti a oltre 8 milioni entro il 2030.

Italferr sarà responsabile della progettazione del rivestimento prefabbricato del tunnel (PCTL, pre-cast tunnel liner), dei sistemi di sicurezza antincendio e di ventilazione per il tunnel TBM specificati da *Infrastructure Ontario* (IO) e *Metrolinx*.

Il contratto PTUS per la Ontario Line sarà eseguito secondo un modello di contratto ‘Progressive Design-Build’ che prevede una stretta collaborazione tra cliente, costruttore e progettista, con la conseguente riduzione dei rischi di esecuzione nella fase di avvio e costruzione del progetto. Il contratto include la progettazione e la realizzazione di 3 km di tunnel gemelli, due stazioni metropolitane, tre edifici di uscita di emergenza/edifici di servizi di emergenza e l'interfaccia con la Linea 2 della *Toronto Transit Commission* e opere connesse.

Il valore effettivo del lavoro sarà definito sulla base dei requisiti progettuali inclusi nel contratto.

Con questo contratto, Italferr consolida la sua presenza in Canada, che già vede il nostro coinvolgimento nel progetto *Hurontario Light Rail Transit* e sul contratto *Rolling Stock, Systems, Operations and Maintenance* (RSSOM) relativo alla progettazione, costruzione, fornitura e gestione dei sistemi ferroviari della stessa *Ontario Line* (Da: *Comunicato Stampa Italferr Gruppo FS*, 31 gennaio 2024).



market (incluso UK) realizzano performance positive: crescono a doppia cifra la Germania (+19,1%) – che a novembre e dicembre 2023 aveva registrato una contrazione – e l'Italia (+10,6%), seguite da Francia (+9,2%), Regno Unito (+8,2%) e Spagna (+7,3%). A gennaio, le vetture elettriche pure (BEV) e le vetture diesel registrano la stessa quota di penetrazione (11,9%). In Italia, invece, l'immatricolato diesel pesa per il 15,4% nel mese, contro il solo 2,1% delle BEV, segnale del gap che ancora ci separa dagli altri maggiori Paesi europei rispetto alla diffusione delle auto elettriche. Nel nostro Paese proseguono le attività del Tavolo Sviluppo Automotive, i cui lavori dovrebbero concludersi entro marzo, mese in cui è prevista anche l'effettiva entrata in vigore del nuovo piano incentivi presentato lo scorso 1° febbraio. Confidiamo che queste nuove misure di incentivazione, oltre a stimolare la diffusione di vetture a bassissime e a zero emissioni, possano accelerare i ritmi di svecchiamento del parco circolante e, a tendere, portarci verso il target di 1,8 milioni di unità immatricolate all'anno (erano poco più di 1,5 milioni nel 2023), livello fisiologico per un Paese come l'Italia. Accanto ai necessari interventi sulla domanda, resta cruciale, per il nostro Paese, il tema della produzione, con il delicato obiettivo di far risalire i livelli produttivi ad almeno 1 milione di veicoli leggeri l'anno, in modo da mantenere in buono stato di salute tutta la filiera, inclusa la componentistica”.

Nell'area UE+EFTA+UK, a gennaio, le immatricolazioni di auto ad alimentazione alternativa incrementano del 23,5%; si mantengono in crescita sia le auto BEV (+29,3%, con l'11,9% di quota), che le ibride tradizionali (+21,4%, con una quota del 29,3%). Nel complesso, sono state immatricolate 498.655 vetture ibride di tutti i tipi ed elettriche, che rappresentano, insieme, il 49,1% del mercato. Le auto ricaricabili (BEV e PHEV) raggiungono il 19,8% di quota. Se consideriamo i soli 5 major market, le vendite di auto ricaricabili ammontano invece a 115.307 unità a gennaio (+21,6%), con una quota del 16,7%.

In Italia, i volumi totalizzati a gennaio 2024 si attestano a 141.885 (+10,6%). Secondo le stime di ISTAT, a gennaio l'indice nazionale dei prezzi al consumo registra un aumento dello 0,3% su base mensile e dello 0,8% su base annua (da +0,6% del mese precedente). L'accelerazione su base tendenziale dell'inflazione è dovuta all'aumento dei prezzi dei Servizi relativi ai trasporti (da +3,7% a +4,3%) e dei Beni alimentari non lavorati (da +7,0% a +7,5%) e alla diminuzione della flessione dei prezzi dei Beni energetici regolamentati (da -41,6% a -21,4%). Nell'ambito degli Energetici non regolamentati, la dinamica tendenziale dei prezzi si attesta al -21,2% (da -21,1% di dicembre; +0,3% il congiunturale). Questo andamento riflette l'evoluzione dei prezzi dell'Energia elettrica mercato libero (da -50,7% a -45,1%), quelli del Gas di città e gas naturale mercato libero (da -41,3% a -39,5%) e quelli del Gasolio per riscaldamento (da -6,2% a -5%). Al contrario, decelerano i prezzi della Benzina (da +5% a -1,2%; -0,4% il congiunturale) e ampliano la flessione quelli del Gasolio per mezzi di trasporto (da -0,5% a -5,9%; -1% su base mensile) e quelli degli Altri carburanti (da -14,4% a -15,2%; -0,6% sul mese). Analizzando il mercato per alimentazione, le autovetture a benzina chiudono gennaio in crescita del 26,7%, con una quota di mercato del 30,5%. Calano, invece, le autovetture diesel (-8,7% su gennaio 2023), con una quota del 15,4%. Le immatricolazioni delle auto ad alimentazione alternativa rappresentano il 54% del mercato del solo mese di gennaio, con volumi in aumento rispetto allo stesso mese del 2023 (+9,4%). Le autovetture elettrificate rappresentano il 42,9% del mercato di gennaio, con volumi in crescita del 9,4%. Tra queste, le ibride mild e full aumentano del 14,2% nel mese, con una quota di mercato del 37,9%. Le immatricolazioni di autovetture ricaricabili calano del 25,3% nel mese (quota di mercato: 5%): nel dettaglio, le auto elettriche hanno una quota del 2,1% (in flessione dell'11,1% nel mese), mentre le ibride plug-in, che registrano un -33,1%, hanno una quota del

2,9%. Infine, le autovetture a gas rappresentano l'11,1% dell'immatricolato di gennaio, di cui l'11% è composto da autovetture Gpl (+16,7% su gennaio 2023); la quota residuale è costituita da autovetture a metano (che rispetto a 12 mesi fa sono il 22,4% in meno).

La Spagna totalizza 68.685 immatricolazioni a gennaio 2024, il 7,3% in più rispetto allo stesso mese dello scorso anno. L'Associazione spagnola dell'automotive ANFAC rileva che l'anno inizia con una nota positiva: se si considera che gennaio 2023 si era limitato a registrare gran parte degli ordini effettuati a novembre e dicembre 2022, ritardati per problemi logistici, gennaio 2024 ha prodotto un buon risultato – seppure il mercato sia ancora lontano dalle cifre del 2020. Bisogna riconoscere la resilienza del settore automobilistico, che sa adattarsi a ogni tipo di crisi endogena ed esogena senza fermarsi. Ora bisogna fare i conti con i ritardi causati dagli attacchi terroristici nel Mar Rosso – che costringono le navi da carico a fare il giro dell'Africa per raggiungere l'Europa – e con la grave siccità, che può influire non solo sulla quotidianità delle persone, ma anche sulla produzione di tutti i tipi di beni. In attesa di vedere come si comporterà il mercato di febbraio, si confida nell'avvicinamento al traguardo di un milione di auto nuove nel 2024. Nel dettaglio, secondo i canali di vendita, a gennaio 2024 le nuove immatricolazioni intestate a società diminuiscono dell'1,6% rispetto a gennaio 2023 e le vendite ai privati segnano +6,3%, mentre il canale del noleggio cresce del 74,6%. Le autovetture ibride non ricaricabili rappresentano il 38,5% del mercato del mese di gennaio (+26,6%). A seguire, le vetture a benzina sono il 34,9% del mercato mensile (il 7,4% in meno rispetto a gennaio 2023), le diesel l'11% (ma diminuiscono del 10,2% rispetto al primo mese del 2023), seguite dalle ibride plug-in (6,7% la quota del mese e +11,5% sullo scorso anno), dalle elettriche (4,9% nel mese e una variazione positiva del 14,3%), e dalle auto a gas (4% di quota di mercato). Le emissioni medie di CO2 nel mese di

gennaio 2024 si attestano a 116,2 g/km, il 2% in meno di gennaio 2023.

In Francia, a gennaio 2024, si registrano 122.284 nuove immatricolazioni, in crescita del 9,2% rispetto a gennaio 2023. Rispetto allo stesso mese dello scorso anno, calano ancora le autovetture diesel (-23,3%) e a bioetanolo (-45,3%). Anche le benzina registrano un segno negativo (-3,7%), mentre tutte le altre alimentazioni sono in aumento. In particolare, le elettriche hanno una quota di mercato del 16,4% nel mese, contro il 13,1% di un anno fa. Nel mercato tedesco sono state immatricolate a gennaio 213.553 unità, in crescita del 19,1%. Dal punto di vista delle alimentazioni alternative, le auto ibride rappresentano il 24,4% del mercato nel mese, di cui il 6,7% sono ibride plug-in. Con una quota del 10,5%, le auto elettriche (BEV) registrano un incremento del 23,9%. Infine, le vetture a gas rappresentano lo 0,9% nel mese. Le emissioni medie di CO2 delle auto di nuova immatricolazione diminuiscono del 4,1% rispetto a gennaio 2023 e si attestano a 125,6 g/km.

Il mercato inglese, infine, a gennaio totalizza 142.876 nuove autovetture immatricolate, con un rialzo dell'8,2% rispetto allo stesso mese dello scorso anno. L'Associazione inglese dell'automotive SMMT fa notare che ci sono voluti poco più di 20 anni per raggiungere il traguardo del milione di veicoli elettrici, ma con le giuste politiche sarà possibile raddoppiare questo risultato in soli due anni. La crescita del mercato dipende attualmente dalle vendite nel canale delle auto aziendali e in quello delle flotte. Il governo deve quindi utilizzare il prossimo bilancio per sostenere anche gli acquirenti privati, dimezzando temporaneamente l'IVA per ridurre le emissioni di carbonio, stimolando la crescita economica e aiutando tutti i consumatori a passare ad un veicolo elettrico, scelta necessaria per perseguire l'obiettivo del net zero. Nel mese, le immatricolazioni delle flotte crescono del 29,9%, mentre le vetture intestate a privati calano del 15,8% e quelle intestate alle aziende registrano una flessione del 17,7%.

Le vendite di veicoli elettrici registrano un trend positivo: +21% e una quota di mercato del 14,7% nel mese di gennaio. Le ibride plug-in (PHEV) segnano invece un incremento del 31,1% e hanno una quota dell'8,4%, superiore a quella dello scorso anno, che era del 6,9%. A gennaio riprende il calo delle vetture diesel (-10,1%, con una quota del 6,5%), mentre le auto a benzina registrano volumi in rialzo del 7,5% rispetto a gennaio 2023, attestandosi ad una quota di mercato del 57,3% (Da: Comunicato Stampa ANFIA, 20 febbraio 2024).

### **International: opening of 2024 with a positive sign for the European car market**

*According to data released by ACEA, in the countries of the European Union enlarged to EFTA and the United Kingdom (EU 27 + EFTA + United Kingdom: please note that from 1 February 2020 the United Kingdom is no longer part of the European Union; data for Malta are not currently available) in January car registrations amounted to 1,015,381 units, 11.5% more than in January 2023. "After the decline recorded in December 2023 (-3.8%), the European car market returns to have a positive sign and opens the new year with a double-digit increase (+11.5%), thanks also to the powerful growth of the German market – states R. VAVASSORI, President by ANFIA – "In the first month of 2024, all five major markets (including the UK) achieved positive performances: Germany grew by double digits (+19.1%) – which had recorded a contraction in November and December 2023 – and Italy (+10.6%), followed by France (+9.2%), United Kingdom (+8.2%) and Spain (+7.3%). In January, pure electric vehicles (BEVs) and diesel vehicles recorded the same penetration share (11.9%). In Italy, however, diesel registrations accounted for 15.4% in the month, compared to only 2.1% for BEVs, a sign of the gap that still separates us from the other major European countries with respect to the spread of electric cars. In our country, the activities of the Automotive Development Table continue, the work of which*

*should be completed by March, the month in which the new incentive plan presented last February 1st is also expected to come into force. We are confident that these new incentive measures, in addition to stimulating the spread of very low and zero emission cars, can accelerate the pace of modernization of the fleet and, ultimately, take us towards the target of 1.8 million units registered per year (there were just over 1.5 million in 2023), a physiological level for a country like Italy. Alongside the necessary interventions on demand, the issue of production remains crucial for our country, with the delicate objective of raising production levels to at least 1 million light vehicles per year, in order to maintain a good state of health the entire supply chain, including components".*

*In the EU+EFTA+UK area, in January, registrations of alternative fuel cars increased by 23.5%; Both BEV cars (+29.3%, with an 11.9% share) and traditional hybrids (+21.4%, with a 29.3% share) continue to grow. Overall, 498,655 hybrid and electric cars of all types were registered, which together represent 49.1% of the market. Rechargeable cars (BEV and PHEV) reach 19.8% share. If we consider just the 5 major markets, sales of rechargeable cars amounted to 115,307 units in January (+21.6%), with a share of 16.7%.*

*In Italy, the volumes totaled in January 2024 stood at 141,885 (+10.6%). According to ISTAT estimates, in January the national consumer price index recorded an increase of 0.3% on a monthly basis and 0.8% on an annual basis (from +0.6% in the previous month). The acceleration on a trend basis of inflation is due to the increase in prices of transport-related services (from +3.7% to +4.3%) and unprocessed food goods (from +7.0% to +7.5%) and the decrease in the price decline of regulated energy goods (from -41.6% to -21.4%). In the area of non-regulated energy, the trend trend in prices stands at -21.2% (from -21.1% in December; +0.3% on the economic cycle). This trend reflects the evolution of the prices of free market*

electricity (from -50.7% to -45.1%), those of free market city gas and natural gas (from -41.3% to -39, 5%) and those of heating oil (from -6.2% to -5%). On the contrary, petrol prices decelerated (from +5% to -1.2%; -0.4% the economic situation) and those of diesel for transport vehicles widened the decline (from -0.5% to -5, 9%; -1% on a monthly basis) and those of Other fuels (from -14.4% to -15.2%; -0.6% on a monthly basis). Analyzing the market by fuel, petrol cars closed January with growth of 26.7%, with a market share of 30.5%. On the other hand, diesel cars are decreasing (-8.7% compared to January 2023), with a share of 15.4%. Registrations of alternative fuel cars represent 54% of the market in January alone, with volumes increasing compared to the same month of 2023 (+9.4%). Electrified cars represent 42.9% of the January market, with volumes growing by 9.4%. Among these, mild and full hybrids increased by 14.2% in the month, with a market share of 37.9%. Registrations of rechargeable cars fell by 25.3% in the month (market share: 5%): in detail, electric cars have a share of 2.1% (down by 11.1% in the month), while plug-in hybrids, which recorded -33.1%, have a share of 2.9%. Finally, gas cars represent 11.1% of registrations in January, of which 11% are made up of LPG cars (+16.7% on January 2023); the residual share is made up of methane cars (which are 22.4% less compared to 12 months ago).

Spain totals 68,685 registrations in January 2024, 7.3% more than the same month last year. The Spanish Automotive Association ANFAC notes that the year begins on a positive note: if we consider that January 2023 was limited to recording a large part of the orders placed in November and December 2022, delayed due to logistical problems, January 2024 produced a good result - although the market is still far from the 2020 figures. We must recognize the resilience of the automotive sector, which knows how to adapt to any type of endogenous and exogenous crisis without stopping. Now we have to deal with the delays caused by terrorist attacks in the Red Sea - which

force cargo ships to go around Africa to reach Europe - and with the serious drought, which can affect not only people's daily lives, but also on the production of all types of goods. While waiting to see how the February market will behave, we are confident that we will be approaching the milestone of one million new cars in 2024. In detail, according to the sales channels, in January 2024 new registrations registered to companies decreased by 1.6% compared to January 2023 and sales to private individuals marked +6.3%, while the rental channel grew by 74.6%. Non-rechargeable hybrid cars represent 38.5% of the market in January (+26.6%). Following this, petrol cars account for 34.9% of the monthly market (7.4% less than in January 2023), diesel cars for 11% (but down by 10.2% compared to the first month of 2023), followed by plug-in hybrids (6.7% share for the month and +11.5% on last year), by electric ones (4.9% in the month and a positive variation of 14.3%), and by gas cars (4% market share). Average CO2 emissions in January 2024 stood at 116.2 g/km, 2% less than January 2023.

In France, in January 2024, 122,284 new registrations were recorded, up 9.2% compared to January 2023. Compared to the same month last year, diesel cars (-23.3%) and bio-ethanol cars (-45) continued to decline. ,3%). Petrol fuels also recorded a negative sign (-3.7%), while all other fuels were increasing. In particular, electric cars had a market share of 16.4% in the month, compared to 13.1% a year ago. In the German market, 213,553 units were registered in January, an increase of 19.1%. From the point of view of alternative fuels, hybrid cars represent 24.4% of the market in the month, of which 6.7% are plug-in hybrids. With a share of 10.5%, electric cars (BEV) recorded an increase of 23.9%. Finally, gas cars represent 0.9% in the month. The average CO2 emissions of newly registered cars decreased by 4.1% compared to January 2023 and stood at 125.6 g/km.

Finally, the English market totaled 142,876 new cars registered in Janu-

ary, with an increase of 8.2% compared to the same month last year. The English Automotive Association SMMT points out that it took just over 20 years to reach the milestone of one million electric vehicles, but with the right policies it will be possible to double this result in just two years. Market growth currently depends on sales in the company car and fleet channels. The government must therefore use the next budget to also support private buyers by temporarily halving VAT to reduce carbon emissions, stimulating economic growth and helping all consumers to switch to an electric vehicle, which is necessary to achieve the goal of net zero. In the month, fleet registrations grew by 29.9%, while cars registered to private individuals fell by 15.8% and those registered to companies recorded a decline of 17.7%. Sales of electric vehicles recorded a positive trend: +21% and a market share of 14.7% in the month of January. Plug-in hybrids (PHEVs) instead recorded an increase of 31.1% and had a share of 8.4%, higher than last year, which was 6.9%. In January the decline in diesel cars resumes (-10.1%, with a share of 6.5%), while petrol cars recorded volumes rising by 7.5% compared to January 2023, reaching a market share of 57.3% (From: ANFIA Press Release, 20 February 2024).

## VARIE OTHERS

### USA: la NASA assegna un contratto per lo sviluppo e le operazioni del volo spaziale

La NASA ha selezionato Sierra Lobo Inc. di Fremont, Ohio, per supportare la progettazione, lo sviluppo, i test e le operazioni dell'hardware del volo spaziale presso il Glenn Research Center della NASA a Cleveland.

Il Contratto III per lo sviluppo e le operazioni dei sistemi di volo spaziale è un contratto a costo più compenso fisso che prevede una fornitura a costo più compenso fisso e a prezzo fisso con consegna indefinita/quantità indefinita con un valore potenziale

massimo di circa 282,1 milioni di dollari. Si prevede che il periodo transitorio di 90 giorni inizierà martedì 27 febbraio, seguito da un periodo base di tre anni e due periodi di opzione di due anni.

Il contratto di sviluppo e operazioni dei sistemi comprende lo sviluppo e la fornitura di hardware e software per lo sviluppo tecnologico, hardware e software per il volo spaziale, attrezzature di supporto a terra, ricambi, nonché integrazione e operazioni di missione e ingegneria di supporto. L'appaltatore sarà responsabile della definizione, progettazione, sviluppo, analisi, fabbricazione, assemblaggio, test, verifica, consegna e funzionamento dei sistemi di volo spaziale, dei sistemi e delle apparecchiature di supporto associati e delle relative attività di terra,

comprese ricerca, scienza e tecnologia sviluppo e dimostrazioni (Da: *Comunicato Stampa NASA*, 22 febbraio 2024).

### **USA: NASA awards spaceflight development, operations contract**

*NASA has selected Sierra Lobo Inc. of Fremont, Ohio, to support spaceflight hardware design, development, testing, and operations at NASA's Glenn Research Center in Cleveland.*

*The Space Flight Systems Development and Operations Contract III is a cost-plus-fixed-fee contract featuring a cost-plus-fixed-fee and firm-fixed-price indefinite-delivery/indefinite-quantity provision with a maximum potential value of approximately \$282.1 million. The 90-day phase-in period is antici-*

*pated to begin on Tuesday, Feb. 27, followed by a three-year base period and two two-year option periods.*

*The systems development and operations contract encompasses the development and delivery of technology development hardware and software, space flight hardware and software, ground support equipment, spares, as well as mission integration and operations, and sustaining engineering. The contractor will be responsible for the definition, design, development, analysis, fabrication, assembly, test, verification, delivery, and operation of space flight systems, associated support systems and equipment, and related ground activities, including research, science, and technology development and demonstrations (From: NASA Press Release, February 22<sup>nd</sup>, 2024).*



- Il/La sottoscritto/a .....  
Preso visione dello Statuto del **Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani (C.I.F.I.)**, Associazione culturale senza scopi di lucro, e consapevole che la mancata disdetta entro il **30 settembre** di ogni anno comporta il tacito rinnovo per l'anno seguente, chiede di entrare a far parte del CIFI dell'Associazione in qualità di:  
 Socio: "ordinario"                       Socio: "aggregato"                       Socio: "junior"
- Allega alla presente la ricevuta del pagamento della prima quota associativa per l'anno ..... come iscrizione, essendo a conoscenza che riceverà le riviste "**Ingegneria Ferroviaria**" (Organo Ufficiale del Collegio), **la Tecnica Professionale** e le comunicazioni e la corrispondenza ordinaria al momento dell'accettazione di tale richiesta (art. 10 dello Statuto) per posta elettronica.
- Fa presente che le riviste (I.F. e TP) dovranno essere inviate al seguente indirizzo:  
Via ..... C.a.p. .... Città ..... (prov.) .....  
 **Desidera ricevere le riviste "Ingegneria Ferroviaria" e "La Tecnica Professionale" on line anziché su cartaceo**
- Le comunicazioni e-mail dovranno essere inviate presso il seguente indirizzo di posta elettronica: .....
- Si impegna a dare comunicazione immediata di eventuali variazioni di indirizzo e chiede di essere iscritto alla Sezione di .....  
 Soci Ordinari e Aggregati: **85,00 €/anno** con entrambe le riviste periodiche  
 Soci Ordinari e Aggregati (under 35) **60,00 €/anno** con entrambe le riviste periodiche  
 Soci Junior (studenti - under 28 anni) **25,00 €/anno** con entrambe le riviste periodiche, solo online  
 Nuovi Associati (studenti, neolaureati e neoassunti per i primi 3 anni di iscrizione fino a 35 anni) **0 €/anno** con entrambe le riviste periodiche, solo online
- Da versare nelle seguenti modalità:  
 Conto corrente postale n.**31569007** intestato a Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani - Via Giolitti Giovanni, 46 - 00185 Roma  
 Bonifico bancario sul conto: **Codice IBAN: IT 29 U 02008 05203 000101180047** - Codice BIC/SWIFT: UNCRITM1704, intestato a Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani, presso UNICREDIT BANCA - Ag. 704 - ROMA ORLANDO  
 Carta di credito/prepagata sul sito **[www.shop.cifi.it](http://www.shop.cifi.it)**
- Il rinnovo della quota va effettuato entro i termini previsti dallo Statuto ovvero entro il **31 dicembre** dell'anno precedente.  
 *Facendo parte del personale del Gruppo FSI S.p.A. chiede di versare la quota annuale con trattenuta a ruolo Sul sito del CIFI è disponibile l'apposito modulo da compilare e trasmettere al CIFI.*
- Firma del Socio presentatore .....

## SCHEDA ANAGRAFICA

Cognome - Nome

Luogo - Data di Nascita

Indirizzo privato - Città - Prov. - C.A.P.

E-mail - Telefono Ab. / Uff. / Mob

Laurea Triennale - Università - Anno Accademico

Laurea Specialistica - Università - Anno Accademico

Ente/Società di appartenenza - Qualifica professionale

Iscrizione Ordine degli Ingegneri - Numero - Provincia

- Il/La sottoscritto/a, ai sensi del D.Lgs 196/2003 e del Regolamento UE 2016/679 (GDPR), esprime il proprio consenso al trattamento dei dati personali rilasciati in data odierna per gli usi esclusivi delle attività interne del Collegio.

- Data .....
- Firma .....

## Notiziario CIFI

### Visita al Polo Museale ASTRAL di Roma - Sezione di Roma

*Ivan CUFARI*

Il giorno 19 dicembre alcuni Delegati della sezione del CIFI di Roma si sono recati presso la Stazione di Porta San Paolo per una visita guidata al Polo Museale ASTRAL. La Stazione, punto di partenza della linea ferroviaria Roma-Ostia Lido, si affaccia sulla storica cornice di Piazzale Ostiense, a due passi dalla Piramide Cestia e dal Cimitero Acattolico, nonché da Porta Ostiense.

La Stazione, progettata dall'architetto Marcello PIA-CENTINI, fu inaugurata il 10 agosto 1924 ma successivamente distrutta da un bombardamento nel 1943 e ricostruita ex-novo. L'architettura della struttura è caratterizzata da un ambiente completamente aperto, molto luminoso e di dimensioni ragguardevoli che rimarca il carattere di stazione soprattutto estiva considerata la meta della linea ferroviaria. Per questo motivo il tema narrativo richiamato dalle decorazioni dell'interno è il mare popolato da vari animali, creature e onde.

Originariamente, la stazione doveva rappresentare un anelito verso il futuro, distinguendosi dalla tipica stazione Ottocentesca per le banchine con "accesso a raso", poste alla stessa altezza dell'ingresso dei vagoni e la sostituzione delle gallerie in ferro e vetro con pensiline in cemento armato.

Ai cenni storici e architettonici della Stazione di Porta San Paolo, è seguita la visita guidata al Polo Museale. Questo giardino, inaugurato nel 2004 e situato nel cuore della Capitale, ospita un'esposizione permanente di locomotori e tram storici restaurati grazie alla passione del personale, oggetti del "mestiere", i biglietti, i documenti, nonché loghi e numerose fotografie, che descrivono la storia delle tranvie romane e delle ferrovie del Lazio in concessione.

Nel cortile del Polo Museale sono presenti il Locomotore 1 (Fig. 1) utilizzato sulla Roma-Genazzano poi Roma-



(Fonte - Cortesia di A. RIGUCCI)

Figura 1 – Il Locomotore 1 esposto presso il giardino del Polo Museale ASTRAL.

## VITA DEL CIFI

Fiuggi-Frosinone e il Locomotore 05, primo veicolo ricostruito nel 1945 dopo la guerra.



(Fonte - Cortesia di A. RIGUCCI)

Figura 2 - L'elettromotrice ECD12, detto anche il "Treno della Toscana".

Il percorso museale prosegue con altre vetture: l'Elettromotrice ECD12 (Fig. 2), detto anche il "Treno della Toscana", l'Elettromotrice 70 (Fig. 3), che collegava Roma e i Castelli Romani, l'Elettromotrice 404 e celebre per aver animato alcune scene del film "Roma città aperta". Inoltre, è esposto il carro merci delle Tramvie Castelli Romani (STFER, poi STEFER), costruito nel 1951 riutilizzando residui del dopoguerra.

Terminata l'esposizione in esterna si è avuto modo di ammirare ulteriori testimonianze storiche presenti nell'ex



(Fonte - Cortesia di A. RIGUCCI)

Figura 3 - L'elettromotrice 70.

biglietteria estiva della Ferrovia Roma-Lido, prima ridotta a deposito cartaceo. All'interno del Polo Museale, è anche presente un plastico ferroviario che riproduce in scala una località italiana.

L'occasione della visita è stato motivo di socialità fra i soci CIFI, i suoi dipendenti e i rappresentanti ASTRAL (Fig. 4).



Figura 4 - I partecipanti alla visita presso il Polo Museale.

## INDICE PER ARGOMENTO

- 1 – CORPO STRADALE, GALLERIE, PONTI, OPERE CIVILI
- 2 – ARMAMENTO E SUOI COMPONENTI
- 3 – MANUTENZIONE E CONTROLLO DELLA VIA
  
- 4 – VETTURE
- 5 – CARRI
- 6 – VEICOLI SPECIALI
- 7 – COMPONENTI DEI ROTABILI
  
- 8 – LOCOMOTIVE ELETTRICHE
- 9 – ELETTROTRENI DI LINEA
- 10 – ELETTROTRENI SUBURBANI E METRO
- 11 – AZIONAMENTI ELETTRICI E MOTORI DI TRAZIONE
- 12 – CAPTAZIONE DELLA CORRENTE E PANTOGRAFI
- 13 – TRENI, AUTOMOTRICI E LOCOMOTIVE DIESEL
- 14 – TRASMISSIONI MECCANICHE E IDRAULICHE
- 15 – DINAMICA, STABILITÀ DI MARCIA, PRESTAZIONI, SPERIMENTAZIONE
  
- 16 – MANUTENZIONE, AFFIDABILITÀ E GESTIONE DEL MATERIALE ROTABILE
- 17 – OFFICINE E DEPOSITI, IMPIANTI SPECIALI DEL MATERIALE ROTABILE
  
- 18 – IMPIANTI DI SEGNALAMENTO E CONTROLLO DELLA CIRCOLAZIONE - COMPONENTI
- 19 – SICUREZZA DELL'ESERCIZIO FERROVIARIO
- 20 – CIRCOLAZIONE DEI TRENI
  
- 21 – IMPIANTI DI STAZIONE E NODALE E LORO ESERCIZIO
- 22 – FABBRICATI VIAGGIATORI
- 23 – IMPIANTI PER SERVIZIO MERCI E LORO ESERCIZIO
  
- 24 – IMPIANTI DI TRAZIONE ELETTRICA
  
- 25 – METROPOLITANE, SUBURBANE
- 26 – TRAM E TRAMVIE
  
- 27 – POLITICA ED ECONOMIA DEI TRASPORTI, TARIFFE
- 28 – FERROVIE ITALIANE ED ESTERE
- 29 – TRASPORTI NON CONVENZIONALI
- 30 – TRASPORTI MERCI
- 31 – TRASPORTO VIAGGIATORI
- 32 – TRASPORTO LOCALE
- 33 – PERSONALE
  
- 34 – FRENI E FRENATURA
- 35 – TELECOMUNICAZIONI
- 36 – PROTEZIONE DELL'AMBIENTE
- 37 – CONVEGNI E CONGRESSI
- 38 – CIFI
- 39 – INCIDENTI FERROVIARI
- 40 – STORIA DELLE FERROVIE
- 41 – VARIE

**I lettori che desiderano fotocopie delle pubblicazioni citate in questa rubrica, e per le quali è autorizzata la riproduzione, possono farne richiesta al CIFI - Via Giolitti, 46 - 00185 ROMA. Prezzo forfettario delle riproduzioni: - € 6,00 fino a quattro facciate e € 0,50 per facciata in più, oltre le spese postali ed IVA. Spedizione in porto assegnato. Si eseguono ricerche bibliografiche su argomenti a richiesta, al prezzo di € 6,00 per un articolo segnalato e € 2,00 per ogni copia in più dello stesso articolo, oltre le spese postali ed IVA.**

**Tutte le riviste citate in questa rubrica sono consultabili presso la Biblioteca del CIFI - Via Giolitti, 46 - 00185 ROMA - Tel. 0647306454; FS (970) 66454 – Segreteria: Tel. 064882129.**

## CONDIZIONI DI ABBONAMENTO A IF - INGEGNERIA FERROVIARIA ANNO 2024

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

Prezzi IVA inclusa [€/anno]	Cartaceo	Online
- <b>Ordinari</b>	60,00	50,00
- Per il personale <b>non ingegnere</b> del Ministero delle Infrastrutture, e dei Trasporti, delle Ferrovie e Tranvie in concessione e Pensionati FS	45,00	35,00
- <b>Studenti</b> (allegare certificato di frequenza Università) <sup>(*)</sup> – (copia rivista online)		25,00
- <b>Estero</b>	180,00	50,00

*(\*) Gli studenti, dopo i 3 anni di iscrizione gratuita come nuovi associati, fino al compimento del 28° anno di età, possono iscriversi al CIFI quali Soci Juniores con una quota annua di € 25,00 che include l'invio online delle Riviste "IF - Ingegneria Ferroviaria" e "la Tecnica Professionale".*

I pagamenti possono essere effettuati (specificando la causale del versamento) tramite:

- CCP **31569007** intestato al CIFI – Via G. Giolitti, 46 – 00185 Roma;
- bonifico bancario sul c/c n. 000101180047 – Unicredit Roma, Ag. Roma Orlando – Via Vittorio Emanuele Orlando, 70 – 00185 Roma. IBAN IT29U0200805203000101180047 - BIC: UNCRITM1704;
- pagamento online, collegandosi al sito [www.cifi.it](http://www.cifi.it);
- in contanti o tramite Carta Bancomat.

**Il rinnovo degli abbonamenti dovrà essere effettuato entro e non oltre il 31 marzo dell'annata richiesta. Se entro suddetta data non sarà pervenuto l'ordine di rinnovo, l'abbonamento verrà sospeso.**

**Per gli abbonamenti sottoscritti dopo tale data, le spese postali per la spedizione dei numeri arretrati saranno a carico del richiedente.**

Per ulteriori informazioni: Redazione Ingegneria Ferroviaria – tel. 06.4742987 - E mail: [redazioneif@cifi.it](mailto:redazioneif@cifi.it)

### RICHIESTA FASCICOLI ARRETRATI ED ESTRATTI

#### Prezzi IVA inclusa

Un fascicolo € **8,00**; doppio o speciale € **16,00**; un fascicolo arretrato: *Italia* € **16,00**; *Estero* € **20,00**.

Estratto di un singolo articolo apparso su un numero arretrato € **9,50** formato cartaceo compreso di spedizione; € **7,50** formato PDF. *I versamenti, anticipati, potranno essere eseguiti nelle medesime modalità previste per gli abbonamenti.*

## TERMS OF SUBSCRIPTION TO IF - INGEGNERIA FERROVIARIA YEAR 2024

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

Price including VAT	Paper	Online
- <b>Normal (Italy)</b>	60.00	50.00
- Infrastructure and Transport Ministry staff, local railways staff, retired FSI staff	45.00	35.00
- <b>Students</b> (University attesting documentation required) <sup>(*)</sup> – (online version of IF journal)		25.00
- <b>Foreign countries</b>	180.00	50.00

*(\*) After 3 years of free association, students younger than 28 can enroll as CIFI Junior Associates with a yearly rate of € 25.00, which includes the online "IF - Ingegneria Ferroviaria" and "la Tecnica Professionale" subscription.*

The payment can be performed (specifying the motivation) by:

- CCP **31569007** to CIFI – Via G. Giolitti, 46 – 00185 Roma;
- Bank transfer on account n. 000101180047 – UNICREDIT Roma, Ag. Roma Orlando – Via Vittorio Emanuele Orlando, 70 – 00185 Roma. IBAN: IT29U0200805203000101180047 - BIC: UNCRITM1704;
- Online, on the website [www.cifi.it](http://www.cifi.it);
- Cash or by Debit Card.

**The renewal of the subscription must be performed within March 31<sup>st</sup> of the concerned year. In case of lack of renewal after this date, the subscription will be suspended.**

For further information you can contact: Redazione Ingegneria Ferroviaria – Ph: +39.06.4742987 – E mail: [redazioneif@cifi.it](mailto:redazioneif@cifi.it)

### PURCHASE OF OLD ISSUES AND ARTICLES

#### Price including VAT

Single Issue € **8.00**; Double or Special Issue € **16.00**; Old Issue: *Italy* € **16.00**; *Foreign Countries* € **20.00**.

Single article € **9.50** shipping included; € **7.50** PDF article.

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

	IF Biblio	<b>Circolazione dei treni</b>	<b>20</b>
256	<p>La stima della propagazione dei ritardi: confronto tra le metodologie analitiche e approcci simulativi nel caso di studio della Linea "Direttissima" Roma-Firenze.</p> <p>(Prencipe-Petrelli)</p> <p><i>Estimation of the propagation of delays: comparison between analytical methodologies and simulation approaches in the case study of the line "Direttissima" Rome-Florence.</i></p>	<p><i>Ingegneria Ferroviaria</i>, novembre 2021, pagg. 841-869, figg. 20. Biblio 38 titoli.</p> <p>Il presente lavoro approfondisce gli effetti della propagazione del ritardo in relazione ad un determinato valore del numero di treni circolanti nell'unità di tempo. L'ambiente di studio ha come riferimento la linea ad alta velocità "Direttissima" Roma-Firenze, asse portante della direttrice dorsale AV Torino-Milano-Napoli.</p>	

	IF Biblio	<b>Ferrovie italiane ed estere</b>	<b>28</b>
429	<p>Accesso multimodale a luoghi minori in aree di alto valore ambientale e culturale: mappatura GIS per un turismo a bassa velocità fra le stazioni della rete fra Torino e Milano</p> <p>(Rolando – Scandiffio)</p> <p><i>Sustainability</i>, 14(23), 2022, 15723, pagg. 16, fig. 6. Biblio 60 titoli.</p> <p><i>Multimodal Access to Minor Places in Heritage-Rich Landscapes: GIS Mapping to Define Slow-Tourism</i></p>	<p><i>Routes from the Stations in the Railway Networks in-between Turin and Milan. Multimodal Access to Minor Places in Heritage-Rich Landscapes: GIS Mapping to Define Slow-Tourism Routes from the Stations in the Railway Networks in-between Turin and Milan</i></p> <p>Metodica per evidenziare su support GIS i nodi più significativi della rete ferroviaria tra Torino e Milano ai fini della costruzione di percorsi per un turismo lento, secondo connessioni in bici della durata di 15 minuti.</p>	

## LA RETE DEGLI INTERPORTI ITALIANI

dalla legge 240/90 al Green Deal

AA.VV.



a cura di  
Gianfranco De Angelis e Francesca Cesarale

deComporre Edizioni

LA RETE DEGLI INTERPORTI ITALIANI dalla legge 240/90 al Green Deal

La pubblicazione vuole raccontare la storia di trent'anni di interporti dal punto di vista di chi ha seguito l'evoluzione di queste grandi infrastrutture per il trasporto intermodale dagli anni '90 sino ai giorni nostri.

Gli autori sono tra i protagonisti principali di questa vicenda di trasporti "italiana" e riportano le loro esperienze dal punto di vista dell'amministratore pubblico e dell'imprenditore privato.

Sì, perché la storia della rete italiana degli interporti è soprattutto la storia di un'unione felice tra pubblico e privato. Non mancano i riferimenti all'attualità e, in particolare, al rilievo comunitario delle infrastrutture intermodali nell'ottica del nuovo Green Deal europeo.

L'intenzione degli autori di questo volume non è però soltanto quella di raccontare una storia di successo, ma anche quella di fornire suggerimenti e, perché no, insegnamenti per il futuro.

Come nella citazione di Steve Jobs, riportata nel primo capitolo ("...devi avere fiducia che i punti in qualche modo si collegheranno nel tuo futuro"), la panoramica contenuta in questo libro ha un senso se proiettata in avanti.

Il motore principale del lavoro è, da un lato, celebrare una storia di trasporti durata un trentennio, dall'altro offrire degli spunti di riflessione e di approfondimento per il legislatore, i pianificatori, gli amministratori, ma, soprattutto, per le generazioni future, quelli che, si augura, saranno "i logistici del domani".

euro 25.00



## Elenco di tutte le Pubblicazioni CIFL

### 1 – TESTI SPECIFICI DI CULTURA PROFESSIONALE

#### 1.1 – Cultura Professionale - Trazione Ferroviaria

- 1.1.6 E. PRINCIPE – “Impianti di riscaldamento ad aria soffiata” (Vol. 1° e 2°) ..... € 20,00
- 1.1.8 G. PIRO - G. VICUNA – “Il materiale rotabile motore” ..... € 20,00
- 1.1.10 A. MATRICARDI - A. TAGLIAFERRI – “Nozioni sul freno ferroviario” ..... € 15,00
- 1.1.11 V. MALARA – “Apparecchiature di sicurezza per il personale di condotta” ..... € 30,00
- 1.1.12 G. PIRO – “Cenni sui sistemi di trasporto terrestri a levitazione magnetica” ..... € 15,00

#### 1.2 – Cultura Professionale - Armamento ferroviario

- 1.2.3 L. CORVINO – “Riparazione delle rotaie ed apparecchi del binario mediante la saldatura elettrica ad arco” (Vol. 6°) ..... € 15,00

#### 1.3 – Cultura Professionale - Impianti Elettrici Ferroviari

- 1.3.16 A. FUMI – “La gestione degli Impianti Elettrici Ferroviari” ..... € 35,00
- 1.3.17 U. ZEPPA – “Impianti di Sicurezza - Gestione guasti e lavori di manutenzione” ..... € 30,00

### 2 – TESTI GENERALI DI FORMAZIONE ED AGGIORNAMENTO

- 2.2 L. MAYER – “Impianti ferroviari - Tecnica ed Esercizio” (Nuova edizione a cura di P.L. Guida-E. Milizia) ..... € 50,00
- 2.5 G. BONO - C. FOCACCI - S. LANNI – “La Sovrastruttura Ferroviaria” ..... € 50,00
- 2.7 L. FRANCESCHINI - A. GAROFALO - R. MARINI - V. RIZZO – “Elementi generali dell’esercizio ferroviario” 2° Edizione ..... € 40,00
- 2.8 P.L. GUIDA - E. MILIZIA – “Dizionario Ferroviario - Movimento, Circolazione, Impianti di Segnalamento e Sicurezza” ..... € 35,00
- 2.9 P. DE PALATIS – “L’avvenire della sicurezza - Esperienze e prospettive” ..... € 20,00
- 2.10 AUTORI VARI – “Principi ed applicazioni pratiche di Energy Management” ..... € 25,00
- 2.12 R. PANAGIN – “Costruzione del veicolo ferroviario” ..... € 40,00
- 2.13 F. SENESI - E. MARZILLI – “Sistema ETCS Sviluppo e messa in esercizio in Italia” ..... € 40,00
- 2.14 AUTORI VARI – “Storia e Tecnica Ferroviaria - 100 anni di Ferrovie dello Stato” ..... € 50,00
- 2.15 F. SENESI - E. MARZILLI – “ETCS, Development and implementation in Italy (English ed.)” ..... € 60,00
- 2.16 E. PRINCIPE – “Il veicolo ferroviario - carrozze e carri” ..... € 20,00

- 2.18 B. CIRILLO - L.C. COMASTRI - P.L. GUIDA - A. VENTIMIGLIA – “L’Alta Velocità Ferroviaria” ..... € 40,00
- 2.19 E. PRINCIPE – “Il veicolo ferroviario - carri” ..... € 30,00
- 2.20 L. LUCCINI – “Infortuni: Un’esperienza per capire e prevenire” ..... € 7,00
- 2.21 AUTORI VARI – “Quali velocità quale città. AV e i nuovi scenari territoriali e ambientali in Europa e in Italia” ..... € 150,00
- 2.22 G. ACQUARO – “I Sistemi di Gestione della Sicurezza Ferroviaria” ..... € 25,00
- 2.24 G. ACQUARO – “La Sicurezza Ferroviaria - Principi, approcci e metodi nelle norme nazionali ed europee” ..... € 25,00
- 2.25 F. BOCCHIMUZZO – “La Realizzazione dei Lavori pubblici nelle Ferrovie - volume 1 Le regole generali” ..... € 38,00
- 2.26 ERTMS/ETCS – Pianificazione e Funzioni Base - Volume A - Fabio Senesi e Autori Vari prezzo di copertina ..... € 32,00
- 2.33 Collana ERTMS/ETCS – Cofanetto contenente i Volumi A-B-C-D-E-F + Appendice - Fabio Senesi e Autori Vari ..... € 224,00
- 2.34 M. MORZIELLO – “High Speed Railway System” .... € 34,00
- 2.35 F. SENESI e AUTORI VARI – “ERTMS/ETCS - Planning and Basic Functions” ..... € 32,00

### 3 – TESTI DI CARATTERE STORICO

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

### 4 – ATTI CONVEGNI

- 4.4. ROMA – “Next Station”, bilingue italo inglese (3-4 febbraio 2005) ..... € 40,00
- 4.8. ROMA – “Stazioni ferroviarie italiane - qualità, funzionalità” ..... € 40,00
- 4.9. BARI – DVD “Stato dell’arte e nuove progettualità per la rete ferroviaria pugliese” (6 giugno 2008) Omaggio per residenti Regione Puglia ..... € 15,00
- 4.10. BARI – DVD Convegno “Il sistema integrato dei trasporti nell’area del mediterraneo” (18 giugno 2010) Omaggio per residenti Regione Puglia ..... € 25,00
- 4.11. Una Stagione Straordinaria – Atti Convegno Milano del 20 aprile 2021 ..... € 25,00

## 6 – TESTI ALTRI EDITORI

6.5.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Treni italiani con Carrozze Media Distanza” .....	€ 25,00	6.12	A. BUSSI (ed. Luigi Pellegrini Editore) “Due Vite, Tante Vite (Storie di ferrovia e resistenza)” .....	€ 16,00
6.6.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Treni italiani con carrozze a due piani” .....	€ 28,00	6.61.	M. MORZIELLO “Sistema Ferroviario Italiano Alta Velocità” .....	€ 34,00
6.7.	E. PRINCIPE (ed. La Serenissima) – “Treni italiani Eurostar City Italia” .....	€ 35,00	6.64.	G. MAGENTA (ed. Gaspari) – “Un Mondo su rotaia” .....	€ 29,00
6.8.	E. PRINCIPE – “Treni italiani - ETR 500 Frecciarossa” .....	€ 25,00	6.65.	A. CARPIGNANO – “La Locomotiva a vapore (Viaggio tra tecnica e condotta di un Mezzo di ieri)” 2° Edizione - L’Artistica Editrice Savigliano (CN) .....	€ 70,00
6.9.	V. FINZI (ed. Coedit) – “I miei 50 anni in ferrovia” ..	€ 20,00	6.66.	P. MESSINA – “Ferrovie e Filobus nella Pubblicità” ..	€ 26,00
6.10.	E. PRINCIPE (ed. Veneta) – “Le carrozze dei nuovi treni di Trenitalia” .....	€ 24,00	6.67.	P. MESSINA – “Per Mare intorno all’Elba e verso il Continente – Traghetti, imbarcazioni e navi da crociera” .....	€ 23,00
6.11.	R. MARINI (ed. Plasser & Theurer - Plasser Italiana) “Treni nel Mondo” .....	€ 30,00	6.68.	P. MESSINA – “I Trasporti all’Elba” .....	€ 28,00

N.B.: I prezzi indicati sono comprensivi dell’I.V.A. Gli acquisti delle pubblicazioni, con pagamento anticipato, possono essere effettuati mediante versamento sul conto corrente postale 31569007 intestato al Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani, Via Giolitti, 46 – 00185 Roma o tramite bonifico bancario: UNICREDIT – AGENZIA ROMA ORLANDO – VIA V. EMANUELE, 70 – 00185 ROMA – IBAN: IT29U0200805203000101180047. Nella causale del versamento si prega indicare: “Acquisto pubblicazioni”. La ricevuta del versamento dovrà essere inviata unitamente al modulo sottindicato. Per spedizioni l’importo del versamento dovrà essere aumentato del 10% per spese postali.

**Sconto del 20% per i soci CIFI (individuali, collettivi e loro dipendenti)**

**Sconto del 15% per gli studenti universitari - Sconto alle librerie: 25%**

**Sconto del 10% per gli abbonati alle riviste *La Tecnica Professionale* e *Ingegneria Ferroviaria***

### Modulo per la richiesta dei volumi

I volumi possono essere acquistati on line tramite il sito [www.cifi.it](http://www.cifi.it) compilando e inviando per posta ordinaria o via e-mail il modulo allegato unitamente alla ricevuta di versamento.

Richiedente: (Cognome e Nome) .....

Indirizzo: ..... Telefono: .....

P.I.V.A./C.F.: ..... (l’inserimento di Partita IVA o C. Fiscale è obbligatorio)

Conferma con il presente l’ordine d’acquisto per:

n. ....(in lettere .....) copie del volume: .....

n. ....(in lettere .....) copie del volume: .....

n. ....(in lettere .....) copie del volume: .....

La consegna dovrà avvenire al seguente indirizzo:

.....

Data .....

**Si allega la ricevuta del versamento**

**Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani (P.I. 00929941003)**

Via Giolitti, 46 - 00185 Roma - Tel. 06/4882129-06/4742986 - Fs 970/66825 - Fax 06/4742987 e-mail: [info@cifi.it](mailto:info@cifi.it)

# FORNITORI DI PRODOTTI E SERVIZI

**Costruttori di materiale rotabile ed impianti ferroviari – Società di progettazione – Produttori di ricambi e prodotti vari per le ferrovie – Imprese appaltatrici di lavori di ogni genere per ferrovie nazionali, regionali, metropolitane e di trasporto pubblico urbano.**

- A** Lavori ferroviari, edili e stradali – Impianti di riscaldamento e sanitari – Lavori vari
- B** Studi e indagini geologiche-palificazioni
- C** Attrezzature e materiali da costruzione
- D** Meccanica, metallurgia, macchinari, materiali, impianti elettrici ed elettronici
- E** Impianti di aspirazione e di depurazione aria
- F** Prodotti chimici ed affini
- G** Articoli di gomma, plastica e vari
- H** Rilievi e progettazione opere pubbliche
- I** Trattamenti e depurazione delle acque
- L** Articoli e dispositivi per la sicurezza sul lavoro
- M** Tessuti, vestiario, copertoni impermeabili e manufatti vari
- N** Vetrotanie, targhette e decalcomanie
- O** Formazione
- P** Enti di certificazione
- Q** Società di progettazione e consulting
- R** Trasporto materiale ferroviario

**A** **Lavori ferroviari, edili e stradali  
Impianti di riscaldamento e sanitari  
Lavori vari**

**B** **Studi e indagini  
geologiche-palificazioni**

**C** **Attrezzature e materiali  
da costruzione**

**MARGARITELLI FERROVIARIA S.p.A. – Via Adriatica, 109 – 06135 PONTE SAN GIOVANNI (PG) – Tel. 075/597211 – Fax 075/395348 – www.margaritelli.com – Progettazione e produzione di manufatti per armamento**

ferroviario, tranviario e per metropolitane in cemento armato, cemento armato precompresso, legno e legno impregnato – Trattamenti preservanti del legno.

**MEFA ITALIA, VIA GB MORGAGNI 16/B, 20005 POGLIANO M.SE (MI), T. 02 93 54 01 95, HYPERLINK "mailto:info@mefa.it"info@mefa.it, HYPERLINK "http:// www.mefa.it "www.mefa.it. Vendita e dimensionamento di elementi di supporto e fissaggio di impianti, sistemi modulari di sostegno anche antisismici, collari per tubazioni, giunti, raccordi, stazioni di allarme per impianti antincendio.**

**D** **Meccanica, metallurgia,  
macchinari, materiali,  
impianti elettrici ed elettronici**

**ARTHUR FLURY S.r.l. – Via Settimio Raimondi, 7G – 44034 COPPARO (FE) – Tel. +39/3471759819 – E-mail: info@afluryitalia.it – Produzione materiali per linee aeree ferroviarie, tranviarie e metropolitane (trazione elettrica). Isolatori di sezioni per tutte le velocità (da 30 a 250 Km/h) e tensioni elettriche in corrente continua e alternata. Morsetteria in CuNiSi ad alta resistenza meccanica per tutti i tipi di filo di contatto, terminali, morse di amarro e giunti a innesto rapido per fune portante. Pendini tradizionali e regolabili in altezza, pendini elastici – smorzatori per usi su alta velocità e linee tradizionali. Dispositivi di messa a terra e corto circuito. Soluzioni personalizzate e speciali su misura.**

**BONOMI EUGENIO S.p.A. – Via Mercanti, 17 – 25018 MONTICHIARI (BS) – Tel. 030/9650304 – Fax 030/962349 – E-mail: info.eb@gruppo-bonomi.com – www.gruppo-bonomi.com – Progettazione linee ferroviarie e tranviarie – Produzione di componenti ed accessori per i settori trazione elettrica e segnalamento – Sospensioni per linee tradizionali ed Alta Velocità – Dispositivi di pensionamento a contrappesi ed oleodinamici, morsetteria e connettori, attrezzatura ed utensili meccanici ed oleodinamici (prodotti per linee da 1,5 kV a 25 kV).**

**BOSCH SECURITY SYSTEMS S.p.A. – Via M.A. Colonna, 35 – 20149 MILANO (MI) – Tel. 02/36961 – E-mail: it-securitysystems@bosch.com – Prodotti e soluzioni in ambito Security, Safety e Communication per applicazioni di videosorveglianza e artificial intelligence, rilevazione intrusione, rivelazione incendio, audio evacuazione e controllo degli accessi. Tecnologie innovative per la protezione dei beni e delle persone, e per l'efficientamento dei processi e dei servizi.**

**CANAVERA & AUDI S.p.A. – Regione Malone, 6 – 10070 CORIO (TO)** – Tel. 011/928628 – Fax 011/9282709 – E-mail: canavera@canavera.com – www.canavera.com – Stampaggio a caldo particolari in acciaio fino a 200 kg – Lavorazioni meccaniche – Costruzione componenti per carri, carrozze, tram e metropolitane.

**CEMBRE S.p.A. – Via Serenissima, 9 – 25135 BRESCIA** – Tel. 030/36921 – (r.a. + Sel. pass.) – Fax 030/3365766 – E-mail: info@cembre.com – Produzione e commercio di: capicorda e connettori elettrici – Utensili per la compressione dei capicorda e connettori, tranciacavi e tranciafuni oleodinamici – Trapani adatti alla foratura di rotaie e di apparecchi del binario nelle applicazioni ferroviarie – Trapani per traverse in legno – Pandrolatrici – Avvitatori portatili – Troncatrici di rotaie.

**CINEL OFFICINE MECCANICHE S.p.A. Via Sile, 29 – 31033 CASTELFRANCO VENETO (TV)** – Tel. 0423/490471 – Fax 0423/498622 – E-mail: info@cinelspa.it – www.cinelspa.it – Stabilimenti: Via Sile, 29 – 31033 Castelfranco Veneto (TV) – Via Scalo Merci, 21 – 31030 Castello di Godego (TV) – Forniture per i settori ferroviario e tranviario: scambi ferroviari e tranviari, Kit cuscinetti elastici e autolubrificanti, Kit piastre per controrotaie 33C1, giunti isolanti incollati, piastre, piastrine, ganasce di giunzione, blocchi, caviglie, chiavarde, casse di manovra per deviatore e accessori, tiranterie, zatteroni, traverse cave, fermascambi, immobilizzatori, dispositivi di bloccaggio, apparecchiature per segnalamento e sicurezza, passaggi a livello, materiali per rotabili.

**COLAS RAIL ITALIA S.p.A. – Via F. Fellini, 4 – 20097 SAN DONATO MILANESE (MI)** – Tel. 02/89536.100 – Fax 02/89536536 – www.colasrail.com – Impianti fissi di trazione elettrica chiavi in mano per trasporti ferroviari, metropolitane e tranvie – Studi di fattibilità, progettazione e realizzazione di linee di contatto, ferroviarie ed urbane – Sottostazioni elettriche per alimentazione in c.c. e c.a. – Linee primarie; impianti di telecomando – Impianti luce e forza motrice.

**CRONOS SISTEMI FERROVIARI S.r.l. – Via Cortemilia, 71 – 17014 CAIRO MONTENOTTE (SV)** – Tel. 019/502571 – www.cronosrail.com – Installazione impianti ed apparecchiature per la trazione elettrica per trasporti ferroviari, metropolitane e tranvie – Sottostazioni elettriche e impianti IFM – Impianti e sistemi elettrici ed elettronici anche complessi, integrati ed informatici, quadri elettrici e cabine di trasformazione – Infrastrutture per le vie di comunicazione, impianti e sistemi telematici in generale, reti telematiche e informatiche, di trasporto e di connessione dati – Progettazione e realizzazione di linee di contatto, ferroviarie ed urbane.

**DOT SYSTEM S.r.l. – Via Marco Biagi, 34 – 23871 LOMAGNA (LC)** – Tel. +39/039/92259202 – Fax +39/039/92259290 – E-mail: info@dotsystem.it – www.dotsystem.it – Monitor grafici LCD di banco per locomotive e carrozze pilota – Terminali grafici LCD per logica di treno e gestione dati diagnostici – Schede di co-

municazione per Bus MVB classe 1, 2, 3 e 4 – Gateway MVB-Ethernet, MVB-CAN, MVB-RS485, MVB-Wireless – Moduli di ingresso/uscita digitali ed analogici per Bus MVB, CAN, ecc. – Cartelli indicatori grafici e tecnologia LED per interni ed esterni.

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

**ESIM S.r.l. – Via Degli Ebanisti, 1 – 70123 BARI** – Tel. 080/5328425 – Fax +39/080/5368733 – E-mail: info@esimgroup.com – www.esimgroup.com – **Sede di Roma: Via Sallustiana, 1/A** – Tel. 06/4819671 – Fax 06/48977008 – Progettazione e messa in opera di impianti elettrici, di telecomunicazione, di segnalamento e di trazione elettrica – Realizzazione e installazione di sistemi di diagnostica ferroviaria.

**E.T.A. S.p.A. – Via Monte Barbaghino, 6 – 22035 CANZO (CO)** – Tel. +39/031/673611 – Fax +39/031/670525 – E-mail: infosed@eta.it – www.eta.it – *Carpenteria*: quadri elettrici non cablati – Armadi e contenitori elettrici per esterni – Armadi 19" – Quadri inox per gallerie – Cassette inox lungo linea – Saldatura al TIG certificata – Conformità alle specifiche RFI.

**FAIVELEY TRANSPORT ITALIA S.p.A. – Via Volvera, 51 – 10045 PIOSSASCO (TO)** – Tel. 011/9044.1 – Fax 011/9064394 – www.faiveley.com  
*Sistemi e prodotti a marchio SAB WABCO*: Impianti di frenatura pneumatici, elettropneumatici, elettromeccanici ed elettroidraulici, freni a pattino tradizionali e a magneti permanenti, per veicoli ferroviari, metropolitani e tranviari – Sistemi di frenatura per treni ad alta velocità – Sistemi di antipattinaggio e antislittamento – Attuatori pneumatici, unità frenanti, regolatori di timoneria, gamma completa dei dischi del freno in ghisa e in acciaio – Compressori a pistoncini, compressori rotativi a vite, essiccatori d'aria, unità di produzione e trattamento dell'aria compressa – Sistemi diagnostici di bordo di manutenzione – Apparecchiature elettroniche di comando e controllo del freno.  
*Sistemi e prodotti a marchio FAIVELEY*: Convertitori statici di potenza e carica batterie – Impianti di riscaldamento e condizionamento – Porte e comandi porte – Sistemi di piattaforme – Porte di accesso treno – Pantografi – Interruttori di alta tensione – Sistemi di scatola nera – Registratori di eventi (DIS) – Sistemi diagnostici e tele-diagnostici di bordo – Sistemi di videosorveglianza.

**FASE S.a.s. di Eugenio Di Gennaro & C. – Via del Lavoro, 41 – 20030 SENAGO (MI)** – Tel. 02/9986557-02/9980622 – Fax 02/9986425 – E-mail: info@fase.it – www.fase.it –

Strumentazione da quadro (indicatori analogici e digitali – TA e TV – Shunts e divisori di tensione) – Convertitori statici di misura – Strumentazione di bordo per mezzi rotabili (Treni A.V. – Locomotive elettriche e diesel-idrauliche – Veicoli ferroviari – Metropolitane e tranvie) – Apparecchiature elettroniche di misura e diagnostica costruite su specifica del Cliente – Fanali di coda e indicatori luminosi a led.

**GALLOTTI 1881 S.r.l. – Via Codrignano, 57/a – 40026 IMOLA (BO)** – Tel. 0542/690987 – Fax 0542/690987 – E-mail: gallotti@gallotti1881.com – www.gallotti1881.com – Costruzione con progettazione di strutture metalliche per il segnalamento ferroviario, strutture metalliche speciali, piantane ed attrezzature unifer, carpenterie metalliche e meccaniche.

**GECO S.r.l. – Via Ugo Foscolo, 9 – 28066 GALLIATE (NO) – CF e P. Iva: IT01918320035** – Tel. 0321/806957 – E-mail: info@gecoitalia.biz – Progettazione, integrazione, prodotti, servizi ingegneristici e sviluppo software per applicazioni di informazione al pubblico, sincronizzazione oraria, videosorveglianza, diffusione audio, rilevazione incendio, sicurezza, antintrusione avvalendosi di tecnologie innovative e partner altamente qualificati in ambito ferroviario.

**ISOIL INDUSTRIA S.p.A. – Via F.lli Gracchi, 27 – 20092 CINISELLO BALSAMO (MI)** – Tel. 02/660271 – Fax 02/6123202 – E-mail: vendite@isoil.it – www.isoil.com – Strumentazione del materiale rotabile: Pick-up ad effetto Hall per misure di velocità anche multicanale – Generatori di velocità – Sensori Radar ad effetto doppler per velocità e distanza – Indicatori di velocità standard e applicazioni di sicurezza (SIL 2) – Juridical Recorder – MMI: Multifunctional Display per ERTMS – Videocamere – Passenger Information – Switch e Fotocellule di Sicurezza per porte – Livelli carburante – Pressostati e Termostati – Agente esclusivo di: DEUTA WERKE / JAQUET / GEORGIN / KAMERA & SYSTEM TECHNIK.

**KNORR-BREMSE Rail Systems Italia S.r.l. – Via San Quirico, 199/I – 50013 CAMPI BISENZIO (FI)** – Tel. 055/3020.1 – Fax 055/3020333 – E-mail: kbrsitalia@knorr-bremse.it – www.knorr-bremse.it – Impianti di frenatura pneumatici, elettropneumatici ed elettroidraulici per veicoli ferroviari, metropolitani e tranviari – Sistemi di frenatura per treni ad alta velocità – Attuatori pneumatici, unità frenanti, regolatori di timoneria, dischi freno – Compressori a vite e a pistoni, essiccatori d'aria, unità di produzione e trattamento aria compressa – Impianti toilette ecologici a recupero – Sistemi ed apparecchiature elettroniche di comando, controllo e diagnostica – Servizi di assistenza, riparazione e manutenzione di sistemi frenanti.

**LA CELSIA SAS – Via A. Di Dio, 109 – 28877 ORNAVASSO (VB)** – Tel. 0323/837368 – Fax 0323/836182 – Dal 1974 progettazione, produzione e vendita di contatti elettrici sinterizzati ed affini, materiali sinterizzati da metallurgia delle polveri, connessioni flessibili e particolari vari, annessi per interruttori, commutatori, sezionatori per

tutte le apparecchiature elettromeccaniche di potenza e trasmissione dell'energia.

**LUCCHINI RS S.p.A. – Via G. Paglia, 45 – 24065 LOVERE (BG)** – Tel. 035/963562 – Fax 035/963552 – E-mail: rolling-stock@lucchini.it – www.lucchini.it – Materiale rotabile per trasporti ferroviari urbani, suburbani e metropolitani; ruote cerchiate; ruote elastiche; ruote monoblocco; assili; cerchioni; boccole; sale montate da carro, carrozza e locomotiva completa di componenti; cuori fusi al manganese per scambi ferroviari – Riparazione e ripristino di sale montate con sostituzione di ruote e cerchioni – Revisione e collaudo di altri componenti.

**MARINI IMPIANTI INDUSTRIALI S.p.A. – Via A. Chiarucci, 1 – 04012 CISTERNA DI LATINA** – Tel. 06/96871088 – Fax 06/96884109 – E-mail: info@mariniimpianti.it – www.mariniimpianti.it – Registratori Cronologici di Eventi (RCE) – Monitoraggio della temperatura delle rotaie (UMTR) – Apparecchiature di diagnostica centralizzate degli impianti di Segnalamento di linea e di stazione (SDC) – Sistemi di supervisione – Strumenti di misura per sotto stazioni – Rilevatore differenziale per segnali luminosi alti a commutazione statica SDO – Generatore di alimentazione 83 Hz PSK – Progettazione ed installazione degli impianti.

**MATISA S.p.A. – Via Ardeatina, km. 21 – Loc. S. Palomba – 00040 POMEZIA (ROMA)** – Tel. 06/918291 – Telefax 06/91984574 – E-mail: matisa@matisa.it – Vagliatrici, rinalzatrici, profilatrici, veicoli di servizio per infrastruttura e catenaria, drasine di misura della geometria del binario, treni di costruzione nuovo binario, incavigliatrici, foratrasverse, forarotaie, apparecchiatura di controllo, segarotaie, gruppi rinalzatrici a lame vibranti.

**MICROELETTRICA SCIENTIFICA S.p.A. – Via Lucania, 2 – 20090 BUCCINASCO (MI)** – Tel. +39/02/575731 – E-mail: info.MIL@microelettrica.com – www.microelettrica.com – Applicazioni Bordo Veicolo ed Industriali di: – Contatori e Sezionatori fino a 4.000V ca/cc – Interruttori Extrarapidi in fino a 4.000V e 10.000A in cc – Relè di protezione ca/cc – Trasduttori e Sistema di Misura – Resistenze di frenatura, MAT del neutro, filtri e banchi di carico – Metering, Sistemi di misura in Tensione e Corrente, Misura dell'Energia a bordo veicolo secondo norma EN50463 – Unità Funzionali e Box integrati – Ventilatori Assiali e Ventilatori Centrifughi.

**MONT-ELE S.r.l. – Via Cavera, 21 – 20034 GIUSSANO (MI)** – Tel. 0362/850422 – Fax 0362/851555 – E-mail: mont-ele@mont-ele.it – www.mont-ele.it – Ingegneria di sottostazioni di conversione e di sottostazioni di alimentazione sistemi A.V. 25 kV – Produzione di quadri innovativi, alimentatori, raddrizzatori, sezionatori bipolari, quadri filtri, quadri misure – Produzione commutatori 3600 V 3000 A, sezionatori bipolari 3000 A, trasduttori di corrente, quadri di sezionamento 25 kV (52 kW) e sezionatori di alta tensione – Realizzazione di impianti, sottostazioni fisse e mobili lato alternata e continua.

**MOSDORFER RAIL S.r.l. – Sede operativa: Via Achille Grandi, 46 – 20017 RHO (MI)** – Tel. +39 02/64088142 – E-mail: [inforail.it@mosdorfer.com](mailto:inforail.it@mosdorfer.com) – Sviluppo e produzione di componenti T.E. per la linea di contatto ferroviaria e tramviaria: TENSOREX C+, sospensioni in alluminio ed acciaio, isolatori compositi, dispositivi di messa a terra, morsetti in CuNiSi, in bronzo/alluminio ed acciaio forgiato. MOSDORFER RAIL S.r.l. fa parte della Multinazionale austriaca KNILL GROUP, leader mondiale nella progettazione, produzione e fornitura di morsetteria per linee di trasmissione ad alta tensione.

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

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

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

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

**POSEICO S.p.A. – Via Pillea, 42-44 – 16153 GENOVA** – Tel. 010/8599400 – Fax 010/8682006-010/8681180 – E-mail: [semicond@poseico.com](mailto:semicond@poseico.com) – [www.poseico.com](http://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](http://www.p-a.it) – Sistemi ed apparecchiature di segnalamento, controllo e supervisione del traffico per metrotranvie e tranvie – Radiocomando scambi, casse di manovra carrabili, sistemi di controllo semaforico – Priorità mezzi pubblici – Sistemi di controllo e gestione traffico stradale.

**RAND ELECTRIC S.r.l. – Via Padova, 100 – 20131 MILANO** – Tel. 02/26144204 – Fax 02/26146574 – Canaline, fascette, sistemi di identificazione, guaine corrugate, guaine metalliche ricoperte, tutte con caratteristiche di reazione al fuoco e tossicità entro i parametri della specifica FS 304142 – Connettori elettrici di potenza standard o custom.

**SCHAEFFLER ITALIA S.r.l. – Via Dr. Georg Schaeffler, 7 – 28015 MOMO (NO)** – Tel. 0321/929211 – Fax 0321/929300 – E-mail: [info.it@schaeffler.com](mailto:info.it@schaeffler.com) – [www.schaeffler.it](http://www.schaeffler.it) – Cuscinetti volventi a marchio FAG e INA, standard e speciali, boccole ferroviarie, snodi sferici, attrezzature di montaggio e smontaggio, diagnostica.

**SCHUNK CARBON TECHNOLOGY S.r.l. – Via Romolo Murri, 22/28 – 20013 MAGENTA (MI)** – Tel. 02/972190-1 – Fax 02/97291467 – E-mail: [info@schunkitalia.it](mailto:info@schunkitalia.it) – [www.schunk-group.com](http://www.schunk-group.com) – Spazzole, portaspazzole, pantografi, striscianti, dispositivi di messa a terra, prese di corrente laterale, sistemi unigibordo, dispositivi di protezione corrente parassite, ricambi.

**S.I.D.O.N.I.O. S.p.A. – Via IV Novembre, 51 – 27023 CASOLNOVO (PV)** – Tel. 0381/92197 – Fax 0381/928414 – E-mail: [sidonio@sidonio.it](mailto:sidonio@sidonio.it) – Impianti di sicurezza e segnalamento ferroviario – Impianti di elettrificazione ed illuminazione (linee BT/MT) – Opere stradali e ferroviarie – Scavi, demolizioni e costruzioni murarie – Impianti di telecomunicazione.

**SIRTEL S.r.l. – Via Taranto, 87A/10 – 74015 MARTINA FRANCA (TA)** – Tel. 080/4834959 – E-mail: [info@sirtel-srl.it](mailto:info@sirtel-srl.it) – [www.sirtel-srl.it](http://www.sirtel-srl.it) – Lanterne portatili ricaricabili ad uso ferrotranviario con luce principale LED e segnalazione posteriore con corone LED ad elevata luminosità (fino a 3 diversi colori sulla stessa lanterna).

**SITE S.p.A. – Divisione Trasporti – Via della Chimica, 3 – 40064 OZZANO DELL'EMILIA (BO)** – Tel. 051/794820 – E-mail: [site@sitespa.it](mailto:site@sitespa.it) – [www.sitespa.it/railways](http://www.sitespa.it/railways) – IMPIANTI DI SEGNALAMENTO FERROVIARIO: Progettazione e realizzazione di impianti di segnalamento per la sicurezza ferroviaria – Progettazione, fornitura, installazione, integrazione e messa in servizio di sistemi di segnalamento come il Blocco

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

**SPII S.p.A. – Via Don Volpi, 37 angolo Via Montoli – 21047 SARONNO (VA)** – Tel. 02/9622921 – Fax 02/9609611 – www.spii.it – info@spii.it – Temporizzatori elettromeccanici, multifunzione e digitali – Programmatori elettromeccanici, multifunzionali e digitali – Microinterruttori ed elementi di contatto di potenza – Elettromagneti – Relè di potenza e ausiliari – Relè di controllo tensione frequenza e corrente – Teleruttori per c.a. e per c.c., per bassa ed alta tensione – Sezionatori – Motori e motoriduttori frazionari in c.c. – Connettori – Dispositivi di interblocco multiplo a chiave – Combinatori e manipolatori – Equipaggiamenti integrati completi per la trazione pesante e leggera.

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

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

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

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

**TESMEC RAIL – C/Da Bajone z.i. snc – Via Fogazzaro, 51 – 70053 MONOPOLI (BA)** – Tel. 080/9374002 – Fax 080/4176639 – E-mail: info@tesmec.com – www.tesmec.com – Progettazione, costruzione e commercializzazione di mezzi d'opera ferroviari per l'elettrificazione e la manutenzione della catenaria: autoscale multifunzione ad assi e carrelli, scale motorizzate e unità di stendimento. Veicoli e sistemi per la diagnostica dell'armamento e della catenaria; sistemi diagnostici per il rilievo di difetti nelle gallerie ferroviarie e per la valutazione degli apparecchi di binario.

**T&T S.r.l. – Via Vicinale S. Maria del Pianto – Complesso Polifunzionale Inail – Torre 1 – 80143 NAPOLI** – Tel./Fax 081/19804850/3 – E-mail: info@ttsolutions.it – www.ttsolutions.it – T&T (Technology & Transportation) opera da anni in ambito ferroviario offrendo servizi di consulenza ingegneristica – Specializzata per attività di System & Test Engineering – Progettazione e Sviluppo di Sistemi Embedded Real-Time per applicazioni Safety-Critical, Analisi RAMS, Verifica & Validazione, Preparazione Safety Assessment, Supporto alla Progettazione e alla Configurazione di Impianti di Segnalamento Ferroviario, Commissioning & Maintenance.

**VAIA CAR S.p.A. – Via Isorella, 24 – 25012 CALVISANO (BS)** – Tel. 030/9686261 – Fax 030/9686700 – E-mail: vaia-car@vaiacar.it – Saldatrici mobili strada-rotaia per la saldatura elettrica a scintillio delle rotaie – Gru mobili/Escavatori strada-rotaia completi di accessori intercambiabili – Macchine operatrici mobili strada-rotaia con equipaggiamenti specifici – Macchine operatrici mobili ferroviarie e/o strada-rotaia per la manutenzione delle linee ferroviarie e delle linee elettriche aeree – Attrezzature speciali per il sollevamento, la movimentazione, la posa e la sostituzione di scambi ferroviari, campate, traverse e rotaie – Attrezzature speciali per il sollevamento, la movimentazione, la posa e la sostituzione di scambi e campate tranviari e/o metropolitani – Treni completi di sistemi per la costruzione delle linee ferroviarie ad alta velocità – Treni di sostituzione delle rotaie con sistemi per il carico e lo scarico delle rotaie – Unità di rinalzata del binario e di compattamento della massicciata.

**VOESTALPINE RAILWAY SYSTEMS GMBH – Sales Office Italia – Via Alessandria, 91 – 00198 ROMA** – Tel. 06/84241106 – Fax 06/96037869 – E-mail: Railwaysystems-Italia@voestalpine.com – www.voestalpine.com/railwaysystems – Scambi ferroviari A.V., apparecchi di binario convenzionali e tranviari, cuscinetti autolubrificanti, piastre per controrotaia, casse di manovra ferroviarie e tranviarie – Sistemi diagnostici e monitoraggio per scambi e materiale rotabile – Rotaie Vignole, a gola, consulenza saldature, analisi LCC e service (rilievi usura e difettosità, fresatura profili in loco).

**E** Impianti di aspirazione e di depurazione aria**F** Prodotti chimici ed affini**G** Articoli di gomma, plastica e vari

**FLUORTEN S.r.l. – Via Cercone, 34 – 24060 CASTELLI CALEPIO (BG)** – Tel. 035/4425115 – Fax 035/848496 – E-mail: fluorten@fluorten.com – www.fluorten.com – Semilavorati e prodotti finiti in PTFE e RULON® per industria meccanica, chimica, elettrica ed elettronica – Progettazione, costruzione stampi e stampaggio tecnopolimeri – Esclusivista Du Pont per l'Italia di semilavorati e finiti in Du Pont™ VESPEL®. Produzione di piastre in PTFE Certificate dal Politecnico di Milano a norma EN 1337-2. Certificazione sistema di gestione qualità per il settore aerospaziale EN 9100:2009 Certificate n. 5695/0. Certificazione sistema di gestione qualità ISO 9001:2008 Certificate n. 21. Certificazione sistema di gestione ambientale ISO 14001:2004 Certificate n. 27.

**KRAIBURG STRAIL GmbH & Co. KG – Goellstrasse, 8 – D-84529 TITTMONING (Germania)** – Tel. +49(8683)701-151 – Fax +49(8683)701-45151 – www.strail.com – STRAIL sistemi di attraversamenti a raso & STRAILastic sistemi di isolamento per rotaie – Goellstrasse, 8 – D 84529 TITTMONING – Tel. +39/392/9503894 – Fax +39/02/87151370 – E-mail: tommaso.sa.vi@strail.it – www.strail.it – Sistemi modulari in gomma vulcanizzata per attraversamenti a raso STRAIL, innoSTRAIL, pedeSTRAIL, pontiSTRAIL – Moduli esterni per i carichi più pesanti – veloSTRAIL – Moduli interni che eliminano la gola – Per tutti i tipi di traffico, strade e armamento (anche per ponti, scambi, gallerie, curve, impianti industriali) – Dispositivi elastici per la riduzione del rumore, delle vibrazioni oltre che per l'isolamento elettrico del binario – STRAILastic\_P, STRAILastic\_S, STRAILastic\_R, STRAILastic\_K, STRAILastic\_DUO, STRAILastic\_USM ed infine STRAILastic\_A costituiscono la gamma completa di questa nuova linea.

**PANTECNICA S.p.A. – Via Magenta, 77/14A – 20017 RHO (MI)** – Tel. 02/93261020 – Fax 02/93261090 – E-mail: info@pantecnica.it – www.pantecnica.it – Sistemi antivibranti per materiale rotabile e per armamento ferrotranviario – Completa gamma di guarnizioni per tenuta fluidi – Certificata ISO 9001:2015 e EN 9120:2018 – Fornitore Trenitalia.

**PLASTIROMA S.r.l. – Via Palombarese, km 19,100 – 00012 GUIDONIA MONTECELIO (ROMA)** – Tel. 0774/367431-32 – Fax 0774/367433 – E-mail: info@plastiroma.it – www.plastiroma.it – Morsetterie, contropiastre, cassette per C.D.B., materiale isolante per C.D.B., segnali

bassi di manovra, segnali alti di chiamata, shunt, componenti in materiale plastico per relè FS, progettazione di articoli tecnici.

**H** Rilievi e progettazione opere pubbliche

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

**ARMAMENTO FERROVIARIO – Ing. Marino CINQUEPALMI** – Tel. 347/6766033 – E-mail: info@armamentoferroviario.com – www.armamentoferroviario.com – Rilievo dello stato dei luoghi con restituzione cartografica in coordinate rettilinee assolute e relative – Progettazione preliminare, definitiva, esecutiva, costruttiva dell'armamento in coordinate rettilinee assolute e relative – Redazione, valutazione computi metrici stimativi armamento – Redazione, valutazione fabbisogno materiali armamento – Redazione piani di manutenzione armamento – Redazione piani della qualità per lavori d'armamento – Correzione delle curve su base relativa con il metodo Hallade – Analisi di adeguamento delle infrastrutture ferroviarie alle STI "Infrastruttura" – Analisi di velocizzazione delle linee ferroviarie – Studi di fattibilità per nuove linee ferroviarie e stazioni – Project Management nei progetti di infrastrutture ferroviarie.

**ISiFer S.r.l. – Sede legale: Via Mazzini, 15 – 80053 CASTELLAMMARE DI STABIA (NA) – Sede operativa: Via Gorizia, 1 – CICCIANO (NA)** – Tel. 081/5741055 – Fax 081/5746835 – E-mail: segreteria@isifer.com – info@isifer.com – www.isifer.com – Azienda di ingegneria specializzata nel settore ferroviario con particolare riferimento alle attività di Concezione, Progettazione, Realizzazione, Verifica, Validazione, Collaudo, Messa in Servizio, Diagnostica e Manutenzione.

**PRISMA ENGINEERING S.r.l. – Via Villa Lidia, 45 – 16014 CERANESI (GE)** – Tel./Fax 010/7172078 – E-mail: nadia.barbagelata@prismaengineering.net – www.prismaengineering.net – Impianti di segnalamento ferroviario – Realizzazione Progetti di Fattibilità, Definitivi, Esecutivi e Costruttivi di impianti IS (ACEI-ACC-ACCM-SCM-ERTMS\_L2) – Realizzazioni di Verifiche e Validazioni dei progetti comprese prove di campo.

## **I** Trattamenti e depurazione delle acque

## **L** Articoli e dispositivi per la sicurezza sul lavoro

**SCHWEIZER ELECTRONIC S.r.l. (SEIT) – Sede Centrale:**  
**Via Santa Croce, 1 – 20122 MILANO** – Tel. +39/02/89426332 – Fax +39/02/83242507 – E-mail: franco.pedrinazzi@schweizer-electronic.com – www.schweizer-electronic.com – **Sede Legale: Via Gustavo Modena, 24 – 20129 MILANO** – Sistemi di Sicurezza Protezione Cantieri (SAPC) e può fornire servizio chiavi in mano, di protezione cantieri con SAPC “Sistema Minimel 95”, comprensivo di: Progettazione, installazione, formazione del personale, disinstallazione, manutenzione ed a richiesta gestione del SAPC in cantiere con proprio personale – Sistemi di segnalamento fisso, Minimel, ISP, che integrano le parti mobili di SAPC Minimel 95 nel segnalamento esistente – Sistemi di comunicazione nell’ambito della sicurezza ad alto contenuto tecnologico.

## **M** Tessuti, vestiario, copertoni impermeabili e manufatti vari

## **N** Vetrofanie, targhette e decalcomanie

## **O** Formazione

**TRAINing S.r.l. – Via Sommacampagna, 63H – 37137 VERONA** – Tel. 045/511 82 58 – E-mail: info@trainingsrl.it – www.trainingsrl.it – Facebook, LinkedIn e Instagram: trainingsrl – TRAINing assicura formazione per le attività di sicurezza e consulenza per il settore ferroviario. Il proprio Centro di Formazione, riconosciuto dalle National Safety Authorities in Italia (2012) e in Austria (2021), assicura la formazione mirata al conseguimento e al mantenimento delle abilitazioni per la Condotta, l’Ac-

compagnamento e la Preparazione dei Treni, formazione per specialisti, (professional e/o manager) sull’organizzazione, sulla tecnica ferroviaria e sulla normativa di settore. TRAINing svolge altresì servizi di consulenza per lo sviluppo e l’aggiornamento dei Sistemi di Gestione della Sicurezza (SGS) ed assicura la fornitura ed il costante aggiornamento dei manuali di mestiere per le attività di sicurezza. Maggiori informazioni si possono ottenere consultando il sito o richiedendole espressamente a TRAINing a mezzo mail o call center.

## **P** Enti di certificazione

**ITALCERTIFER S.p.A. – Piazza della Stazione, 45 – 50123 FIRENZE** – Tel. 055/2988811 – Fax 055/264279 – www.italcertifer.it – Organismo notificato n. 1960 (Direttiva 2008/57/CE) – Verificatore indipendente di sicurezza (linee guida ANSF) – Organismo di ispezione di tipo A (norma EN 17020) per sottosistemi ferroviari e per la validazione di progetti civili – Laboratori accreditati per prove di componenti e sottosistemi ferroviari.

## **Q** Società di progettazione e consulting

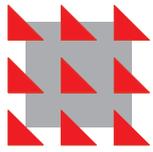
**INTERLANGUAGE S.r.l. – Strada Scaglia Est 134 – 41126 MODENA** – Tel. 059/344720 – Fax 059/344300 – E-mail: info@interlanguage.it – www.interlanguage.it – Traduzioni tecniche, giuridiche, finanziarie e pubblicitarie – Impaginazione grafica, localizzazione software e siti web. Qualificati nel settore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

## **R** Trasporto materiale ferroviario

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

Prof. Ing. Stefano Ricci, *direttore responsabile*  
Registrazione del Trib. di Roma 16 marzo 1951, n. 2035 del Reg. della Stampa

Stab. Tipolit. Ugo Quintily S.p.A. - Roma  
Finito di stampare nel mese di Marzo 2024



# ESSEN ITALIA

Sistemi integrati per il sostegno provvisorio del binario

## Ponti ESSEN

### Modularità e Flessibilità



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

### Maggiore velocità in sicurezza



### Qualità e Sicurezza

*Forte di un "curriculum" d'eccellenza, la tecnologia "Ponti ESSEN" garantisce, nelle sue diverse configurazioni di utilizzo, elevati standard di qualità e sicurezza all'esercizio ferroviario.*



### Soluzioni chiavi in mano



Search for... **The best of Rail Electrification in one click**

## Browse per application

 Tram & metro

 Trolleybus

 Omnia

 Railway

# BONOMI RAIL

Scopri l'e-catalogue completo  
*Discover more on our complete e-catalogue*

Tutto il mondo ferroviario  
di Gruppo Bonomi  
in un semplice click.

**Quando vuoi, dove vuoi.**

*The whole production of  
Gruppo Bonomi' Railway  
Market in one click.*

**Whenever you need.  
Wherever you want.**



## Browse per product

### Assemblies

 Anchorings

 Cantilevers

 Cross-wire susp.

### Components

 Droppers

 Clamps

 Section insulators

 Insulators

 Steady Arms

 Mast Attach.

 Tensioning dev.

 Tube attach.

 Profiles

 Misc.

