

---

# **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA**

---

**DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI TRASPORTI**

**XIX CICLO**

**SETTORE SCIENTIFICO DISCIPLINARE ICAR/05**

LA NUOVA CONCEZIONE DELLA FERROVIA EUROPEA  
DALLE RETI NAZIONALI A UNA RETE INTEGRATA.  
EFFETTI DELLE DIRETTIVE SULLA LIBERALIZZAZIONE,  
INTEROPERABILITÀ, SICUREZZA.

*Tesi di Dottorato di:*

**Dott. Ing. DANIELE MINGOZZI**

*Relatori:*

Prof. Ing. **MARINO LUPI**

Prof. Ing. **FEDERICO RUPI**

*Coordinatore del dottorato:*

Prof. Ing. **MARINO LUPI**

---

BOLOGNA MARZO 2007

---



## **INDICE GENERALE**

### **INTRODUZIONE 15**

---

### **1) NORMATIVA TECNICA E SVILUPPO DELLE FERROVIE IN EUROPA 19**

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1.1) LE ORIGINI E LO SVILUPPO DELLE FERROVIE</b>                                | <b>19</b> |
| <b>1.2) IL TRAFFICO FRA COMPAGNIE</b>  | <b>20</b> |
| <b>1.3) ULTERIORI SVILUPPI DELLE NORME TECNICHE PER IL SERVIZIO INTERNAZIONALE</b> | <b>25</b> |
| <b>1.4) LA NORMATIVA TECNICA EUROPEA</b>   | <b>27</b> |
| <b>1.5) LE DIFFERENZE TECNICHE</b>   | <b>33</b> |
| 1.5.1) LA TRAZIONE ELETTRICA   | 34        |
| 1.5.2) IL SEGNALAMENTO   | 47        |
| 1.5.3) ALTRE DIFFERENZE TECNICHE   | 105       |

### **2) LA NUOVA EUROPA 119**

---

|   |            |
|---|------------|
| <b>2.1) PREMessa</b>  | <b>119</b> |
| <b>2.2) IL PROGETTO DI SUPERAMENTO DEGLI ASPETTI NAZIONALI E DI RILANCIO DELLA FERROVIA</b> | <b>123</b> |
| <b>2.3) LINEE GENERALI DELLA NORMATIVA EUROPEA SUL SISTEMA FERROVIARIO</b>                  | <b>128</b> |
| <b>2.4) CRONOLOGIA DELL'ATTIVITÀ LEGISLATIVA EUROPEA SUL SISTEMA FERROVIARIA</b>            | <b>130</b> |
| 2.4.1) GLI ANNI '90: IL LIBERO ACCESSO ALLE RETI E L'INTEROPERABILITÀ                       | 130        |

|             |  |                   |
|-------------|--|-------------------|
| 2.4.2)      | 2001: IL PRIMO PACCHETTO INFRASTRUTTURE  | 134               |
| 2.4.3)      | IL SECONDO PACCHETTO INFRASTRUTTURE  | 136               |
| 2.4.4)      | IL TERZO PACCHETTO INFRASTRUTTURE – PROSPETTIVE DI SVILUPPO<br>140   |                   |
| <b>2.5)</b> | <b>CONCLUSIONI</b>   | <b>142</b>        |
| <b>3)</b>   | <b><u>LA LIBERALIZZAZIONE</u></b>  | <b><u>145</u></b> |
| <b>3.1)</b> | <b>PREMESSA</b>  | <b>145</b>        |
| <b>3.2)</b> | <b>CAMPO DI APPLICAZIONE DELLE DIRETTIVE E TERMINOLOGIA</b>  | <b>146</b>        |
| <b>3.3)</b> | <b>GLI OBBLIGHI DELLE IMPRESE FERROVIARIE</b>  | <b>148</b>        |
| <b>3.4)</b> | <b>I RAPPORTI FRA IL GESTORE DELL'INFRASTRUTTURA E LE<br/>IMPRESE FERROVIARIE E LE REGOLE DI ACCESSO ALLA RETE</b> | <b>151</b>        |
| <b>3.5)</b> | <b>LA LICENZA</b>  | <b>153</b>        |
| <b>3.6)</b> | <b>LA RIPARTIZIONE DELLA CAPACITÀ DI INFRASTRUTTURA<br/>FERROVIARIA E I DIRITTI PER L'UTILIZZO</b>                 | <b>156</b>        |
| 3.6.1)      | LA CAPACITÀ O POTENZIALITÀ DI UNA LINEA FERROVIARIA  | 157               |
| 3.6.2)      | POTENZIALITÀ TEORICA E PRATICA   | 160               |
| 3.6.3)      | IL PROSPETTO INFORMATIVO DELLA RETE  | 166               |
| 3.6.4)      | L'ASSEGNAZIONE DELLA CAPACITÀ DI INFRASTRUTTURA  | 167               |
| 3.6.5)      | PEDAGGI PER L'UTILIZZO DELL'INFRASTRUTTURA   | 171               |
| 3.6.6)      | DETERMINAZIONE DEI PEDAGGI   | 174               |
| 3.6.7)      | ORGANISMO DI REGOLAMENTAZIONE  | 180               |
| <b>4)</b>   | <b><u>L' INTEROPERABILITÀ</u></b>  | <b><u>182</u></b> |
| <b>4.1)</b> | <b>LA NECESSITÀ DI SUPERARE LE BARRIERE TECNICHE</b>   | <b>182</b>        |
| <b>4.2)</b> | <b>SCOPI E CAMPI DI APPLICAZIONE DELLE DIRETTIVE</b>   | <b>184</b>        |
| <b>4.3)</b> | <b>LA STRUTTURA DEL SISTEMA FERROVIARIO E I SUOI SOTTOSISTEMI<br/>188</b>  |                   |

|   |                   |
|---|-------------------|
| <b>4.4) REQUISITI ESSENZIALI E PARTICOLARI</b>  | <b>192</b>        |
| 4.4.1) REQUISITO DI SICUREZZA   | 192               |
| 4.4.2) REQUISITO DI AFFIDABILITÀ E DISPONIBILITÀ  | 193               |
| 4.4.3) REQUISITO DI SALUTE  | 193               |
| 4.4.4) REQUISITO DI TUTELA DELL'AMBIENTE  | 194               |
| 4.4.5) REQUISITO DI COMPATIBILITÀ TECNICA   | 194               |
| 4.4.6) REQUISITI PARTICOLARI  | 194               |
| <b>4.5) SPECIFICHE TECNICHE DI INTEROPERABILITÀ</b>   | <b>196</b>        |
| <b>4.6) VERIFICHE DI CONFORMITÀ</b>   | <b>203</b>        |
| 4.6.1) COMPONENTI DI INTEROPERABILITÀ   | 204               |
| 4.6.2) SOTTOSISTEMI   | 206               |
| <b>4.7) GLI ORGANISMI NOTIFICATI</b>  | <b>210</b>        |
| <br>  |                   |
| <b><u>5) LE NUOVE TECNOLOGIE PER L'INTEROPERABILITÀ</u></b>   | <b><u>213</u></b> |
| <br>  |                   |
| <b>5.1) PREMessa</b>  | <b>213</b>        |
| <b>5.2) LA TRAZIONE ELETTRICA – I MEZZI DI TRAZIONE MULTISISTEMA</b>                                    | <b>214</b>        |
| <b>5.3) IL SISTEMA DI SEGNALAMENTO EUROPEO ERTMS\ETCS</b>   | <b>221</b>        |
| 5.3.1) IL SISTEMA EUROPEO DI GESTIONE DEL TRAFFICO FERROVIARIO<br>ERTMS221                              |                   |
| 5.3.2) ETCS NELLA STRUTTURA FUNZIONALE SEMPLIFICATA DEL SISTEMA<br>DI GESTIONE DEL TRAFFICO FERROVIARIO | 221               |
| 5.3.3) ETCS: UN POTENTE CONCETTO ORIENTATO AL FUTURO  | 221               |
| 5.3.4) ARCHITETTURA DI ETCS   | 221               |
| 5.3.5) LIVELLI DI APPLICAZIONE  | 221               |
| 5.3.6) MODALITÀ OPERATIVE   | 221               |
| 5.3.7) MIGRAZIONE AD ETCS DEI SISTEMI ESISTENTI   | 221               |
| <b>5.4) LE TELECOMUNICAZIONI</b>  | <b>221</b>        |
| <b>5.5) LE DIFFERENZE REGOLAMENTARI</b>   | <b>221</b>        |

|   |                   |
|---|-------------------|
| <b>6) LA SICUREZZA FERROVIARIA</b>  | <b>221</b>        |
| <b>6.1) LA LEGISLAZIONE PER LA SICUREZZA FERROVIARIA</b>  | <b>221</b>        |
| <b>6.2) METODI DI GESTIONE DELLA SICUREZZA</b>  | <b>221</b>        |
| 6.2.1) GLI OBIETTIVI COMUNI DI SICUREZZA  | 221               |
| 6.2.2) METODI COMUNI DI SICUREZZA   | 221               |
| 6.2.3) INDICATORI COMUNI DI SICUREZZA   | 221               |
| 6.2.4) IL SISTEMA DI GESTIONE DELLA SICUREZZA   | 221               |
| 6.2.5) RESPONSABILITÀ   | 221               |
| <b>6.3) LE AUTORIZZAZIONI DI SICUREZZA</b>  | <b>221</b>        |
| 6.3.1) CERTIFICATI DI SICUREZZA   | 221               |
| 6.3.2) AUTORIZZAZIONE DI SICUREZZA DEI GESTORI<br>DELL'INFRASTRUTTURA:                          | 221               |
| <b>6.4) ACCESSO ALLE STRUTTURE DI FORMAZIONE</b>  | <b>221</b>        |
| <b>6.5) LE AUTORITÀ PREPOSTE ALLA SICUREZZA</b>   | <b>221</b>        |
| 6.5.1) L'AGENZIA FERROVIARIA EUROPEA E LE AUTORITÀ NAZIONALI                                    | 221               |
| 6.5.2) ORGANISMO INVESTIGATIVO  | 221               |
| <b>6.6) STATO ATTUALE DI APPLICAZIONE DELLA DIRETTIVA SULLA<br/>SICUREZZA</b>                   | <b>221</b>        |
| <b><u>7) INTEROPERABILITÀ NELLA PRATICA: L'ADEGUAMENTO<br/>DELL'ASSE GENOVA - ROTTERDAM</u></b> | <b><u>221</u></b> |
| <b>7.1) PREMessa</b>  | <b>221</b>        |
| <b>7.2) LE OPERE PREVISTE</b>   | <b>221</b>        |
| <b>7.3) GLI INVESTIMENTI PREVISTI</b>   | <b>221</b>        |
| <b>7.4) I BENEFICI ATTESI</b>   | <b>221</b>        |
| <b>7.5) IL CORRIDOIO DEI DUE MARI (ASSE N°24)</b>   | <b>221</b>        |
| 7.5.1) IL PERCORSO  | 221               |
| 7.5.2) GLI OBIETTIVI  | 221               |

---

|  |     |
|--|-----|
| 7.5.3) LA SITUAZIONE ATTUALE   | 221 |
| 7.5.4) GLI INTERVENTI PREVISTI   | 221 |
| 7.5.5) LIVELLI DI TRAFFICO ATTESI SUL CORRIDOIO  | 221 |
| 7.5.6) LA LINEA DELLA BETUWE   | 221 |
| 7.5.7) I GRANDI TRAFORI ALPINI DEL SAN GOTTARDO E DEL LÖTSCHBERG<br>E DEL SAN GOTTARDO | 221 |
| 7.5.8) I PERCORSI DEL CORRIDOIO 24 IN ITALIA E IL TERZO VALICO DEI<br>GIOVI.           | 221 |

|                    |            |
|--------------------|------------|
| <b>CONCLUSIONI</b> | <b>221</b> |
|--------------------|------------|

---

|                     |            |
|---------------------|------------|
| <b>BIBLIOGRAFIA</b> | <b>221</b> |
|---------------------|------------|

---

## INDICE DELLE FIGURE

|   |     |
|---|-----|
| <i>Figura 1-1: Le origini - Sistemi di alimentazione elettrica</i>  | 35  |
| <i>Figura 1-2: Le origini – Dimensioni e materiali dai pantografi</i>   | 46  |
| <i>Figura 1-3: Le origini – Estensione dei sistemi di controllo – comando in Europa</i>                                     | 62  |
| <i>Figura 1-4: Le origini – Estensione dei sistemi di controllo – comando in Europa</i>                                     | 62  |
| <i>Figura 1-5: Le origini – Posizione dei vari captatori</i>  | 63  |
| <i>Figura 1-6: Le origini – Sistemi di comunicazione terra – treno in Europa.</i>   | 111 |
| <i>Figura 1-7: Le origini – Sagoma cinematica</i>   | 112 |
| <i>Figura 1-8: Le origini – Sagome per trasporti combinati</i>  | 113 |
| <i>Figura 1-9: Le origini – Sagome limiti in Europa</i>   | 114 |
| <i>Figura 1-10: Le origini – Differenti metodi di segnalazioni di fanali</i>  | 115 |
| <i>Figura 1-11: Le origini – staffe per immobilizzazione del treno in linea</i>   | 116 |
| <i>Figura 2-1: La nuova Europa – Trasporto passeggeri, evoluzione del traffico 1970-1999 per modo di trasporto</i>          | 125 |
| <i>Figura 2-2: La nuova Europa – Trasporto merci, evoluzione del traffico 1970-1999 per modo di trasporto</i>               | 126 |
| <i>Figura 2-3: La nuova Europa – Deterioramento della ripartizione modale 1990-1998</i>                                     | 127 |
| <i>Figura 2-4: La nuova Europa – Deterioramento della ripartizione modale 1995-2004</i>                                     | 127 |
| <i>Figura 3-1: La liberalizzazione-Orario grafico</i>   | 159 |
| <i>Figura 3-2: La liberalizzazione - Confronto i modelli d'esercizio omotachico ed eterotachico.</i>                        | 161 |
| <i>Figura 3-3: La liberalizzazione - Esempio di circolazione omotachica ed eterotachica in una linea a semplice binario</i> | 163 |
| <i>Figura 3-4: La liberalizzazione - Esempio di circolazione omotachica ed eterotachica in una linea a doppio binario.</i>  | 164 |
| <i>Figura 5-1: Loco politensione – Esterno di diodo GTO a disco</i>   | 215 |
| <i>Figura 5-2: Loco politensione – Parte attiva di un diodo GTO</i>   | 215 |
| <i>Figura 5-3: Loco politensione – IGBT per montaggio su piastra</i>  | 216 |
| <i>Figura 5-4: Loco politensione – Parte attiva di un diodo IGBT</i>  | 216 |
| <i>Figura 5-5: Loco politensione – Modulo di convertitori raffreddato ad aria</i>   | 218 |
| <i>Figura 5-6: Loco politensione – Raffreddamento con freon – tank: complessivo di un convertitore e sezione di un tank</i> | 218 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Figura 5-7: Loco politensione – Moduli equivalenti con IGBT (a sinistra) e con GTO a disco (a destra) raffreddati ad acqua.</i>            | 219 |
| <i>Figura 5-8: Loco politensione – Modulo a IGBT su piastra con raffreddamento ad acqua</i>   | 219 |
| <i>Figura 5-9: Loco politensione – Schema di convertitore a 4 quadranti</i>   | 221 |
| <i>Figura 5-10: Loco politensione – Principio di funzionamento del convertitore a 4 quadranti</i>   | 221 |
| <i>Figura 5-11: Loco politensione – Principio di funzionamento del “chopper”</i>  | 221 |
| <i>Figura 5-12: Loco politensione – Schema di principio di un chopper</i>   | 221 |
| <i>Figura 5-13: Loco politensione – Schema di locomotiva chopper E632 - E633</i>  | 221 |
| <i>Figura 5-14: Loco politensione – Inverter trifase</i>  | 221 |
| <i>Figura 5-15: Loco politensione – Schema di una locomotiva con inverter ad alimentazione diretta in corrente continua</i>                   | 221 |
| <i>Figura 5-16: Loco politensione – Schema di principio per una locomotiva per corrente monofase</i>  | 221 |
| <i>Figura 5-17: Loco politensione – Schema di principio per una locomotiva policorrente in configurazione monofase</i>                        | 221 |
| <i>Figura 5-18: Loco politensione – Schema di principio per una locomotiva policorrente in configurazione a c.c. 3kV (choppere step down)</i> | 221 |
| <i>Figura 5-19: Loco politensione – Schema di principio per una locomotiva policorrente in configurazione a c.c. 1,5kV (choppere step up)</i> | 221 |
| <i>Figura 5-20: Loco politensione – Locomotiva Siemens politensione in livrea della ferrovie austriache OBB</i>                               | 221 |
| <i>Figura 5-21: Loco politensione – Locomotiva Borbardiers politensione con livrea di varie reti</i>  | 221 |
| <i>Figura 5-22: Sistema ETCS - Sistema gestionale del traffico ferroviario</i>  | 221 |
| <i>Figura 5-23: Sistema ETCS - Struttura funzionale di ETCS</i>   | 221 |
| <i>Figura 5-24: Eurobalise</i>  | 221 |
| <i>Figura 5-25: Sistema ETCS - Configurazione di base del flusso dati di ETCS</i>   | 221 |
| <i>Figura 5-26: Sistema ETCS – Sviluppo del sistema ETCS</i>  | 221 |
| <i>Figura 5-27: Sistema ETCS – Linee attrezzate con sistema ETCS</i>  | 221 |
| <i>Figura 5-28: Sistema ETCS - modalità “Disabilitato”</i>  | 221 |
| <i>Figura 5-29: Sistema ETCS - modalità “Supervisione limitata”</i>   | 221 |
| <i>Figura 5-30: Sistema ETCS - modalità “Supervisione completa”</i>   | 221 |
| <i>Figura 5-31: Sistema ETCS - Situazione obbiettivo finale</i>   | 221 |
| <i>Figura 5-32: Sistema ETCS - modulo STM in aggiunta al sistema ETCS</i>   | 221 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Figura 5-33: Sistema ETCS - equipaggiamento bimodale</i>  | 221 |
| <i>Figura 5-34: Sistema ETCS - equipaggiamento parallelo</i>   | 221 |
| <i>Figura 5-35: Sistema ETCS – STM inverso</i>   | 221 |
| <i>Figura 5-36: Sistema ETCS – Soluzione obbiettivo finale</i>                                       | 221 |
| <i>Figura 5-37: Sistema ETCS – Parallelo Livello 1 – sistema nazionale</i>                           | 221 |
| <i>Figura 5-38: Sistema ETCS – Livello 1 con telegramma per i treni nazionali</i>                    | 221 |
| <i>Figura 5-39: Sistema ETCS – Parallelo livello 2 – sistema nazionale</i>                           | 221 |
| <i>Figura 5-40: Le telecomunicazioni – Struttura del sistema EIRENE</i>                              | 221 |
| <i>Figura 5-41: Le telecomunicazioni – Previsioni di installazione di GSM-R</i>                      | 221 |
| <i>Figura 5-42: Le telecomunicazioni – Previsioni di installazione di GSM-R e ETCS nel mondo</i>     | 221 |
| <i>Figura 5-43: I regolamenti – Interfaccia MMI per ETCS</i>   | 221 |
| <i>Figura 5-44: I regolamenti – Posizionamento dei comandi nella EUDD</i>                            | 221 |
| <i>Figura 5-45: I regolamenti – Ipotesi di realizzazione di EUDD</i>                                 | 221 |
| <i>Figura 5-46: I regolamenti – Banco di guida realizzato secondo i criteri unificati</i>            | 221 |
| <i>Figura 6-1: Sicurezza – Autorità nazionale di sicurezza</i>                                       | 221 |
| <i>Figura 6-2: Sicurezza – Incidenti ferroviari suddivisi per tipologia</i>                          | 221 |
| <i>Figura 6-3: Sicurezza – Decessi in incidenti ferroviari suddivisi per tipologia</i>               | 221 |
| <i>Figura 6-4: Sicurezza – Incidenti ferroviari suddivisi per nazione</i>                            | 221 |
| <i>Figura 6-5: Sicurezza – Decessi in incidenti ferroviari suddivisi per tipologia e per nazione</i> | 221 |
| <i>Figura 7-1: Rete RTE-T – Progetti prioritari</i>  | 221 |
| <i>Figura 7-2: Rete RTE-T – Progetti prioritari in Italia</i>  | 221 |
| <i>Figura 7-3: Rete RTE-T – Asse prioritario n°24</i>  | 221 |
| <i>Figura 7-4: Rete RTE-T – Sistemi di alimentazione nell’asse n°24</i>                              | 221 |
| <i>Figura 7-5: Rete RTE-T – Flussi passeggeri ferroviari sull’asse 24, percorsi interregionali</i>   | 221 |
| <i>Figura 7-6: Rete RTE-T – Flussi passeggeri ferroviari sull’asse 24, percorsi internazionali</i>   | 221 |
| <i>Figura 7-7: Rete RTE-T – Flussi passeggeri stradali sull’asse 24, percorsi interregionali</i>     | 221 |
| <i>Figura 7-8: Rete RTE-T – Flussi passeggeri stradali sull’asse 24, percorsi internazionali</i>     | 221 |
| <i>Figura 7-9 Rete RTE-T – Tracciato della linea della Betuwe</i>                                    | 221 |
| <i>Figura 7-10 Rete RTE-T – Linea Betuwe – Il ponte di Dintelhaven</i>                               | 221 |
| <i>Figura 7-11 Rete RTE-T – Linea Betuwe – Il tunnel di Sophia</i>                                   | 221 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Figura 7-12 Rete RTE-T – Linea Betuwe – Uscita d'emergenza del tunnel Sophia</i>                                  | 221 |
| <i>Figura 7-13 Rete RTE-T – Linea Betuwe – Imbocco del tunnel di Zevenaar</i>  | 221 |
| <i>Figura 7-14 Rete RTE-T – Linea Betuwe – Tunnel di Zevenaar</i>  | 221 |
| <i>Figura 7-15 Rete RTE-T – Forme di finanziamento dei progetti ferroviari svizzeri</i>                              | 221 |
| <i>Figura 7-16 Rete RTE-T – Tracciato del tunnel del Lötschberg</i>  | 221 |
| <i>Figura 7-17 Rete RTE-T – Tunnel del Lötschberg – Camerone</i>   | 221 |
| <i>Figura 7-18 Rete RTE-T – Tunnel del Lötschberg – Armatura di un tratto di tunnel</i>                              | 221 |
| <i>Figura 7-19 Rete RTE-T – Tunnel del Lötschberg – prima fase</i>   | 221 |
| <i>Figura 7-20 Rete RTE-T – Tunnel del Lötschberg – seconda fase</i>   | 221 |
| <i>Figura 7-21 Rete RTE-T – Tunnel del Lötschberg – terza fase</i>   | 221 |
| <i>Figura 7-22 Rete RTE-T – Trasporto combinato a doppia trazione sulle rampe dell'attuale linea del Lötschberg.</i> | 221 |
| <i>Figura 7-23 Rete RTE-T – Profilo altimetrico di confronto fra il nuovo e il vecchio tracciato</i>                 | 221 |
| <i>Figura 7-24 Rete RTE-T – Interventi sulla direttrice Chiasso - Zurigo</i>   | 221 |
| <i>Figura 7-25 Rete RTE-T – Planimetria della galleria del Ceneri</i>  | 221 |
| <i>Figura 7-26 Rete RTE-T – Schema della galleria di base del San Gottardo</i>                                       | 221 |
| <i>Figura 7-27 Rete RTE-T – Planimetria della galleria di base del San Gottardo</i>                                  | 221 |
| <i>Figura 7-28 Rete RTE-T – Avanzamento lavori della galleria del San Gottardo</i>                                   | 221 |
| <i>Figura 7-29 Rete RTE-T – Linee RFI sul corridoio 24</i>   | 221 |
| <i>Figura 7-30 Rete RTE-T – Interventi infrastrutturali previsti sulle linee del corridoio</i>                       | 221 |
| <i>Figura 7-31 Rete RTE-T – Tracciato del terzo valico</i>   | 221 |
| <i>Figura 7-32 Rete RTE-T – Linee attrezzate con ETCS</i>  | 221 |
| <i>Figura 7-33 Rete RTE-T – il telegramma ETCS con inserito SCMT</i>   | 221 |

## INDICE DELLE SIGLE E DEGLI ACRONIMI

|         |  |
|---------|--|
| AEIF    | <i>Association Européenne pour l'Intéropabilité Ferroviaire<br/>(Associazione Europea per l'Interoperabilità Ferroviaria)</i>  |
| APTU    | <i>Adoption de Prescriptions Techniques Uniformes (Adozione<br/>di Prescrizioni Tecniche Uniformi)</i>   |
| ATC     | <i>Automatic Train Control (Controllo automatico del treno)</i>  |
| ATMF    | <i>Admission Technique de Matériel Ferroviaire (Ammissione<br/>Tecnica di Materiale Ferroviario)</i>   |
| ATP     | <i>Automatic Train Protection</i>  |
| Cdb     | <i>Circuito di Binario</i>   |
| CEN     | <i>Comité Européen de Normalisation (Comitato Europeo di<br/>normalizzazione)</i>  |
| CENELEC | <i>Comité Européen de Normalisation Electrotechnique<br/>(Comitato Europeo di normalizzazione elettrotecnica)</i>  |
| CIM     | <i>Contrat de transport International ferroviaire des<br/>Marchandises (Contratto di trasporto internazionale<br/>ferroviario delle merci)</i>                           |
| CIV     | <i>Contrat de transport International ferroviaire des<br/>Voyageurs et des bagages (Contratto di trasporto<br/>internazionale ferroviario dei viaggiatori e bagagli)</i> |
| COTIF   | <i>Convention relative aux transports internationaux<br/>ferroviaires (Convenzione relativa ai Trasporti<br/>Internazionali Ferroviari)</i>                              |
| CSI     | <i>Indicatori di sicurezza comuni</i>  |
| CSM     | <i>Metodi di sicurezza comuni</i>  |
| CST     | <i>Obbiettivi di sicurezza comuni</i>  |
| CTC     | <i>Controllo Centralizzato del Traffico</i>  |
| CUI     | <i>Contrat d'Utilisation de l'Infrastructure (Contratto per</i>  |

|        |  |
|--------|--|
|        | <i>l'Uso dell'Infrastruttura)</i>  |
| CUV    | <i>Contrats d'Utilisation de Véhicules (Contratti per l'uso dei veicoli)</i>   |
| DMI    | <i>Driver Machine Interface (equivalente a MMI)</i>  |
| EIRENE | <i>European Integrated Railway Radio Enhanced Network</i>  |
| ETCS   | <i>European Train Control System</i>   |
| ETMRS  | <i>European Rail Traffic Management System</i>   |
| EUDD   | <i>EUropean Driver Desk</i>  |
| EVC    | <i>European Vital Computer</i>   |
| FFFIS  | <i>Specificazione fisica e funzionale di interfaccia</i>   |
| FIS    | <i>Specificazione Funzionale di Interfaccia</i>  |
| MMI    | <i>Man Machine Interface (equivalente a DMI)</i>   |
| OCTIF  | <i>Office Central pour les Transports Internationaux par chemins de Fer (Ufficio centrale per i trasporti internazionali ferroviari)</i>                             |
| OTIF   | <i>Organisation intergouvernementale pour les Transports Internationaux Ferroviaires (Organizzazione intergovernativa per i Trasporti Internazionali Ferroviari)</i> |
| PdC    | <i>Personale di Condotta</i>   |
| PdM    | <i>Personale di Macchina</i>   |
| PIR    | <i>Prospetto informativo rete</i>  |
| RBC    | <i>Radio Block Center</i>  |
| RIC    | <i>Regolamento Internazionale Carrozze</i>   |
| RID    | <i>Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses (Regolamento per il trasporto di merci pericolose)</i>                   |
| RIV    | <i>Regolamento Internazionale Vagoni</i>   |
| SRS    | <i>Specifiche dei Requisiti di Sistema (di ETCS)</i>   |
| STI    | <i>Specifica tecnica di interoperabilità</i>   |
| STM    | <i>Specific Transmission Module</i>  |

|       |  |
|-------|--|
| TIU   | <i>Train Interface Unit</i>  |
| UIC   | <i>Union Intenationale des Chemins de Fer (Unione internazionale delle ferrovie)</i> |
| UITP  | <i>Unione delle imprese di trasporto pubblico</i>                                    |
| UNIFE | <i>Unione delle industrie ferroviarie europee</i>                                    |

## **INTRODUZIONE**

**L**e ferrovie hanno origine dalla combinazione di due elementi: la strada ferrata e la trazione meccanica. La strada ferrata, composta da due guide parallele in metallo, su cui far scivolare materiale o su cui far rotolare carri o simili, ha origini antiche: pare, infatti, che già per la costruzione delle piramidi furono utilizzate rotaie in bronzo. Nell'età moderna, rotaie in legno erano utilizzate nelle miniere inglesi nel 1600, successivamente nella metà del XVII secolo, furono rivestite di lamiera e le ruote dei vagoncini munite di cerchioni. Si veniva così a creare l'accoppiamento ruota metallica – rotaia metallica che permetteva una cospicua riduzione della resistenza al moto e che, al tempo, permise di far trainare al cavallo, unico mezzo di trazione allora utilizzabile, un carico quadruplo rispetto al passato. All'inizio del 1800 con l'invenzione della locomotiva, ovvero con lo sviluppo della trazione meccanica, si ha la nascita vera e propria della ferrovia come sistema di trasporto per passeggeri e merci.

La prima linea ferroviaria fu costruita in Inghilterra sul percorso Stockton – Darlington nel 1825, successivamente le ferrovie si svilupparono in vari paesi dagli Stati Uniti (1831) alla Francia (1832), dall'Irlanda (1834) all'Italia (1839). Se le caratteristiche fondamentali della ferrovia, quali ad esempio lo scartamento, furono determinate dai primi costruttori e, a parte qualche eccezione, divennero quindi uno standard di fatto, successivamente lo sviluppo avvenne in modo indipendente fra i singoli stati per cui il sistema ferroviario si è evoluto su tecnologie ed organizzato su regolamenti differenti fra i vari paesi. Già nel corso del 1800, le varie reti ferroviarie si sono connesse fra loro e la stipula di accordi internazionali per stabilire le regole

tecniche fondamentali per lo scambio di veicoli e dei regolamenti per la circolazione delle merci e delle persone permise lo sviluppo del traffico internazionale; tuttavia le società ferroviarie sono rimaste tecnicamente indipendenti per gli aspetti relativi alla gestione, regolamenti e alle attrezzature tecnologiche, quali, ad esempio, i sistemi di alimentazione della trazione elettrica, del segnalamento e delle comunicazioni terra-treno.

In origine la costruzione della linee e la gestione del trasporto era curato da compagnie statali o private; nel corso del novecento, soprattutto in Europa, le ferrovie sono state nazionalizzate: si vennero così a creare degli organi statali con il compito della gestione della rete e dell'esercizio del trasporto. Per tutto il XX secolo, il sistema ferroviario è stato organizzato in monopoli nazionali e questo mal si concilia con i nuovi indirizzi economici previsti dall'Unione Europea che hanno lo scopo di unificare le economie dei vari stati nazionali in un'unica area economica europea. E' nata quindi l'esigenza di uniformare il settore ferroviario a livello europeo e è stato impostato ed intrapreso un lungo processo di riforma ed integrazione basato su leggi e regolamenti emanati direttamente dall'Unione Europea.

In questo contesto si inserisce il presente lavoro di ricerca, nel quale sarà analizzata la nuova concezione di ferrovia europea e in particolare gli effetti delle direttive comunitarie in materia di liberalizzazione del mercato ferroviario, di interoperabilità e di sicurezza. Scendendo nel dettaglio dello studio, la sua prima parte (capitolo 1) sarà dedicata ad una analisi storica del sistema ferroviario europeo prima della nascita della UE, in questa si approfondiranno le caratteristiche delle varie reti nazionali dedicando particolare attenzione alle standardizzazioni presenti, alle differenze regolamentari e tecniche dei vari sistemi nazionali. Si scriverà anche dell'attuale organizzazione del servizio internazionale e delle sue

attuali criticità. Ciò permetterà di comprendere al meglio le motivazioni che hanno portato alla redazione dei progetti europei di superamento degli aspetti nazionali e di rilancio del sistema ferroviario sia passeggeri che merci. I loro principi fondamentali saranno illustrati nel capitolo 2 insieme ad una breve cronistoria della relativa legislazione che, in estrema sintesi, prevede tre filoni di intervento: la liberalizzazione del mercato, l'interoperabilità e la sicurezza. Questi saranno l'argomento dei successivi capitoli dal 3 al 6 dove sarà analizzata la relativa situazione normativa consolidata. Particolare cura sarà dedicata alla tematica dell'interoperabilità, sviluppata nei capitoli 4 e 5, rispettivamente sotto il profilo legislativo e sotto il profilo tecnologico. Si parlerà allora delle nuove frontiere della trazione elettrica e del nuovo sistema di comando – controllo ETCS (European Traffic Control System) sviluppato secondo gli standard comuni europei e dei suoi problemi di implementazione alla luce del fatto che la migrazione verso un sistema interoperabile sarà lunga e complessa ed avverrà in modo graduale, partendo dalle grandi direttrici di traffico europeo individuate dalla stessa Unione Europea nei corridoi TEN a quali è dedicato il capitolo 7. I corridoi TEN saranno i primi sui quali troveranno pratica applicazione i contenuti delle Direttive, pertanto si è scelta una particolare direttrice per analizzare il loro stato di attuazione e le azioni che saranno intraprese nel futuro. Questa è il corridoio n°24 Rotterdam – Genova o “*corridoio dei due mari*”, del quale sarà esaminata la situazione attuale concentrandosi sui fattori, che impediscono la libera circolazione dei mezzi e sulle le azioni e gli investimenti che sono in corso o sono programmati per il suo sviluppo nell'ottica della creazione di un corridoio interoperabile a livello europeo. Per quanto riguarda le tecnologie saranno esaminati i problemi connessi con i diversi sistemi elettrici di alimentazione presenti lungo il corridoio e con i sistemi di segnalamento con

particolare riferimento alle problematiche di implementazione del nuovo sistema standard europeo ETCS. Allo stesso modo saranno presentate le opere infrastrutturali attualmente in realizzazione come la nuova linea merci fra Rotterdam e la Germania e come le opere in costruzione in territorio Svizzero ovvero i trafori alpini di base del Loetschberg e del Gottardo. Alla tratta italiana sarà dedicato uno specifico paragrafo dove saranno analizzati gli interventi previsti da RFI sia sull'infrastruttura sia sulle attrezzature tecnologiche delle linee.

I risultati del lavoro di ricerca svolto saranno raccolti nel capitolo conclusivo nel quale si farà il punto sullo stato di attuazione del progetto europeo evidenziandone le luci, le ombre e le prospettive future.

# **1) *NORMATIVA                   TECNICA                   E SVILUPPO   DELLE   FERROVIE   IN EUROPA***

## **1.1)                   *LE ORIGINI E LO SVILUPPO DELLE FERROVIE***

**A**ll'inizio del secolo XIX, ovvero all'epoca della nascita delle prime ferrovie, il panorama politico europeo si presentava ancor più frammentato di quello attuale: accanto alle grandi nazioni francese, spagnola ed inglese, vi erano una moltitudine di piccoli stati concentrati, per esempio, nell'area tedesca o italiana ove erano ancora presenti i cosiddetti Antichi Stati. Ogni Nazione era ovviamente autonoma, con alleanze e rivalità, in un quadro politico europeo piuttosto movimentato e bellicoso. In queste particolari condizioni, nacquero le prime tratte ferroviarie sviluppate da ogni Stato con tempi e modalità differenti. Generalmente lo Stato rilasciava una concessione a una compagnia ferroviaria nata per l'occasione o che già si era costituita per la costruzione e l'esercizio di una determinata linea o gruppo di linee. In principio si trattava di percorsi limitati, realizzati in maniera indipendente gli uni dagli altri secondo le tecniche specifiche dei singoli costruttori e, quindi, fra loro tecnicamente differenti. Per fortuna le diversità riguardavano solo aspetti di dettaglio o comunque erano facilmente superabili e quindi, quando le singole linee si sono estese fino a comporre una rete, fu subito possibile l'interscambio. Già dalle origini, risultava, quindi, estremamente importante poter effettuare trasporti che interessassero

percorsi di diverse compagnie, senza dover trasbordare da un veicolo di una compagnia ad uno di un'altra. Si trattava quindi di far circolare veicoli di una compagnia su linee di un'altra, risolvendo problemi tecnici e commerciali. All'epoca non fu presa in considerazione la circolazione di locomotive su reti diverse, sia per la limitata autonomia delle locomotive a vapore, sia perché ogni compagnia intendeva detenere il pieno controllo della circolazione.

### **1.2) IL TRAFFICO FRA COMPAGNIE**

Il traffico ferroviario cumulativo fra compagnie diverse e fra nazioni diverse si è sviluppato già verso la metà dell'ottocento, d'altra parte il treno rappresentava a quell'epoca il mezzo di comunicazione più evoluto ed efficiente per il trasporto di viaggiatori e merci sulle lunghe distanze. Il traffico internazionale fu in principio oggetto di accordi di tipo bilaterale e successivamente di convenzioni multilaterali stipulate fra le compagnie ferroviarie.

I primi accordi furono stipulati fra compagnie ferroviarie appartenenti ad un'unica nazione: nel 1846 le dieci più importanti compagnie ferroviarie della Prussia decisero di fondare una associazione delle ferrovie prussiane avente per scopo la coordinazione degli sforzi nel loro interesse e nell'interesse pubblico. Dopo l'ingresso di altre compagnie, sempre appartenenti alla Confederazione Germanica, essa prese il nome di "*Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen*" (Unione delle Amministrazioni Ferroviarie Germaniche) e ad essa potevano associarsi tutte le amministrazioni con sede in Germania. Nel 1850 il numero dei membri aveva già raggiunto le 40 unità. Dopo gli avvenimenti del 1866 e del 1870 la cooperazione si allargò includendo l'Impero Germanico, l'Austria, l'Ungheria, l'Olanda e il Lussemburgo. Nel 1909 la *Verein* comprendeva 63

Amministrazioni: 40 con sede in Germania, 15 con sede in Austria-Ungheria, 8 fra Olanda, Belgio, Lussemburgo, Polonia e Romania, per estensione delle rete di circa 150'000 km.

Già dal 1850, fra i vari gruppi di lavoro, vi era un'assemblea di ingegneri destinata ad elaborare, sotto forma di convenzioni tecniche, delle prescrizioni comuni per la costruzione e l'esercizio delle infrastrutture e del materiale rotabile e per facilitare l'uso reciproco dei veicoli, anche mediante un sistema centralizzato di compensazioni. Vi furono diverse versioni di queste Convenzioni, sempre più ampie ed evolute e che furono tradotte in diverse lingue: esse prevedevano sia clausole obbligatorie che semplici raccomandazioni e riguardavano la sagoma, lo scartamento, i tenditori e i ganci di trazione, i respingenti, i cerchioni, i bordini, gli accoppiatori del vapore per il riscaldamento e del freno ecc.

In Francia non si presentava la stessa situazione, in quanto si erano sviluppate poche (e precisamente sei) grandi compagnie, che gestivano reti disposte su diverse direttrici radiali, con al centro Parigi, la capitale della nazione e con pochi collegamenti tangenziali diretti fra loro. Era quindi debole la spinta normalizzatrice che, invece, aveva caratterizzato la Germania. La Francia quindi era meno propensa a sottoscrivere accordi con *Verein* sia per la scarsa propensione alla normalizzazione, sia per il timore di essere in minoranza e quindi di perdere l'indipendenza tecnologica e industriale, sia per la storica inimicizia fra i due stati.

Dopo la guerra franco-tedesca del 1870, il Belgio che si trovava al centro dei traffici fra Germania, Olanda e Francia convocò a Bruxelles una conferenza fra le varie compagnie di queste nazioni per giungere a un "*Regolamento tecnico per l'ammissione del materiale e la responsabilità per le avarie*". La conferenza non ebbe, tuttavia, il successo sperato tanto che l'insufficienza del regolamento approvato e

la sua limitatezza spinsero la Svizzera, che a sua volta si trovava al centro di intenso traffico internazionale in prevedibile espansione per l'apertura dei trafori alpini, e anche in virtù della propria neutralità, a proporre nel 1879 un nuovo progetto per un regolamento internazionale, ispirato largamente al decreto italiano del 14 aprile 1878 "*Prescrizioni relative al materiale mobile destinato al servizio cumulativo*", che aveva regolato l'interscambio fra le compagnie italiane. Vincendo la diffidenza e l'ostilità della Francia, venne finalmente convocata a Berna nel 1882 la "*Conferenza internazionale per l'unità tecnica delle ferrovie*", con la partecipazione dei governi e degli esperti di sei nazioni: Svizzera, Prussia, Austria, Francia, Ungheria e Italia. La conferenza si concluse con l'approvazione della "*Convenzione Internazionale sull'Unità Tecnica delle Ferrovie*" comunemente nota come "*Unità Tecnica delle Ferrovie*". Le discussioni furono molto vivaci e alcune decisioni vennero prese a maggioranza anche su temi particolarmente importanti come quella sulla misura dello scartamento del binario (e di conseguenza anche quelle relative alla geometria delle ruote), che si concluse con la scelta del valore di 1435mm con il voto contrario di Francia e Italia che erano invece sostenitrici di 1440mm. Traccia di queste differenze iniziali è ancora rimasta nell'inclinazione della posa della rotaia:  $\frac{1}{40}$  nei paesi "tedeschi" e  $\frac{1}{20}$  in Italia e Francia. Da ricordare comunque che alcuni paesi scelsero per motivi strategici di difesa scartamenti diversi e incompatibili con quello detto normale: Spagna e quindi Portogallo hanno tuttora lo scartamento a 1668 mm e l'ex Impero Russo a 1520mm.

Questa prima Unità Tecnica fissava altri concetti e valori importanti come la posizione e le dimensioni degli organi di accoppiamento (ganci, tenditori, respingenti ecc..), la sagome limite, il freno, il limite di peso per asse e per metro, le norme di carico, lo stato

di manutenzione ecc.. In ricordo di questa prima Conferenza di Berna, sono tutt'oggi indicati con la definizione "chiave di Berna" la chiave "quadra" di manovra delle serrature dei treni e con l'espressione "rettangolo di Berna" lo spazio che deve essere libero fra i respingenti di due veicoli contigui per consentire la manovra di aggancio e sgancio in maniera sicura dal punto di vista antinfortunistico per i manovratori.

L'"Unità Tecnica delle Ferrovie" è stata ratificata dai vari governi e assunse la caratteristica di trattato fra Stati.

Successive Conferenze hanno prodotto nuove edizioni dell'Unità fino a quella del 1938 che è l'ultima emessa ed è tuttora in vigore, sottoscritta da 18 Paesi dell'Europa continentale, esclusi quelli a scartamento diverso.

Parallelamente alle convenzioni tecniche e con gli stessi criteri, sempre in Svizzera, si sono tenute conferenze per la regolamentazione degli aspetti commerciali.

La prima Convenzione internazionale sul trasporto di merci per ferrovie risale al 1890 (abbreviata nella sigla CIM per il traffico merci e successivamente la CIV per il traffico viaggiatori). Questa Convenzione era alla base della creazione di una unione amministrativa che corrisponde alle regole del diritto internazionale dell'epoca. Era dotata di una segreteria permanente, l'Ufficio Centrale per i Trasporti Internazionali per Ferrovie (OCTIF ovvero Office Central pour les Transports Internationaux par chemins de Fer) la cui sede fu fissata a Berna, capitale della Svizzera. Compiti principali dell'OCTIF erano organizzare queste conferenze internazionali, gestire le richieste di revisione di CIV e CIM, diffondere le informazioni ed eventualmente dirimere possibili controversie.

Le unioni amministrative del XIX secolo, come l'Unione Postale, l'Unione Telegrafica, ecc. erano unicamente delle successioni istituzionalizzate di conferenze diplomatiche internazionali. La

gestione dell'ufficio centrale per i trasporti internazionali per ferrovia era, di conseguenza, collocata sotto il controllo del Consiglio Federale Svizzero. Nel 1956, la funzione di controllo esercitata dal Consiglio Federale Svizzero è stata trasferita ad un Comitato Amministrativo, costituito di rappresentanti di una parte degli Stati Membri.

Nel quadro della VIII Conferenza di revisione nel 1980, le disposizioni istituzionali delle due Convenzioni CIV e CIM sono state sottoposte ad una riforma che ha portato alla creazione di una organizzazione internazionale intergovernativa, a carattere e struttura più moderno, con la nascita dell'*Organizzazione intergovernativa per i Trasporti Internazionali Ferroviari* (OTIF ovvero l'*Organisation intergouvernementale pour les Transports Internationaux Ferroviaires*) e l'approvazione della nuova *Convenzione relativa ai Trasporti Internazionali Ferroviari* (COTIF ovvero *CO*nvention relative aux Transports Internationaux Ferroviaires) del 9 maggio 1980, entrata in vigore il 1 maggio 1985.

Scopo principale dell'Organizzazione è stabilire un sistema uniforme di norme applicabili al trasporto di passeggeri, bagagli e merci in traffico internazionale ferroviario tra gli Stati aderenti, e di facilitare l'applicazione e lo sviluppo di questo sistema. Attualmente l'OTIF conta 42 Stati membri in Europa, Nord Africa e Vicino Oriente.

La struttura dell'OTIF è composta da:

- ✦ *l'Assemblea Generale* ovvero l'organismo di decisione di maggior livello dell'OTIF costituito da un rappresentante per ciascun Stato Membro. S'incontra regolarmente ogni 5 anni o su richiesta di un terzo dei suoi membri;
- ✦ *il Comitato Amministrativo* che esercita un controllo finanziario ed amministrativo sugli affari dell'Ufficio Centrale e approva il bilancio;
- ✦ *il Comitato di Revisione* che modifica le regole uniformi;

- ✘ *Il Comitato di Esperti per le merci pericolose* che prende decisioni riguardo alle modifiche delle regole sul trasporto di merci pericolose
- ✘ *l'Ufficio Centrale per il Trasporto Internazionale per Ferrovia (OCTI)* che funge da segretariato dell'Organizzazione ed ha sede a Berna, così come gli altri organismi dell'OTIF.

L'OTIF gode di una propria personalità giuridica sia nel diritto internazionale che nei diritti nazionali degli Stati membri. Degli ulteriori sviluppi di questa organizzazione si parlerà nel prosieguo del presente capitolo.

### **1.3) ULTERIORI SVILUPPI DELLE NORME TECNICHE PER IL SERVIZIO INTERNAZIONALE**

Come abbiamo visto, l'accordo fra i vari governi ha portato alla emanazione della cosiddetta *unità tecnica delle ferrovie* tutt'ora in vigore, che stabilisce gli elementi tecnici fondamentali (scartamento dei binari, lo scartamento delle ruote dei veicoli, organi di aggancio e di repulsione, la sagoma limite,...) nonché le tolleranze ammesse in servizio e lo stato manutentivo minimo per l'accettazione del materiale rimorchiato. In particolare nei vari articoli si specifica:

- ✘ larghezza del binario (scartamento);
- ✘ prescrizioni generali relative allo scambio dei veicoli fra amministrazioni diverse;
- ✘ costruzione dei veicoli (dimensioni, peso assiale, curve minime percorribili, ruote e cerchioni, organi di trazione e repulsione, freno, porte, iscrizioni ecc. );
- ✘ stato dei veicoli (manutenzione, difetti autorizzanti il rifiuto);

- \* carico dei carri compresi requisiti per la dogana;
- \* sagoma limite dei veicoli.

All'inizio degli anni '20 quando oramai le compagnie erano state fuse in strutture statali, fu costituita (nel 1922) con sede a Parigi l'*Unione internazionale delle ferrovie (UIC* ovvero *Union Internationale des Chemins de Fer*) che riuniva tutte le ferrovie d'Europa e di altre nazioni extraeuropee, come organismo di cooperazione delle aziende ferroviarie e di promozione del trasporto ferroviario. Essa aveva lo scopo di armonizzare e sviluppare ulteriormente le regole internazionali e standardizzare e migliorare le condizioni di costruzione e di esercizio delle ferrovie. Essa, quindi, era un potente organo tecnico ferroviario, che eseguiva ricerche per sviluppare nuove soluzioni per le necessità dell'esercizio, elaborava regole e norme tecniche e anche progetti di veicoli (carri e carrozze e loro organi) standardizzati. L'insieme di queste attività ha dato luogo alle emissioni di note tecniche denominate *Fiche UIC*. Queste *Fiche* non costituiscono, naturalmente, degli obblighi di legge, essendo l'UIC una associazione ferroviaria, ma essendo condivise e approvate all'unanimità e comunque nel rispetto dei principi di base dell'Unità Tecnica, gli aderenti si impegnano ad osservarle almeno per i rapporti internazionali. In particolare esse rappresentano norme di buona tecnica costruttiva e, pur essendoci diversità tecnologiche anche grandi fra le singole reti, indicano i requisiti che consentono comunque un interscambio di veicoli passeggeri e merci e costituiscono un valido e potente insieme di norme tecniche per le ferrovie e anche per i costruttori e le industrie. Oltre alle fiches, l'UIC ha anche elaborato altri importanti accordi come il RIC (Regolamento Internazionale Carrozze) e il RIV (Regolamento Internazionale Vagoni), che regolano lo scambio e l'uso internazionale dei veicoli rimorchiati sulla base di reciproca fiducia della reti per quanto riguarda il rispetto delle fiches

dello stato di manutenzione fissando dei criteri per l'accettazione dei veicoli avariati e l'esecuzione di riparazioni e il pagamento dei noli ecc.

Questo ruolo svolto dall'UIC ha avuto una enorme importanza nello sviluppo delle ferrovie del '900, ma si è progressivamente assottigliato in seguito allo sviluppo delle attività della Comunità Europea, in quanto gli stati membri di quest'ultima erano soggetti agli obblighi comunitari e quindi alla legislazione europea che si andava sviluppando via via.

#### **1.4) LA NORMATIVA TECNICA EUROPEA**

Con la "*Risoluzione del Consiglio Europeo del 7 maggio 1985 relativa ad una nuova strategia in materia di armonizzazione tecnica e normalizzazione (85/C 136/01)*", venivano fissati nuovi orientamenti in materia di armonizzazione tecnica e normalizzazione, comunemente noti come "Nuovo Approccio". I principi ispiratori sono così testualmente enunciati in quel documento:

*"I quattro principi fondamentali sui quali si basa la nuova strategia sono i seguenti:*

- \* l'armonizzazione legislativa si limita all'approvazione, mediante direttive basate sull'articolo 100<sup>1</sup> del trattato CEE, dei requisiti essenziali di sicurezza (o di altre esigenze di interesse collettivo) ai quali devono soddisfare*

---

<sup>1</sup> Art.100 del trattato che istituisce la Comunità economica europea (Roma 1957): "*Il Consiglio, deliberando all'unanimità su proposta della Commissione, stabilisce direttive volte al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri che abbiano un'incidenza diretta sull'instaurazione o sul funzionamento del mercato comune. L'Assemblea e il Comitato economico e sociale sono consultati sulle direttive la cui esecuzione importerebbe, in uno o più Stati membri, una modificazione nelle disposizioni legislative.*"

*i prodotti immessi sul mercato che, in tal caso, possono circolare liberamente nella Comunità,*

- ✘ agli organi competenti per la normalizzazione industriale è affidato il compito di elaborare le specifiche tecniche, tenendo conto del livello tecnologico del momento, di cui le industrie hanno bisogno per produrre ed immettere sul mercato prodotti conformi ai requisiti essenziali fissati dalle direttive,*
- ✘ tali specifiche tecniche non devono essere obbligatorie bensì conservare il carattere di norme volontarie,*
- ✘ tuttavia, le amministrazioni sono allo stesso tempo obbligate a riconoscere ai prodotti fabbricati secondo le norme armonizzate (o, a titolo provvisorio, le norme nazionali) una presunta conformità ai «requisiti essenziali» fissati dalla direttiva (ciò significa che il produttore ha la facoltà di fabbricare prodotti non conformi alle norme ma in che tal caso spetta a lui provare che i suoi prodotti rispondono ai requisiti essenziali fissati dalla direttiva).*

*Affinché tale sistema possa funzionare è necessario:*

*che le norme offrano garanzie di qualità corrispondenti ai «requisiti essenziali» fissati dalle direttive,*

*che nulla cambi nella responsabilità delle autorità pubbliche di garantire la sicurezza (o il rispetto di altre esigenze in gioco) nel loro territorio. ...“*

*“.....le relative disposizioni nazionali devono essere armonizzate per garantire la libera circolazione delle merci senza per questo ridurre i livelli giustificati di sicurezza garantiti attualmente negli Stati membri;*

*- il CEN<sup>2</sup> ed il CENELEC<sup>3</sup> (l'uno o l'altro o entrambi a seconda dei prodotti considerati dalla direttiva) sono gli organismi cui compete adottare le norme europee armonizzate nel campo di applicazione della direttiva, conformemente agli orientamenti contenuti in un accordo che la Commissione ha concluso con tali organismi dopo aver consultato gli Stati membri. ...Per alcune attività industriali particolari potrebbero essere presi in considerazione altri organismi europei competenti in materia di elaborazione di specifiche tecniche...”*

La Comunità con questo approccio rinuncia a emettere leggi specifiche e dettagliate per i vari prodotti, ma si limita a determinare, tramite Direttive, i requisiti essenziali del prodotto finito. Tali Direttive devono essere recepite da tutti gli Stati Membri nella loro legislazione nazionali. Viene così individuato un settore di normazione normalmente detta “cogente”, costituita dalle Direttive Europee ed altri documenti emessi dalla Commissione Europea, che sono di applicazione obbligatoria e determinano i requisiti essenziali dei prodotti oggetto della Direttiva e che devono essere recepite dagli Stati Membri nella propria legislazione nazionale nella forma di dettaglio che ritengono più opportuna, ma nel rispetto dei principi della Direttiva.

Nella risoluzione del “Nuovo Approccio”, a fianco di questo campo “cogente”, viene individuato un ambito cosiddetto “volontario” rappresentato dalle norme tecniche (in inglese standard) emesse dagli “*organi competenti per la normalizzazione industriale*” (individuati in CEN e CENELEC) come supporto ai requisiti essenziali enunciati nelle

---

<sup>2</sup> CEN ovvero Comité Européen de Normalisation (Comitato Europeo per la Normalizzazione).

<sup>3</sup> CENELEC ovvero Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (Comitato Europeo per la Normalizzazione Elettrotecnica).

relative Direttive. Il rispetto delle norme tecniche costituisce un mezzo sufficiente perché un prodotto soddisfi i requisiti essenziali specifici della Direttiva cui fa riferimento. Con questa risoluzione, quindi, CEN e CENELEC sono stati formalmente incaricati di elaborare ed emettere le cosiddette norme europee indicate dalla sigla EN che sono un'insieme di documenti che rappresentano degli standard volontari come base per la realizzazione di un mercato unico europeo. Queste sono preparate da gruppi di lavoro a cui partecipano volontariamente gli interessati (industrie, consumatori,... di varie Nazioni) e devono essere ratificate da tutti gli organismi normatori delle singole Nazioni. (ad esempio per l'Italia l'UNI e CEI). Nel 1992 la Comunità ha poi conferito analogo compito a ETSI (Europea Telecommunications Standards Institute) per le telecomunicazioni.

Nel settore ferroviario come già visto, fin dagli anni '20, era stata costituita l'Unione Internazionale delle Ferrovie (UIC), che riunisce tutte le ferrovie nazionali d'Europa e anche molte extraeuropee, che aveva elaborato ed emesso normative tecniche (fiches). Queste elaborate e concordate e condivise fra tutti gli organismi ferroviari nazionali come regole di buona tecnica, elencano i requisiti obbligatori (O) ed eventualmente anche solo raccomandati (R), per le varie componenti del servizio ferroviario.

Fra le altre, si possono ricordare le fiches relative al materiale rotabile, che elencano i requisiti costruttivi del materiale rotabile ai quali questo deve rispondere affinché venga consentita automaticamente l'accettazione del materiale da tutte le ferrovie.

Queste fiches hanno un uso ben consolidato da oltre cinquanta anni e costituiscono un valido corpo tecnico, talché gli organismi normatori della Comunità Europea dapprima non hanno sentito l'urgenza di procedere all'emissione di norme nel campo ferroviario, potendosi fare sempre riferimento alle fiches UIC.

In tempi successivi la pressione della CE (oggi UE) per elaborare la normazione ferroviaria si è fatta più forte e l'UIC ha progressivamente ridimensionato la sua attività, tendendo a trasformarla (suo malgrado) in un ruolo di consulenza, essendo la depositaria delle conoscenze ferroviarie. L'UIC ha fornito consulenza anche a OTIF per le norme tecniche inserite nella COTIF. Solo in tempi recenti è iniziata una opera comune fra CEN e UIC per trasporre le fiches UIC in norme EN, ma allo stato attuale il processo di approvazione delle nuove norme EN derivate dalle fiches è ancora in una fase iniziale.

Anche i rapporti fra UE e OTIF assumono aspetti particolari in quanto gli Stati Membri dell'una partecipano anche all'altra e quindi possono sorgere problemi se le due organizzazioni esprimono prescrizioni diverse.

Infatti durante la Quinta Assemblea Generale dell'OTIF, tenutasi a Vilnius nel giugno 1999, la COTIF è stata modificata:

- ✗ è stato introdotto l'inglese come lingua di lavoro accanto al francese ed al tedesco;
- ✗ sono state snellite le procedure di voto e di revisione; è stata costituita una Commissione di Esperti Tecnici;
- ✗ è stata prevista la possibilità di adesione alla COTIF da parte di organizzazioni economiche di Stati (quali la UE);
- ✗ sono state adottate le seguenti appendici:
  - Appendice A (CIV/Contratto per il Trasporto Internazionale di Passeggeri);
  - Appendice B (CIM/Contratto per il Trasporto Internazionale di Merci);
  - Appendice C (RID/Trasporto di merci pericolose);
  - Appendice D (CUV/Contratti per l'uso dei veicoli);

- Appendice E (CUI/Contratto per l'Uso dell'Infrastruttura);
- Appendice F (APTU/Validazione degli Standard Tecnici e Adozione di Prescrizioni Tecniche Uniformi);
- Appendice G (ATMF/ Ammissione Tecnica di Materiale Ferroviario);

Le Appendici F e G, (redatte con il supporto tecnico di UIC) dovranno servire in primo luogo all'ammissione del materiale ferroviario – prioritariamente dei veicoli – con la possibilità che tale ammissione possa essere riconosciuta mutuamente negli Stati membri, senza che siano necessari ulteriori esami o autorizzazioni a livello nazionale. All'epoca di Vilnius, forma e contenuto di queste appendici non erano ben definiti. Si sapeva che occorreva appoggiarsi alle strutture esistenti e si decise che l'UIC avrebbe messo a disposizione degli esperti per redigere una prima generazione di annessi APTU. Nel frattempo però, la UE costruiva un vero e proprio edificio giuridico dettagliato e complesso, teso a regolare ugualmente, ed in maniera estesa e definitiva, un sistema uniforme di ammissione tecnica. A prima vista, si poteva trattare di due sistemi concorrenti con prevalenza finale, almeno per gli Stati membri della UE, delle norme europee, in quanto il diritto comunitario prevale certamente sulle scelte dei singoli Stati, sia pur membri di altre organizzazioni quali l'OTIF.

Si è cercato quindi di risolvere la questione come segue:

- ✖ dal punto di vista giuridico, nella COTIF 1999 sono previsti tutti gli strumenti per assicurare al diritto comunitario la priorità negli Stati Membri della UE;
- ✖ non esiste alcun interesse a mantenere dei sistemi concorrenziali nello stesso campo. Tenuto conto del dinamismo e del peso della riforma ferroviaria europea, non

ci si può che basare sul sistema UE e sviluppare il sistema COTIF, in modo che esso serva, in maniera complementare, a raggiungere l'obiettivo di ammissioni che possano essere riconosciute in tutta l'area di applicazione COTIF, cioè oltre i confini dell'UE. In questo senso il sistema COTIF, deve essere utilizzato in particolare per mantenere una certa flessibilità e per tener conto appropriatamente, delle diverse condizioni di partenza degli Stati OTIF ma non UE.

Esiste parallelamente un interesse comune a sviluppare il sistema COTIF ed il sistema UE e quindi è necessario che gli Annessi alle Regole Uniformi APTU, si basino sulle specifiche tecniche di interoperabilità della rete convenzionale dell'Unione Europea.

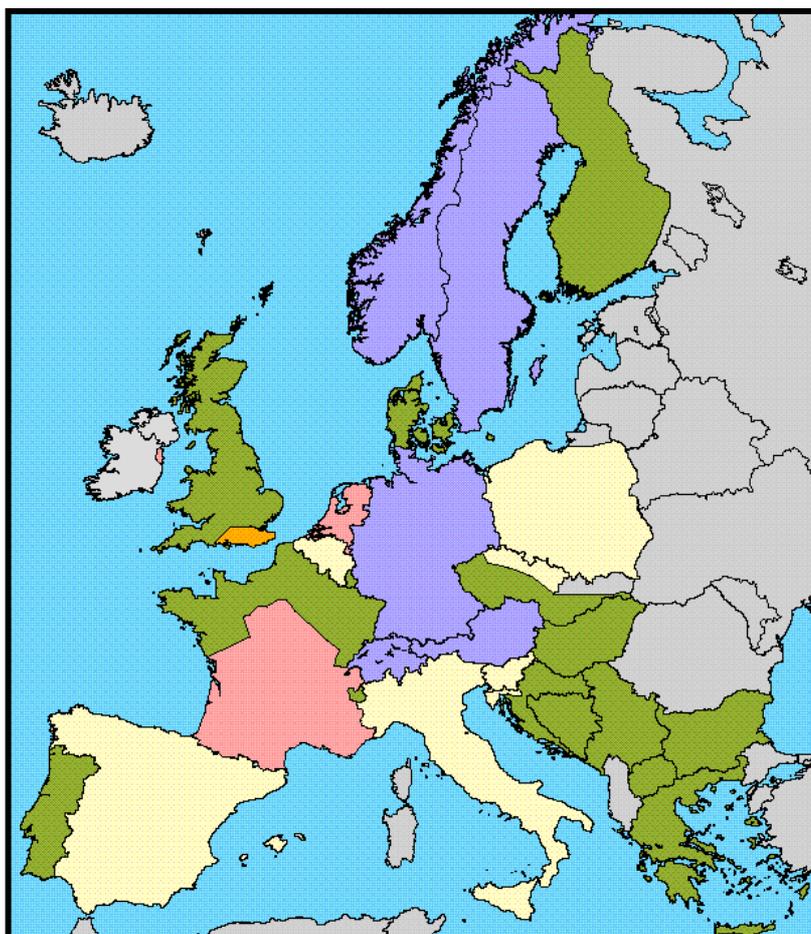
### **1.5) LE DIFFERENZE TECNICHE**

Come si è visto le ferrovie, europee ma non solo, hanno avuto uno sviluppo abbastanza differenziato, ma poi incanalato su requisiti comuni, che consentivano un traffico internazionale vasto ed importante, mediante l'interoperabilità del materiale rimorchiato, mentre la "trazione" rimaneva prerogativa delle singole reti. Gli sviluppi successivi hanno portato a reti nazionalizzate fra loro connesse, ma tecnicamente indipendenti per gli aspetti relativi alla gestione, regolamenti e alle attrezzature tecnologiche quali ad esempio i sistemi di alimentazione della trazione elettrica, del segnalamento e delle comunicazioni terra-treno e quindi libere di adottare e sviluppare sistemi di loro gradimento e atti a soddisfare le specifiche necessità.

### ***1.5.1) La trazione elettrica***

Attualmente esistono in Europa almeno 5 sistemi per la trazione elettrica ognuno basato su tecnologie completamente diverse e molto spesso fra loro incompatibili. Cogliere questa eterogeneità è immediato se si guarda la carta geografica riportata in Figura 1-1 dove i vari paesi sono colorati in modo diverso a seconda del metodo di trazione elettrica utilizzato.

Le motivazioni che hanno portato a uno sviluppo tanto diversificato sono di carattere storico e politico. Si è già discusso sull'importanza che ha avuto la locomotiva a vapore nello sviluppo del trasporto su rotaia; fu talmente importante che si tende a far coincidere la nascita della ferrovia con l'invenzione della locomotiva a vapore. E in effetti fu proprio questa a far compiere il vero salto di qualità, permettendo il movimento di cose e persone in quantità e su distanze nemmeno concepibili con la trazione a cavalli dei primordi. Tuttavia la trazione a vapore manifestò subito i suoi limiti: elevato rapporto peso / potenza, scarsa autonomia, dipendenza da un'unica fonte di energia quale il carbone, emissione di fumi di scarico in grande quantità. Tutti problemi presenti su tutta la rete ma che si esaltano sulle linee di montagna per le forti pendenze e la frequenza delle gallerie e quindi particolarmente sentiti nella rete ferroviaria italiana data la condizione orografica del paese.



*Figura 1-1: Le origini - Sistemi di alimentazione elettrica*

*Legenda di Figura 1-1*

---

|                  |   |
|------------------|---|
| <i>Giallo</i>    | <i>Sistema a 3000V in c.c.</i>                        |
| <i>Arancione</i> | <i>Sistema a 750V in c.c. con terza rotaia</i>        |
| <i>Rosa</i>      | <i>Sistema 1500V in c.c.</i>                          |
| <i>Viola</i>     | <i>Sistema a 15kV c.a. a <math>16^{2/3}</math> Hz</i> |
| <i>Verde</i>     | <i>Sistema a 25kV a c.a. a 50Hz</i>                   |

Questi motivi spinsero, primi fra tutti i paesi montuosi e poveri di combustibili fossili, come anche l'Italia, a cercare alternative alla trazione a vapore. Alternativa che fu trovata nella nascente tecnologia elettrica; infatti già alla fine del secolo scorso iniziarono i primi tentativi per l'utilizzo della elettricità come energia per la trazione dei

mezzi: alla fiera di Berlino del 1879, Werner Von Siemens compì il primo esperimento pubblico di trazione elettrica. Si trattava di un sistema a corrente continua che utilizzava le rotaie come conduttori di alimentazione e un motore a collettore per la trazione.

Le prime applicazioni della trazione elettrica si ebbero nell'ambito del trasporto urbano, dove la trazione a vapore non era utilizzabile per ovvi motivi ed erano richieste potenze limitate su reti relativamente modeste. In Italia, Firenze è ricordata come la prima città italiana che realizzò il tram elettrico per il collegamento con Fiesole (e poi fu anche la prima a dismettere totalmente la rete tranviaria elettrica).

Per il trasporto ferroviario la situazione si presentava più complessa: era necessaria elevata potenza, linee di alimentazione estese e disponibilità di idonei siti per la produzione di energia elettrica vicino alle linee. Inoltre la convenienza economica si verifica se le ingenti spese di installazione degli impianti fissi sono compensate dai risparmi sulla spesa di esercizio e quindi se l'intensità di traffico è sufficientemente elevata. Ogni paese ha quindi sviluppato la trazione elettrica quando ne ha visto convenienza, adottando la tecnologia elettrica che, al momento della scelta, considerava più affidabile e meno costosa. E questo è avvenuto perché ci si trovava in un periodo, fra la fine dell'Ottocento e la prima metà del Novecento, durante il quale le tecnologie elettriche erano in pieno sviluppo con un susseguirsi di invenzioni che portavano a continue migliorie delle macchine elettriche. Ed essendoci uno stretto connubio fra i motori impiegati per la trazione<sup>4</sup>, le caratteristiche della linea d'alimentazione

---

<sup>4</sup> I motori elettrici che potevano essere utilizzati per la trazione erano fondamentalmente due: il motore a collettore e il motore a campo rotante. Il motore a collettore, eccitato in serie e alimentato a corrente continua, aveva una elevata coppia di spunto e una grande elasticità, quindi molto adatto per la trazione. Tuttavia il funzionamento del motore aveva un punto debole nel collettore a lamelle a causa dello scintillio fra spazzole e lamelle; questo

e, persino, del modo di produzione dell'energia elettrica, si doveva scegliere un "sistema di trazione" nel suo complesso, dal generatore al motore, fra quelli possibili al momento, fra loro ben differenziati e incompatibili e in continuo aggiornamento<sup>5</sup>. Solo i più recenti sviluppi tecnologici hanno permesso di superare questo stretto connubio, rendendo indipendente la tipologia dei motori da quella della linea d'alimentazione.

La produzione di energia elettrica avveniva per lo più sfruttando l'energia idraulica la cui disponibilità diviene chiaramente un fattore determinante per lo sviluppo delle elettrificazioni, soprattutto nei paesi che non avevano giacimenti di combustibile. L'energia idroelettrica, infatti, costituiva una fonte indipendente d'energia, tanto da essere chiamata "carbone bianco" ed era per lo più disponibile nelle zone montuose ove sono presenti anche le linee più difficili, sia per l'acclività che per la presenza delle gallerie.

Sul piano tecnico i primi esempi di trazione elettrica si ebbero con sistemi a corrente continua, perché i relativi generatori e motori, a collettore, erano già macchine sufficientemente ben funzionanti ed affidabili, con l'unico svantaggio di lavorare con tensioni piuttosto modeste e quindi inadatte alla trasmissione su linee lunghe distanze

---

costituiva una limitazione per la tensione di alimentazione dei motori e quindi della linea e in definitiva una limitazione della potenza.

Il motore a collettore eccitato in serie teoricamente poteva anche essere alimentato con corrente alternata monofase, ma in questo caso il funzionamento diventava molto più problematico a causa dell'enorme scintillio che si produceva al collettore, anche con tensioni e potenze molto basse. L'uso di tensione alternata avrebbe però consentito di usare trasformatori a bordo dei treni e quindi tenere una tensione in linea molto più elevata.

Il motore a induzione, sfruttando il principio del campo rotante era molto più robusto non avendo il collettore a lamelle e poteva essere alimentato a tensione molto più elevata e sviluppare potenze elevate. Però per poter funzionare necessitava di una corrente alternata trifase, e quindi una linea di alimentazione trifase. Inoltre la coppia di spunto non era particolarmente elevata e la velocità di rotazione a regime era fissata dalla frequenza di alimentazione e dal numero di poli del motore e quindi valori fissi, in genere due o tre.

<sup>5</sup> La scelta era fra i sistemi a corrente continua alle varie tensioni di alimentazione, i sistemi a corrente alternata monofase e il sistema a corrente alternata trifase.

come quelle ferroviarie. L'impiego di tensioni in linea più elevate sarebbe stato possibile solo utilizzando corrente alternata monofase; grazie ad un trasformatore a bordo del locomotore sarebbe stato possibile ridurre la tensione per renderla compatibile con i motori. Tuttavia la tecnologia dei motori a collettore alimentati a corrente alternata non era ancora sufficientemente matura e questi presentavano difficoltà di funzionamento insuperabili. Solo nel 1904, grazie agli studi di Behn – Eschenburg, che mise a punto e brevettò il sistema di compensazione della tensione trasformatorica del motore monofase a collettore eccitato in serie, fu possibile migliorare il funzionamento di questi motori sia pure a frequenza ridotta e con residuo scintillio.

L'altra possibilità era il motore ad induzione a campo rotante, che si presentava come molto robusto e alimentabile direttamente con tensioni elevate, ma era necessaria una linea d'alimentazione trifase costruttivamente complessa, che richiedeva almeno due fili aerei di contatto fra loro isolati, e un terzo conduttore che poteva anch'esso essere aereo o poteva essere costituito dalle rotaie, come poi è avvenuto nelle applicazioni definitive. Le prime applicazioni di questo sistema furono nel 1896 con il tram di Lugano (Brown-Boveri) e nel 1898 con il tram di Evian (Ganz). Il sistema, che prevedeva una tensione compresa fra 500 e 700 V, fu felicemente applicato da Brown-Boveri nelle ferrovie di montagna a cremagliera, dove permetteva anche il recupero automatico dell'energia in discesa grazie alla frenatura elettrica. Magnifici esempi sono le spettacolari ferrovie del Gornergrat e della Jungfrau entrambe del 1898 e del Corcovado di Rio de Janeiro del 1910. Queste tre ferrovie sono ancora in servizio e sono le uniche che ancora utilizzano il sistema trifase.

In Italia, paese montuoso e povero di combustibili fossili, l'interesse per l'elettrificazione fu subito molto grande: nel 1901 la Rete Mediterranea attivò, in via sperimentale, il sistema a corrente

continua 650 V con terza rotaia sulle linee Varesine (Milano – Gallarate – Varese -Porto Ceresio) utilizzando elettromotrici di potenza 60 cavalli e velocità massima 60 km/h. Il sistema ebbe buoni risultati e l'aumento di traffico sulle linee Varesine portarono nel 1923 anche alla costruzione di locomotori per rimorchio treni: le locomotive del gruppo E321 della potenza di 1630 cavalli e velocità massima 95 km/h. L'unica locomotiva a terza rotaia superstite, la E321.012, è ospitata nel Museo della scienza e della tecnica "Leonardo da Vinci" di Milano.

Il sistema a terza rotaia non aveva particolari controindicazioni, se non quelle legate alla necessità di proteggere la terza rotaia dai contatti accidentali, e ben si adattava ad un servizio di tipo "metropolitano" come quello delle linee varesine (e quello delle linee napoletane alle quali in seguito fu esteso), ma non a servizi più impegnativi sulle linee difficili di montagna. Non ebbe quindi altra diffusione in Italia, ma rimase in esercizio fino al 1950, quando la sua eliminazione fu suggerita essenzialmente da esigenze d'uniformità del parco rotabili e le elettromotrici furono modificate adattando gli equipaggiamenti elettrici per 3000 V. Il sistema a corrente continua a bassa tensione, attualmente standardizzato a 750 V, è ora limitato alle metropolitane e a ferrovie urbane (come le S-bahn di Berlino o di Amburgo), mentre nelle ferrovie nazionali è presente unicamente nel sud dell'Inghilterra.

Sempre in Italia, la Rete Adriatica sottoscrisse invece nel 1899 un contratto con la Ganz di Budapest, diretta dal famoso Von Kando, per un esperimento a corrente trifase 3000 V a 15 periodi sulle linee Valtellinesi, con l'intendimento di trovare un sistema in grado di sostituire, in tutti i servizi, la trazione elettrica a quella a vapore: è la prima applicazione nel mondo di così vasta importanza della trazione elettrica. In seguito la frequenza sarà poi portata a  $16 \frac{2}{3}$  hertz, pari a

un terzo della nuova frequenza industriale, e la tensione a 3600 V, che sono i valori con cui si è soliti indicare il sistema trifase italiano classico.

Nel 1905 subentrarono alle varie Reti, le neonate Ferrovie dello Stato, che continuarono lo sviluppo del trifase, convincendo anche le Ferrovie Federali Svizzere (SBB - CFS - FFS) ad elettrificare con questo sistema la nuova galleria del Sempione, aperta nel 1906, e, a questo scopo, prestarono loro le locomotive E36 della Valtellina, fino alla consegna alle FFS di nuove locomotive fornite da Brown Boveri. L'ottimo risultato avuto sulle linee Valtellinesi indusse ad estendere con la massima sollecitudine la trazione elettrica trifase alle linee di valico a grande traffico. L'elettificazione della linea dei Giovi risolse il problema ferroviario del porto di Genova e analogamente fu per il difficilissimo valico del Frejus. Con l'elettificazione dei valichi dei Giovi (porto di Genova), di Cadibona (porto di Savona) e del Frejus, la trazione trifase mostrò definitivamente la sua supremazia sul vapore e la sua vocazione alle linee di montagna, ma anche l'utilità per le linee di pianura, diffondendosi in tutto il Piemonte e la Liguria. E questo nonostante la necessità di un sistema di linea area d'alimentazione particolarmente complesso e le velocità di marcia dei treni obbligate.

Tuttavia in Germania e in Svizzera continuarono gli studi sul sistema monofase, che pochi anni più tardi dimostrò la sua pratica utilizzabilità in Baviera e nella stessa Svizzera, definendo le caratteristiche del sistema a 15 kV e 16,7 Hz. Dal punto di vista tecnico, infatti, si doveva utilizzare una frequenza speciale per rendere tollerabile il comportamento dei motori a collettore, ma la elevata tensione in linea permetteva un buon trasferimento di potenza e il trasformatore con prese multiple consentiva una buona e facile regolazione della velocità. Questo diventò quindi il sistema standard

dei paesi di cultura tedesca (Svizzera, Germania, Austria) e poi anche dei paesi Scandinavi.

Anche la Francia era interessata a sfruttare le risorse idrauliche nei Pirenei, dove sperimentò in alcune tratte il sistema monofase, ma a seguito della prima guerra mondiale, decise di utilizzare un sistema che fosse diverso da quello dei tedeschi e comunque esteso solo al Sud, di conseguenza non fu elettrificato il nord della Francia. Il sistema adottato fu la corrente continua alla tensione di 1500 V, valore che i progressi delle macchine elettriche e delle apparecchiature avevano consentito di raggiungere. Lo stesso sistema adottò poi l'Olanda.

Intanto, il sistema trifase, che pur aveva consentito un grande sviluppo della ferrovia all'inizio del secolo, presentava diversi inconvenienti, come le velocità di marcia obbligate, legate alla frequenza di alimentazione e variabili solo con il complicato cambiamento del numero di poli dei motori, la frequenza di rete speciale, che richiedeva una serie di centrali e linee di trasmissione unicamente dedicate alla ferrovia, la linea di contatto molto complicata. Le Ferrovie Italiane cercarono quindi nuove soluzioni alternative. Sulla linea Roma - Sulmona nel 1927 si sperimentò la trazione elettrica ancora trifase, ma a frequenza industriale 45 Hz e 10000 Volt per il quale l'Ufficio Studi Locomotive di Firenze progettò nuove locomotive E470 ed E472 per treni viaggiatori ed E570 per treni merci. I risultati di quest'esperimento non furono però incoraggianti: in realtà i benefici della frequenza industriale e della tensione più elevata non compensavano gli inconvenienti tipici della trazione trifase, come la complicazione della linea aerea e le velocità obbligate. Infatti questi erano sostanzialmente identici a quelli del sistema tradizionale a frequenza ferroviaria. L'intera linea a frequenza industriale fu distrutta durante la guerra e venne ricostruita a corrente continua, cioè con l'altro sistema che fu sperimentato nello stesso

periodo. Anche il resto della rete trifase a frequenza ferroviaria fu convertito gradualmente terminando negli anni '70 ed è l'unico esempio di cambio del sistema di trazione di rilevante estensione. Nel 1928, infatti, sulla linea Benevento - Foggia si attivò un esperimento con la trazione elettrica a corrente continua alla nuova tensione di 3000 V, che i progressi nella costruzione delle apparecchiature rendevano ora possibile. Le sottostazioni fisse di conversione, infatti, poterono usufruire dei convertitori statici ai vapori di mercurio, mentre per i rotabili il già citato Ufficio Studi di Firenze progettò la parte meccanica di una nuova locomotiva a sei assi motori, mossi ciascuno da un motore a collettore con trasmissione ad ingranaggi, abbandonando così i motori a campo rotante e le trasmissioni a bielle. Per la parte elettrica furono invitate le primarie industrie del settore a progettare e fornire le proprie apparecchiature su un lotto di prototipi da sperimentare. Nacque così la locomotiva del gruppo E.626 a corrente continua 3000 V, potenza 2000 kW e velocità massima 95 km/ora.

L'esperimento sulla Benevento – Foggia fu particolarmente incoraggiante tanto da indurre ad adottare la trazione elettrica a corrente continua a 3000 volt per le ulteriori elettrificazioni. L'Ufficio Studi delle FS definì quindi l'equipaggiamento elettrico definitivo, scegliendo i componenti che aveva valutato migliori nel periodo sperimentale e fu avviata la costruzione in serie di queste locomotive. I motori a corrente continua eccitati in serie erano, infatti, molto elastici e di buon funzionamento, la regolazione della potenza e della velocità era ottenibile in maniera abbastanza soddisfacente collegando elettricamente i motori in diverse combinazioni (serie, serie-parallelo, parallelo) ottenendo così diverse tensioni d'alimentazione (500, 1000, 1500 V per motore, quest'ultima massima consentita). Per l'avviamento e per il passaggio fra le varie combinazioni era

necessario un reostato di adeguate caratteristiche e dimensioni, mentre ulteriori possibilità di regolazione dei motori poteva ottenersi con la regolazione del flusso di eccitazione (indebolimento di campo).

Il sistema a corrente continua 3000 V fu adottato anche in Spagna, Belgio, Polonia, Cecoslovacchia e Unione Sovietica.

Nel secondo dopoguerra in Francia fu sviluppato un altro sistema che sarà poi destinato a divenire il nuovo standard del sistema di trazione elettrica. Prima della guerra nel Sud della Francia era stato installato il sistema a 1500 V cc, che però si dimostrava insufficiente per ulteriori sviluppi e potenziamenti, al contrario le linee del Nord non erano state elettrificate per i sopra ricordati motivi puramente militari. A seguito degli eventi bellici, i francesi ebbero modo di esaminare una linea esistente nel territorio da loro occupato in Germania, nella Hollentahl, in cui era stato attivato un esperimento di elettrificazione monofase a 50 Hz e con tensione di linea a 25 kV. Decisero quindi di sperimentarlo nelle linee del nord, dove era decaduto nel frattempo il divieto militare di elettrificazione. Inizialmente furono impiegate locomotive con convertitori rotanti tipo Ward-Leonard o mono-trifase, ma con l'avvento dei raddrizzatori al mercurio compatti del tipo ignitroni da installare a bordo, fu possibile impiegare motori a corrente continua, ottenendo così un sistema semplice e performante, che ebbe rapida diffusione in tutto il nord della Francia e nei paesi che ancora non avevano avviato una significativa elettrificazione.

I vantaggi principali del sistema 25kV 50Hz sono: facilità d'alimentazione mediante collegamento alla rete industriale, alta tensione in linea che consente di diradare le sottostazioni costituite da semplici trasformatori, elevata potenza trasmissibile ai treni. Questi vantaggi lo hanno reso il sistema ideale per le nuove linee ad Alta Velocità fino a 300-350 km/h. Gli inconvenienti più rilevanti sono i

disturbi che i carichi monofase arrecano sulle linee trifasi industriali per effetto degli squilibri, e i disturbi indotti nelle linee di telecomunicazione e sui sistemi di segnalamento, per i quali si richiedono opportune protezioni.

In definitiva, trascurando il sistema a 750 V in c.c. con terza rotaia, sono attualmente presenti in Europa quattro fondamentali sistemi di elettrificazione:

- 1) **corrente continua 1500 V**: limitato al sud della Francia e Olanda
- 2) **corrente continua 3000 V**: Spagna, Italia, Belgio, Polonia, Russia, Slovenia Slovacchia, Repubblica Ceca;
- 3) **corrente alternata monofase 15 kV 16,7 Hz**: Germania, Austria, Svizzera, Svezia, Norvegia;
- 4) **corrente alternata monofase 25 kV 50 Hz**: Francia, Danimarca, Inghilterra, Portogallo, Cechia, Russia e linee Alta Velocità escluse quelle tedesche.

Infine c'è da rilevare che i sistemi di trazione si differenziano fra di loro anche per le dimensioni del pantografo e per i materiali degli organi di captazione (barre striscianti). Le dimensioni trasversali dei pantografi e degli striscianti dipendono dalla geometria della linea di contatto le cui caratteristiche sono state stabilite dalle varie Amministrazioni sulla base di considerazioni in merito alla sagoma e alle caratteristiche delle linee. Nei paesi con maggior numero di gallerie si è optato per una linea elettrica il più compatta possibile cioè con sostegni relativamente vicini e bassi scostamenti dall'asse dei binari. Viceversa nei paesi più pianeggianti, dove quindi era possibile adottare una sagoma più ampia senza significativi aumenti di costo si sono preferite linee elettriche con sostegni più lontani e alti scostamenti dall'asse dei binari.

Va da sé che, nel primo caso, le dimensioni degli striscianti devono essere più piccole rispetto alla seconda soluzione. Oggi in Europa esistono quindi diversi standard di dimensione degli striscianti, i fondamentali sono:

1. 1950 mm in uso su tutte le reti a 1500V, su quella del Belgio e sulle reti a 15kV ad eccezione di quella Svizzera;
2. 1450 mm in uso in Italia, Svizzera e su tutte le reti a 25 kV;
3. 1600 mm che dovrebbe essere il valore unificato (di compromesso) previsto dalle direttive europee ma non accettato dalla Germania.

In Figura 1-2 è riportato il quadro completo esteso a buona parte dell'Europa.

Per quanto riguarda i materiali, in generale le linee in corrente alternata, grazie a valori corrente più bassi, richiedono striscianti in carbone, mentre sulle reti in corrente continua è necessario usare striscianti in rame o rame-carbone.

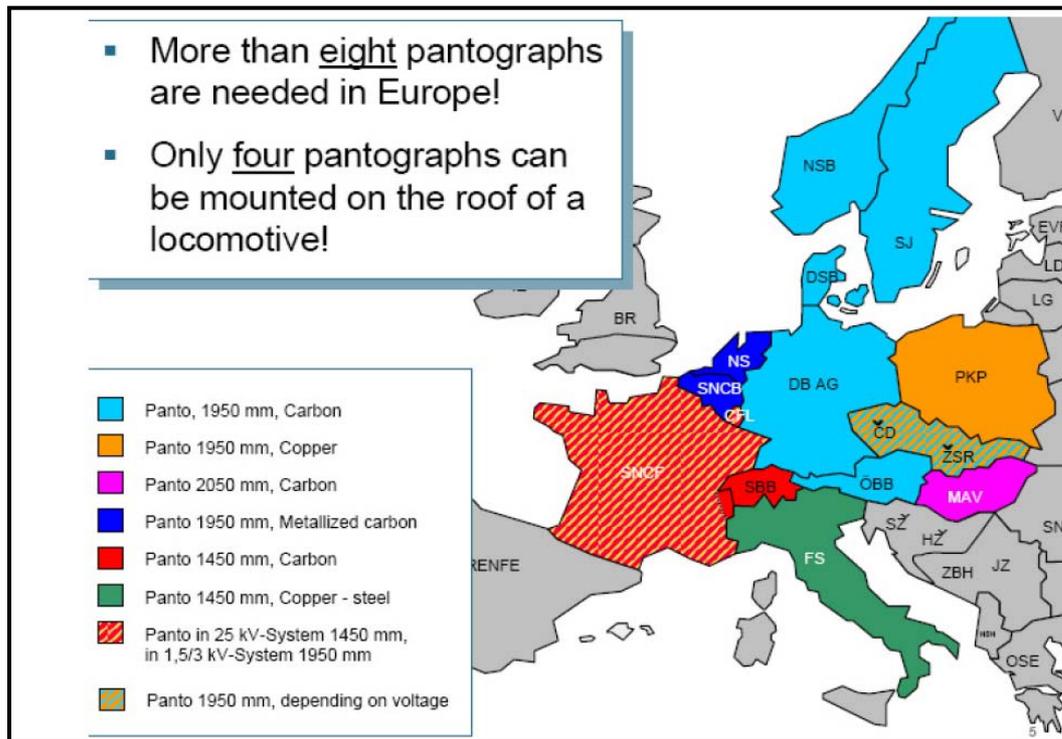


Figura 1-2: Le origini – Dimensioni e materiali dai pantografi

| Legenda di Figura 1-2 |   |
|-----------------------|---|
| Ciano                 | Pantografo da 1950mm in carbone   |
| Arancione             | Pantografo da 1950mm in rame  |
| Blu                   | Pantografo da 1950mm in carbone metallizzato  |
| Viola                 | Pantografo da 2050mm in rame  |
| Rosso                 | Pantografo da 1450mm in carbone   |
| Verde                 | Pantografo da 1450mm in carbone o rame  |
| Rosso – Giallo        | Pantografo da 1450mm in carbone per il sistema a 25kV<br>Pantografo da 1950mm in rame per i sistemi a 1,5-3kV |
| Verde – Arancione     | Pantografo da 1950mm in rame o carbone a seconda della tensione di linea                                      |

Dal punto di vista pratico questo comporta che una locomotiva elettrica policorrente e politensione dovrà essere dotata di pantografi diversi e idonei alle varie reti da percorrere, ma questi aspetti saranno trattati nel capitolo 5.

### **1.5.2) Il segnalamento**

La ferrovia è un sistema protetto a guida vincolata e marcia strumentale: i treni percorrono itinerari predisposti e garantiti da una organizzazione a terra che impartisce anche le autorizzazioni alla circolazione.

L'organizzazione di terra deve infatti assicurare che l'itinerario che dovrà percorrere il treno sia correttamente formato e che tutti gli enti interessati (deviatoi ed eventualmente barriere di passaggi a livello, sbarre fermacarri o altri dispositivi) siano correttamente posizionati, assicurati e bloccati nella posizione voluta. In questo modo garantisce la cosiddetta certezza dell'itinerario. Se il percorso è in piena linea con binario corrente, l'itinerario è ovviamente unico, ma, quando esistono dei deviatoi (o altri apparecchi di binario mobili) come nei bivi, nelle confluenze, nei posti di movimento o di comunicazione e nelle stazioni, è necessario avere dei dispositivi che garantiscano l'itinerario.

L'organizzazione di terra deve inoltre garantire che l'itinerario da percorrere sia libero da treni e da veicoli. Avendo garantito l'itinerario e la libertà della via, e solo in questo caso, essa concede la via libera fino alla fine del percorso garantito, in altre parole concede l'autorizzazione al movimento (o *movement authority*). Per queste operazioni sono utilizzati appositi sistemi e procedure di sicurezza, che costituiscono il sistema di segnalamento o di "controllo comando".

Analogamente a quanto successo per la scelta e l'evoluzione del sistema di trazione elettrica, anche i sistemi di segnalamento hanno avuto uno sviluppo differente nelle diverse amministrazioni ferroviarie, a seconda delle tecnologie disponibili, delle necessità e delle scelte operative, dei livelli di protezione da raggiungere, della compatibilità elettromagnetica con i sistemi di elettrificazione adottati,

ecc... Dei principali sistemi adottati in Europa saranno descritte nel seguito le principali caratteristiche, prima però si vuole mettere in evidenza che un treno, oltre alla fondamentale necessità della via libera, nella sua marcia deve tenere conto delle diverse limitazioni che si traducono in limiti di velocità di marcia.

Alcuni limiti di velocità dipendono dall'infrastruttura, ad esempio, questi sono:

- ✘ Velocità massima della linea;
- ✘ Velocità imposta dall'itinerario da percorrere,
- ✘ Riduzioni temporanee per lavori o altro (rallentamenti).

La velocità massima ammessa dalla linea dipende dalle condizioni del binario, dalla sua geometria e raggio delle curve e anche dalla tipologia dei rotabili che la percorrono e dalla loro aggressività, in modo da non superare alcuni parametri di "comfort" tra cui il principale è l'accelerazione centrifuga non compensata dalla sopraelevazione (espresso anche come insufficienza di sopraelevazione), che in Italia ha i seguenti valori limite:

- ✘  $a_{nc} = 0,6 \text{ m/s}^2$  materiale merci
- ✘  $a_{nc} = 0,8 \text{ m/s}^2$  materiale viaggiatori normale
- ✘  $a_{nc} = 1,0 \text{ m/s}^2$  materiale viaggiatori veloce (Alta Velocità, Intercity...)
- ✘  $a_{nc} = 1,8 \div 2 \text{ m/s}^2$  materiale a cassa inclinabile tipo "pendolino"

La velocità della linea è fissata dai responsabili dell'infrastruttura ed è comunicata ai macchinisti mediante i "fascicoli delle linee" e nei fascicoli orario e normalmente è anche ripetuta lunga la linea nei punti cambiamento mediante apposite tabelle.

La velocità imposta dall'itinerario da percorrere si riferisce invece alle particolari condizioni che si verificano quando si percorrono tratti ove sono presenti dei deviatori, come nelle stazioni,

nei posti di movimento, nei bivi ecc.. Infatti a seconda che si percorra il corretto tracciato o un ramo deviato si avranno diversi valori della velocità ammessa: in particolare sul corretto tracciato non si avranno limitazioni specifiche, mentre sui rami deviati, si possono avere valori di velocità più o meno ridotta a seconda del raggio di curvatura e quindi della tangente degli stessi, in relazione alla mancanza di sopraelevazione. In questi casi la limitazione di velocità è variabile con la posizione degli scambi (corretto tracciato o deviato e relativo angolo) e quindi deve essere comunicata di volta in volta.

Le riduzioni di velocità dovute ai rallentamenti temporanei per l'effettuazione di lavori di manutenzione e altro hanno una durata più o meno lunga legata alla causa della riduzione e devono evidentemente essere comunicate ai treni.

Esistono poi i limiti di velocità propri dei singoli treni in relazione alle locomotive e agli altri veicoli che compongono il treno, ciascuno dei quali ha una propria velocità massima ammessa e di cui deve essere informato il macchinista.

Si ha poi un ulteriore limite legato sia all'infrastruttura che al treno; questo è il limite di velocità massima ammessa dalla frenatura: si deve infatti garantire l'arresto del treno entro gli spazi predeterminati dal regolamento. Sono quindi predeterminati una serie di valori di velocità massima che garantiscono l'arresto del treno in funzione degli spazi voluti, della pendenza della linea e delle capacità frenanti del treno.

Sulla base di tutte queste limitazioni di velocità viene definito il cosiddetto "profilo statico delle velocità", che è costituito tratto per tratto dal più basso valore delle singole velocità ammesse. Il profilo statico è un diagramma a gradini che rappresenta il limite di velocità da rispettare; tuttavia quando si hanno variazioni di velocità in diminuzione, queste non possono avvenire istantaneamente, ma è

necessario che avvengano con una gradualità, in relazione alle possibilità di frenatura. Il limite di velocità ammissibile si abbassa quindi gradualmente secondo una curva limite che garantisca comunque il rispetto della successiva velocità più ridotta (velocità nulla in caso di arresto) detta anche “*velocità obiettivo*”, entro lo spazio residuo ancora disponibile, detto “*distanza obiettivo*”. Si determina così il “profilo dinamico di velocità” in cui il passaggio ai valori di velocità inferiori avviene secondo curve limite di frenatura.

La determinazione del profilo statico e dinamico di velocità, se non esistono sistemi automatici di supporto, è compito del macchinista, sulla base delle informazioni ricevute da terra. In effetti agli inizi della ferrovia tutte queste attività venivano eseguite manualmente e le comunicazioni ai venivano date con documenti scritti (prescrizioni), sulla base delle quali il macchinista stabiliva il proprio comportamento; attualmente sono stati sviluppati ed adottati metodi più evoluti, che verranno illustrati nei punti successivi, tuttavia queste procedure manuali possono ancora essere usate in occasioni di guasti e disservizi.

#### *1.5.2.a. Sistemi per la predisposizione e la certezza degli itinerari*

I sistemi per la predisposizione e la certezza degli itinerari consentono di posizionare e bloccare i deviatori nelle posizioni idonee per realizzare gli itinerari voluti. Inizialmente la manovra degli scambi era manuale e gli aghi venivano bloccati con appositi fermascambi a chiave, muniti di serrature con chiavi estraibili soltanto se il fermascambio era assicurato. Le chiavi erano tutte diverse fra loro, in modo che il possesso di una determinata chiave garantiva il bloccaggio in quella posizione di un determinato scambio. Appositi prospetti elencavano le chiavi che l'operatore doveva possedere per garantire

ogni itinerario. Vennero poi realizzate delle “serrature centrali” nelle quali bisognava inserire e girare le chiavi dei fermascambi dei deviatori: ogni chiave con la sua rotazione, spostava una stecca metallica munita di intagli. Soltanto se tutte le chiavi necessarie per un certo itinerario erano state inserite e ruotate e quindi tutti gli intagli erano nella posizione voluta, era possibile sbloccare una leva che, azionata a sua volta, bloccava le chiavi dei deviatori prima inserite e quindi garantiva la correttezza di quell’itinerario e consentiva la manovra dei segnali. In questo modo si evitavano possibili errori nella formazione degli itinerari e intempestive manovre di deviatori inseriti in un itinerario già formato. In seguito la manovra dei deviatori è stata portata a distanza nelle cabine di manovra, mediante sistemi di “apparati centrali” che potevano essere

- ✦ *meccanici*, mediante banchi con leve multiple ciascuna delle quali azionava un deviatoio mediante aste o fili metallici che raggiungevano i piazzali; molto diffusi nel passato all’estero (Germania, Francia, Inghilterra ecc);
- ✦ *idraulici*, dove le leve manovravano distributori che inviavano liquido in pressione ai pistoni che manovravano i deviatori; tipicamente italiani sono abbandonati da tempo;
- ✦ *elettrici*, dove il comando e il controllo avviene mediante l’energia elettrica. Questi sono oggi i sistemi generalmente usati e la serratura centrale si è evoluta, prima, in un complesso sistema di logiche a relé e, successivamente, in sistemi computerizzati con elaborati software in sicurezza che gestiscono stazioni enormi e intere linee con telecomandi evoluti.

L’apparato centrale, di qualunque tipo sia, non interferisce direttamente con i treni, ma si interfaccia con il sistema di segnalamento che garantisce anche la libertà della via.

**1.5.2.b. *La libertà della via e i sistemi di blocco***

La libertà della via viene garantita dai sistemi di blocco: il percorso viene diviso in tratte elementari (sezioni di blocco) nelle quali viene verificata l'assenza di treni o singoli veicoli prima di autorizzare l'ingresso di un nuovo treno facendo quindi in modo che possa essere presente un solo treno per volta. Una sezione di blocco può estendersi da stazione a stazione oppure possono esservi più sezioni fra due stazioni. Esistono diversi sistemi di blocco, più o meno evoluti:

- ✘ *Blocco telefonico*: avviene attraverso l'invio di dispacci registrati (anticamente telegrafici) fra il posto di blocco che deve inviare il treno e che quindi chiede il consenso al posto ricevente, che lo concede solo se ha accertato che il treno precedente è giunto ed è giunto completo; per riconoscere la completezza i treni, questi devono portare degli appositi segnali in coda, in modo che chiunque possa verificarne la completezza.
- ✘ *Blocco elettrico manuale*: le richieste e le concessioni di consensi avvengono tramite scambio di segnali elettrici mediante specifici apparecchi elettromeccanici, detti strumenti di blocco, che verificano il transito dei treni. La completezza del treno anche in questo caso è verificata visivamente dal personale a terra.
- ✘ *Blocco automatico conta assi*: speciali organi (pedali conta assi) sono posti all'ingresso e all'uscita della sezione di blocco e contano gli assi che entrano e poi che escono dalla sezione. Il sistema considera libera la sezione solo se sono usciti tanti assi quanti ne erano entrati con quel treno, garantendo quindi che niente è rimasto per strada.

- ✘ *Blocco automatico a circuiti di binario:* nella sezione sono installati uno o più circuiti di binario successivi che garantiscono la libertà della sezione. Il circuito di binario è costituito da un tratto di binario isolato rispetto al rimanente binario, e con le due rotaie isolate fra loro, che formano un circuito elettrico bifilare. A una estremità del circuito viene applicata una differenza di potenziale mediante una apposita sorgente elettrica, all'altra estremità è posto un relè. Su questo circuito può circolare quindi una corrente che eccita il relè. Se sul tratto di binario che costituisce il circuito è presente uno o più assi di veicolo ferroviario, questo provoca un corto circuito fra le rotaie e la corrente non può più arrivare al relè e mantenerlo eccitato. In definitiva a relè eccitato corrisponde la via libera, a relè diseccitato corrisponde binario occupato. I circuiti di binario sono normalmente utilizzati anche nelle stazioni per verificare la libertà degli itinerari predisposti. I circuiti di binario possono essere a correnti fisse se si limitano a verificare la libertà della via oppure a correnti codificate se portano anche informazioni per esempio sull'aspetto dei segnali ecc.. I circuiti, rispetto alla natura delle correnti di alimentazione, possono essere a corrente continua o a corrente alternata a bassa frequenza o a frequenza fonica a seconda delle necessità anche in relazione alla corrente di trazione elettrica che transita sulle stesse rotaie, in modo che quest'ultima non interferisca con quella molto più debole del segnalamento. Infatti è di fondamentale importanza che la corrente di ritorno della trazione abbia uno spettro di armoniche ben definito, con precisi limiti dei valori delle correnti

armoniche negli specifici campi di frequenze che possano interferire col segnalamento, valori non superiori ai limiti stabiliti in relazione alle caratteristiche dei circuiti di binario esistenti sulla rete. Questa verifica è una delle più complesse per i rotabili soprattutto se devono poter circolare su più reti con diverse caratteristiche e quindi con requisiti di contenuto armonico a volte molto differenti.

*1.5.2.c. La comunicazione al macchinista*

Come già detto il conducente del treno viene informato con comunicazioni scritte delle caratteristiche del treno (velocità massima e caratteristiche frenanti come la percentuale di peso frenato) e di quelle fisse della linea (velocità massima e pendenze), mentre le caratteristiche variabili dell'itinerario (via libera e velocità degli itinerari deviati) vengono comunicate con il classico segnalamento a vista mediante segnali posti all'ingresso delle sezioni di blocco e delle stazioni. In principio si trattava di dischi colorati e successivamente di segnali semaforici ad ala, oggi sono ormai tutti segnali permanentemente luminosi a luci colorate normalmente verdi gialle o rosse. Con le varie combinazioni di colori i segnali possono indicare via libera incondizionata, via libera a velocità limitata (con diversi possibili valori), avviso di via libera, avviso di velocità limitata, avviso di via impedita, via impedita (arresto senza superare il segnale).

Il macchinista elabora tutte queste informazioni per determinare il profilo dinamico della missione e quindi le velocità da non superare lungo il percorso e quella che consente di fermarsi prima della fine dell'autorizzazione al movimento. Questo intervento umano determinante per la sicurezza della marcia, era diventato il punto debole dell'intero sistema di sicurezza, in quanto pur con sistemi

sofisticati blocco e di protezione, tutto era poi affidato alla vista e al ragionamento di un uomo: il macchinista.

#### *1.5.2.d. Sistemi di protezione*

Diversi sistemi sono stati concepiti per proteggersi da possibili errori dei macchinisti, che si differenziano per le funzioni che svolgono e i livelli di protezione che consentono. Essi possono essere classificati in:

- ✘ *Apparecchi vigilanti*: si limitano a verificare la presenza e la vigilanza dei macchinisti, mediante l'azionamento di pedali o pulsanti secondo regole stabilite. Non sono quindi sistemi di sicurezza connessi al segnalamento vero e proprio;
- ✘ *Ripetizione dei segnali*: trasmettono a bordo della cabina di guida informazioni riguardo i segnali. Nei sistemi meno evoluti semplicemente si richiama l'attenzione del macchinista in precedenza a un segnale, indipendentemente dal suo aspetto, come nel sistema polacco, oppure può dare indicazione dell'aspetto restrittivo di un segnale, indipendentemente dal tipo del segnale (avviso o imperativo) come il Coccodrillo francese, oppure dare indicazioni più complete sull'aspetto dello stesso, come nei sistemi più evoluti (come la Ripetizione Segnali a 4 o a 9 codici italiana). In ogni caso è richiesto da parte del macchinista un riconoscimento dell'informazione restrittiva, pena l'attivazione della frenatura di emergenza. È anche possibile nei sistemi più moderni verificare che il macchinista agisca in conformità all'aspetto del segnale, mediante sistemi di controllo della velocità del treno rispetto a quella prescritta dal regolamento (come nella

ripetizione segnali a 9 codici o il sistema per l'alta velocità). La ripetizione dei segnali può essere discontinua, cioè realizzata con punti informativi posti in corrispondenza o in precedenza degli stessi, oppure continua se l'aspetto viene trasmesso a bordo con continuità.

- ✘ *Train stop*: si limitano ad arrestare il treno in caso di superamento di un segnale a via impedita o eventualmente al superamento di una velocità massima in alcuni punti singolari (trappole di velocità);
- ✘ *Automatic Train Protection (ATP)*: effettuano una sorveglianza sull'operato del macchinista in maniera più o meno ampia, controllando in tutto o in parte il rispetto del profilo dinamico e non solo riguardo i segnali. Naturalmente comprendono al loro interno un sistema completo di ripetizione segnali (tali sono ad esempio Ebicab, KVB, SCMT ecc);
- ✘ *Automatic Train Control (ATC)*: sono i sistemi più complessi ed evoluti in quanto forniscono al macchinista tutte le indicazioni per la guida, come la velocità da non superare istante per istante, le future riduzioni di velocità o arresti con le relative distanze ecc. a questo gruppo appartengono per esempio i sistemi per Alta Velocità francese TVM e tedesco LZB e il nuovo sistema europeo ETCS.

Dal punto di vista tecnologico i sistemi di protezione si possono invece dividere in sistemi discontinui e continui e ciascuno di essi in sottoclassi a seconda del principio di funzionamento. Esistono nei sistemi più evoluti la combinazione dei due sistemi a seconda delle informazioni da fornire.

#### SISTEMI DISCONTINUI

L'informazione viene trasmessa in alcuni punti singolari (segnali, ecc.) mediante organi di accoppiamento fra bordo e terra.

- ✘ *Elettromeccanici*: in corrispondenza dei punti informativi è posizionato al centro del binario un conduttore di una lunghezza di alcuni metri con il quale viene a contatto durante il transito del treno una spazzola metallica posta sotto alla cabina di guida. A seconda della polarità di alimentazione del conduttore, viene ricevuta a bordo una indicazione liberatoria o restrittiva. Tipica applicazione è il sistema detto coccodrillo tipico della Francia.
- ✘ *Induttivi*: Il collegamento terra-treno è basato su circuiti a risonanza con frequenze diverse, accoppiati magneticamente in modo tale da poter trasmettere diversi dati. A terra è posta una boa con un circuito risonante che è commutabile su una frequenza differente a seconda dell'aspetto del segnale. Il circuito di bordo si accoppia magneticamente tramite una antenna e rileva la frequenza a terra e quindi decodifica l'informazione. Tipici di questa categoria sono i sistemi Indusi (DB,OBB), Signum (FFS) che possono fornire due o tre informazioni
- ✘ *Digitali*: Il sistema è composto da dispositivi a terra, detti boe o balise, che sono dei transponder<sup>6</sup> e contengono un apparato elettronico con codificatori di segnali per comunicazioni seriali, ma privo di un sistema di alimentazione proprio e quindi da considerare passive. La

---

<sup>6</sup> Un transponder è un dispositivo di comunicazione senza fili che riceve un segnale in entrata e automaticamente risponde a questo segnale. Il termine è la contrazione delle parole *transmitter* e *responder*. I transponder possono essere passivi o attivi. Quelli passivi sono privi di una propria alimentazione e sono alimentati dal segnale che ricevono, come gli skipass, quelli attivi hanno una fonte di energia propria, come i telepass autostradali.

trasmissione dei dati avviene tra le balise passive disposte lungo i binari (in genere più di una per punto informativo) e un'antenna posta a bordo al di sotto del veicolo, che ha la doppia funzione di fornire l'energia per eccitare le balise e di captare le informazioni. L'accoppiamento tra la balise e l'antenna a bordo è di tipo induttivo e l'antenna, che emette con continuità un segnale in alta frequenza, al suo passaggio energizza la balise che diventa attiva e inizia a trasmettere su un'altra frequenza, una serie di telegrammi codificati che vengono ricevuti e interpretati dalle apparecchiature informatizzate a bordo. Le boe possono avere una programmazione predeterminata (boe fisse) e quindi trasmettere sempre la stessa informazione oppure essere programmate di volta in volta tramite appositi encoder ad esse collegate (boe commutabili) come nel caso dei segnali. I telegrammi possono contenere un rilevante numero di informazioni: segnali, velocità, distanze, pendenze eccetera. Tipiche applicazioni si hanno nei sistemi Zub (DB,FFS), KVB (SNCF), *Ebicab* e *l'italiano SCMT*.

I sistemi discontinui possono eventualmente essere integrati da un infill. Con il termine "infill", cioè iniezione, si intende, nei sistemi di segnalamento discontinui, l'introduzione di informazioni continue per un certo tratto di binario (qualche centinaia di metri) in precedenza a un segnale imperativo, basata su una spira (*loop*) di cavi o un circuito di binario codificato o altro sistema. Lo scopo è lo snellimento della circolazione: infatti con un sistema discontinuo, se un segnale di avviso viene superato con avviso di via impedita, il sistema di bordo memorizza l'informazione e sviluppa una curva di sicurezza che consente l'arresto prima del successivo segnale imperativo e di

approcciarlo a una ridottissima velocità . Se nel frattempo quest'ultimo si dispone a via libera, il sistema di bordo non ne ha conoscenza fino ad un nuovo punto informativo e continua a sviluppare la curva di frenatura rallentando ulteriormente il treno fino a velocità molto basse, anche se il segnale è visibilmente a via libera. Con l'infill si può fornire con tempestività in un tratto sufficientemente esteso prima del segnale l'informazione liberatoria e annullare la curva di rallentamento.

#### SISTEMI CONTINUI

L'informazione viene trasmessa con continuità mediante supporto fisico, generalmente con circuiti di binario e quindi si possono suddividere in sistemi a:

- \* *Circuiti di binario codificati*: i circuiti di binario sono alimentati con correnti alternate in genere a bassa frequenza modulata con codici differenti ciascuno dei quali corrisponde a un aspetto dei segnali o eventualmente un livello di velocità massima. Le informazioni trasmissibili sono poche e di limitato contenuto. Le apparecchiature di bordo captano tramite antenne poste in prossimità delle rotaie il campo magnetico delle correnti di binario e interpretano il codice. Tipica applicazione è il Blocco automatico a correnti codificate delle FS con C.d.b. (circuiti di binario) con portante a 50Hz codificato con 4 codici, esteso a 9 codici con una seconda frequenza portante a 178 Hz;
- \* *Circuiti di binario digitali*: circuiti di binario a frequenza fonica modulati in frequenza in modo da trasmettere ciclicamente e in continuazione segnali digitali costituenti dei telegrammi con possibilità di trasmettere molte

informazioni quanto è più lungo il telegramma. Tipico il sistema TVM delle SNCF

- \* *Supporti specifici*: tipico caso è il sistema LZB della DB in cui si ha un collegamento bidirezionale a radiofrequenza mediante un cavo posato fra le rotaie lungo tutto il percorso e collegato con posto centrale di comando, che riceve le informazioni da tutti i treni e trasmette loro gli ordini di marcia in sicurezza.

#### *1.5.2.e. I sistemi nazionali in Europa*

Dall'esame delle differenti possibilità sia funzionali che tecniche risulta evidente che si hanno molteplici soluzioni nazionali per i sistemi di segnalamento e controllo-comando e in effetti praticamente ogni rete ha applicato almeno un sistema diverso dagli altri e nella maggior parte dei casi in una stessa rete si hanno due o tre sistemi differenti in relazione alle epoche di adozione e alle esigenze da soddisfare. L'Unione Europea ha cercato di porre rimedio a questa proliferazione mettendo allo studio un sistema standard europeo e nel frattempo ha invitato gli Stati membri a non sviluppare altri nuovi sistemi oltre a quelli esistenti che sono stati ufficialmente censiti. Sono quindi formalmente riconosciuti dalla Unione Europea 24 differenti sistemi di seguito elencati con la loro sigla, con indicazione degli Stati ove sono impiegati:

1. *ALSN: Lettonia Lituania l'Estonia. (anche Federazione russa e Bielorussia).*
2. *ASFA: Spagna*
3. *ATB Paesi Bassi.*
4. *ATP-VR/RHK : Finlandia.*
5. *BACC Italia*
6. *CAWS e ATP Irlanda.*

7. **Crocodile** Belgio, Francia, Lussemburgo.
8. **Ebicab** Svezia, Norvegia, Portogallo Bulgaria Spagna
9. **EVM** Ungheria
10. **GW ATP** Regno Unito.
11. **Indusi / PZB** Austria, Germania.
12. **KVB** Francia
13. **LS** Repubblica ceca, Slovacchia.
14. **LZB** Austria, Germania, Spagna.
15. **MEMOR II+** Lussemburgo
16. **RETB** Regno Unito.
17. **RSDD/SCMT** Italia
18. **SELCAB** Spagna
19. **SHP** Polonia.
20. **TBL** Belgio.
21. **TPWS** Regno Unito.
22. **TVM** Belgio, Francia, Regno Unito.
23. **ZUB 123** Danimarca.
24. **ZUB 121** Svizzera

I vari sistemi sono più o meno estesi a seconda della area di utilizzazione, nelle **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è riportato un grafico che mostra la lunghezza delle linee attrezzate con i varie sistemi e il numero di mezzi che li possono utilizzare, mentre nella Figura 1-4 la suddivisione è fornita per area geografica.

Actual situation: extent of existing CC-systems

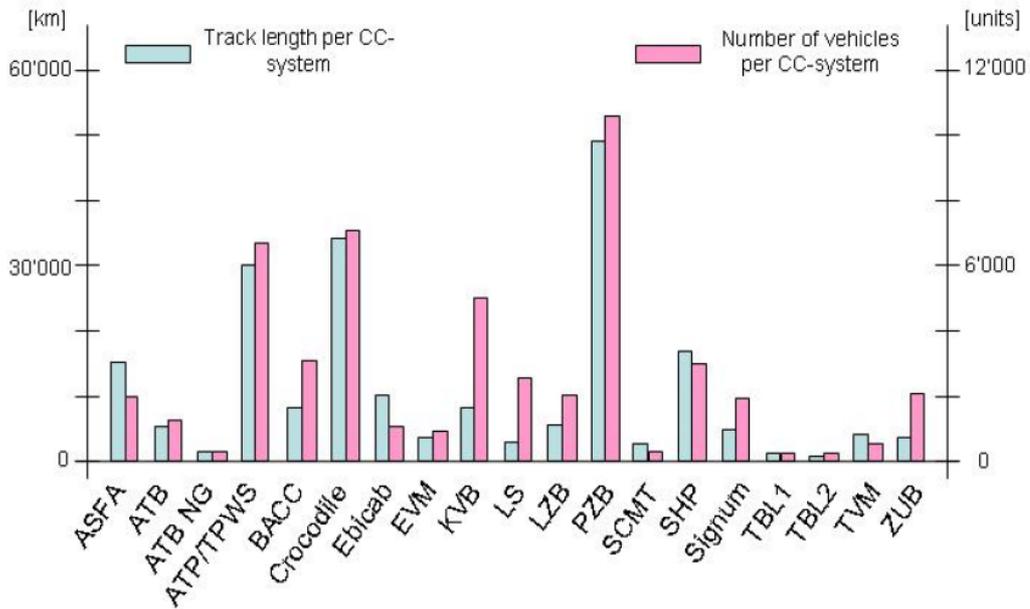


Figura 1-3: Le origini – Estensione dei sistemi di controllo – comando in Europa

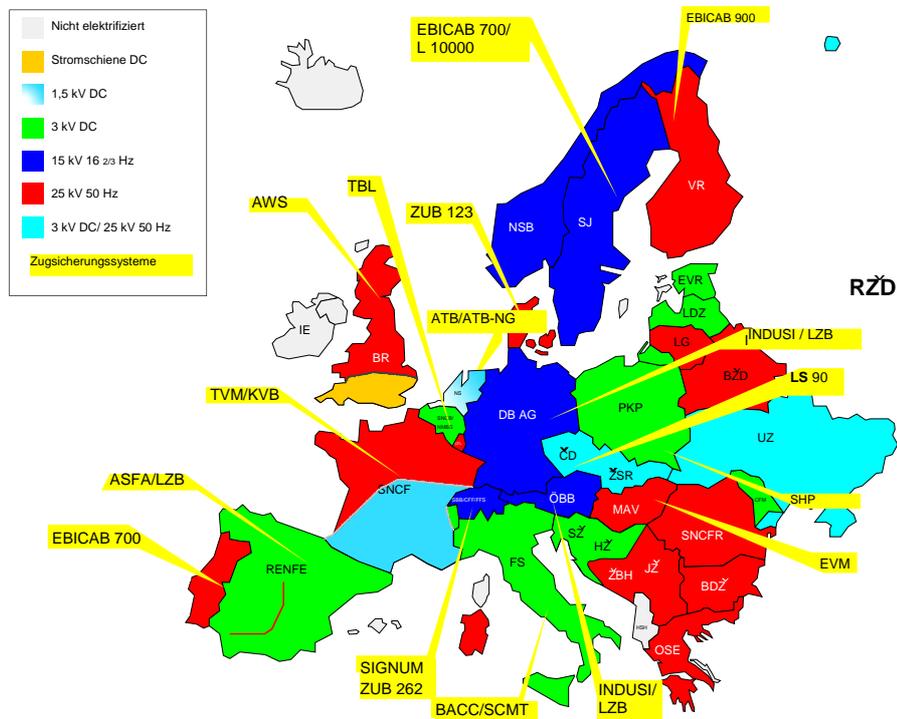
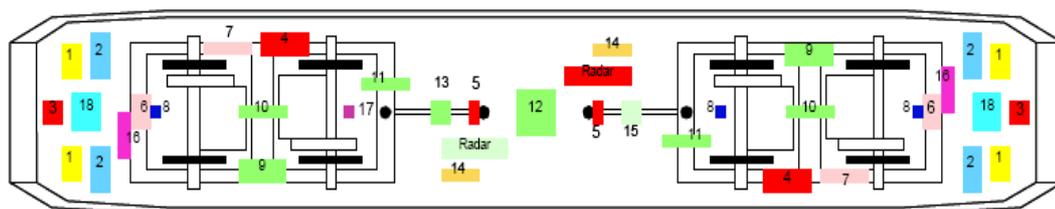


Figura 1-4: Le origini – Estensione dei sistemi di controllo – comando in Europa

Ogni sistema ha un diverso posizionamento degli organi di captazione del segnale, per cui se si volesse attrezzare un mezzo con tutte le possibili varianti si otterrebbe quanto riportato in Figura 1-5. Ovviamente si tratta di una operazione del tutto ipotetica in quanto non si avrebbe lo spazio fisico né per i captatori né per le altre apparecchiature in macchina.



|     |     |  |    |                   |   |
|-----|-----|--|----|-------------------|---|
| 1-2 | I   | 2 Systems from:<br>Codici 4/9<br>ATB-EG (Phase 4)<br>LS90<br>EVM 120 | 9  | CH                | SIGNUM receiver                                     |
|     | NL  |  | 10 | CH                | SIGNUM permanent magnets                            |
|     | CZ  |  | 11 | CH                | ZUB 121/262   |
| 3   | D/A | LZB - receiver antenna   | 12 | CH                | AVI (Train recognition)                             |
|     | H   |  | 13 | CH                | Eurobalise for ZUB 262                              |
| 4   | D/A | PZB 90   | 14 | PL                | ELM, KHP, SHP                                       |
| 5   | D/A | LZB-transmitter antenna or<br>SCMT-Antennas                          | 15 | alle              | Eurobalise for ETCS                                 |
| I   | 6   |  | Dk | Phase change      |   |
| 7   | Dk  | ZUB 123  | 16 | B/NL              | TBL2/ATB-NG   |
| 8   | F/L | Crocodile brush (1 or 2 pieces.)<br>Crocodile brush 2 pieces.        | 17 | F-D               | Integra-Relay for transitions                       |
|     | B   |  | 18 | F<br>S<br>CZ<br>I | KVB or<br>ATSS or<br>AVV or<br>Eurobalises for SCMT |

Figura 1-5: Le origini – Posizione dei vari captatori

In seguito si fornisce una descrizione sintetica dei principali sistemi raggruppandoli per tipologia. Tutti i sistemi forniscono al macchinista l'indicazione della velocità istantanea del treno, ma possono fornire ulteriori indicazioni in quantità e di tipo assai differente fra i vari sistemi. Questo in dipendenza delle caratteristiche tecniche degli apparati, ma anche in ragione delle filosofie regolamentari delle varie nazioni, che possono richiedere una maggiore

attività del macchinista, fornendogli poche informazioni, e lasciare all'apparecchiatura la funzione di sorveglianza in sottofondo.

*1.5.2.f. Sistemi discontinui elettromeccanici*

CROCODILE

*Descrizione:* è installato sulle principali linee di Francia (RFF), Belgio (SNCB) e Lussemburgo (CFL). Il sistema è basato su una barra di ferro al centro del binario che viene fisicamente a contatto con una spazzola posta a bordo del treno. La barra porta una tensione di  $\pm 20$  V, in base all'aspetto del segnale. Si attiva quindi un'indicazione per il macchinista, il quale deve riconoscere l'avvertimento. Se non lo riconosce, si attiva una frenatura automatica. Il sistema non controlla la velocità o la distanza. Agisce solo come sistema di sorveglianza.

*Caratteristiche principali:* Barra alimentata a CC ( $\pm 20$  V), nessuna caratteristica del treno registrata a bordo.

*Visualizzazioni per il macchinista:* nessuna, solo un segnale acustico se il segnale (di avviso o imperativo) è con aspetto restrittivo

*Supervisione:* riconoscimento da parte del macchinista

*Reazione:* il freno di emergenza è azionato qualora non sia riconosciuto il segnale di avvertimento. Il freno di emergenza può essere allentato dopo l'arresto

MEMOR II+

*Descrizione:* il sistema è installato su tutte le linee della rete ferroviaria lussemburghese è utilizzato per la protezione dei punti pericolosi e per limitazioni temporanee della velocità. MEMOR II+ è complementare al sistema Crocodile, in quanto lo integra con un sistema di controllo della velocità. Il sistema è basato su una o due barre di ferro nel binario che vengono a contatto per mezzo di spazzole con il bordo del treno. La barra trasporta una tensione compresa tra

$\pm 12$  V e  $\pm 20$  V, in base all'aspetto del segnale. Il sistema non è considerato "fail-safe", ma è sufficientemente sicuro per poter svolgere le opportune operazioni di sorveglianza del macchinista. Agisce completamente in secondo piano, ossia non fornisce al macchinista alcuna indicazione circa gli aspetti del segnale, indica unicamente che il treno è sorvegliato.

*Caratteristiche principali:* Barre a terra alimentate a CC (da  $\pm 12$  a  $\pm 20$  V). A bordo, il macchinista non può inserire le caratteristiche del treno; a bordo è memorizzata solo una curva di velocità predefinita

*Visualizzazioni per il macchinista:* un segnale acustico se il segnale (di avviso o imperativo) è con aspetto restrittivo Stato della supervisione, Stato del freno di emergenza

*Supervisione:* riconoscimento da parte del macchinista in presenza di segnali di attenzione o di segnali che indicano limitazioni della velocità e in questo caso si attiva la supervisione della velocità oppure la supervisione dei valori di tempo e di velocità per una certa distanza rispetto alla curva di velocità memorizzata. In caso di segnali di arresto assoluto, due inneschi positivi a una distanza di 11 metri azionano il freno di emergenza

*Reazione:* il freno di emergenza è azionato qualora sia elusa la supervisione (assenza di riconoscimento da parte del macchinista o superamento della curva di sicurezza) Il freno di emergenza può essere allentato dopo l'arresto

#### TPWS (TRAIN PROTECTION & WARNING SYSTEM)

*Descrizione:* il sistema è applicato nel Regno Unito ed è basato su magneti permanenti e bobine che generano campi magnetici che vengono captati a bordo. Il sistema non è considerato "fail-safe", ma

comprende misure e principi volti a ridurre al minimo la probabilità di errore del macchinista. Il sistema garantisce le seguenti funzioni:

- ✦ Avvertimenti al macchinista a distanza normale di frenatura delle seguenti condizioni restrittive: segnali non a via libera, limitazioni di velocità permanenti, limitazioni di velocità temporanee;
- ✦ Protezione dei treni (con caratteristiche del treno predefinite) nelle seguenti circostanze: treno che supera la velocità consentita della linea a limitazioni di velocità specifiche (limitatore di velocità), treno a velocità eccessiva in prossimità di un segnale di arresto (uno o più limitatori di velocità), treno che supera un segnale a via impedita (arresto del treno).

Il TPWS indica visivamente al macchinista lo stato dell'ultimo magnete, libero o restrittivo (indicatore a "girasole"), e che questa è la causa di una frenatura oppure il suo stato di anomalia di isolamento.

I comandi del sistema TPWS sono: un pulsante di riconoscimento per l'avviso di una condizione restrittiva, un pulsante per superare un segnale disposto a via impedita valido solo per un periodo di tempo limitato dopo il suo azionamento e i comandi di isolamento.

Le indicazioni sonore del TPWS sono: uno "squillo di campana" per il segnale di via libera, un "suono dell'avvisatore acustico" per una condizione restrittiva che deve essere riconosciuta.

Il sistema TPWS si interfaccia con il sistema di frenatura del treno e fornisce una frenatura di emergenza completa se il "suono dell'avvisatore acustico" non è riconosciuto entro 2,5 secondi, oppure immediatamente se il treno oltrepassa il "limitatore di velocità" a velocità eccessiva oppure immediatamente se il treno oltrepassa un segnale a via impedita.

**1.5.2.g. Sistemi discontinui a boe risonanti**

SHP - SAMOCZYNNE HAMOWANIE POCIĄGU

*Descrizione:* sistema AWS (Advanced Warning System) installato sulle alcune linee polacche. I circuiti a risonanza accoppiati magneticamente a terra e a bordo trasmettono l'informazione al treno. È integrato da un sistema di sorveglianza attiva di bordo. Il sistema di sorveglianza protegge anche contro movimenti ad una velocità 10% superiore alla velocità massima consentita del veicolo. Agisce completamente in secondo piano, ossia non fornisce al macchinista alcuna indicazione circa gli aspetti del segnale, indica unicamente che il treno è sorvegliato.

*Caratteristiche principali:*

- ✘ Frequenza 1 000 Hz.

*Supervisione:*

- ✘ riconoscimento di un segnale.

*Ubicazione del circuito di risonanza:* 200 m prima dei segnali sulla linea e dei segnali di ingresso in stazione, in corrispondenza dei segnali di uscita dalla stazione.

*Reazione:*

La luce di segnalazione di bordo è attivata quando il treno sta superando il circuito di risonanza (installato a terra); è richiesta la conferma del macchinista. Se la conferma non perviene entro 3 s viene attivato un segnale acustico. Se non arriva una conferma entro 2 s dall'attivazione del segnale acustico, il sistema inserisce il freno di emergenza. Il freno di emergenza può essere allentato in condizioni speciali. Il sistema di sorveglianza attiva viene attivato quando la velocità del veicolo supera del 10% la velocità massima consentita del veicolo. Dopo 16 s si attiva la luce di segnalazione e il macchinista deve inviare una conferma entro lo stesso tempo previsto per la

funzione SHP. Successivamente è richiesta una conferma dopo ogni 60 s. La supervisione SHP reinnesca il periodo di controllo della vigilanza di 60 s.

**ASFA (ANUNCIO DE SEÑALES Y FRENADO AUTOMÁTICO)**

*Descrizione:* ASFA è un sistema ATP e di segnalamento in macchina installato sulla maggior parte delle linee della Spagna. Il collegamento terra-treno è basato su circuiti a risonanza accoppiati magneticamente in modo tale da poter trasmettere nove diversi dati. Un circuito a risonanza a terra è regolato su una frequenza che rappresenta l'aspetto del segnale. Il sistema non è considerato “fail-safe”, ma è sufficientemente sicuro per poter svolgere le opportune operazioni di sorveglianza del macchinista, ricordandogli le condizioni di segnalamento e obbligandolo a riconoscere le eventuali segnalazioni di tipo restrittivo.

*Caratteristiche principali:*

- ✘ 9 frequenze: da 55 kHz a 115 kHz;
- ✘ A bordo possono essere selezionate 3 diverse categorie di treno;

*Supervisione:*

- ✘ Velocità della linea.
- ✘ Riconoscimento di un segnale restrittivo da parte del macchinista entro 3 secondi;
- ✘ Supervisione continua della velocità dopo il superamento del segnale restrittivo;
- ✘ Controllo della velocità ( $60 \text{ km/h}$ ,  $50 \text{ km/h}$  o  $35 \text{ km/h}$  in base al tipo di treno) dopo il superamento di un punto informativo posizionato 300 m oltre il segnale;

- ✘ Attivazione dei sistemi di frenatura del treno al superamento di segnale disposto a via impedita;

*Reazione:*

Il freno di emergenza è azionato qualora sia elusa qualsiasi supervisione. Il freno di emergenza può essere allentato a treno fermo.

INDUSI/PZB (INDUKTIVE ZUGSICHERUNG/PUNKTFÖRMIGE ZUGBEEINFLUSSUNG)

*Descrizione:* Sistema ATP installato sulle linee in Austria e Germania. Lungo la linea in posizioni appropriate sono installati dei circuiti risonanti (detti impropriamente “magneti”), con frequenza definita in base alla sua posizione. Quando la testa del treno passa sopra al circuito a terra, si ha un accoppiamento magnetico con un’antenna posta a bordo e viene rilevata la frequenza di risonanza. Il sistema non è considerato “fail-safe”, ma è sufficientemente sicuro per poter svolgere le opportune operazioni di sorveglianza del macchinista. Agisce completamente in secondo piano, ossia non fornisce al macchinista alcuna indicazione circa gli aspetti del segnale, indica unicamente che il sistema è attivo.

*Caratteristiche principali*

- ✘ 3 possibili frequenze: 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz.
- ✘ Il “magnete” a 1000 Hz è posto in corrispondenza dei segnali di avviso ed è attivo quando l’aspetto è restrittivo;
- ✘ Il “magnete” a 2000 Hz è posto in corrispondenza dei segnali imperativi ed è attivo quando l’aspetto è a via impedita;
- ✘ Il “magnete” a 500 Hz è posto fra i due segnali ed è attivo quando la via è impedita.

*Caratteristiche del treno che possono essere inserite dal macchinista;*

- ✦ Caratteristiche di frenatura (percentuale e regime di frenatura per 3 categorie di supervisione) solo per la versione a microprocessore

*Supervisione:*

- ✦ Versione convenzionale
  - 1000 Hz: riconoscimento da parte del macchinista dell'aspetto restrittivo del segnale di avviso;
  - 500 Hz: supervisione del limite della velocità a 65 km/h,
  - 2000 Hz: arresto immediato.
- ✦ Versione a microprocessore:
  - 1000 Hz: riconoscimento dell'aspetto restrittivo del segnale e supervisione della velocità secondo la curva di frenatura impostata,
  - 500 Hz: supervisione della velocità istantanea e prosecuzione della supervisione secondo la curva di frenatura,
  - 2000 Hz: arresto immediato.

*Reazione:* il freno di emergenza è azionato qualora sia elusa qualsiasi supervisione. Il freno di emergenza può essere allentato in condizioni speciali.

#### *1.5.2.b. Sistemi discontinui con boe digitali*

ATB NUOVA GENERAZIONE (AUTOMATISCHE TREIN BEÏNVLOEDING)

*Descrizione:* il sistema ATB (controllo automatico dei treni) di nuova generazione è installato su parte delle linee dell'Olanda. Il sistema è composto da balise poste lungo i binari e da apparecchiature

di bordo. Inoltre è disponibile una funzione “infill”. Il sistema è sensibile alla direzione, le balise sono montate tra le rotaie, in posizione leggermente decentrata. Le apparecchiature di bordo ATBNG sono completamente interoperabili con le apparecchiature a terra ATB di prima generazione.

*Caratteristiche principali:*

- ✘ Trasmissione dei dati ai treni: 100 kHz  $\pm$  10 kHz (FSK), 25 kbit/s, 119 bit utili per telegramma.

*Caratteristiche del treno inserite dal macchinista:*

- ✘ Lunghezza del treno;
- ✘ Velocità massima del treno;
- ✘ Caratteristiche di frenatura del treno

*Visualizzazioni per il macchinista:*

- ✘ Velocità massima della linea;
- ✘ Velocità alla quale si deve arrivare (velocità obiettivo);
- ✘ Distanza alla quale si deve rispettare la velocità obiettivo;
- ✘ Curva di frenatura.

*Supervisione:*

- ✘ Velocità della linea,
- ✘ Limitazioni di velocità,
- ✘ Fermata a segnale a via impedita,
- ✘ Profilo del freno dinamico

*Reazione:* prima un preallarme ottico, quindi un segnale acustico di avvertimento; il freno di emergenza è azionato qualora sia elusa qualsiasi supervisione della circolazione o qualora il macchinista non intervenga dopo il segnale acustico di avvertimento.

*ATP-VR/RHK – ATP (CONTROLLO AUTOMATICO DELLA SICUREZZA DEI TRENI), JUNAKULUNVALVONTA (JKV) (ESPRESSIONE FINLANDESE PER ATP)*

*Descrizione:* il sistema ATP-VR/RHK utilizzato in Finlandia è un sistema ATP standard "fail-safe" basato sulla tecnologia dell'Ebicab 900. Il sistema è formato da balise disposte lungo il binario che comprendono codificatori di segnale e apparecchiature informatizzate di bordo. La trasmissione dei dati avviene tra balise passive disposte lungo i binari (2 per punto) e un'antenna a bordo al di sotto del veicolo che alimenta anche la balise al suo passaggio. L'accoppiamento tra la balise e l'antenna a bordo è di tipo induttivo.

*Caratteristiche principali:*

- ✘ Eccitazione delle Balise: 27,115 MHz, modulazione di ampiezza per impulsi di sincronizzazione, frequenza degli impulsi 50 kHz;
- ✘ Trasmissione dei dati ai treni: 4,5 MHz, 50 kb/s, 180 bit utili sul totale di 256.

*Caratteristiche del treno inserite dal macchinista:*

- ✘ Velocità massima del treno,
- ✘ Caratteristiche di frenatura del treno,
- ✘ Lunghezza del treno,
- ✘ Peso del treno,
- ✘ Possibilità di utilizzare velocità superiori in curva,
- ✘ Proprietà specifiche del treno (es. riduzione di velocità per elevato carico per asse)

*Visualizzazioni per il macchinista:*

- ✘ Sul tachimetro: velocità consentita e velocità obiettivo;
- ✘ Sul display digitale: distanza dall'obiettivo;
- ✘ Sul display alfanumerico con segnale acustico di avvertimento: allarme superamento velocità, allarme frenare, allarme frenare di più, guasto ATP, allentamento freno consentito, superamento del segnale con indicazione di stop e numerose altre indicazioni di avvertimento.

*Supervisione:*

Tutte le informazioni su segnali, scambi e limitazioni della velocità sono trasferite ad una distanza di 2400 o 3600 m dall'obiettivo (in funzione della velocità massima della linea). Il sistema calcola le curve di frenatura rispetto ad ogni obiettivo e indica le informazioni più restrittive al macchinista:

- \* Velocità massima della linea o velocità massima del treno;
- \* "Possibile pericolo" dopo 2-3 blocchi;
- \* Supervisione velocità al segnale con indicazione di stop;
- \* Limitazione di velocità;
- \* Limitazione di velocità in curva per i treni tradizionali e per i treni a cassa inclinabile;
- \* Limitazioni specifiche per il treno;
- \* Limitazioni di velocità negli scambi;
- \* Superamento autorizzato del segnale a via impedita, 50 km/h, sorvegliato fino al successivo segnale principale
- \* Velocità dopo anomalia balise.

*Reazione:*

Supervisione limite di velocità: segnale acustico di avvertimento in caso di eccesso di velocità di 3 km/h, freno di servizio sopra 5 km/h.

Supervisione distanza dall'obiettivo: il sistema calcola le curve di frenatura con le seguenti funzioni: segnale acustico per frenare, segnale acustico continuo per frenare di più e inserimento freno di servizio da parte del sistema. Il macchinista può allentare il freno di servizio quando la velocità rientra nei limiti. Il freno di emergenza viene inserito dal sistema se si supera la velocità consentita di 15 km/h, in caso di superamento curva di frenatura di emergenza o se il freno di servizio non funziona. Il freno di emergenza può essere allentato dopo l'arresto del treno.

## EBICAB

L'Ebicab esiste in due versioni: Ebicab 700 ed Ebicab 900.

### *Descrizione dell'Ebicab 700*

Sistema ATP “fail-safe” standard in Svezia, Norvegia, Portogallo e Bulgaria. Software identico in Svezia e Norvegia che consente ai treni che circolano tra i due Stati di oltrepassare le frontiere senza cambio di macchinista o di locomotive, malgrado diversi sistemi di segnali e regole diverse. Il software è diverso in Portogallo e Bulgaria. Il sistema è composto da dispositivi a terra, balise e codificatori di segnali e comunicazioni seriali con apparato elettronico, e a bordo apparecchiature informatizzate.

La trasmissione dei dati avviene tra balise passive disposte lungo i binari (da 2 a 5 per segnale) e un'antenna a bordo al di sotto del veicolo che alimenta anche la balise al suo passaggio. L'accoppiamento tra la balise e l'antenna a bordo è di tipo induttivo.

### *Caratteristiche principali*

- ✦ Eccitazione delle Balise: 27,115 MHz, Modulazione di ampiezza per impulsi di sincronizzazione Frequenza degli impulsi 50 kHz,
- ✦ Trasmissione dei dati ai treni: 4,5 MHz, 50 kb/s, 12 bit utili sul totale di 32.

*Caratteristiche del treno che possono essere inserite dal macchinista:*

- ✦ Velocità massima del treno;
- ✦ Lunghezza del treno;
- ✦ Caratteristiche di frenatura del treno;
- ✦ Proprietà specifiche del treno per consentire aumenti o riduzioni di velocità su tratti specifici.

*Visualizzazioni per il macchinista:*

- ✦ Velocità massima della linea;

- × Velocità obiettivo;
- × Informazioni avanzate per il segnalamento a distanza;
- × Limitazioni di velocità oltre il primo segnale;
- × Tempo per la frenatura di servizio;
- × Anomalie di terra o di bordo;
- × Valore dell'ultimo ritardo;
- × Pressione della condotta del freno e velocità istantanea;
- × Informazioni accessorie.

*Supervisione:*

- × Velocità della linea;
- × Obiettivi multipli comprese le informazioni sui segnali senza segnali ottici,
- × Limitazioni di velocità permanenti, temporanee o di emergenza,
- × Fermata al segnale d'arresto,
- × Profilo dinamico,
- × Controlli vari (es. passaggio a livello, smottamento...),
- × Superamento autorizzato del segnale a via impedita,

*Reazione:*

Segnale acustico di avvertimento quando si supera di 5 km/h la velocità massima, frenatura di servizio quando si supera di 10 km/h la velocità massima. Il freno di servizio può essere allentato dal macchinista quando la velocità rientra nei limiti prestabiliti. Il freno di emergenza è utilizzato unicamente in caso di reale emergenza, per esempio quando la frenatura di servizio non è sufficiente. Si può ricorrere all'allentamento del freno di emergenza quando il treno è fermo.

*Descrizione dell'Ebicab 900*

Il sistema è in gran parte analogo al precedente, salvo che i telegrammi sono di 255 bit e quindi consentono una maggior quantità

di informazioni e quindi il sistema può svolgere ulteriori funzioni di supervisione e controllo.

**KVB (CONTROLE DE VITESSE PAR BALISES)**

*Descrizione:* è il sistema ATP standard in Francia sulla rete di RFF. Tutte le linee elettrificate convenzionali ne sono dotate per la supervisione della velocità, la protezione dei punti pericolosi e le limitazioni temporanee della velocità. Il sistema è in funzione nel 99% delle linee convenzionali. In parte è installato sulle linee ad alta velocità per alcune trasmissioni puntiformi e per la supervisione di limitazioni di velocità temporanee in cui i livelli di velocità non sono forniti da codici TVM. Il sistema è formato da balise disposte lungo il binario che comprendono codificatori di segnale e a bordo apparecchiature informatizzate. Il sistema si sovrappone alle apparecchiature di segnalamento convenzionale.

La trasmissione dei dati avviene tra balise passive disposte lungo i binari (da 2 a 9 per segnale) e un'antenna a bordo al di sotto del veicolo che alimenta anche la balise al suo passaggio. L'accoppiamento tra la balise e l'antenna a bordo è di tipo induttivo. Questa trasmissione dei dati è anche utilizzata per la trasmissione puntiforme non collegata al sistema ATP (porte, canali radio, ecc.).

Il sistema KVB può inoltre essere integrato da una trasmissione continua per consentire la funzione "in-fill", mediante una modulazione della frequenza (FSK) con due frequenze portanti  $F_p$  a 20 KHz e a 25 KHz (una per ogni binario). I dati da trasmettere sono dati binari, a gruppi di 80 bit (64 sono utili). La trasmissione di un set di bit a "1" avviene con l'emissione della frequenza  $F_p + 692$  Hz; la trasmissione di un set di bit a "0" avviene con l'emissione della frequenza  $F_p - 750$  Hz.

*Caratteristiche:*

- ✘ eccitazione delle Balise: 27,115 MHz,
- ✘ Modulazione di ampiezza per impulsi di sincronizzazione,
- ✘ Frequenza degli impulsi 50 kHz,
- ✘ Trasmissione dei dati ai treni: 4,5 MHz, 50 kbit/s, 12 bit utili oppure 172 bit utili (totale 256 bit) per boe di tipo evoluto.

Ad eccezione dei convogli bloccati, le caratteristiche del treno devono essere inserite dal macchinista, queste sono:

- ✘ Categoria del treno,
- ✘ Velocità massima del treno,
- ✘ Lunghezza del treno,
- ✘ Caratteristiche di frenatura del treno.

*Visualizzazioni per il macchinista:*

- ✘ Tipo di supervisione in atto,
- ✘ Velocità di liberazione.

Nell'ultima versione del KVB vengono fornite indicazioni solo per l'avvicinamento di un segnale di pericolo. Non vengono mai fornite indicazioni sulla velocità da tenere.

*Supervisione:*

- ✘ Velocità della linea, comprese limitazioni permanenti e temporanee della velocità;
- ✘ Fermata al segnale a via impedita;
- ✘ Profilo dinamico;
- ✘ Limitazioni di velocità.

Il sistema KVB comanda inoltre la manovra e le transizioni ad altri sistemi (TVM), interviene sulla commutazione dei canali radio, sull'apertura dell'interruttore generale, sull'abbassamento dei pantografi, sulla scelta del lato di apertura delle porte, sulla scelta

dell'altezza dei gradini, sul comando dell'ermeticità in galleria o quando si attraversano zone che presentano un rischio chimico

*Reazione:* avvertimento al macchinista per superamento della velocità consentita. Il freno di emergenza è azionato qualora sia elusa qualsiasi supervisione della circolazione. Il freno di emergenza può essere allentato unicamente quando il treno è fermo.

*TBL (TRASMISSION BALISE LOCOMOTIVE)*

*Descrizione:* è un sistema ATC in parte installato sulle linee belghe. Il sistema consiste in una balise disposta lungo il binario in corrispondenza di ogni segnale e di un'apparecchiatura a bordo.

TBL1 è un sistema di avvertimento, TBL2/3 è un sistema di segnalazione in macchina. Per TBL2/3, è disponibile anche un loop di cavi «in-fill». La parte a terra è denominata TBL2 nel caso di interfaccia con apparati a relè, e TBL3 nel caso di interfaccia seriale con apparato elettronico. L'apparecchiatura montata sui treni è denominata TBL2 e comprende le funzioni di TBL2, TBL1 e Crocodile.

La trasmissione dei dati avviene tra la balise attiva e una serie di antenne a bobina aeree presenti a bordo. Il sistema è sensibile alla direzione, le balise sono montate tra le rotaie, in posizione leggermente decentrata.

*Caratteristiche principali*

- \* Trasmissione dei dati ai treni: 100 kHz  $\pm$  10 kHz (FSK) — 25 kbit/s
- \* 119 bit utili per telegramma per TBL2/3
- \* 5 dati decimali utili su 40 bit per telegramma per TBL1

*Caratteristiche del treno come inserite dal macchinista (TBL2):*

- \* Lunghezza del treno
- \* Velocità massima del treno

- ✘ Caratteristiche di frenatura del treno (peso del freno, tipo di treno, isolamenti, altri parametri specifici)
- ✘ Selezione della lingua, parametri di identificazione

*Visualizzazioni per il macchinista:*

- ✘ Velocità massima consentita
- ✘ Velocità obiettivo
- ✘ Distanza obiettivo
- ✘ Velocità del treno
- ✘ Modo di funzionamento
- ✘ Indicazioni ausiliarie

*Supervisione:*

- ✘ Velocità della linea
- ✘ Limitazioni di velocità (permanente e temporanea)
- ✘ Limitazioni specifiche per il carico e altri treni
- ✘ Fermata al segnale di arresto
- ✘ Profilo dinamico
- ✘ Direzione di marcia
- ✘ Vigilanza del macchinista
- ✘ Funzioni ausiliarie (pantografo, commutazione radio)

*Reazione:*

Avvertimenti acustici e ottici. Il freno di emergenza è azionato qualora sia elusa qualsiasi supervisione della circolazione o il macchinista non riconosca l'avvertimento.

ZUB 123 (ZUGBEEINFLUSSUNG)

*Descrizione:* il sistema ATC è ampiamente installato sulle linee danesi. Il sistema è composto da

- ✘ Apparecchiature a terra: una bobina di accoppiamento binari (trasponditore) montata all'esterno delle rotaie; loop a fini

di “in-fill” in talune posizioni; un apparato di interfaccia con i segnali che analizza e ricava le informazioni da trasmettere.

- ✘ Apparecchiature a bordo: apparecchiatura per l'elaborazione dei segnali logici e la ricetrasmisione e che si interfaccia col freno; la bobina di accoppiamento veicolo, montata sul carrello, che riceve i dati dalla linea; il generatore di impulsi del contachilometri montato sull'asse che fornisce informazioni in merito alla distanza percorsa e alla velocità effettiva; il monitor della cabina e il quadro operativo.

Le apparecchiature a bordo ZUB 123 sono considerate “fail-safe”.

*Caratteristiche principali:*

- ✘ 3 frequenze:
  - 50 kHz: canale di controllo,
  - 100 kHz: canale energia,
  - 850 kHz: canale dati.

*Modi di trasmissione dei dati:* Multiplex a divisione di tempo per la trasmissione seriale di telegrammi fino a 96 bit utili,

*Visualizzazioni per il macchinista:*

- ✘ Velocità massima consentita;
- ✘ Velocità effettiva;
- ✘ Velocità obiettivo;
- ✘ Distanza obiettivo;
- ✘ Indicatori e pulsanti ausiliari

Inserimento dei dati relativi al treno tramite quadro di codifica o direttamente nell'unità a bordo.

*Supervisione:*

- ✘ Velocità della linea,
- ✘ Fermata,

- ✘ Limitazioni di velocità,
- ✘ Profilo dinamico,

*Reazione:* il freno di emergenza è azionato qualora sia elusa qualsiasi supervisione della circolazione. il freno di emergenza può essere allentato in caso di sovravelocità quando la velocità rientra nei limiti prestabiliti.

#### ZUB 121 (ZUGBEEINFLUSSUNG)

*Descrizione:* è il sistema di controllo del treno installato ampiamente sulle linee svizzere, considerato ai fini dell'interoperabilità, anche se la Svizzera non fa parte dell'Unione Europea. Il sistema è composto da

- ✘ Apparecchiature a terra:
  - una bobina di accoppiamento binari (trasponditore) montata all'interno delle rotaie;
  - loop di accoppiamento montato all'interno delle rotaie ma in posizione decentrata, una bobina di accoppiamento precedente determina la direzione di marcia su cui deve intervenire il loop successivo;
  - un apparato di interfaccia con i segnali che analizza e ricava le informazioni da trasmettere (non "fail-safe").
- ✘ Apparecchiature a bordo:
  - apparecchiatura per l'elaborazione dei segnali logici e la ricetrasmisione e che si interfaccia col freno;
  - la bobina di accoppiamento veicolo, montata sul carrello, che riceve i dati dalla linea (con questa apparecchiatura è possibile solo la trasmissione terra-treno);

- il generatore di impulsi del contachilometri montato sull'asse che fornisce informazioni in merito alla distanza percorsa, alla velocità effettiva e alla direzione di marcia;
- il monitor della cabina e il quadro operativo.
- interfaccia input/output all'unità radio montata sul treno o il sistema informativo integrato montato sul treno (IBIS) per scambiare i dati relativi al veicolo inseriti dal macchinista

*Caratteristiche principali*

- ✖ 3 frequenze:
  - 50 kHz: canale di controllo,
  - 100 kHz: canale energia,
  - 850 kHz: canale dati.

*Modi di trasmissione dei dati:* Multiplex a divisione di tempo per la trasmissione seriale di telegrammi fino a 104 bit utili,

*Visualizzazioni per il macchinista:*

- ✖ Livello dei controlli in atto su un display a cristalli liquidi (LCD) a 4 cifre;
- ✖ Luci ed avvisatore acustico;
- ✖ Freno di emergenza inserito;
- ✖ Malfunzionamento delle apparecchiature;
- ✖ Indicatori e pulsanti ausiliari.

*Pulsanti:*

- ✖ Pulsante di prova,
- ✖ Riprogrammazione dell'arresto di emergenza,
- ✖ Pulsante di rilascio (insieme al pulsante di rilascio "Signum").

*Supervisione/Comandi:*

- ✖ Velocità della linea,

- ✘ Fermata al segnale di arresto,
- ✘ Limitazioni di velocità,
- ✘ Profilo dinamico,
- ✘ Controllo dei canali radio

*Reazione:* Il freno di emergenza è azionato se viene raggiunta la velocità soglia e allarme qualora sia elusa qualsiasi supervisione della circolazione

#### *1.5.2.i. Sistemi continui a correnti codificate*

ALSN (AUTOMATIC LOCOMOTIVE SIGNALLING OF CONTINUES OPERATION) - SEGNALAMENTO AUTOMATICO DELLE LOCOMOTIVE IN MARCIA CONTINUA - АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЛОКОМОТИВНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ (NOME ORIGINALE RUSSO)

*Descrizione:* ASLN è un sistema di segnalamento in macchina e blocco automatico del treno. Questo sistema è installato sulle principali linee delle Ferrovie lettoni e dei paesi vicini, la Lituania e l'Estonia (è installato anche sulle linee ferroviarie della Federazione russa e della Bielorussia). Il sistema è costituito da circuiti di binario (TC) codificati e da un'apparecchiatura di bordo. I circuiti di binario sono progettati in maniera piuttosto convenzionale e sono dotati di ricevitori basati sulla tecnica a relè.

Le linee sono dotate di circuiti di binario codificati a corrente alterna (CA) con una frequenza pari a 50, 75 o 25 Hz, oppure circuiti di binario a corrente continua.

L'apparecchiatura di bordo è costituita da un amplificatore elettronico, da un decoder a relè, da una valvola elettro-pneumatica per azionare/disattivare il sistema di frenatura, da un segnale luminoso che rappresenta aspetti dei segnali sul binario e da un dispositivo che conferma il ricevimento delle informazioni da parte del macchinista.

Per quanto concerne la sicurezza, il sistema non è "fail-safe", visto che integra i segnali sul binario, ma è sufficientemente sicuro per poter svolgere le opportune operazioni di sorveglianza del macchinista.

La trasmissione dei dati tra i circuiti di binario codificati e le apparecchiature di bordo avviene tramite antenne riceventi a bobina aeree accoppiate induttivamente poste sopra le rotaie. Il sistema funziona con il treno in movimento fino ad una velocità massima di 160 km/h.

*Caratteristiche principali:*

- ✗ Trasmissione dei dati ai treni: frequenza portante 50, 25 o 75 Hz;
- ✗ codice numerico;
- ✗ corrente codificata minima sulle rotaie per il funzionamento del sistema ALSN: 1,2 A;
- ✗ 4 aspetti di segnale a bordo (3 codici e un'assenza di codice).

*Visualizzazione per il macchinista:*

- ✗ Indicazione del segnale di bordo corrispondente al codice ricevuto;
- ✗ Segnale acustico se il codice viene modificato in un codice più restrittivo.

*Supervisione:*

- ✗ Riconoscimento di un segnale più restrittivo da parte del macchinista entro 15 secondi,
- ✗ Supervisione continua della velocità dopo il superamento del segnale di STOP sul binario,
- ✗ Riconoscimento assenza di codice ogni 40-90 secondi.

*Reazione:* il freno di emergenza è azionato in caso di superamento del segnale sul binario con indicazione di STOP, superamento della

velocità consentita dall'aspetto del segnale effettivo, avvertimento (acustico) non è riconosciuto dal macchinista.

ATB (AUTOMATISCHE TREIN BEINVLOEDING)

ATB esiste in due versioni di base:

- ✘ ATB Prima generazione;
- ✘ ATB Nuova generazione, già descritto.

*Descrizione di ATB Prima generazione:* è installato sulla maggioranza delle linee olandesi. Il sistema è composto da circuiti di binario codificati di progettazione piuttosto convenzionale e da un'apparecchiatura a bordo informatizzata o elettronica convenzionale. La trasmissione dei dati tra i circuiti di binario codificati e le apparecchiature di bordo avviene tramite antenne riceventi a bobina aeree accoppiate induttivamente poste sopra le rotaie.

*Caratteristiche principali:*

- ✘ Trasmissione dei dati ai treni frequenza portante 75 Hz;
- ✘ Codici di velocità a modulazione AM, 6 codici di velocità (40, 60, 80, 130, 140) km/h, 1 codice di uscita.

Nessuna caratteristica dei treni a bordo.

*Visualizzazione per il macchinista:*

- ✘ Velocità corrispondente al codice velocità,
- ✘ Segnale acustico in caso di cambiamento del codice,
- ✘ Suono di campana qualora il sistema richieda l'intervento dei freni.

*Supervisione:*

Velocità prescritta (continua).

*Reazione:* il freno di emergenza è azionato in caso di sovravelocità e qualora il macchinista non intervenga dopo un segnale acustico di avvertimento.

CAWS E ATP (INSTALLATI SU IARNRÓD ÉIREANN)

Il sistema è costituito da circuiti di binario (TC) codificati e da un'apparecchiatura di bordo. La trasmissione del codice avviene tramite antenne riceventi a bobina aeree poste sopra le rotaie. I circuiti di binario codificati sono installati su tutti gli itinerari ad alta densità della cintura di Dublino e sugli itinerari intercity per Cork, Limerick, Athlone e fino al confine con il Regno Unito verso Belfast.

*Caratteristiche principali (Dublin Suburban Electrified Area):*

- ✦ Frequenza portante 83 1/3 Hz;
- ✦ Codici a onde quadre a impulsi 50, 75, 120, 180, 270 e 420 CPM;
- ✦ Traduzione dei codici dall'ATP in 29 km/h, 30 km/h, 50 km/h, 50km/h, 75km/h, 100 km/h;
- ✦ Traduzione dei codici dal CAWS in giallo, verde, giallo, verde, doppio giallo, verde.

Anche le velocità consentite sono visualizzate tramite aspetti del segnale. Il limite di velocità è ridotto a zero nelle fasi di avvicinamento ad un segnale rosso.

*Caratteristiche principali (al di fuori della Dublin Suburban Electrified Area):*

- ✦ Frequenza portante 50 Hz;
- ✦ 3 codici a onde quadre a impulsi 50, 120 e 180 CPM;
- ✦ Traduzione dei codici dal CAWS in giallo, doppio giallo, verde.
- ✦ Sistema di controllo automatico della sicurezza dei treni (ATP).

*Visualizzazione per il macchinista:*

- ✦ Velocità consentita;

- ✘ Aggiornamento continuo per rispecchiare i cambiamenti degli aspetti dei segnali successivi;
- ✘ Tonalità acustica continua per indicare sovravelocità;
- ✘ Tonalità momentanea per indicare aumento della velocità consentita;
- ✘ Tonalità intermittente per indicare che è stato selezionato l'allentamento marcia;
- ✘ Funzionalità di prova a treno fermo.

*Caratteristiche introdotte dal macchinista:* allentamento marcia per consentire la marcia sui binari di servizio e fino al segnale Rosso.

*Supervisione:* controllo continuo della velocità

*Reazione:* in caso di superamento della velocità consentita o se si riceve un codice di velocità inferiore, viene azionato il freno di servizio fino al raggiungimento della velocità consentita e fino a che il macchinista non ha riconosciuto la sovravelocità spostando il dispositivo di controllo della trazione su marcia per inerzia o frenatura. In caso contrario viene mantenuto l'inserimento del freno.

CAWS (CONTINUOUS AUTOMATIC WARNING SYSTEM)

*Sistema di allarme continuo automatico (per le linee non elettrificate)*

*Visualizzazione per il macchinista:*

- ✘ Aspetto dell'ultimo segnale lungo la linea superato fino a circa 350 metri dal segnale successivo e quindi aspetto del segnale successivo;
- ✘ Aggiornamento continuo per rispecchiare i cambiamenti degli aspetti del segnale successivo;
- ✘ Tonalità acustica continua per indicare un aspetto più restrittivo ricevuto fino al riconoscimento;

- ✘ “Trillo” momentaneo per indicare il ricevimento di un aspetto meno restrittivo;
- ✘ Funzionalità di prova a treno fermo;
- ✘ Portante selezionata.

*Caratteristiche introdotte dal macchinista:*

- ✘ Frequenza portante,
- ✘ Disattivare la visualizzazione della luce rossa al di fuori delle zone dei circuiti di binario codificati.

*Supervisione:* Riconoscimento del cambiamento in un aspetto più restrittivo. Dopo il riconoscimento, nessuna supervisione del treno fino ad un altro cambiamento in un aspetto più restrittivo.

*Reazione:* Il macchinista deve riconoscere un cambiamento in un aspetto del segnale più restrittivo entro sette secondi; in caso contrario viene inserito il freno di emergenza per un minuto. L’inserimento del freno non si può annullare fino allo scadere del tempo previsto. Il treno dovrebbe arrestarsi entro un minuto.

## EVM

*Descrizione:* EVM è installato su tutte le principali linee della rete ferroviaria di Stato dell'Ungheria (MÁV). La maggior parte del parco locomotive ne è dotata. La parte a terra del sistema è formata da circuiti di binario codificati che attivano una frequenza portante per la trasmissione di informazioni. La frequenza portante è codificata da una modulazione di ampiezza del 100% utilizzando un codificatore elettronico. La trasmissione dei dati tra i circuiti di binario codificati e le apparecchiature di bordo avviene tramite antenne riceventi a bobina aeree accoppiate induttivamente poste sopra le rotaie.

*Caratteristiche principali*

Trasmissione dei dati binario-treni: frequenza portante 75 Hz, Codici ampiezza modulata (100%), 7 codici (6 codici velocità).

*Visualizzazione per il macchinista:*

- ✘ Segnalazione in macchina;
- ✘ Aspetti dei segnali;
- ✘ Arresto al segnale a via impedita;
- ✘ Velocità consentita al segnale successivo (15, 40, 80, 120,MAX);
- ✘ assenza trasmissione/guasto;
- ✘ modalità manovra.

*Supervisione:*

- ✘ Limite di velocità;
- ✘ Controllo di vigilanza ogni 1 550 m in caso di velocità effettiva minore di quella impostata;
- ✘ Controllo di vigilanza ogni 200 m se maggiore;
- ✘ Arresto al segnale a via impedita
- ✘ Limitazione velocità in modalità manovra.

*Reazione:* il freno di emergenza è azionato qualora il macchinista non intervenga, se il limite di velocità non è rispettato dopo il segnale di vigilanza o qualora un segnale di arresto sia oltrepassato a velocità superiore a 15 km/h, in modalità manovra subito dopo aver superato i 40 km/h (in questo caso il freno è attivato senza segnali acustici).

LS

*Descrizione:* LS è installato su tutte le linee principali della rete ferroviaria della Repubblica ceca (CD) e sulle ferrovie della Repubblica slovacca (ZSR) e su altre linee la cui velocità supera i 100 km/h. La parte a terra del sistema è formata da circuiti di binario codificati che attivano una frequenza portante. La frequenza portante è

codificata da una modulazione di ampiezza del 100%. La quasi totalità del parco locomotive è dotata di apparecchiature a bordo. La parte a bordo del sistema è stata ammodernata, pertanto le apparecchiature sono in parte informatizzate.

La trasmissione dei dati tra i circuiti di binario codificati e le apparecchiature di bordo avviene tramite antenne riceventi a bobina aeree accoppiate induttivamente poste sopra le rotaie.

*Caratteristiche principali:*

- ✦ Trasmissione dei dati ai treni: Frequenza portante 75 Hz;
- ✦ Codici a modulazione AM, 4 codici di velocità (compreso l'aspetto relativo all'arresto).

*Visualizzazione per il macchinista:*

- ✦ Segnalazione in macchina;
- ✦ Aspetti del segnale: arresto, velocità limitata, attenzione (limite di velocità 100 km/h), Velocità massima.

*Supervisione:* il limite di velocità può essere oltrepassato dal controllo di vigilanza. Nessuna supervisione della distanza

*Reazione:* il freno di emergenza è azionato qualora il macchinista non intervenga una volta raggiunto il limite di velocità.

## SELCAB

*Descrizione:* sistema ATC installato sulla linea ad alta velocità Madrid - Siviglia come prolungamento del sistema LZB nelle aree delle stazioni. Le apparecchiature a bordo di tipo LZB 80 (Spagna) possono elaborare anche informazioni SELCAB.

La trasmissione dei dati tra le apparecchiature a terra e quelle a bordo è effettuata mediante loop induttivo semicontinuo a terra e antenne in ferrite a bordo.

*Caratteristiche principali:*

Trasmissione dei dati ai treni 36 kHz  $\pm$  0,4 kHz (FSK), 1 200 bit/s, 83,5 bit per telegramma.

*Caratteristiche del treno che possono essere inserite dal macchinista:*

- \* Lunghezza del treno;
- \* Velocità massima del treno;
- \* Caratteristiche di frenatura del treno.

*Visualizzazioni per il macchinista:*

- \* Velocità massima consentita
- \* Velocità obiettivo,
- \* Distanza dall'obiettivo,
- \* Indicazioni ausiliarie

*Supervisione:*

- \* Velocità della linea,
- \* Fermata,
- \* Direzione di marcia,
- \* Profilo dinamico,
- \* Limitazioni di velocità

*Reazione:* il freno di emergenza è azionato qualora sia elusa qualsiasi supervisione della circolazione. Il freno di emergenza può essere allentato in caso di sovravelocità quando la velocità rientra nei limiti prestabiliti.

TVM (TRANSMISSION VOIE-MACHINE)

*Descrizione:* TVM è il sistema di comando e controllo del segnalamento in macchina ATC installato sulle linee ad alta velocità di RFF. La versione più datata, TVM 300, è installata sulla linea Parigi - Lione (LGV SE) e sulle linee Parigi – Tours / Le Mans (LGV A). La versione più recente, TVM 430, sulla linea Parigi – Lille - Calais (LGV

N), sulla parte della SNCB verso Bruxelles, sulla linea Lione – Marsiglia / Nimes (LGV Méditerranée), nell'Eurotunnel e nel tratto ferroviario dell'Eurotunnel nel Regno Unito. La versione di bordo TVM 430 è compatibile con TVM 300. Non esistono segnali in linea, ma solo tabelle di riferimento al limite delle sezioni di blocco.

TVM 300 e TVM 430 sono basati su circuiti di binario codificati come strumenti di trasmissione continua e loop induttivi o balise (tipo KVB o TBL) come mezzi integrativi di trasmissione puntiforme. La trasmissione dei dati tra i circuiti di binario codificati e le apparecchiature di bordo avviene tramite antenne riceventi a bobina aeree accoppiate induttivamente poste sopra le rotaie.

*Caratteristiche principali:*

- ✦ Trasmissione dei dati ai treni attraverso i circuiti di binario:
  - Varie frequenze portanti (1,7; 2,0; 2,3; 2,6) kHz,
  - Codici di velocità a modulazione FSK,
  - 18 codici di velocità (TVM 300) o 27 (TVM 430),
- ✦ Trasmissione dei dati ai treni attraverso loop induttivi:
  - TVM 300: 14 frequenze (da 1,3 a 3,8 kHz),
  - TVM 430: segnale modulato PSK, 125 kHz, 170 bit

Caratteristiche del treno sono introdotte a bordo dal macchinista: sulle locomotive per treni con materiale rimorchiato nell'Eurotunnel (non sul TGV, in cui sono utilizzati valori prestabiliti).

*Visualizzazione per il macchinista:*

- ✦ Ordini di velocità associati ad aspetti luminosi colorati differentemente a seconda che si tratti di:
  - velocità massima continuativa
  - velocità obiettivo alla fine della sezione di blocco.

*Supervisione:*

- ✘ Velocità (continua), con controllo della curva di frenatura basata su curva a gradini per TVM 300, curva parabolica per TVM 430;
- ✘ Fermata al punto di arresto.

*Reazione:* Il freno di emergenza è azionato in caso di sovravelocità.

#### LZB (LINIENFÖRMIGE ZUGBEEINFLUSSUNG)

*Descrizione:* sistema ATC installato su tutte le linee in Germania che superano i 160 km/h. LZB è anche installato su alcune linee in Austria e Spagna.

Il sistema è composto da una parte a terra, comprendente i seguenti elementi:

- ✘ interfacciamento ai sistemi di apparato centrale e trasmissione dei rispettivi dati, elaborazione dei dati e MMI (interfaccia uomo-macchina) al centro LZB,
- ✘ trasmissione dei dati verso e da altri centri LZB,
- ✘ sistema di trasmissione dei dati bidirezionale verso e da treni.

Le apparecchiature di bordo normalmente possiedono una funzione Indusi integrata.

La trasmissione dei dati tra le apparecchiature a terra e a bordo avviene attraverso un loop di cavi induttivo a terra e antenne di ferrite a bordo.

#### *Caratteristiche principali:*

- ✘ Trasmissione dei dati ai treni: 36 kHz  $\pm$  0,4 kHz (FSK), 1 200 bit/s 83 bit per telegramma;
- ✘ Trasmissione dei dati dai treni: 56 kHz  $\pm$  0,2 kHz (FSK) 600 bit/s 41 bit per telegramma.

Caratteristiche del treno che possono essere inserite dal macchinista:

- × Lunghezza del treno,
- × Velocità massima del treno,
- × Caratteristiche di frenatura del treno (percentuale e regime di frenatura)

*Visualizzazioni per il macchinista:*

- × Modo operativo valido;
- × Stato della trasmissione dei dati;
- × Velocità massima consentita;
- × Velocità impostata;
- × Distanza dall'obiettivo;
- × Indicazioni ausiliarie.

*Supervisione:*

- × Velocità della linea (velocità massima, limitazioni temporanee e permanenti della velocità),
- × Velocità massima del treno,
- × Fermata,
- × Direzione di marcia,
- × Profilo dinamico,
- × Funzioni ausiliarie, ad esempio abbassamento del pantografo.

*Reazione:* il freno di emergenza è azionato qualora sia elusa qualsiasi supervisione della circolazione. Il freno di emergenza può essere allentato in caso di sovravelocità quando la velocità rientra nei limiti prestabiliti.

*Regole operative del sistema LZB:*

Le ferrovie tedesche (DB) utilizzano il sistema come controllo automatico dei treni completamente sicuro, non sono richiesti i segnali lungo il tragitto; nel caso in cui esistano segnali lungo il tragitto per la

presenza di treni non dotati del sistema, detti segnali non sono validi per treni guidati con il sistema LZB. Questo sistema è tipicamente collegato ad un apparato di trazione automatico e ad un controllo del freno.

*1.5.2.j. I sistemi di segnalamento italiani*

**BACC – BLOCCO AUTOMATICO A CORRENTI CODIFICATE**

*Descrizione:* il sistema BACC (Blocco Automatico a Correnti Codificate) è stato installato a partire dagli anni '60 su tutte le linee principali della rete storica di FS. Il sistema è costituito da circuiti di binario codificati convenzionali che operano con una o due frequenze portanti. Le apparecchiature a bordo sono informatizzate. La trasmissione dei dati tra i circuiti di binario (cdb) codificati e le apparecchiature di bordo avviene tramite antenne riceventi poste sul veicolo in corrispondenza delle rotaie e costituite da bobine aeree (captatori). L'informazione viene ricevuta a bordo per mezzo dell'accoppiamento induttivo che si realizza tra il binario e gli organi di captazione montati sul rotabile anteriormente al primo asse rispetto al senso di marcia. Il campo magnetico che si viene a generare su un piano ortogonale alle rotaie per effetto delle correnti codificate del blocco automatico, è di intensità sufficiente alla rilevazione.

In tal modo l'informazione viene trasmessa, senza interruzione, all'apparecchiatura di bordo che comanda i dispositivi periferici ed è continuamente adeguata alle condizioni della via i cui eventuali mutamenti vengono quindi ricevuti con tempestività.

La ripetizione del segnale in macchina è ottenuta grazie all'utilizzo nel cdb di correnti codificate, ottenute interrompendo ad intervalli regolari le correnti alternate di alimentazione (portanti) per un certo numero di volte al minuto primo (modulanti) creando così il codice di binario. Il codice di binario viene dunque ottenuto

impiegando una o due portanti, entrambe codificate dalle predette modulanti.

Le frequenze portanti possono assumere il valore di 50 Hz nominali (prima portante o portante base) e 178 Hz nominali (seconda portante o portante aggiunta).

La modulazione utilizzata per la costruzione dei codici di binario consiste nell'interrompere la portante ad intervalli regolari (onda quadra) per un numero di 75, 120, 180, 270 volte al minuto primo. Si definiscono "informazioni base" quelle costituite dalla frequenza base (50 Hz) codificata con una delle quattro modulanti ed "informazioni supplementari" quelle ottenute dalla frequenza aggiunta (178 Hz) codificata con una delle prime tre modulanti. L'immissione e la ricezione dei codici avviene al confine fra due circuiti di binario: la corrente codificata viene inviata nella direzione dalla quale arrivano i treni, cioè nel circuito a monte e il codice inviato è funzione della situazione esistente nel circuito a valle.

Ogni codice identifica infatti una particolare situazione del segnalamento; a titolo di esempio si può citare la seguente situazione tipica in presenza di 4 codici.

- ✖ Se un punto di ricezione non riceve alcuna informazione (relè di binario diseccitato) considera il proprio circuito di binario occupato e dispone a via impedita il segnale luminoso che protegge il circuito stesso. Inoltre verrà immesso il codice 75 nel punto di trasmissione del circuito di binario immediatamente a monte;
- ✖ il punto di ricezione di quest'ultimo cdb, rilevando un codice 75, provvede a disporre al giallo il segnale che protegge tale circuito. Contemporaneamente verrà immesso il codice 180 nel punto di trasmissione del circuito di binario immediatamente a monte;

- ✘ quest'ultimo punto di ricezione, rilevando il codice 180 provvede a disporre a verde il segnale luminoso, eventuale, che protegge tale circuito. Verrà inoltre immesso il codice 270 nella sezione immediatamente a monte;
- ✘ le sezioni che ricevono il codice 270 ripetono a monte lo stesso codice 270 disponendo i relativi segnali al verde, se presenti.

Sia la portante base (50 Hz,  $f_1$ ) che quella secondaria (178 Hz,  $f_2$ ) sono modulate dando origine ai codici qui di seguito descritti.

| <b>Codice</b> | <b>Composizione</b> |
|---------------|---------------------|
| 270**         | $270 f_1 + 120 f_2$ |
| 270*          | $270 f_1 + 75 f_2$  |
| 270           | $270 f_1$           |
| 180*          | $180 f_1 + 75 f_2$  |
| 180           | $180 f_1$           |
| 120 **        | $120 f_1 + 180 f_2$ |
| 120*          | $120 f_1 + 75 f_2$  |
| 120           | $120 f_1$           |
| 75            | $75 f_1$            |

Il significato associato a ciascuno dei codici sopra menzionati è la seguente:

| <b>Codice</b> | <b>Significato</b>   | <b>V tetto</b> |
|---------------|--|----------------|
| 270**         | Indicazione di via libera per almeno 5.400m nominali (4 sezioni di blocco o più) | 250            |
| 270*          | Indicazione di via libera per almeno 4.050m nominali (3 sezioni)                 | 230            |
| 270           | Indicazione di via libera per almeno 2.700m nominali. (2 sezioni)                | 180 km/h       |

| <b>Codice</b> | <b>Significato</b>   | <b>V tetto</b> |
|---------------|--|----------------|
| 180*          | Preavviso a distanza non inferiore a 2700m nominali di un segnale di prima categoria a via libera per un percorso deviato a velocità non superiore a 100km/h (o 130km/h). Il codice viene anche utilizzato per imporre una riduzione di velocità per lavori a 150km/h (chiave RL)  | 150 km/h       |
| 180           | Preavviso, a distanza di norma non inferiore a 2700m nominali, di un segnale di prima categoria a via impedita o a via libera per un percorso deviato da percorrere a velocità di 30km/h o 60km/h. Il codice viene anche utilizzato per: <ul style="list-style-type: none"> <li>* avviso di rallentamento notificato;</li> <li>* riduzioni di velocità per lavori (chiave RI);</li> <li>* avvisare la fine di una zona codificata;</li> <li>* avvisare l'inizio di una zona non codificata (NC);</li> <li>* avviso, nei casi previsti, di riduzione della velocità massima della linea.</li> </ul> | 115 km/h       |
| 120 **        | Avviso a distanza non inferiore a 1.350m nominali di riduzione di velocità a 130km/h per un itinerario deviato (attualmente non utilizzato)  |                |
| 120*          | Avviso a distanza non inferiore a 1.350m nominali di riduzione di velocità a 100 km/h per un itinerario deviato  | 100 km/h       |
| 120           | Avviso di riduzione a distanza non inferiore a 900m, al momento della captazione, di velocità per itinerario deviato a 30 km/h, 60km/h   | 30/60 km/h     |
| 75            | Avviso di via impedita a distanza non inferiore a 900m, al momento della captazione  | 50 km/h        |
| AC            | Assenza di codice  | 0 km/h         |

La seconda portante viene applicata solo sulle linee con velocità massima ammessa superiore a 180 <sup>km</sup>/<sub>h</sub>.

Le apparecchiature di bordo sono di due tipi:

- ✘ *sistema a 4 codici*: sono in grado di ricevere solo la portante base e quindi di captare solo i 4 codici base più l'assenza codice, sono quindi installate sui rotabili meno veloci;
- ✘ *sistema a 9 codici*: sono in grado di ricevere anche la seconda portante e quindi di captare tutti codici, sono quindi installate sui mezzi più veloci. Su queste apparecchiature è presente anche un sistema di “controllo velocità”.

Il macchinista in caso di captazione di un codice più restrittivo deve dare riconoscimento dello stesso e comunque portare la velocità entro il valore della velocità di tetto associata al codice in atto. Nelle apparecchiature a 9 codici il controllo di velocità verifica il rispetto della velocità nei confronti della curva di sicurezza (selezionata fra quattro possibili curve predefinite) che comincia a svilupparsi quando viene captato il nuovo codice e arriva fino al limite di velocità consentito da quel codice. Gli spazi sono calcolati dal punto di variazione del codice, poiché non è nota l'esatta distanza dal punto obiettivo; per lo stesso motivo, in presenza di codice 75, che porta all'arresto davanti a un segnale disposto a via impedita, è prevista una velocità di liberazione o di rilascio, non nulla ( $50 \text{ km/h}$ ), al di sotto della quale il macchinista può procedere sotto il suo controllo fino al punto di arresto voluto.

*Caratteristiche del treno da inserire*

Per le apparecchiature a 9 codici, è necessario selezionare la curva di sicurezza in funzione della percentuale di frenatura esistente.

*Visualizzazione per il macchinista:*

- ✘ Codice captato
- ✘ Segnale ottico-acustico in caso di codice restrittivo, che resta attivo fino al riconoscimento;

- ✗ Per le apparecchiature a 9 codici:
  - Velocità superiore al limite della curva di sicurezza (lampada spia rossa),
  - Controllo di velocità attivo (lampada spia)
  - Controllo di velocità attivo, ma non operante per velocità inferiore a quella di liberazione (lampada spia)

*Supervisione:*

- ✗ Continua della velocità in presenza di controllo di velocità attivo;
- ✗ Fermata al segnale a via impedita.

*Reazione:*

- ✗ Taglio trazione e freno elettrico per superamento della velocità consentita dal controllo fino a 5 km/h;
- ✗ Freno di emergenza:
  - Mancato riconoscimento di un codice più restrittivo;
  - Assenza codice e superamento di segnale a via impedita;
  - Superamento della velocità limite di 10<sup>km/h</sup>;

RSDD/SCMT - RIPETIZIONE SEGNALI DISCONTINUA DIGITALE /  
SISTEMA CONTROLLO MARCIA DEL TRENO

*Descrizione:* RSDD/SCMT è un sistema ATP sviluppato in anni recenti, impiegato su molte linee italiane. Questo può essere sovrapposto al Blocco Automatico a Correnti Codificate, che integra con ulteriori informazioni, o può essere installato come sistema singolo nelle linee non attrezzate con BACC. Le apparecchiature di bordo sono in grado anche di ricevere i segnali della ripetizione continua a 9 codici del BACC e quindi sono in grado di gestire in modo coordinato informazioni provenienti dalle due diverse fonti, discontinua e continua.

Il sistema di comunicazione è composto da:

1. boe o balise di tipo digitale disposte lungo il binario;
2. i codificatori delle balise;
3. l'antenna di alimentazione delle balise posta a bordo del treno e che alimenta le boe al passaggio.

L'accoppiamento è di tipo induttivo. Dal punto di vista logico, esistono due tipi di balise:

- ✘ "balise di sistema", che contengono informazioni sulla linea da percorrere, come la velocità ammessa nei vari ranghi di velocità, la pendenza, le distanze, i rallentamenti ecc.
- ✘ "balise di segnalamento" che contengono informazioni sull'aspetto dei segnali.

Sono utilizzati due versioni tecnologiche di balise, che hanno la stessa frequenza, nell'accoppiamento terra-treno e treno-terra, ma con capacità di informazioni diversa.

*Caratteristiche:*

- ✘ Frequenza di eccitazione: 27,115 MHz;
- ✘ Trasmissione dei dati ai treni: 4,5 MHz  
Modulazione ASK con 180 bit e Modulazione FSK con 1023 bit

*Caratteristiche del treno:*

Alcune caratteristiche fisse del treno (es. velocità massima, ...) sono preimpostate in officina; altri dati che dipendono dalla composizione del treno sono inseriti dal macchinista, esempi tipici sono velocità dei veicoli, tipo e rango di velocità del treno, caratteristiche del freno (tipo e percentuale di frenatura), lunghezza del treno, .... Per tarare il sistema del contachilometri a bordo prima che esso possa essere utilizzato per la sorveglianza del treno, sono utilizzate alcune balise speciali,.

*Visualizzazioni per il macchinista:*

- ✗ Stato di supervisione in atto (Ripetizione Segnali Discontinua Digitale, Ripetizione Segnali Continua, RSC+RSDD);
- ✗ In presenza di sola RSC, le stesse della RSC;
- ✗ In presenza di sola RSDD, soltanto:
  - Indicazione di velocità prossima alla curva di controllo (spia di allerta)
  - Indicazione di velocità superiore alla curva di controllo (spia di allarme)
  - Velocità di liberazione;
- ✗ In presenza di RSDD+RSC: la somma delle due

Le informazioni fornite al macchinista sono quindi molto limitate, perchè il sistema non deve sostituirsi a lui, ma solo sorvegliarlo in secondo piano.

*Supervisione:*

In condizioni normali (piena supervisione) in presenza di sola RSDD, controlla le seguenti caratteristiche:

- ✗ Velocità della linea, in base alla velocità del binario e alle prestazioni del veicolo;
- ✗ Limitazioni permanenti e temporanee della velocità;
- ✗ Passaggio a livello;
- ✗ Fermata al segnale a via impedita;
- ✗ Profilo dinamico;

In presenza di sola RSC, la supervisione è quella propria della RSC.

In presenza sull'infrastruttura dei due sistemi, la sorveglianza è la somma delle due, prendendo per la curva di sicurezza i limiti più restrittivi dei due sistemi, fermo restando il fatto che i codici di binario hanno una valenza liberatoria rispetto ai dati memorizzati. In altri termini il passaggio a un codice meno restrittivo di quello precedente, annulla la curva di controllo in atto e la sostituisce con quella corrispondente alla nuova situazione.

*Reazioni:*

- ✘ Freno di servizio per limitato superamento della curva di controllo;
- ✘ Freno di emergenza per.
  - Mancato riconoscimento di un codice più restrittivo
  - Superamento di segnale a via impedita.
  - Superamento della velocità oltre 10 km/h

#### PROGETTO “SSC” (SISTEMA SUPPORTO CONDOTTA)

Oltre ai sistemi di segnalamento in macchina BACC e SCMT già descritti, è stato recentemente realizzato un ulteriore sistema detto SSC, non facente parte di quelli censiti dalla UE, in quanto posteriore al censimento, e destinato a linee non facenti parte delle reti interoperabile europea. In questa sede questo è quindi riportato solo per completezza. Il sistema SSC è un semplice ausilio alla condotta, che effettua il controllo del riconoscimento e del modo di guida da parte del macchinista rispetto all’aspetto restrittivo dei segnali incontrati lungo la linea e l’effettivo stato del segnale stesso trasmesso a bordo. Il sistema fornisce il controllo dei segnali luminosi fissi, della velocità della linea utilizzando una tecnologia trasmissiva con transponder a microonde (di tipo “Telepass”). Il sistema, al termine della fase sperimentale, verrà installato, quindi, su tutte le linee ferroviarie di RFI non elettrificate, ove non è prevista l’installazione di SCMT.

Il sottosistema di terra del SSC è costituito da transponder collegati o meno ad encoder:

- ✘ i transponder non collegati ad encoder (codificatori), definiti TAG, vengono installati 100 metri a monte di tutti i segnali di avviso puro e forniscono informazioni per l’appuntamento col successivo segnale anche ai fini di diagnostica;

- ✘ i transponder collegati ad encoder vengono installati su tutti i segnali ed hanno il compito di trasferire a bordo del locomotore l'aspetto del segnale. Vengono inoltre utilizzati per la gestione della velocità della linea e dei rallentamenti. Inoltre consentono la trasmissione di informazioni di velocità legate all'aspetto del segnale e di distanza dal segnale successivo.

Il sottosistema di bordo è composto da:

- ✘ una antenna per trasmettere la richiesta e ricevere le informazioni dai transponder;
- ✘ un elaboratore che ha il compito di elaborare le informazioni acquisite dai transponder e dagli input provenienti dalle operazioni del Personale di Macchina (PdM);
- ✘ un interfaccia MMI con le operazioni del PdM.

Il sistema acquisisce al momento del passaggio del treno in asse al segnale le seguenti informazioni: l'aspetto del segnale, le informazioni di velocità associate all'aspetto del segnale, l'informazione di distanza dal prossimo segnale.

Inoltre il sistema deve essere in grado di rilevare il mancato accoppiamento con il transponder del segnale. Questa funzionalità è realizzata tramite la verifica di "appuntamenti" fra:

- ✘ i tag, posti circa 100m prima del segnale, ed l'encoder, posto in asse al segnale di avviso;
- ✘ encoder in asse ad un segnale di avviso ed encoder sul segnale successivo (nel senso di marcia del treno).

Se il sistema non riceve i dati di un segnale dopo 100m dal tag o se li riceve senza aver prima riconosciuto il relativo tag, si avvia la frenatura d'emergenza e la segnalazione diagnostica.

Il sistema è in grado di svolgere un controllo di velocità in punti specifici della linea, detti "punti di controllo", e indicativamente posti a:

- ✘ 400m (circa) dopo tutti i segnali di avviso;
- ✘ 200m (circa) prima di tutti i segnali preceduti da un segnale con aspetto di giallo;
- ✘ 20m (circa) prima di tutti i segnali che non siano di avviso puro.

In ogni “punto di controllo” il sistema confronta la velocità del treno misurata con la “velocità attesa”; tale protezione consiste nell’imporre al treno una frenatura d’emergenza in caso di eccesso di velocità rilevato.

Il sistema è in grado anche di controllare il riconoscimento del segnale da parte del PdM; infatti l’aspetto del segnale d’avviso restrittivo deve essere riconosciuto prima del suo superamento. Il sistema di bordo, superato un segnale ad aspetto restrittivo, verifica che sia stato effettuato il riconoscimento CSR (Conferma Segnalazione Restrittiva) e in caso contrario attiva la frenatura d’emergenza fino alla condizione di treno fermo.

Il sistema di bordo, in caso di supero indebito di un segnale disposto a via impedita, attiva immediatamente la frenatura d’emergenza fino alla condizione di treno fermo.

Il sistema SSC non fornisce indicazioni al macchinista sull’aspetto dei segnali, ma solo la sorveglianza sopra descritta, di conseguenza l’interfaccia col macchinista prevede solo spie (avvenuto riconoscimento, intervento freno, stato di funzionamento) e pulsanti (riconoscimento e Riarmo Freno).

### *1.5.3) Altre differenze tecniche*

#### *1.5.3.a. Le radio comunicazioni*

Nell’esercizio ferroviario sono di particolare utilità e importanza le comunicazioni fra treno e personale di terra, indipendentemente e

oltre a quelle proprie del segnalamento, per poter dialogare direttamente fra personale di terra e dei treni o questi fra di loro, per comunicazioni vocali di servizio o di allarme riguardo alla circolazione. In alcuni casi può essere utile la possibilità di effettuare anche la trasmissione di dati e informazioni.

Anche per questa funzione di radiotelefonia esistono molteplici soluzioni adottate dalla varie Reti. Nel passato l'UIC ha individuato uno standard di radiotelefono e lo ha messo a disposizione delle reti che volessero adottarlo, ma l'implementazione non è stata uniforme e generalizzata ed esistevano di fatto numerosi standard diversi, prima che l'Unione Europea lancia un progetto di nuovo sistema unificato. Di seguito viene data una panoramica della situazione preesistente e in buona parte ancora in atto.

#### RADIO UIC

Questo tipo di radio terra - treno è specificata nella fiche UIC 751-3, terza edizione, del 1 luglio 1984 e costituisce un sottoinsieme minimo necessario per il traffico ferroviario internazionale.

La radio UIC è una radio analogica, nella banda dei 450 MHz, con impianti specifici ferroviari, composti da apparecchiature lungo la linea e da apparecchiature mobili montate sul treno.

I sistemi radio conformi a questo sottoinsieme di base consentono la comunicazione vocale simplex e duplex e l'utilizzo di segnali operativi (toni), ma non le chiamate selettive e la trasmissione dei dati.

Le sue caratteristiche principali sono:

- ✖ Frequenze:
  - Treno-terra: da 457,450 MHz a 458,450 MHz;
  - Terra-treno:
    - Banda A: da 457,450 MHz a 468,450 MHz;

- Banda B: da 447,400 MHz a 448,450 MHz (da utilizzare solo quando la banda A non è disponibile);
- ✗ Intervallo di frequenza: 25 kHz
- ✗ Coppie di frequenza duplex a 10 MHz l'una dall'altra;
- ✗ Raggruppamento di 4 canali, preferenziali (62... 65) per il traffico internazionale con accordo bilaterale o multilaterale sulle frequenze utilizzate;
- ✗ Commutazione dei canali a bordo:
  - Manuale, con l'inserimento del numero del canale;
  - Automatica, in base alla tensione del ricevitore.
- ✗ Toni operativi per indicare Canale libero, Ascolto, Pilota, Allarme.

Il sistema con queste caratteristiche è utilizzato in Francia, Germania, Ungheria, Lussemburgo.

Esiste anche una versione più evoluta della radio UIC che mantiene tutte le caratteristiche tecniche precedenti, ma in più consente le chiamate selettive e la trasmissione dei dati. Il telegramma contiene il numero del treno e una serie di possibili messaggi codificati.

Questo sistema è usato in Germania, Austria, Belgio, Danimarca, Olanda, Spagna e Svizzera.

Esiste anche una ulteriore versione, con caratteristiche analoghe di trasmissione, che opera sempre su una banda di frequenze del campo 450 MHz, ma su canali a frequenze leggermente più elevate delle precedenti. Inoltre i telegrammi hanno una diversa codifica e significati diversificati. Questa versione è in uso in Irlanda, Norvegia e Ungheria.

In Francia è inoltre in uso un sistema UIC sulle stesse bande di frequenza del sistema standard, ma con capacità di trasmissione dati avanzata, con telegrammi di lunghezza estesa a 1200 bit/s.

#### CAB SECURE E NRN

In Inghilterra è in uso sistema denominato “Cab Secure” (CSR) simile a quello UIC, ma con canali a frequenza leggermente diversi e con telegrammi con differente struttura e diverso contenuto. Esso è installato nelle aree suburbane a traffico intenso intorno a Londra, Liverpool e Glasgow, alcune delle quali comprendono linee che rientrano nella rete ad alta velocità. Inoltre, tutte le principali linee nella zona sud-orientale, compresa la tratta del Tunnel sotto la Manica dalla costa a Londra Waterloo, sono dotate del sistema Cab Secure.

Sul resto della rete ferroviaria del Regno Unito è installato un altro sistema radio definito NRN (National Radio Network). Questo comprende anche le principali linee ad alta velocità inglesi ovvero:

- ✦ *West Coast Main Line* (Londra - Glasgow);
- ✦ *East Coast Main Line* (Londra - Edimburgo);
- ✦ *Great Western Main Line* (Londra – Bristol o Galles meridionale).

Questo sistema, conforme alle specifiche inglesi BR 1609, è una radio analogica, che consente la comunicazione vocale duplex (lungo la linea), la comunicazione vocale simplex (sul treno), il modo di radiotrasmissione e l'utilizzo di segnali operativi (toni) per le chiamate selettive e la trasmissione dei dati.

Le frequenze di trasmissione variano da 196,85 a 198,3 MHz nella direzione treno - terra e da 204,85 a 206,3 MHz nella direzione terra – treno; oltre alla fonia il sistema permette la spedizione di telegrammi a 1200 bit/s.

I treni passeggeri e merci delle linee principali sono muniti di NRN, mentre le linee suburbane e alcune linee a traffico intermedio sono dotate di CSR. In generale i treni sono dotati di un'unica forma di sistema radio, ma alcuni treni che percorrono zone in cui coesistono l'NRN e il CSR sono dotati di entrambi i sistemi. Ciò avviene in particolare per i treni muniti di CSR che trascorrono parte del proprio ciclo di esercizio al di fuori dell'area dotata dell'infrastruttura CSR.

#### ALTRI SISTEMI

Anche nella Repubblica Ceca esiste un sistema radio a 450 MHz, diverso da quello UIC, ma con esso compatibile almeno per la fonia, mentre in Polonia e negli Stati Baltici si hanno sistemi diversi operanti nella banda dei 150 MHz.

#### LA SITUAZIONE ITALIANA

In Italia la presenza di numerose e frequenti gallerie e montagna rendeva problematica la realizzazione di un sistema radio che richiedeva un esorbitante numero di stazioni radio. Per superare il problema delle gallerie le Ferrovie dello Stato hanno cercato una soluzione mediante un sistema a onde convogliate sulla linea elettrica di contatto, sistema originale studiato e utilizzato solo in Italia. È stato applicato sulle linee fondamentali della rete, ovviamente elettrificate, e su numerosi mezzi di trazione. I risultati del sistema non sono stati molto brillanti, soprattutto per la necessità di notevoli manutenzioni alle apparecchiature e scarsa affidabilità. A questo sistema proprietario, le FS hanno affiancato l'uso di servizi forniti dall'operatore pubblico sulle reti di telefonia mobile cellulare, fornendo tutto il personale interessato di un apparecchio telefonico cellulare.

Questi apparecchi hanno specifiche proprietà sviluppate dall'operatore pubblico in collaborazione con le FS al fine di gestire alcune caratteristiche speciali richieste dalle FS, relative ad esempio:

- ✘ a caratteristiche di “gruppo chiuso” con specifiche condizioni d'interdizione, cioè gli apparecchi in dotazione a FS potevano parlare fra di loro, ma non con il resto della rete pubblica
- ✘ possibilità di caratterizzare i diritti di accesso ai servizi per ogni tipo di utente, cioè di attribuire a ogni utente la possibilità di chiamare solo certi numeri
- ✘ indirizzamento di chiamate attraverso numeri funzionali invece che col numero del terminale, cioè per esempio, chiamare il macchinista di un treno col numero del treno, indipendentemente dall'apparecchio in possesso del macchinista e analogamente per il personale delle stazioni e del movimento;

Grazie all'ampia copertura radio fornita dai sistemi cellulari pubblici sulla rete ferroviaria delle FS, le necessità di comunicazione generale treno-terra possono essere considerate in questo modo soddisfatte.

Una quadro riassuntivo della situazione europea preesistente ai programmi UE è fornita in Figura 1-6.

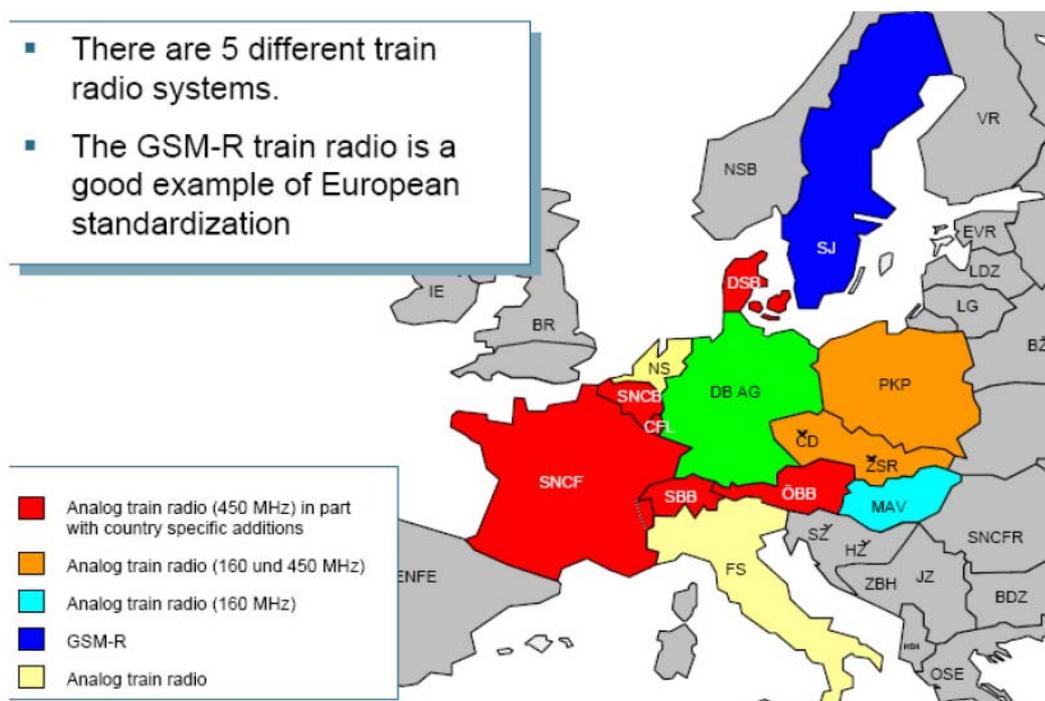


Figura 1-6: Le origini – Sistemi di comunicazione terra – treno in Europa.

### 1.5.3.b. La sagoma limite

Già nella formulazione dell'Unità Tecnica delle ferrovie fu definita una sagoma limite dei treni internazionali che potesse garantire la circolazione su tutte le linee delle compagnie aderenti. Naturalmente questa era la più piccola di tutte le sagome nazionali, anche se in alcune Stati era ed è possibile utilizzare veicoli molto più grandi, in conformità alla sagoma nazionale. Chiaramente le sagome più piccole si hanno nei paesi con montagne e numerose gallerie, come l'Italia.

La sagoma limite è definita sia per l'infrastruttura che per i rotabili; la prima risulta più grande della seconda perché tiene conto delle tolleranze e dei franchi di sicurezza. I ragionamenti fatti per l'una sono validi anche per l'altra. Nel seguito si farà sempre riferimento alla sagoma dei veicoli.

Gli studi compiuti da UIC hanno portato a definire un nuovo concetto di sagoma, detta “cinematica”, definito nella fiche 505-1; (v. Figura 1-7). Questa rappresenta il limite massimo che può essere attinto dal veicolo tenendo conto delle posizioni più sfavorevoli d’iscrizione degli assi sul binario in curva, dei giochi trasversali, degli spostamenti quasi statici dovuti alla flessibilità delle sospensioni, etc etc. La sagoma massima di costruzione dei veicoli si ricava quindi dalla sagoma cinematica dedotti tutti i possibili spostamenti dello stesso.

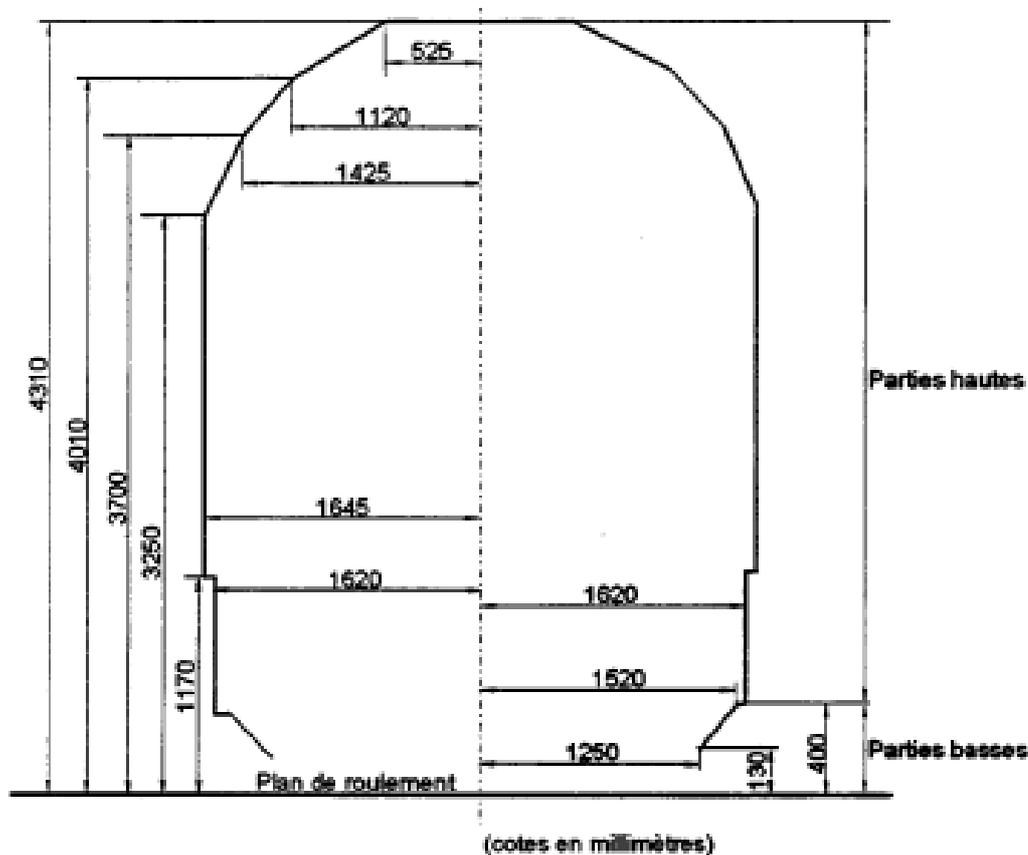


Figura 1-7: Le origini – Sagoma cinematica

La sagoma, definita secondo la fiche 505-1, accettata come base in tutta Europa, è tuttavia più piccola di quelle ammesse nei paesi del

nord Europa ed è insufficiente per i trasporti combinati di container e semirimorchi. Con la fiche 506, l'UIC ha definito delle sagome, identificate con la lettera G (dal francese "Gabarit", sagoma), più grandi nella parte alta rispetto a quella 505-1 e quindi più idonee ai trasporti combinati.

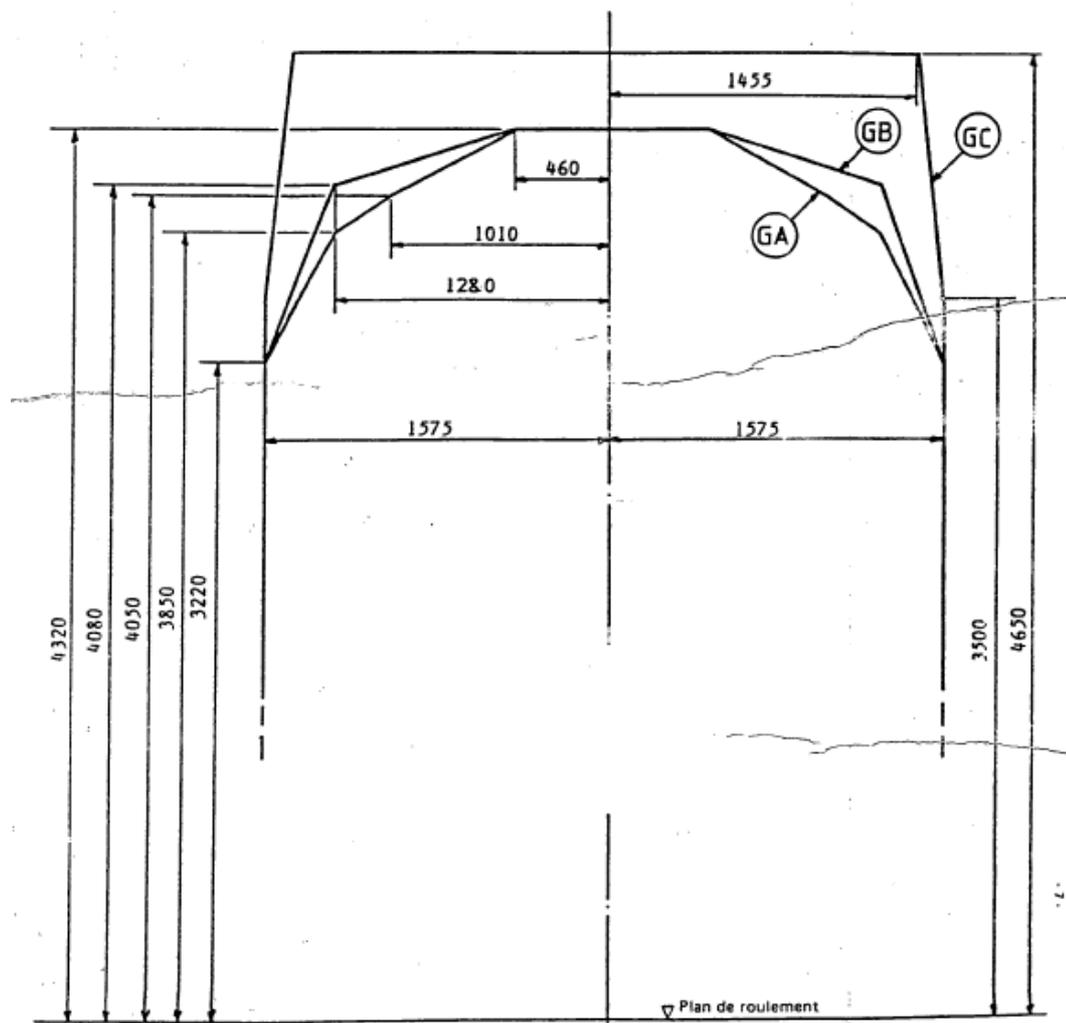


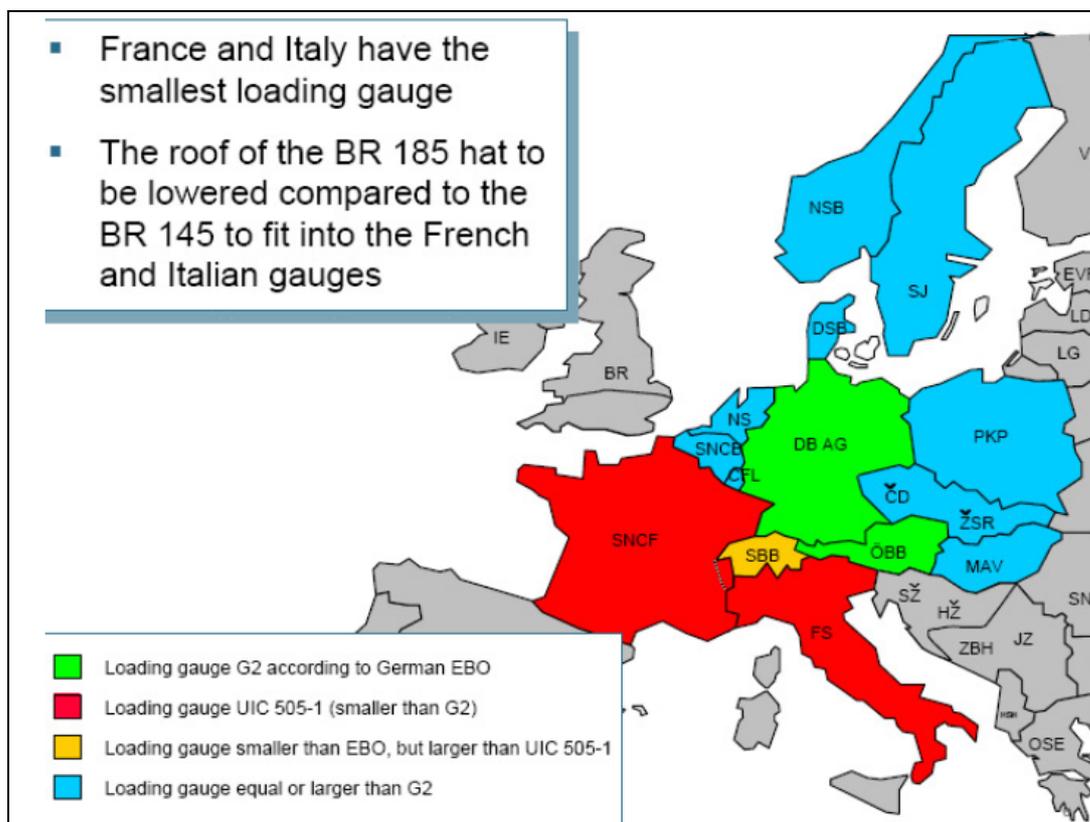
Figura 1-8: Le origini – Sagome per trasporti combinati

Nella Figura 1-8 si hanno i profili di riferimento per le sagome

- ✗ GA che potrebbe essere realizzata più o meno a lungo termine su molte linee esistenti;
- ✗ GB che comprende la GA e che potrebbe essere una soluzione intermedia per un insieme coerente di linee;
- ✗ GC che ingloba la GA e la GB da prevedere per le nuove linee e i rifacimenti importanti su linee esistenti specificamente individuate.

Ciascuna di esse consente diversi tipi di trasporti, ma solo la GC permette il trasporto di semirimorchi stradali ovvero delle cosiddette autostrade viaggianti.

Il quadro Europeo attuale è quindi assai diversificato nelle diverse nazioni e anche per singola linea come si può vedere nella successiva Figura 1-9.



*Figura 1-9: Le origini – Sagome limiti in Europa*

### 1.5.3.c. Differenze regolamentari

Anche i diversi regolamenti di esercizio portano a modesti ma significativi impedimenti alla mutua circolazione. Fra i vari esempi disponibili vi sono il diverso uso dei fanali frontali e di coda (vedi Figura 1-10) o la diversa forma e configurazione della tabella di coda da applicare di giorno alla fine dei treni.

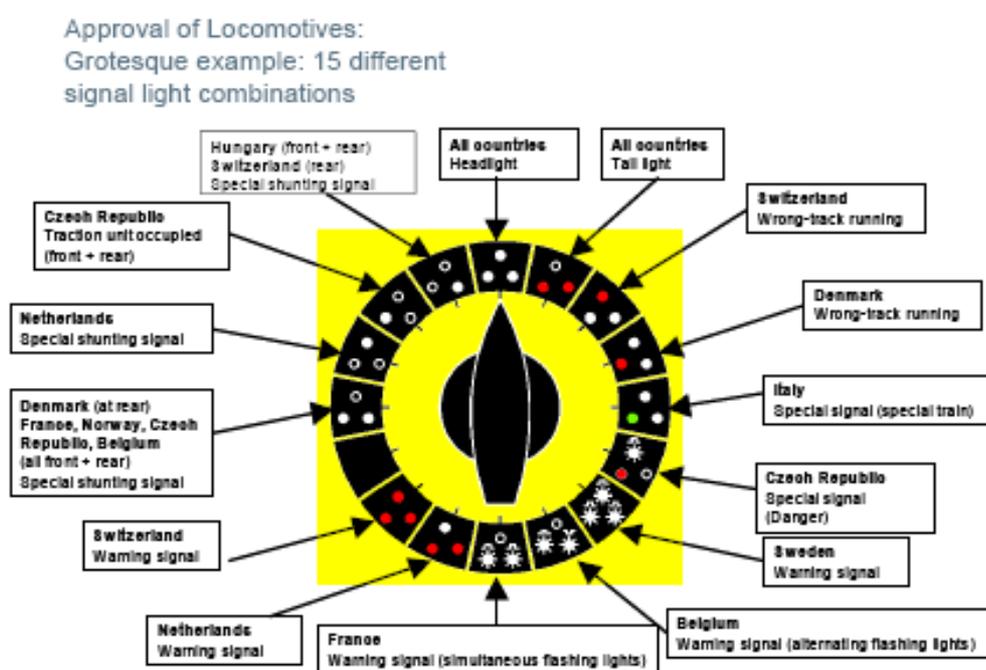


Figura 1-10: Le origini – Differenti metodi di segnalazioni di fanali

Altre differenze “minori” riguardano l’uso di bandiere o petardi per le segnalazioni di emergenza, la miscela degli estintori (a polvere, a CO<sub>2</sub>, ad acqua ecc), gli impianti estinzione incendi, i requisiti di tenuta al fuoco dei materiali ecc. Anche le attrezzature per immobilizzare i treni in linea in caso di arresto prolungato sono di

numero e tipologia differenti; alcuni esempi di scarpe fermacarro sono rappresentate in Figura 1-11.



- **Example of the Brake socket:** Different brake sockets needed on board cross-border locomotives



*Figura 1-11: Le origini – staffe per immobilizzazione del treno in linea*

In sostanza un treno in servizio internazionale dovrebbe avere in dotazione un notevole campionario di piccoli particolari, come scarpe fermacarro, bandiere petardi, lampade, estintori etc etc.

Una ulteriore importante differenza riguarda la cabina di guida e il banco di manovra in relazione al binario di normale circolazione. Infatti in alcuni paesi (es Italia, Francia) i treni circolano normalmente sul binario di sinistra e quindi i segnali sono posizionati a sinistra della ferrovia rispetto al senso di marcia: di conseguenza anche il posto di guida del macchinista (conducente) è posizionato a sinistra nella cabina per garantire una visibilità ottimale dei segnali. Anche gli organi di comando risentono di questa posizione, in particolare il rubinetto di comando del freno, che essendo pneumatico richiede l'installazione di grosse tubazioni che vengono applicate sulla fiancata della cabina e quindi a sinistra del macchinista. Quindi tipicamente si

ha il posto di comando a sinistra e con la sinistra si aziona il freno e con la destra la trazione. In altri paesi (es Germania) la circolazione è a destra e le cabine sono quindi speculari: banco a destra, freno con la destra e trazione con la sinistra.



## 2) LA NUOVA EUROPA

### 2.1) PREMESSA

In questo capitolo saranno presentate le varie azioni intraprese dall'Unione Europea per l'armonizzazione del settore ferroviario a livello europeo ovvero per il superamento dei vari sistemi nazionali in un unico sistema europeo. Uno degli scopi primari dell'Unione Europea è quello di unificare le economie dei vari stati nazionali in un'unica area economica all'interno di una comunità di paesi. Per secoli, infatti, l'Europa è stata suddivisa in Stati e Nazioni, Regni e Repubbliche, fra di loro differenti per lingua, tradizioni e cultura, e spesso fra loro in conflitto tanto che il vecchio continente è stato spesso teatro di frequenti e sanguinosi conflitti. Ultime in ordine di tempo le due guerre mondiali che hanno coinvolto su fronti opposti praticamente tutte le Nazioni europee causando terribili perdite di vite umane.

Alla conclusione della seconda guerra mondiale, mentre l'Europa stava faticosamente cercando di riemergere dalle rovine della guerra, alcuni leader europei si convinsero che l'unico modo per garantire una pace durevole tra i loro paesi era unirli economicamente e politicamente. Fu così che nel 1950, in un discorso ispirato da Jean Monnet<sup>7</sup>, il ministro degli Esteri francese Robert Schuman propose l'integrazione delle industrie del carbone e dell'acciaio dell'Europa occidentale. Da questa proposta scaturì, nel 1951, la Comunità Europea

---

<sup>7</sup> **Jean Omer Marie Gabriel Monnet** (Cognac, 9 novembre 1888 - Parigi, 16 marzo 1979) fu un noto politico francese, tra i padri fondatori dell'Europa e il primo presidente dell'Alta Autorità della Comunità europea del carbone e dell'acciaio.

del Carbone e dell'Acciaio (CECA), con sei membri fondatori: Belgio, Germania occidentale, Lussemburgo, Francia, Italia e Paesi Bassi. Venne così creato creare un organismo indipendente e sopranazionale denominato "Alta Autorità" con il compito di coordinare e dirigere l'industria del carbone e dell'acciaio dei paesi membri. Primo presidente dell'autorità fu Jean Monnet.

La gestione dell'industria dell'acciaio e del carbone a livello europeo tramite la CECA fu un successo tale che, nell'arco di pochi anni, gli stessi sei paesi decisero di compiere un passo successivo, integrando altri settori delle proprie economie. Nel 1957 fu firmato il trattato di Roma, con cui furono istituite la Comunità europea dell'energia atomica (EURATOM) e la Comunità economica europea (CEE), con cui gli Stati membri si prefissero l'obiettivo di rimuovere le barriere commerciali fra loro esistenti per costituire un "mercato comune".

Nel 1967 avvenne la fusione delle istituzioni delle tre Comunità europee. Venne così creata una Commissione, un Consiglio dei ministri e un Parlamento europeo unici. Il Parlamento europeo era composto da parlamentari in origine scelti da ogni parlamento nazionale; successivamente venne introdotta la possibilità dell'elezione diretta degli europarlamentari. Fu così che nel 1979 ebbero luogo le prime elezioni dirette, che consentirono ai cittadini degli Stati membri di votare per un candidato di loro scelta. Da allora le elezioni dirette si svolgono ogni cinque anni.

Il trattato di Maastricht (1992) ha introdotto nuove forme di cooperazione tra gli Stati membri, ad esempio in materia di difesa e nel settore "giustizia e affari interni". Aggiungendo questa forma di cooperazione intergovernativa al sistema "comunitario" esistente, il trattato di Maastricht ha creato l'Unione europea (UE).

L'integrazione economica e politica tra gli Stati membri dell'Unione europea comporta l'obbligo di prendere decisioni congiunte su molte questioni. Essi hanno pertanto elaborato politiche comuni in molteplici settori: dall'agricoltura alla cultura, dalla tutela dei consumatori alla concorrenza, dall'ambiente ed energia ai trasporti e agli scambi.

La cooperazione fra i paesi membri si è così estesa dalla politica commerciale comune per il carbone e l'acciaio delle origini ad una molteplicità di accordi nei più svariati settori nell'ottica di creare un unico stato europeo.

Alla luce delle mutate circostanze sono stati cambiati anche alcuni dei principali obiettivi strategici delle politiche comunitarie; così se in origine l'obiettivo della politica agricola era quello di produrre la maggiore quantità di alimenti ai prezzi più convenienti, oggi si punta al sostegno di sistemi agricoli che garantiscano la produzione di alimenti sani e di alta qualità nonché la tutela dell'ambiente, allo stesso modo la necessità di tutelare l'ambiente è ora presente nell'ambito di tutte le politiche comunitarie.

Parallelamente è anche aumentato il peso politico dell'Unione Europea rispetto al resto del mondo. Oggi UE conduce direttamente negoziati in materia di scambi commerciali e di accordi di assistenza con altri paesi e sta inoltre sviluppando una politica estera e di sicurezza comune.

Il processo di unificazione e di abolizione delle barriere commerciali è necessariamente lungo e complesso a causa dei molteplici regolamenti, tradizioni ed interessi diversi di ogni paese membro. Il "mercato comune", ovvero un vero e proprio mercato unico in cui sia garantita la libera circolazione di beni, servizi, persone e capitali, è stato formalmente creato alla fine del 1992. Tuttavia, vista la notevole eterogeneità presente in Europa, non in tutti i settori è stato

possibile unificare il mercato; il processo di unificazione è quindi ancora in fase di realizzazione grazie all'emanazione di specifiche direttive e regolamenti volte ad uniformare a livello europeo i vari settori dell'economia.

Decisamente migliore è la libertà di circolazione delle persone a livello europeo: durante gli anni '90 sono stati aboliti i controlli doganali e dei passaporti presso la maggior parte delle frontiere interne dell'UE garantendo quindi una maggiore mobilità per i cittadini dell'Unione. Dal 1987, ad esempio, oltre un milione di giovani europei hanno potuto frequentare corsi di studio all'estero grazie al sostegno dell'Unione.

E' stato anche completato il processo di unificazione monetaria iniziato nel 1992 quando l'UE ha deciso di istituire l'Unione Economica e Monetaria (UEM), implicante l'introduzione di una moneta unica europea gestita da una Banca Centrale Europea (BCE). La moneta unica, l'Euro, è divenuta realtà il 1° gennaio 2002, quando banconote e monete in euro hanno sostituito le valute nazionali in dodici dei 15 paesi dell'Unione europea (Belgio, Germania, Grecia, Spagna, Francia, Irlanda, Italia, Lussemburgo, Paesi Bassi, Austria, Portogallo e Finlandia).

Dai sei stati fondatori del 1951, l'Unione europea si è gradualmente ingrandita grazie a nuove adesioni che si sono succedute nel corso del tempo. Danimarca, Irlanda e Regno Unito sono diventati Stati membri nel 1973, seguiti dalla Grecia nel 1981, da Spagna e Portogallo nel 1986 e da Austria, Finlandia e Svezia nel 1995. Nel 2004 l'Unione europea ha accolto i dieci nuovi paesi: Cipro, Repubblica ceca, Estonia, Ungheria, Lettonia, Lituania, Malta, Polonia, Slovacchia e Slovenia. Bulgaria e Romania sono entrate nella UE all'inizio del 2007; la Croazia e la Turchia avviano i negoziati di adesione nel 2008.

L'espansione della Unione Europea ha reso necessaria una riforma delle proprie istituzioni e in particolare una semplificazione del sistema decisionale. Nel trattato di Nizza, entrato in vigore il 1° febbraio 2003, sono stabilite nuove norme che disciplinano le dimensioni delle istituzioni comunitarie ed il loro funzionamento. Parallelamente è stata anche predisposta la Costituzione dell'Unione Europea che, quando sarà ratificata da tutti gli stati membri, diverrà il nuovo testo legislativo di riferimento dell'intera comunità.

## **2.2) *IL PROGETTO DI SUPERAMENTO DEGLI ASPETTI NAZIONALI E DI RILANCIO DELLA FERROVIA***

Appare evidente dal breve excursus storico della premessa come uno degli scopi primari dell'Unione Europea sia quello di unificare le economie dei vari stati nazionali in un'unica area economica prevedendo l'eliminazione dei confini, la libera circolazione delle persone e delle merci e la liberalizzazione dei monopoli nazionali.

Il mercato ferroviario non poteva essere escluso da questo processo riformatore trattandosi di uno dei settori più importanti sia dal punto di vista economico sia dal punto di vista sociale. Inoltre contrariamente a quelli che sono gli stessi principi ispiratori dell'unificazione europea, le varie compagnie ferrovie nazionali costituivano un monopolio che era considerato naturale in quanto era ogni stato aveva sviluppato una propria rete gestita secondo regolamenti propri e adattati alla proprie necessità e caratteristiche. E questa è stata una logica conseguenza del fatto che la ferrovia è un sistema integrato in cui l'infrastruttura, i mezzi e i regolamenti sono costituiti l'un per l'altro.

Per la creazione di un mercato unico europeo è quindi necessario cercare di uniformare il più possibile anche il settore ferroviario:

appare evidente però che questo processo di superamento dei monopoli nazionali è molto complesso, impegnativo e costoso.

D'altra parte, a livello europeo, non è possibile trascurare che, allo stato attuale, il trasporto ferroviario presenti aspetti di crisi, perdendo progressivamente di competitività e di quote di mercato rispetto ad altri sistemi di trasporto sia terrestri che aerei.

Lo sviluppo della rete autostradale, e in particolare l'apertura di nuovi valichi internazionali, oltre allo sviluppo di nuove tecnologie meccaniche, hanno favorito la circolazione di merci su strada sia su itinerari nazionali che internazionali grazie alla possibilità di utilizzare autocarri sempre più capienti, veloci e potenti in grado di garantire una flessibilità ed elasticità del servizio e tempi di resa decisamente migliori di quelli che poteva garantire ed offrire la ferrovia.

Il trasporto aereo, anche a seguito della liberalizzazione del settore e della conseguente riduzione delle tariffe ed all'entrata in servizio di aeromobili sempre più capienti ed efficienti, sottrae notevoli quote di passeggeri e di merci pregiate soprattutto sui percorsi medio lunghi.

Lo squilibrio nella ripartizione del traffico è particolarmente evidente se si guardano i grafici riportati, ad esempio, nel "*LIBRO BIANCO — La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte*" redatte dalla Unione Europea nel 2001.

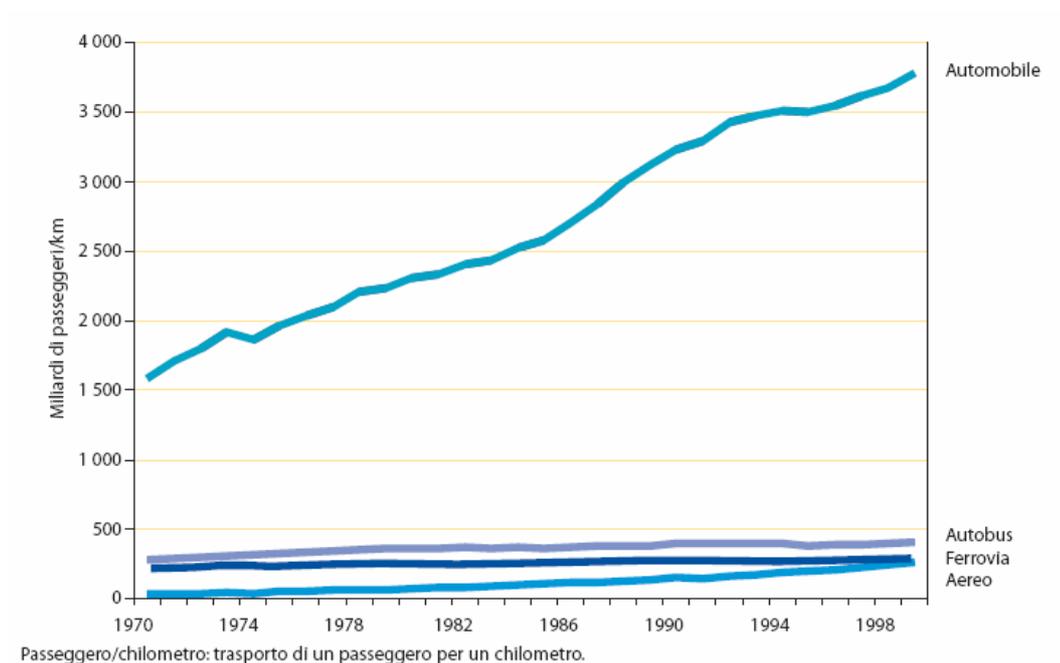


Figura 2-1: La nuova Europa – Trasporto passeggeri, evoluzione del traffico 1970-1999 per modo di trasporto

Figura 2-1 e Figura 2-2 rappresentano il grafico dell'evoluzione dei trasporti rispettivamente passeggeri e merci dal 1970 al 1999 suddivisi per modo di trasporto. Attualmente per quanto riguarda i passeggeri, il 79% degli spostamenti è effettuato per strada, il 6% per ferrovia e il 5% per aereo; mentre le merci sono trasportate per il 44% via strada, per il 41% via mare, per 8% via ferrovia e per il 4% attraverso le vie di navigazione interna.

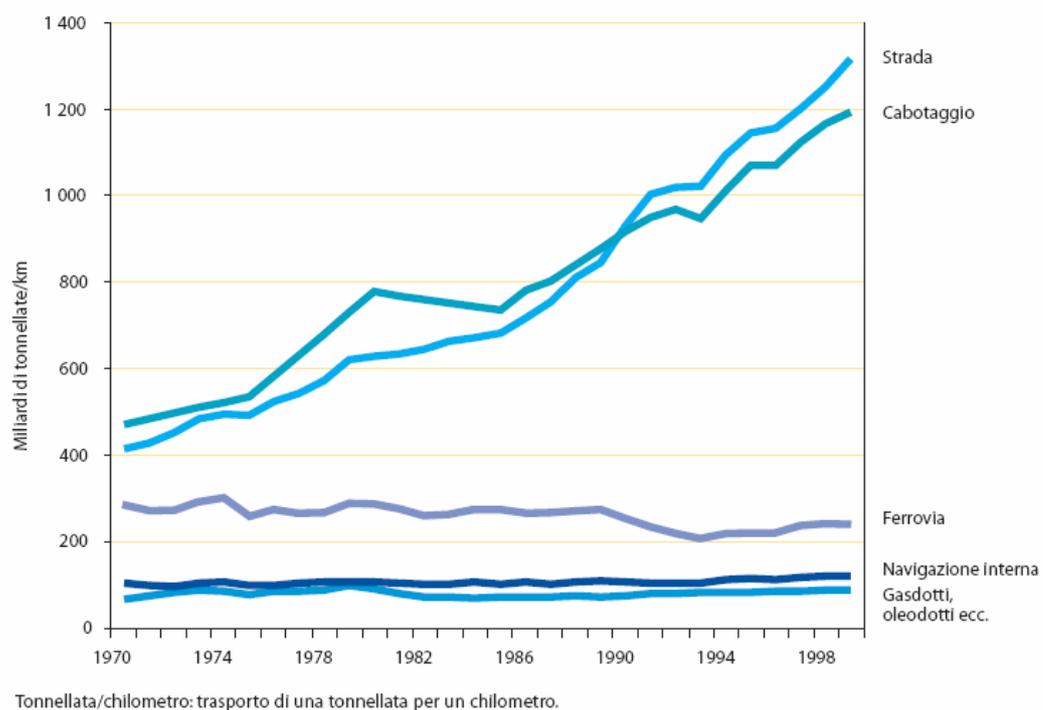


Figura 2-2: La nuova Europa – Trasporto merci, evoluzione del traffico 1970-1999 per modo di trasporto

Questi dati, insieme a quelli riportati in Figura 2-3 e in Figura 2-4, che mostrano come il mezzo ferroviario continui a prendere quote di mercato, mostrano in modo inequivocabile lo stato di crisi del sistema ferroviario europeo.

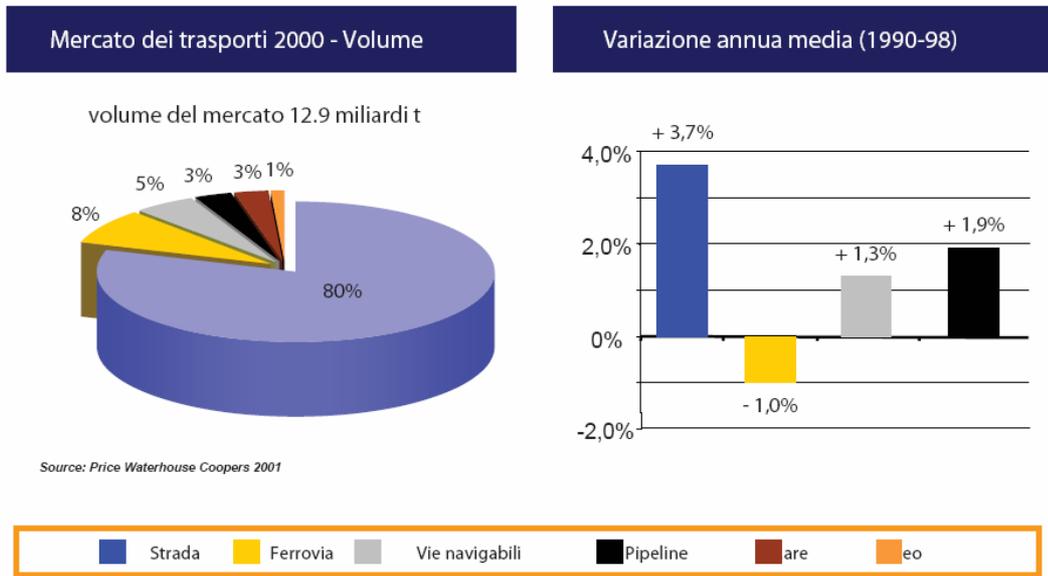


Figura 2-3: La nuova Europa – Deterioramento della ripartizione modale 1990-1998

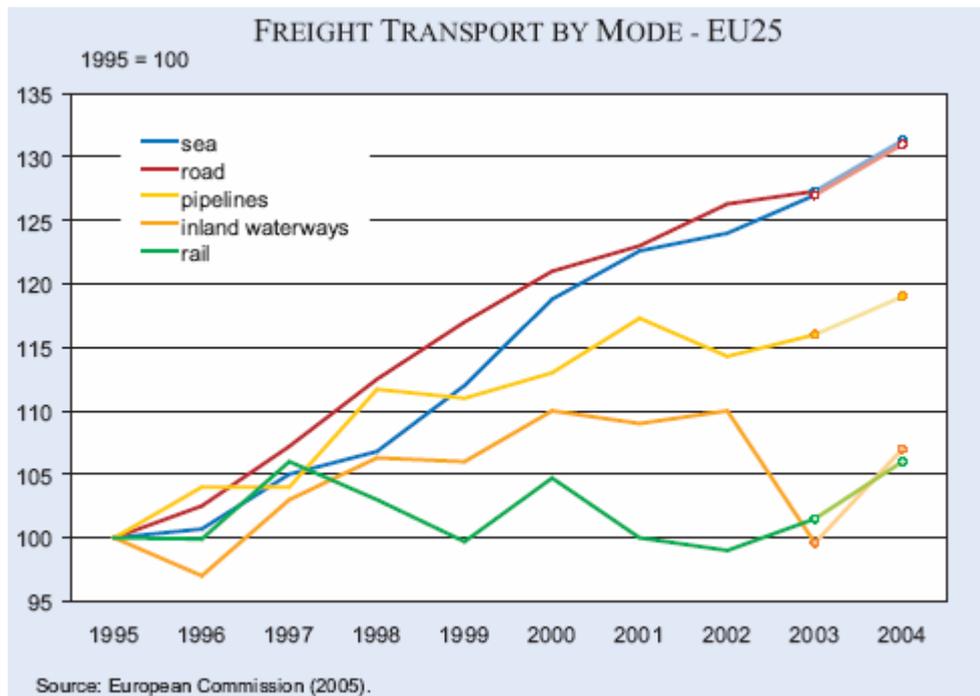


Figura 2-4: La nuova Europa – Deterioramento della ripartizione modale 1995-2004

L'Unione Europea ha quindi ritenuto necessario affiancare al programma di unificazione del sistema ferroviario un programma di rilancio capace di favorire il riequilibrio modale così da riportare la ferrovia su livelli di attrattività tali da farle recuperare quote di mercato.

### **2.3) LINEE GENERALI DELLA NORMATIVA EUROPEA SUL SISTEMA FERROVIARIO**

Il processo di riforma sviluppato dall'Unione Europea ha individuato come soluzioni per il rilancio e l'unificazione del sistema ferroviario la liberalizzazione e l'apertura del mercato alla concorrenza. Si cerca così di superare il sistema dei monopoli nazionali rendendo la ferrovia un sistema aperto così come lo sono quello stradale, aereo e navale, basando la riforma sui seguenti concetti:

- 1) indipendenza fra gestore dell'infrastruttura e operatore che esegue il trasporto;
- 2) Uniformità tecnica dell'infrastruttura;
- 3) Elevato standard di sicurezza del sistema.

Ognuno di questi punti è stato oggetto di una specifica direttiva europea, in particolare si ricordano

- 1) la Direttiva n°440 del 1991 sulla liberalizzazione del mercato ferroviario;
- 2) Direttiva n°48 del 1996 e n°16 del 2001 sull'interoperabilità per sistemi AV e convenzionali;
- 3) Direttiva n°49 del 2004 sulla sicurezza in ambito ferroviario.

Trattandosi di un processo particolarmente articolato e che coinvolge una moltitudine di temi e che necessita del consiglio e

dell'approvazione di numerosi fra organismi nazionali e soprannazionali, a queste direttive ne sono seguite molte altre: il corpo legislativo si è evoluto ed ampliato definendo prima i concetti generali e successivamente scendendo più nel dettaglio degli argomenti. E questa era in qualche modo una procedura quasi obbligata dovendo intervenire in modo graduale su di un sistema, come quello ferroviario, complesso ed eterogeneo, senza creare sconvolgimenti e rivoluzioni troppo brusche che avrebbero potuto portare ad effetti difficilmente prevedibili. L'insieme delle direttive comunitarie di ambito ferroviario è quindi ampio ed articolato; nel presente capitolo questo sarà presentato nel suo ordine cronologico, mentre nei successivi capitoli sarà analizzato il consolidato legislativo relativo ai temi dell'apertura del mercato, dell'interoperabilità e della sicurezza.

Prima di concludere questo paragrafo si vuole ricordare come il processo riformatore si presenta comunque come molto lungo e complesso oltre che estremamente costoso e questo sia per le notevoli diversità presenti fra i vari sistemi sviluppati da ogni nazione sia per l'estensione della rete. La migrazione verso un sistema interoperabile sarà quindi molto lenta e graduale. Ipotizzare di rendere interoperabile l'intera rete europea nel giro di pochi anni è un'operazione praticamente impossibile e non conveniente dal punto di vista economico. Appare quindi più logico, in una prima fase, concentrare gli sforzi e gli investimenti sulle tratte a maggior traffico internazionale. A tal fine l'Unione Europea ha individuato una rete prioritaria composta dai principali corridoi di traffico e contribuisce al finanziamento delle opere previste. Una descrizione della rete prioritaria e delle sue caratteristiche sarà oggetto del capitolo 7.

**2.4) CRONOLOGIA DELL'ATTIVITÀ LEGISLATIVA  
EUROPEA SUL SISTEMA FERROVIARIA**

**2.4.1) *Gli anni '90: il libero accesso alle reti e  
l'interoperabilità***

Il primo atto legislativo riguardante la liberalizzazione del mercato ferroviario è stata l'emissione della Direttiva n° 440 nel 1991, intesa a favorire l'adeguamento delle ferrovie comunitarie alle esigenze del mercato unico e ad accrescere la loro efficienza. Per la prima volta veniva introdotto il concetto di separazione fra la gestione dell'infrastruttura ferroviaria e l'esercizio di servizi di trasporto da parte delle imprese ferroviarie. Queste devono essere gestite da Società diverse prevedendo una separazione contabile obbligatoria e in modo completamente autonomo, mentre è solo facoltativa la separazione organica ed istituzionale. Il loro patrimonio e la loro contabilità devono essere distinte da quelle statali così da configurarsi al pari di qualunque azienda privata.

Viene inoltre garantito per le associazioni internazionali di imprese ferroviarie, nonché per le imprese ferroviarie che effettuano trasporti combinati internazionali di merci il diritto d'accesso alle reti ferroviarie degli Stati membri.

Sono così introdotti i concetti di:

- \* *“impresa ferroviaria”*, ovvero qualsiasi impresa a statuto privato o pubblico la cui attività principale è rappresentata dalla fornitura di prestazioni di trasporto ferroviario di merci e/o di persone e che ne garantisce obbligatoriamente la trazione;

- × “*gestore dell'infrastruttura*”, qualsiasi ente pubblico o impresa incaricati soprattutto della creazione e della manutenzione dell'infrastruttura ferroviaria e della gestione dei sistemi di controllo e di sicurezza

L'apertura del mercato è per ora limitata al solo trasporto merci combinato internazionale; le imprese ferroviarie godono di un diritto di accesso, a condizioni eque, all'infrastruttura degli altri Stati membri, per l'esercizio dei servizi di trasporti combinati internazionali di merci. Esse devono concludere con i gestori dell'infrastruttura ferroviaria utilizzata gli accordi amministrativi, tecnici e finanziari necessari per disciplinare gli aspetti di controllo e di sicurezza del traffico inerenti ai servizi di trasporti internazionali sulla base di condizioni non discriminatorie.

Il gestore dell'infrastruttura applica alle imprese ferroviarie e alle associazioni internazionali che utilizzano l'infrastruttura ferroviaria da lui gestita un canone o un pedaggio di utilizzazione dell'infrastruttura stessa. Il canone deve essere calcolato sulla base di regole definite in modo da non creare discriminazioni tra le varie imprese ferroviarie e sulla base di una molteplicità di parametri quali il totale dei chilometri percorsi, la composizione del treno, la velocità di percorrenza, il carico per asse e il grado di saturazione della linea. Le modalità di calcolo del canone sono definite dagli Stati membri sentito il parere del gestore.

Le successive direttive n° 18 e 19 del 1995 chiariscono ulteriormente le modalità di accesso alla rete transeuropea delle imprese ferroviarie, in particolare la direttiva n°18 del 19 giugno 1995 è relativa alle licenze delle imprese ferroviarie e fissa le modalità e i requisiti per ottenere la licenza. La licenza viene rilasciata dallo Stato membro in cui ha sede l'Impresa ferroviaria in base all'analisi di una serie di requisiti morali, finanziari e tecnici ed è valida in tutta l'Unione. La direttiva n°19 del 19 giugno 1995 definisce, invece, i

principi e le procedure per la ripartizione delle capacità della rete ferroviaria e per la riscossione dei diritti dovuti per l'utilizzo dell'infrastruttura da parte delle imprese ferroviarie. Ogni Stato membro designa l'organo preposto alla ripartizione della capacità, che è a conoscenza di tutte le linee ferroviarie disponibili e garantisce che la capacità di infrastruttura ferroviaria sia ripartita su base equa e non discriminatoria. I diritti dovuti al gestore dell'infrastruttura sono fissati secondo la natura del servizio, il tempo del servizio, la situazione di mercato nonché il tipo e l'usura dell'infrastruttura. La procedura di ripartizione deve permettere un uso efficace e ottimale dell'infrastruttura ferroviaria. Gli Stati membri dispongono, inoltre, che le imprese ferroviarie presentino obbligatoriamente un *certificato di sicurezza* che garantisca gli standard imposti alle imprese ferroviarie in materia di sicurezza per un servizio sicuro sui percorsi interessati. Ai fini del rilascio del certificato di sicurezza, l'impresa ferroviaria deve rispettare le prescrizioni della legislazione nazionale compatibili con la legislazione comunitaria, imposte in modo non discriminatorio per quanto riguarda i requisiti tecnici e operativi specifici per i servizi ferroviari e i requisiti in materia di sicurezza che si applicano al personale, al materiale rotabile e all'organizzazione interna dell'impresa.

Essa deve in particolare fornire la prova che il personale incaricato della guida e dell'accompagnamento dei treni, che effettuano i servizi previsti dalla direttiva 91/440/CEE, possieda la formazione richiesta per conformarsi alle norme in materia di circolazione applicate dal gestore dell'infrastruttura e per rispettare le disposizioni in materia di sicurezza impostegli nell'interesse del traffico ferroviario. L'impresa deve inoltre provare che il materiale rotabile che compone i treni è stato autorizzato dall'autorità pubblica o dal gestore dell'infrastruttura ed è stato controllato in base al regolamento di

esercizio in vigore sull'infrastruttura utilizzata. Il certificato di sicurezza è rilasciato dall'organo designato dallo Stato membro in cui si trova l'infrastruttura utilizzata.

Nel 1996 è emessa dal Consiglio Europeo con il numero 48, la prima Direttiva relativa all'interoperabilità del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità. Questa è volta a stabilire le condizioni da soddisfare per realizzare nel territorio comunitario l'interoperabilità del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità una cui descrizione è fornita negli allegati alla direttiva. Le condizioni fissate interessano la parte infrastrutturale, tecnologica e d'esercizio del sistema AV che sarà messa in esercizio dopo il 30 Aprile 2004; nel dettaglio riguardano la progettazione, la costruzione, la messa in servizio delle linee, la ristrutturazione, il rinnovo, l'esercizio e la manutenzione degli elementi del sistema, nonché le qualifiche professionali e le condizioni di salute e di sicurezza del personale d'esercizio. Inoltre la Direttiva introduce per la prima volta il concetto di *specifica tecnica di interoperabilità (STI)*<sup>8</sup> per ora limitatamente al sistema ferroviario ad alta velocità e le rende cogenti per i paesi membri. Il mandato per l'elaborazione dei progetti di STI, da sottoporre poi alla Commissione per l'adozione in quanto cogenti, è

---

<sup>8</sup> Il concetto di specifica tecnica deriva dalla Direttiva 1993/38 riporta "8) *“Specifiche tecniche”*: i requisiti tecnici menzionati in particolare nei capitolati oneri, che definiscono le caratteristiche richieste di un'opera, un materiale, un prodotto, una fornitura o un servizio e che permettono di caratterizzare oggettivamente un'opera, un materiale, un prodotto, una fornitura o un servizio in modo che essi rispondano all'uso cui sono destinati dell'ente aggiudicatore. Tali prescrizioni tecniche possono comprendere i livelli di qualità o le proprietà d'uso, la sicurezza, le dimensioni, nonché le prescrizioni applicabili al materiale, al prodotto, alla fornitura o al servizio per quanto riguarda il sistema di garanzia della qualità, la terminologia, i simboli, le prove e i metodi di prova, l'imballaggio, la marchiatura e l'etichettatura. Relativamente agli appalti di lavori esse possono includere anche le norme relative alla progettazione e al calcolo dei costi delle opere, le condizioni di prova, di controllo e di collaudo d'accettazione delle opere stesse nonché le tecniche o i metodi di costruzione e tutte le altre condizioni di carattere tecnico che l'ente aggiudicatore è in grado di prescrivere, mediante regolamentazione generale o particolare, per quanto riguarda le opere terminate o in ordine ai materiali o elementi costituenti tali opere.”

stato conferito alla neonata Associazione europea per l'interoperabilità ferroviaria (AEIF), costituita da UIC (Unione delle ferrovie), UNIFE (Unione delle industrie ferroviarie europee) e UITP (Unione delle imprese di trasporto pubblico).

#### *2.4.2) 2001: il primo pacchetto infrastrutture*

Nel 2001 sono state emanate una serie di Direttive che hanno costituito il cosiddetto “*Pacchetto Infrastrutture*” o “*Pacchetto ferroviario*” definito successivamente “*Primo pacchetto infrastrutture*”.

Il *primo pacchetto infrastrutture* raccoglie 4 Direttive:

- ✘ la *2001/12/CE* relativa allo sviluppo delle ferrovie comunitarie e che modifica la Dir. 91/440/CE;
- ✘ la *2001/13/CE* relativa alle licenze delle imprese ferroviarie e che modifica la Dir. 95/18/CE;
- ✘ la *2001/14/CE* relativa alla ripartizione della capacità di infrastruttura per l'utilizzo dell'infrastruttura ferroviaria e alla certificazione di sicurezza, all'imposizione dei diritti ferroviaria, sostituendo e abrogando la Dir. 95/19/CE che li aveva introdotti;
- ✘ la *2001/16/CE*, sull'interoperabilità della rete transeuropea convenzionale, che introduce i principi su cui si è fondata l'apertura delle rete transeuropea dei trasporti ferroviari ai servizi internazionali di trasporto e istituisce, analogamente a quanto fatto per l'alta velocità, procedure comunitarie per l'elaborazione e l'adozione delle STI per il trasporto ferroviario convenzionale.

Il *primo pacchetto infrastrutture*, è entrato in vigore il 15 Marzo del 2003 ed è stato recepito dall'Italia con il Decreto Legislativo n° 188 dell'8 luglio 2003.

Le Direttive ribadiscono i concetti fondamentali, introdotti dalla legislazione degli anni '90, chiarendoli ed specificandoli ulteriormente. E' confermata la separazione della gestione dell'infrastruttura ferroviaria dall'esercizio dei servizi di trasporto da parte delle Imprese Ferroviarie, separazione che diviene obbligatoria non solo dal punto di vista contabile ma anche funzionale. Vengono ulteriormente chiarite le modalità di concessione delle licenze per le imprese ferroviarie e del rilascio del certificato di sicurezza.

La Direttiva 2001/14/CE modifica i sistemi di assegnazione della capacità dell'infrastruttura e di imposizione dei diritti di utilizzo, al fine di consentire un accesso equo e non discriminatorio alla rete per tutte le imprese e di promuovere la concorrenza leale nella fornitura di servizi ferroviari. La direttiva 2001/14 inoltre chiarisce che tutte le imprese ferroviarie titolari di licenza devono essere in possesso di un certificato di sicurezza prima di effettuare servizi di trasporto nel territorio di uno Stato membro. Il certificato di sicurezza attesta il possesso, da parte delle imprese ferroviarie, dei pertinenti requisiti al fine di garantire la sicurezza del servizio. Per ottenere il certificato di sicurezza, l'impresa ferroviaria deve conformarsi alle normative nazionali, compatibili con il diritto comunitario e applicate in modo non discriminatorio, per quanto riguarda i requisiti tecnici e operativi specifici per i servizi ferroviari e i requisiti di sicurezza relativi al personale, al materiale rotabile e all'organizzazione interna dell'Impresa.

### **2.4.3) Il secondo pacchetto infrastrutture**

Con l'approvazione del II Pacchetto Infrastrutture (o II Pacchetto Ferroviario), la Commissione esplicita la volontà di accelerare la costruzione di un mercato europeo dei trasporti ferroviari. I provvedimenti in esso contenuti richiamano quanto già affermato nel *Libro bianco sui trasporti "La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte"*, adottato il 12/10/2001. In particolare nel II Pacchetto si pone l'accento sulla sicurezza del trasporto ferroviario, basata su principi e regole comuni, sulla interoperabilità del sistema, completando lo sviluppo dei suoi principi fondamentali, e sulla costituzione di un'Agenzia europea ferroviaria.

Il II Pacchetto Infrastrutture si compone della

- ✦ Direttiva 2004/49/CE, relativa alla sicurezza delle ferrovie comunitarie;
- ✦ Direttiva 2004/50/CE, relativa all'interoperabilità del sistema ferroviario europeo e che modifica le Direttive 96/48/CE e 2001/16/CE);
- ✦ Direttiva 2004/51/CE, relativa allo sviluppo delle ferrovie comunitarie, che modifica la Direttiva 91/440/CE;
- ✦ Regolamento 881/2004, che istituisce l'Agenzia Ferroviaria Europea.

Con la Direttiva n°49 per la prima volta l'Unione Europea legifera in materia di sicurezza ferroviaria con lo scopo di armonizzare in modo progressivo la normativa del settore grazie allo sviluppo di principi comuni volti a superare le grandi differenze tuttora presenti tra gli Stati membri.

Allo scopo di favorire una maggiore apertura del mercato e l'istituzione di un sistema ferroviario europeo unico, la direttiva 2004/49 modifica la normativa sul certificato di sicurezza, con

l'obiettivo – per il momento ancora non raggiunto – del mutuo riconoscimento tra Stati membri dei certificati stessi. Il certificato di sicurezza è il mezzo che consente alle imprese ferroviarie di accedere all'infrastruttura e di operare su una determinata rete. Il certificato è rilasciato da un apposito Ente sulla base della verifica del Sistema di Gestione della Sicurezza dell'Impresa Ferroviaria. Inoltre l'Impresa ferroviaria deve dimostrare di adottare opportune misure per soddisfare i requisiti specifici necessari per la sicurezza del funzionamento della rete.

Analogamente per poter gestire e far funzionare un'infrastruttura ferroviaria, il gestore dell'infrastruttura deve ottenere un'autorizzazione di sicurezza: essa è per il gestore dell'infrastruttura ciò che il certificato è per le imprese ferroviarie, essendo entrambi disciplinati dalla direttiva in esame in modo simile. La direttiva in esame prevede poi l'istituzione in ciascuno Stato membro di un'Autorità preposta alla sicurezza (che può essere il Ministero responsabile dei trasporti). Dovendo svolgere una funzione di controllo questa deve essere indipendente sul piano organizzativo, giuridico e decisionale da qualsiasi impresa ferroviaria o gestore dell'infrastruttura.

All'Autorità spettano i seguenti compiti:

- autorizzare la messa in servizio dei sottosistemi di natura strutturale costitutivi del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- autorizzare la messa in servizio di materiale rotabile;
- rilasciare, modificare o revocare i certificati e le autorizzazioni di sicurezza;
- controllare e promuovere l'applicazione della normativa vigente in materia di sicurezza. Il sistema di gestione della sicurezza deve garantire il controllo di tutti i rischi connessi

all'attività del gestore dell'infrastruttura e delle imprese ferroviarie; in particolare il sistema deve descrivere la ripartizione delle responsabilità all'interno degli organigramma del Gestore della Infrastruttura e delle Imprese Ferroviarie.

La Direttiva stabilisce le modalità di migrazione verso norme di sicurezza comuni mediante una procedura di notifica che richiede l'accettazione a livello europeo delle nuove norme di sicurezza nazionali ed introduce inoltre tutta una serie di nuovi concetti per il controllo e il miglioramento della sicurezza ferroviaria. In primo luogo si prevede la scelta di *obiettivi comuni di sicurezza (CST)*, questi rappresentano i livelli di sicurezza che le varie parti del sistema ferroviario e il sistema nel suo complesso deve essere in grado di garantire. I *CST* forniscono i criteri di accettazione del rischio che tutti i sistemi ferroviari dovrebbero essere in grado di realizzare.

Per raggiungere i *CST*, la Direttiva fornisce *i metodi di sicurezza comuni (CSM)* ovvero le procedure per lo sviluppo di metodologie comuni di ispezione e di valutazione delle performance in materia di sicurezza. Questi devono essere concepiti con lo scopo di valutare i livelli di sicurezza, di realizzare gli obiettivi di sicurezza e la conformità con gli altri requisiti in materia di sicurezza. Il conseguimento o meno dei *CST*, tramite le procedure dei *CSM*, è valutato grazie agli *indicatori di sicurezza comuni (CSI)*.

Il sistema di controllo così costituito dovrebbe quindi essere in grado di garantire e monitorare l'evoluzione della sicurezza ferroviaria negli Stati membri e nell'intera Comunità. Gli Stati membri e l'Agenzia ferroviaria europea acquisiscono informazioni sui CSI mediante le relazioni annuali delle autorità nazionale preposte alla sicurezza.

La direttiva 2004/49 si occupa di sicurezza anche attraverso la prevenzione sancendo l'obbligo per gli Stati membri di indagini

tecniche sugli incidenti e gli inconvenienti gravi, finalizzate al miglioramento della sicurezza. L'organismo investigativo deve avere natura permanente ed è indipendente da qualsiasi gestore dell'infrastruttura o impresa ferroviaria. E' funzionalmente indipendente dall'autorità preposta alla sicurezza e da enti di regolamentazione delle ferrovie.

Il II Pacchetto infrastrutture è intervenuto anche in materia di interoperabilità con la Direttiva 2004/50/CE. Con essa si procede ad una revisione della direttiva 96/48 e si estende la validità della direttiva 2001/16 a tutto il sistema ferroviario europeo (superando le limitazioni previste dalla 96/48 e dalla 2001/16).

L'interoperabilità è considerata il motore dell'armonizzazione delle ferrovie comunitarie; è infatti lo strumento fondamentale per il superamento delle diversità infrastrutturali che tuttora permangono tra gli Stati membri e che costituiscono il principale ostacolo alla reale apertura del mercato e quindi al recupero di competitività del trasporto ferroviario rispetto al trasporto su gomma o al trasporto aereo.

L'obiettivo è quello di rendere il trasporto ferroviario l'elemento fondamentale del sistema transeuropeo di trasporto sfruttando le sue potenzialità. Ciò è possibile solo a fronte dello sviluppo di efficienti corridoi transeuropei, in questa prospettiva l'interoperabilità assume quindi il ruolo fondamentale.

L'obiettivo di costruire nuove infrastrutture per la realizzazione dei corridoi transeuropei è stato previsto dalla Decisione 884/2004/CE, che ha modificato la Decisione 1692/96/CE del 23 luglio 1996 sugli orientamenti comunitari per lo sviluppo della rete transeuropea dei trasporti.

#### ***2.4.4) Il terzo pacchetto infrastrutture – Prospettive di sviluppo***

Con il «terzo pacchetto ferroviario», presentato il 23/03/2004 e tuttora in elaborazione, la Commissione propone di portare avanti la riforma del settore ferroviario aprendo alla concorrenza anche il trasporto internazionale di passeggeri all'interno dell'Unione europea. L'obiettivo è completare l'integrazione del mercato ferroviario europeo, rilanciando così un modo di trasporto che è il cardine della strategia di mobilità sostenibile. La Commissione si propone inoltre di rafforzare i diritti dei passeggeri internazionali, istituire un sistema di certificazione per i macchinisti e migliorare la qualità del trasporto ferroviario di merci.

La proposta di direttiva sulla certificazione dei macchinisti, elaborata in stretta collaborazione con i rappresentanti del settore e le parti sociali, prevede un meccanismo destinato a definire meglio le competenze e responsabilità in materia di formazione, valutazione e riconoscimento delle qualifiche dei macchinisti e del personale di scorta. I macchinisti dovranno essere titolari di una licenza nominativa che attesterà le competenze generali acquisite e valide su tutto il territorio comunitario. Questa certificazione dovrà essere completata da un'attestazione rilasciata dall'impresa ferroviaria che riconoscerà la formazione specifica relativa alla linea percorsa, al materiale usato e alle procedure operative e di sicurezza proprie dell'impresa in questione.

Tra le misure previste nel pacchetto vi è la proposta di regolamento per tutelare i diritti dei passeggeri nel trasporto ferroviario internazionale così come è già avvenuto nel settore aereo con la protezione dei diritti dei passeggeri in caso di negato imbarco o di ritardo. Si tratta di una proposta di regolamento che stabilisce regole

minime per l'informazione dei passeggeri, prima e durante il viaggio, le regole da rispettare in caso di ritardo, il trattamento dei reclami e l'assistenza alle persone a mobilità ridotta. Questo regolamento è il punto di partenza per incoraggiare l'attuazione di misure più favorevoli tramite accordi volontari tra il settore e le organizzazioni dei passeggeri.

La proposta di direttiva relativa all'apertura del mercato per i servizi internazionali di trasporto ferroviario passeggeri prevede che dal 1° gennaio 2008 le imprese ferroviarie titolari di una licenza e dei certificati di sicurezza necessari potranno effettuare servizi internazionali all'interno della Comunità.

Si tratta di un settore dove il trasporto ferroviario deve recuperare notevoli quote di mercato; infatti allo stato attuale la maggior parte del traffico passeggeri riguarda tratte urbane, extraurbane o regionali<sup>9</sup>. Tuttavia, per il traffico interregionale e nazionale a lunga percorrenza, vi sono buone prospettive di sviluppo grazie alla creazione delle reti AV in vari Stati membri e alla prospettiva della connessione della rete transeuropea ad alta velocità entro il 2008. Questo dovrebbe cambiare profondamente il quadro dei servizi accentuandone il carattere internazionale.

La proposta in esame prende in considerazione la diversità ora esposta istituendo una distinzione tra segmenti di mercato interessati da contratti di servizio pubblico e segmenti per cui la liberalizzazione passa attraverso il libero accesso all'infrastruttura.

Quanto al trasporto merci, la Commissione ha presentato un progetto di regolamento che prevede l'introduzione di clausole minime di qualità nei contratti tra le imprese ferroviarie e i clienti, un elemento già ritenuto una buona pratica nel settore. Il contenuto

preciso degli impegni di qualità è lasciato alla libertà contrattuale, ma nel testo proposto gli elementi legati alla qualità devono essere sistematicamente discussi e presi in considerazione nei contratti. La carenza di qualità dei servizi di trasporto merci, in particolare di quelli internazionali gestiti da imprese ferroviarie diverse lungo lo stesso percorso, incide negativamente sulla capacità di attrazione del modo ferroviario ed è oggi una delle principali cause della costante diminuzione della quota di mercato delle ferrovie, ridotta ormai al di sotto della soglia dell'8%, rispetto al 40% negli Stati Uniti in termini di tonnellate - km.

In prospettiva, la concorrenza eserciterà una forte pressione per migliorare la qualità, tuttavia l'effettiva apertura del mercato europeo del trasporto merci per ferrovia non procede abbastanza rapidamente. I nuovi soggetti attivi nel settore rappresentano solo il 3-4% del mercato e in vari Stati membri sono ancora completamente assenti. Rispetto al 2002, nel 2003 il volume delle merci trasportate su rotaia è diminuito nella metà degli Stati membri e, nel complesso, è calato dell'1% nell'Unione europea. Negli ultimi dieci anni, il volume dei trasporti è aumentato del 30% (38% per il settore stradale), mentre il trasporto ferroviario è rimasto stagnante (3%). La disaffezione nei confronti del trasporto ferroviario è dovuta in primo luogo ai problemi di affidabilità e qualità.

## **2.5) CONCLUSIONI**

Gli interventi normativi sin qui descritti hanno dato vita ad uno scenario molto complesso. La liberalizzazione del mercato dei servizi ferroviari, con la possibilità per qualsiasi impresa ferroviaria in

---

<sup>9</sup> Questo tipo di traffico è disciplinato da obblighi di servizio pubblico (Regolamento n.

possesso di una licenza e di un certificato di sicurezza di accedere alla rete, sta contribuendo in modo determinante alla realizzazione di uno spazio ferroviario europeo unificato. Come molti altri processi di integrazione comunitaria, anche il trasporto ferroviario deve confrontarsi con le difficoltà proprie della profonda diversità che attraversa l'Europa. La presenza nei venticinque Stati membri di regole tecniche e di regole di sicurezza nazionali incompatibili tra loro costituisce un ostacolo rilevante per lo sviluppo del settore ferroviario. Accanto alle diversità tecniche vi sono diversità culturali di difficile composizione, ad esempio la lingua che in tema di servizi di trasporto internazionali e di patente europea dei macchinisti riveste un ruolo fondamentale.

Gli obblighi imposti agli Stati membri attraverso le direttive e i regolamenti esaminati sono espressione della volontà di raggiungere un'effettiva unificazione attraverso un approccio graduale, aiutato anche da scadenze molto dilatate nel tempo. Il superamento delle diversità richiede infatti sforzi notevoli anche sotto il profilo economico basti pensare ai costi necessari per l'adeguamento dell'infrastruttura o per la costruzione di nuove linee.

---

1191/69) e riceve quindi finanziamenti pubblici.



### **3) LA LIBERALIZZAZIONE**

#### **3.1) PREMESSA**

**L**a direttiva 440 del 1991 ha introdotto una grande novità nel trasporto ferroviario aprendo la circolazione sulle reti di tutti gli stati europei ai trasporti combinati o effettuati da associazioni di imprese europee.

Per meglio comprendere i principi e la portata riformatrice della direttiva 440 si deve considerare che questa è andata ad intervenire su un sistema chiuso caratterizzato da imprese statali che assicuravano sia la gestione della rete che il trasporto. La nuova norma è andata a “scardinare” questo sistema per renderlo accessibile ad altri soggetti anche privati. L’evoluzione della legislazione sulla liberalizzazione è partita con la direttiva 440 per buona parte dedicata alla separazione delle imprese ferroviarie dall’apparato statale e alla loro scissione in gestore dell’infrastruttura e impresa di trasporto. Successivamente sempre maggiore spazio è stato dedicato all’ingresso di nuovi soggetti definendo in modo compiuti i requisiti che devono rispettare e le modalità di accesso alla rete.

Infatti i nuovi concetti e i principi introdotti dalla direttiva 440/1991 sono poi stati meglio specificati con le successive direttive del 2001 e del 2004 che hanno agito nel senso di ampliare la liberalizzazione del mercato introducendo un’ulteriore separazione fra il gestore dell’infrastruttura e l’impresa di trasporto e aumentando le tipologie d’imprese che hanno diritto al libero accesso. Inoltre hanno stabilito i requisiti tecnico – economici che questi devono rispettare introducendo le licenze e i certificati di sicurezza.

Ad oggi risulta quindi un quadro legislativo consolidato sufficientemente dettagliato e chiaro.

### **3.2) CAMPO DI APPLICAZIONE DELLE DIRETTIVE E TERMINOLOGIA**

La normativa comunitaria si applica alla gestione dell'infrastruttura ferroviaria ed alle attività di trasporto per ferrovia delle imprese stabilite o che si stabiliranno in uno Stato membro dell'Unione Europea. Sono escluse dal campo di applicazione le imprese ferroviarie la cui attività si limita all'esercizio di servizi di trasporto urbani, extraurbani o regionali soggetta ad altri regolamenti essendo questo tipo di traffico disciplinato da obblighi di servizio pubblico.

La legislazione europea ha introdotto e illustrato tutta una serie di nuovi concetti e termini la cui comprensione è fondamentale per una corretta interpretazione delle Norme. Allo stato attuale si intende quindi per

- ✘ “*gestore dell'infrastruttura*”, qualsiasi organismo o impresa incaricati principalmente della creazione e della manutenzione dell'infrastruttura ferroviaria, compresa eventualmente anche la gestione dei sistemi di controllo e di sicurezza dell'infrastruttura. I compiti del gestore dell'infrastruttura per una rete o parte di essa possono essere assegnati a diversi organismi o imprese. Il gestore dell'infrastruttura è responsabile della propria gestione, della propria amministrazione e del proprio controllo interno.
- ✘ “*impresa ferroviaria*”, qualsiasi impresa pubblica o privata titolare di una licenza ai sensi delle disposizioni

comunitarie e la cui attività principale consiste nella prestazione di servizi per il trasporto di merci e/o di persone per ferrovia e che ne garantisce obbligatoriamente la trazione. Sono considerate imprese ferroviario anche le società che forniscono unicamente la trazione dei treni.

- ✘ “*associazione internazionale*”, qualsiasi associazione comprendente almeno due imprese ferroviarie stabilite in Stati membri diversi che abbia lo scopo di fornire prestazioni di trasporto internazionale tra Stati membri;
- ✘ “*servizio di trasporto internazionale di merci*”, qualsiasi servizio di trasporto ferroviario nel quale il treno attraversa almeno una frontiera di uno Stato membro; il treno può essere unito ad un altro convoglio e/o scomposto e le varie sezioni possono avere origini e destinazioni diverse, purché tutti i vagoni attraversino almeno una frontiera;
- ✘ “*servizi urbani ed extraurbani*”, i servizi di trasporto che soddisfano le esigenze di un centro urbano o di un agglomerato, nonché le esigenze in materia di trasporto fra detto centro o agglomerato e le sue zone periferiche;
- ✘ “*servizi regionali*”, i servizi di trasporto destinati a soddisfare le esigenze in materia di trasporto di una regione;
- ✘ “*licenza*”, autorizzazione rilasciata da uno Stato membro a un'impresa cui è riconosciuta la qualità di impresa ferroviaria; anche limitatamente alla prestazione di determinati tipi di servizi di trasporto;
- ✘ “*autorità preposta al rilascio della licenza*”, organismo incaricato dallo Stato membro di rilasciare le licenze in campo ferroviario. L'ente che rilascia le licenze non presta

direttamente i servizi di trasporto ed è indipendente dagli organismi o dalle imprese che prestano tali servizi.

### **3.3) GLI OBBLIGHI DELLE IMPRESE FERROVIARIE**

Andando ad intervenire in un settore caratterizzato per lo più da monopoli nazionali la normativa comunitaria ha definito le nuove regole cui devono sottostare le imprese ferroviarie riservando particolare attenzione ai rapporti fra queste e gli organismi statali. In primo luogo, infatti, si trattava di gestire la trasformazione di imprese statali, come erano buona parte di quelle ferroviarie prima degli anni '90, e che si occupavano sia della gestione della rete che del trasporto, in imprese caratterizzate da una struttura tecnico – amministrativa indipendente dallo Stato e che non godessero di privilegi rispetto alle eventuali aziende concorrenti derivanti dalla loro precedente situazione di monopolio. Inoltre si trattava di regolare gli obblighi e i finanziamenti derivanti dall'esercizio dei servizi pubblici sovvenzionati dallo Stato. Per queste ragioni buona parte degli obblighi e delle prescrizioni rivolte alle imprese ferroviarie sono state concepite per la gestione della riforma del sistema e quindi sui rapporti Stato – Impresa Ferroviaria e Impresa Ferroviaria – Gestore dell'Infrastruttura.

Prima di tutto deve essere garantita la separazione fra Stato ed Impresa Ferroviaria. La proprietà può rimanere statale, ma deve essere assicurato, in materia di gestione, di amministrazione e di controllo interno amministrativi, economici e contabili, che le imprese ferroviarie abbiano uno status indipendente disponendo, in particolare, di un patrimonio, di un bilancio e di una contabilità distinti da quelli degli Stati.

Nella prospettiva della creazione di un mercato concorrenziale, le Imprese Ferroviarie devono adattare le loro attività all'ottica di un mercato aperto e gestirle sotto la responsabilità dei loro organi direttivi, per fornire prestazioni efficaci e adeguate con la minor spesa possibile in rapporto alla qualità del servizio richiesto. Questo comporta che le Imprese Ferroviarie devono essere gestite secondo i principi validi per le società commerciali: è loro compito organizzare le proprie attività, studiando opportuni piani di investimento e di finanziamento mirando al raggiungimento del loro equilibrio finanziario e alla realizzazione degli altri obiettivi in materia di gestione tecnica, commerciale e finanziaria; prevedendo i mezzi che permettono la realizzazione di tali obiettivi.

Pur rispettando gli indirizzi di politica generale decisi a livello statale e tenendo presente le necessità e gli impegni dei contratti nazionali, le Imprese Ferroviarie sono libere di comportarsi come qualunque altra società commerciale. E' quindi loro facoltà di:

- ✗ stabilire la propria organizzazione interna;
- ✗ costituire con una o più imprese ferroviarie diverse un'associazione internazionale;
- ✗ disciplinare le modalità della fornitura e della commercializzazione dei servizi e stabilirne la tariffazione, fatto salvo all'azione degli Stati membri in materia di obblighi di servizio pubblico nel settore dei trasporti;
- ✗ prendere le decisioni concernenti il personale, la gestione patrimoniale e gli acquisti propri;
- ✗ sviluppare la loro quota di mercato, elaborare nuove tecnologie, creare nuovi servizi e adottare tecniche di gestione innovative;
- ✗ avviare nuove attività in settori associati all'attività ferroviaria.

Nella legislazione viene particolarmente curata la regolamentazione della separazione delle contabilità delle Imprese ferroviarie da quella dei Gestori dell'Infrastruttura. Sia i conti profitti e perdite, sia i bilanci devono essere tenuti e pubblicati separatamente per le attività connesse alla prestazione di servizi di trasporto e per quelle connesse alla gestione dell'infrastruttura ferroviaria. Il finanziamento pubblico concesso ad uno di questi due settori di attività non può essere trasferito all'altro.

Questa separazione può prevedere sezioni organiche distinte all'interno di una stessa impresa o che la gestione dell'infrastruttura sia esercitata da un ente distinto.

Inoltre le Imprese ferroviarie sono tenute a separare il bilancio relativo al trasporto merci. Per quanto riguarda, invece, i fondi statali assegnati alle Imprese per le attività di trasporto pubblico, questi devono figurare nella relativa contabilità e non possono essere trasferiti alle attività relative alla prestazione di altri servizi. La legislazione definisce il cronoprogramma della liberalizzazione del trasporto merci. Questa è stata organizzata in modo graduale prima limitatamente all'esercizio dei servizi di trasporti combinati internazionali di merci e, poi dal 1° gennaio 2006, all'intera rete ferroviaria transeuropea, per l'esercizio di tutti i servizi di trasporto internazionale di merci. Inoltre, dal 1° gennaio 2007, alle imprese ferroviarie è consentito l'accesso all'infrastruttura in tutti gli Stati membri per l'esercizio di tutti i tipi di servizi di trasporto ferroviario di merci. Ad oggi quindi il trasporto ferroviario delle merci in Europa si può dire completamente liberalizzato.

**3.4) I RAPPORTI FRA IL GESTORE  
DELL'INFRASTRUTTURA E LE IMPRESE FERROVIARIE E  
LE REGOLE DI ACCESSO ALLA RETE**

Uno degli aspetti più complessi della liberalizzazione del mercato ferroviario è la regolamentazione degli accessi alla rete. Per esercire un trasporto l'Impresa Ferroviaria deve ottenere un'apposita licenza e una certificazione di sicurezza, entrambe rilasciate da appositi Enti; queste hanno lo scopo di garantire il rispetto di tutti i requisiti tecnici, economici e di sicurezza previsti dai regolamenti europei.

Se in possesso della licenza e della certificazione di sicurezza, l'Impresa Ferroviaria può concludere gli accordi necessari con il o i Gestori dell'Infrastruttura in base alla normali regole del diritto pubblico o privato ovviamente le condizioni alla base di detti accordi devono essere non discriminatorie e trasparenti.

Anche i raccordi ferroviari di accesso ai terminali o ai porti e i servizi di movimentazione mezzi sono forniti a tutte le imprese ferroviarie in maniera non discriminatoria e trasparente e le richieste da parte delle imprese ferroviarie possono essere soggette a restrizioni soltanto se esistono alternative valide per ferrovia a condizioni di mercato.

Sempre per garantire l'equo accesso all'infrastruttura, gli Stati attribuiscono ad enti o società che non prestano a loro volta servizi di trasporto ferroviario, alcune funzioni essenziali quali:

- \* La preparazione e l'adozione delle decisioni relative alle licenze delle imprese ferroviarie, compresa la concessione di licenze individuali,
- \* adozione di decisioni relative all'assegnazione delle linee ferroviarie, comprese la definizione e la valutazione della

disponibilità, nonché l'assegnazione di singole linee ferroviarie,

- \* adozione di decisioni relative all'imposizione dei diritti per l'utilizzo dell'infrastruttura,
- \* controllo del rispetto degli obblighi di servizio pubblico previsti nella prestazione di taluni servizi.

Lo sviluppo della rete ferroviaria nazionale è di competenza dello Stato eventualmente tenendo conto delle esigenze generali della Comunità; lo Stato lo può tuttavia delegare al Gestore dell'Infrastruttura, concedendo un finanziamento sufficiente per far fronte a nuovi investimenti oltre a quello eventualmente necessario per svolgere l'ordinaria amministrazione.

Il gestore dell'infrastruttura applica alle imprese ferroviarie e alle associazioni internazionali che utilizzano l'infrastruttura ferroviaria da lui gestita un canone di utilizzazione dell'infrastruttura stessa. Il canone di utilizzazione è calcolato in modo da evitare discriminazioni tra le imprese ferroviarie e può tenere in particolare conto del totale dei chilometri percorsi, della composizione del treno e di fattori quali la velocità, il carico per asse e il grado o il periodo di utilizzazione dell'infrastruttura.

Il controllo della corretta applicazione dei principi della direttiva è svolto da un apposito organismo indipendente dal Gestore dell'Infrastruttura e dalle Imprese Ferroviarie sulla base della normativa comunitaria e nazionale. Questo può eventualmente essere il ministero dei trasporti, come in Italia.

In questo modo se un Impresa Ferroviaria ritiene di essere stato oggetto di trattamento iniquo o di una discriminazione o lesa in altro modo ha diritto di proporre ricorso dinanzi a tale organismo. L'organismo di regolamentazione decide quanto prima, sulla base di un

ricorso o eventualmente d'ufficio, in merito alle misure volte a correggere sviluppi negativi in detti mercati.

La rete ferroviaria transeuropea per il trasporto di merci consta delle linee ferroviarie indicate nelle carte allegate alla direttiva e dagli itinerari alternativi, se necessario, in particolare nei pressi di un'infrastruttura a capacità limitata, salvaguardando, per quanto possibile, i tempi di viaggio complessivi. Sono inoltre comprese le linee di accesso a terminali che servono o che potrebbero servire più di un cliente finale e ad altri siti e impianti, comprese le linee affluenti e defluenti e le linee di accesso da e verso i porti elencati.

### **3.5) LA LICENZA**

Per svolgere il servizio ferroviario, tutte le imprese devono ottenere da uno Stato membro dell'Unione un'autorizzazione che attesti il rispetto dei requisiti tecnico – economici prescritti dalla legislazione. Questa autorizzazione è detta “licenza” ed è rilasciata da un'apposita autorità che non presta direttamente i servizi di trasporto ed è indipendente dagli organismi o dalle imprese che prestano tali servizi. In genere questa funzione è svolta dai ministeri dei trasporti delle varie Nazioni.

Un'Impresa Ferroviaria ha diritto di richiedere il rilascio di una licenza nello Stato membro in cui ha sede e se ricorrono i requisiti fissati nella direttiva ha diritto di ottenere il rilascio della licenza anche limitatamente alla prestazione di determinati tipi di servizi di trasporto.

Nessuna impresa ferroviaria è autorizzata a prestare i servizi di trasporto ferroviario se non le è stata rilasciata la licenza conforme al tipo di servizi da prestare. Tuttavia detta licenza non dà diritto di per sé stessa all'accesso all'infrastruttura ferroviaria.

Sebbene rilasciata da uno Stato membro, poiché si basa su una legislazione comune, una licenza è valida in tutto il territorio della Comunità.

Gli Stati membri possono escludere dall'obbligo della licenza:

- ✘ le imprese che effettuano esclusivamente servizi ferroviari per passeggeri sull'infrastruttura ferroviaria locale e regionale autonoma;
- ✘ le imprese ferroviarie che effettuano esclusivamente servizi ferroviari urbani o suburbani per passeggeri<sup>10</sup>;
- ✘ le imprese ferroviarie la cui attività è limitata alla prestazione di servizi ferroviari regionali di trasporto merci non contemplati nell'ambito di applicazione della direttiva 91/440/CEE;
- ✘ le imprese che effettuano solo operazioni di trasporto merci su un'infrastruttura ferroviaria privata utilizzata esclusivamente dal proprietario dell'infrastruttura per le operazioni di trasporto delle sue merci.

Per ottenere il rilascio della licenza ogni impresa ferroviaria deve essere in grado di dimostrare alle autorità preposte al rilascio delle licenze, già prima di iniziare le sue attività, che ricorrano in qualsiasi momento i requisiti in materia di onorabilità, capacità finanziaria e competenza professionale nonché di copertura della propria responsabilità civile.

I requisiti in materia di onorabilità richiedono che l'impresa ferroviaria richiedente la licenza o le persone responsabili della gestione non siano stati condannati per illeciti penali gravi, anche di natura commerciale, per gravi violazioni di leggi specifiche relative ai

---

<sup>10</sup> I «servizi urbani ed extraurbani», sono i servizi di trasporto che soddisfano le esigenze di un centro urbano o di un agglomerato, e i trasporti fra centro e le zone periferiche; i

trasporti, per violazioni gravi o ripetute degli obblighi derivanti dal diritto previdenziale o dal diritto del lavoro, e non siano stati oggetto di una procedura fallimentare

Ricorrono i requisiti in materia di capacità finanziaria quando l'impresa ferroviaria richiedente la licenza può provare che potrà far fronte ai suoi obblighi effettivi e potenziali, per un periodo di dodici mesi, dandone idonea documentazione.

Per soddisfare i requisiti in materia di competenza professionale l'impresa ferroviaria che richiede la licenza deve disporre di un'organizzazione gestionale dotata delle conoscenze e dell'esperienza necessarie per esercitare un controllo operativo e una supervisione sicuri ed efficaci sulle operazioni del tipo specificato nella licenza.

Un'impresa ferroviaria deve essere coperta da idonea assicurazione, a norma delle legislazioni nazionali e internazionali, a copertura della responsabilità civile in caso di incidenti, in particolare per quanto riguarda i passeggeri, il bagaglio, le merci trasportate e i terzi.

Le licenze restano valide fintantoché l'impresa ferroviaria adempie gli obblighi previsti. Tuttavia, l'autorità preposta al rilascio della licenza può prescrivere che questa sia oggetto di riesame a intervalli regolari della durata di cinque anni al massimo.

Le licenze possono essere oggetto di sospensione o di revoca in caso di inadempienze.

Qualora un'impresa ferroviaria intenda estendere o mutare in misura considerevole le proprie attività, la licenza deve essere sottoposta, per una revisione, all'autorità preposta al rilascio delle licenze.

---

«servizi regionali», sono i servizi di trasporto destinati a soddisfare le esigenze in materia di trasporto di una regione.

L'impresa ferroviaria è inoltre tenuta a osservare anche la legislazione nazionale e le varie disposizioni regolamentari recepiti dalla legislazione comunitaria. In modo particolare devono essere rispettati i requisiti tecnici e operativi specifici per i servizi ferroviari, i requisiti di sicurezza relativamente al personale, al materiale rotabile e all'organizzazione interna dell'impresa, oltre alle disposizioni relative alla salute, alla sicurezza, alle condizioni sociali e ai diritti dei lavoratori e dei consumatori.

### **3.6) LA RIPARTIZIONE DELLA CAPACITÀ DI INFRASTRUTTURA FERROVIARIA E I DIRITTI PER L'UTILIZZO**

La ripartizione della capacità di infrastruttura fra le varie compagnie rappresenta uno degli aspetti più delicati della liberalizzazione del mercato ferroviario. In generale, infatti, il gestore dell'infrastruttura mette in vendita una traccia orario ovvero l'autorizzazione a viaggiare su un determinato percorso e con un determinato orario con treni di caratteristiche prefissate. In quest'ottica quindi la capacità della linea, intesa come insieme delle tracce orario, è il prodotto che il gestore dell'infrastruttura vende ai vari operatori ferroviari che ne facciano richiesta. Il gestore dell'infrastruttura avrebbe quindi tutto l'interesse a massimizzare il numero di treni in grado di percorrere le linee mantenendo ovviamente il flusso in condizioni di regolarità. Questa operazione è tuttavia molto complessa essendo il traffico ferroviario caratterizzato da un flusso discontinuo, discreto ed eterogeneo che si svolge su linee con caratteristiche anche molto diverse fra loro. Nel seguito, prima di entrare nel merito delle procedure elaborate dall'Unione Europea per la

ripartizione della capacità dell'infrastruttura, si farà un breve accenno alla definizione di capacità o potenzialità di un'infrastruttura ferroviaria.

### *3.6.1) La capacità o potenzialità di una linea ferroviaria*

Nello studio della circolazione dei sistemi di trasporto riveste notevole interesse il calcolo della capacità: il massimo flusso che può percorrere un arco della rete in condizioni di regolarità; in ambito ferroviario tale valore è spesso chiamato potenzialità. In generale si nota che, in un ambiente continuo e omogeneo, la capacità può essere assimilata al flusso massimo; è il caso, per esempio, di un "tubo lineare" nel quale scorre un fluido (modello cui talvolta può essere ricondotta la circolazione stradale). Il problema sorge, invece, quando ci si riferisce ad una tratta ferroviaria, un mezzo di trasporto discontinuo, discreto ed eterogeneo. Il flusso non è dunque più continuo, come in elettricità o in idraulica.

L'analisi si complica ulteriormente nel momento in cui si prende in considerazione una rete ferroviaria, in questo caso la capacità globale non è la somma delle capacità unitarie delle singole tratte anche se questo valore può essere utile per definire un limite superiore.

L'unità di misura della potenzialità è il numero di treni per unità di tempo (treni per giorno, per ora, per anno ...). La circolazione di treni con differenti caratteristiche fisiche (lunghezza, peso) e dinamiche (velocità, coefficienti di frenata, accelerazione) rende il sistema eterogeneo, pertanto la potenzialità è influenzata dalla proporzione e dall'ordine di circolazione dei treni.

Nella tecnica del traffico ferroviario la potenzialità di circolazione delle linee riassume, in un valore numerico, l'insieme

delle caratteristiche dinamiche delle linee considerate nel loro insieme di impianti e di mezzi d'esercizio. Essa è essenziale in fase di programmazione del servizio sia a breve (stesura dell'orario) che a lungo termine (aumento dell'offerta di trasporto, modifiche all'infrastruttura). Pertanto in un'epoca in cui si guarda con estremo interesse all'utilizzo ottimale delle risorse disponibili, il calcolo della potenzialità nella circolazione ferroviaria assume un certo rilievo.

Sempre più spesso, infatti, soprattutto lungo le direttrici principali, si raggiungono flussi elevatissimi in condizioni di traffico perturbate. Diventa, quindi, importante possedere criteri di calcolo che, riproducendo nel modo più fedele possibile la circolazione reale, siano di supporto alla valutazione degli interventi di adeguamento. È per queste ragioni che ogni Amministrazione ferroviaria ha affrontato la questione secondo le proprie esigenze e ognuna ha elaborato una propria formula. Nel 1983 il tema è stato trattato anche dall'ente di normalizzazione ferroviaria U.I.C. con la revisione della Fiche 405 del 1979: "*Méthode destinée a déterminer la capacité de lignes*". Tuttavia le formule ricavate si basano su ipotesi semplificative che rendono i risultati ottenuti difficilmente applicabili ai casi reali. Nella pratica si è, quindi, fatto molto affidamento a metodi empirici e all'esperienza maturata nel corso degli anni.

Con la liberalizzazione del mercato ferroviario, il problema di individuare un metodo univoco per il calcolo della potenzialità delle reti ha assunto una notevole importanza. Infatti, è proprio la capacità della linea, intesa come insieme delle tracce orario, il prodotto che il gestore dell'infrastruttura vende ai vari operatori ferroviari. Per tale ragione la Commissione Europea ha finanziato un progetto, TRIP, con lo scopo di individuare un metodo univoco e applicabile ad ogni realtà facendo particolare riferimento ai corridoi europei.

Per quanto si dirà in seguito si ritiene utile fornire, in accordo con l'ente di normalizzazione ferroviaria U.I.C. alcune definizioni.

✘ *Infrastruttura*: insieme delle installazioni fisse di linea e di stazione che sono necessarie alla circolazione ferroviaria.

✘ *Livello di servizio o di qualità*. È un indice che si riferisce alla puntualità con la quale i treni che viaggiano sull'infrastruttura studiata arrivano a destinazione.<sup>11</sup>

✘ *Traccia orario*. Rappresenta l'occupazione della linea per la circolazione di un treno o per una manovra in linea o in stazione.

✘ *Orario grafico*. È la rappresentazione su un piano cartesiano della circolazione ferroviaria: i tempi in ascisse ed i percorsi in ordinate. Il percorso di un treno (traccia orario) è rappresentato tramite una retta la cui pendenza corrisponde alla velocità media.

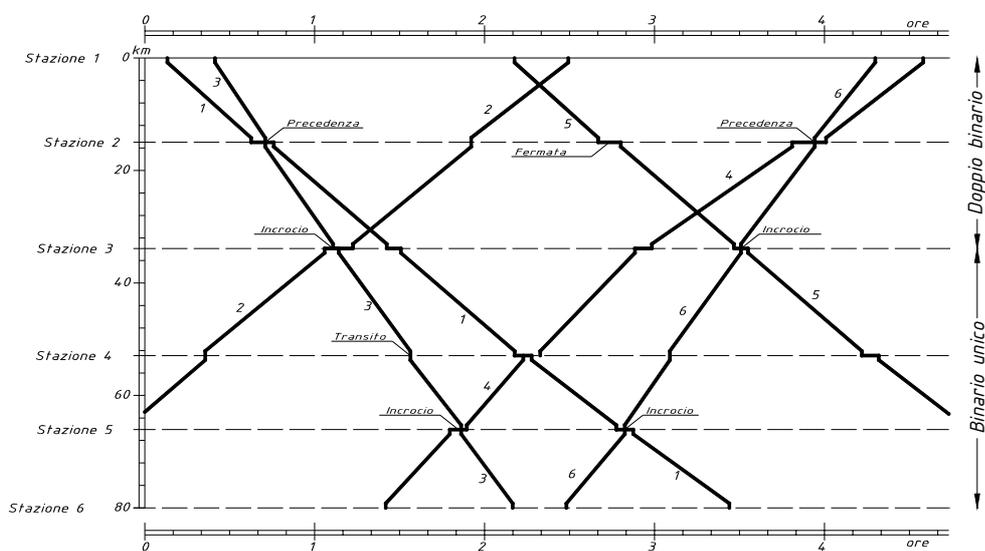


Figura 3-1: La liberalizzazione-Orario grafico

<sup>11</sup> Per la valutazione di questo parametro non sono considerati i ritardi causati da eventi eccezionali o che non dipendono dalla gestione ferroviaria.

*Esempio di orario grafico di una linea con un primo tronco a doppio binario e un secondo a semplice binario. Sono evidenziate le manovre di precedenza e di incrocio.*

### **3.6.2) Potenzialità teorica e pratica**

La *potenzialità di circolazione* è, dunque, il numero di treni che possono circolare su una linea nell'unità di tempo; di solito si riferisce alle 24 ore (*potenzialità giornaliera*) o ad un'ora (*potenzialità oraria*).

Una definizione come quella appena esposta non sembra porre problemi particolari, tuttavia, quando si tratta di associare a questa nozione, degli indicatori univoci e oggettivi nascono alcune difficoltà. In primo luogo bisogna stabilire se il valore che interessa è quello che si riferisce ad una performance ultima o ad una realizzabile quotidianamente. Nel primo caso si parlerà di *potenzialità teorica*, nel secondo di *potenzialità pratica*. In particolare la prima corrisponde al numero massimo di treni che possono transitare in una tratta nell'unità di tempo, questo valore si ha quando la linea è percorsa da una successione di treni che viaggiano alla stessa velocità (*circolazione omotachica*) e con il minor distanziamento possibile.

La figura seguente confronta i due diversi tipi di circolazione: quella omotachica e quella eterotachica. Si vede chiaramente che in una successione di treni con diverse velocità, l'inserimento di uno più lento o più veloce genera una diminuzione consistente delle capacità dell'intera linea.

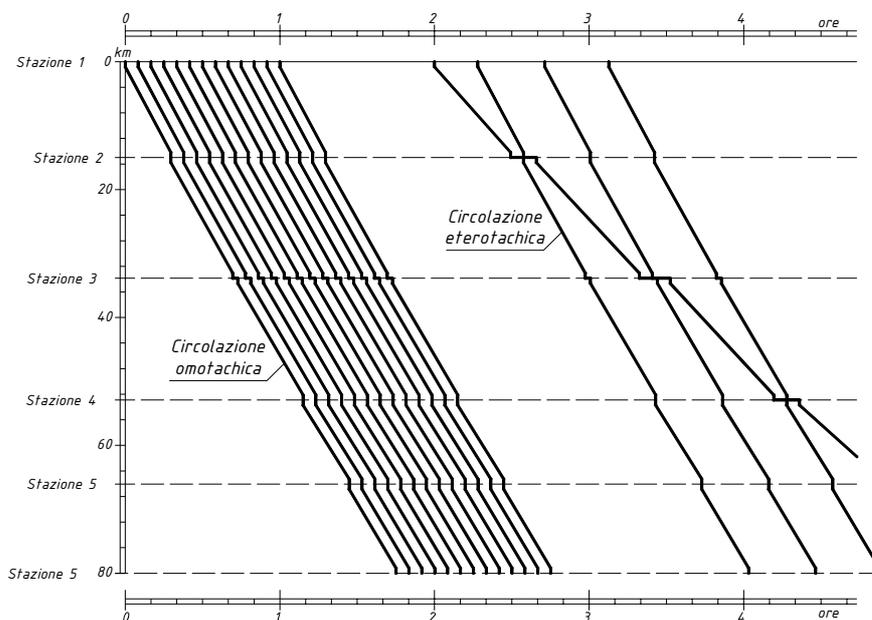


Figura 3-2: La liberalizzazione - Confronto i modelli d'esercizio omotachico ed eterotachico.

Per ragioni di sicurezza la distanza fra due convogli successivi non può mai essere inferiore allo spazio d'arresto del treno più un certo margine di sicurezza. Questi fattori dipendono essenzialmente dalla velocità dei treni e sono assicurati dal sistema di segnalamento e dalle procedure d'esercizio.

La potenzialità pratica, invece, si riferisce al massimo numero di convogli che riescono ad impegnare la rete mantenendo un livello di servizio che, statisticamente, è quello desiderato. In questo caso non si formula nessuna ipotesi sulla marcia dei treni, ognuno dei quali può viaggiare ad una velocità diversa. Inoltre si prendono in considerazione i periodi d'indisposizione della linea per permettere la manutenzione e di tutte le altre necessità pratiche connesse alla circolazione dei treni.

Il calcolo della potenzialità teorica non ha nessun fine pratico se non quello di determinare un limite superiore: una minima perturbazione del flusso, infatti, metterebbe in crisi l'intero traffico sulla linea con un effetto a catena. Quindi il valore che interessa, sia a

livello di gestore dell'infrastruttura, sia a livello d'operatori ferroviari, è quello pratico. Esso prende in considerazione contemporaneamente le reali caratteristiche della circolazione (eterotachica) e i disturbi cui è soggetta (ritardi, rallentamenti, ...); inoltre prevede margini di recupero in modo che la marcia di un treno non previsto o in ritardo interferisca il meno possibile con quella degli altri convogli, così da garantire un certo livello di servizio. L'imprevedibilità delle perturbazioni del servizio implica che la misura della potenzialità di una linea possa essere data solo in termini probabilistici.

Il calcolo della potenzialità pratica è un'operazione strettamente legata alla redazione dell'orario; infatti, sono i vincoli imposti da quest'ultimo (tipologie di treni, recuperi, finestre di manutenzione...) a limitare il numero dei treni. D'altra parte in fase di stesura dell'orario è necessario avere un'idea, anche indicativa, della capacità di una linea per soddisfare la domanda di trasporto. Si deduce quindi che il calcolo della potenzialità pratica di una tratta e la costruzione del relativo orario sono due operazioni fra loro collegate e una non può prescindere dall'altra.

I principali fattori dai quali può dipendere la potenzialità di una tratta ferroviaria possono essere raccolti in quattro grandi gruppi:

1. caratteristiche dell'infrastruttura;
2. caratteristiche del materiale rotabile;
3. l'organizzazione del servizio;
4. livello di qualità previsto.

*Infrastruttura.* Si riconoscono le caratteristiche della linea e la configurazione plano-altimetrica del tracciato che condiziona la velocità ammissibile e quindi il distanziamento fra i treni. Quest'ultimo fattore è influenzato anche dalle caratteristiche degli impianti di sicurezza e dal tipo di segnalamento (sistema di blocco). Determinante è anche il numero dei binari disponibili: nelle linee a

semplice binario il fatto che, nei tratti compresi fra due stazioni, possa viaggiare un solo treno riduce notevolmente la capacità. Assume, quindi, grande rilievo la distanza fra due stazioni attrezzate per le manovre d'incrocio. Nelle linee a doppio binario, invece, la presenza di convogli caratterizzati da velocità molto differenti può rendere necessario il sorpasso di un treno lento da parte di uno veloce (manovra di precedenza). Risulta così determinante la distanza fra due stazioni (posti di movimento) abilitate a compiere tale operazione.

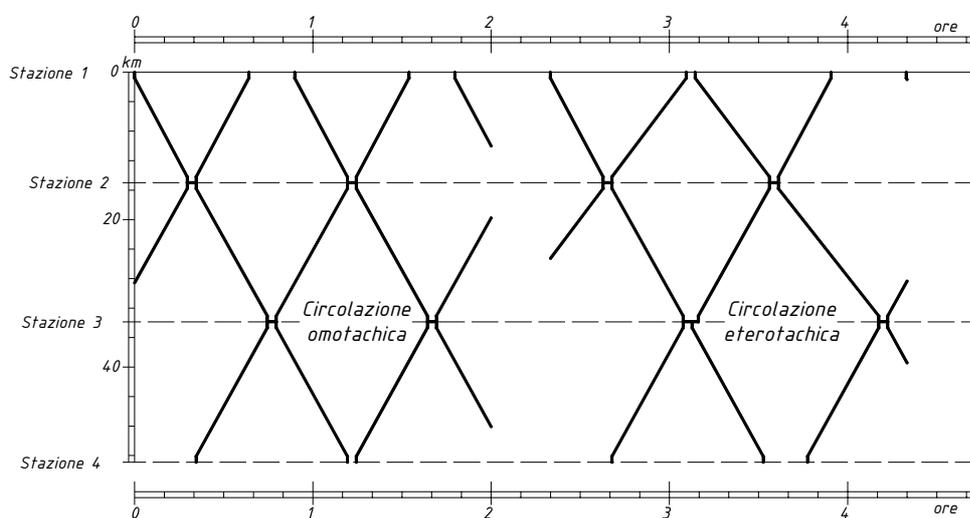


Figura 3-3: La liberalizzazione - Esempio di circolazione omotachica ed eterotachica in una linea a semplice binario

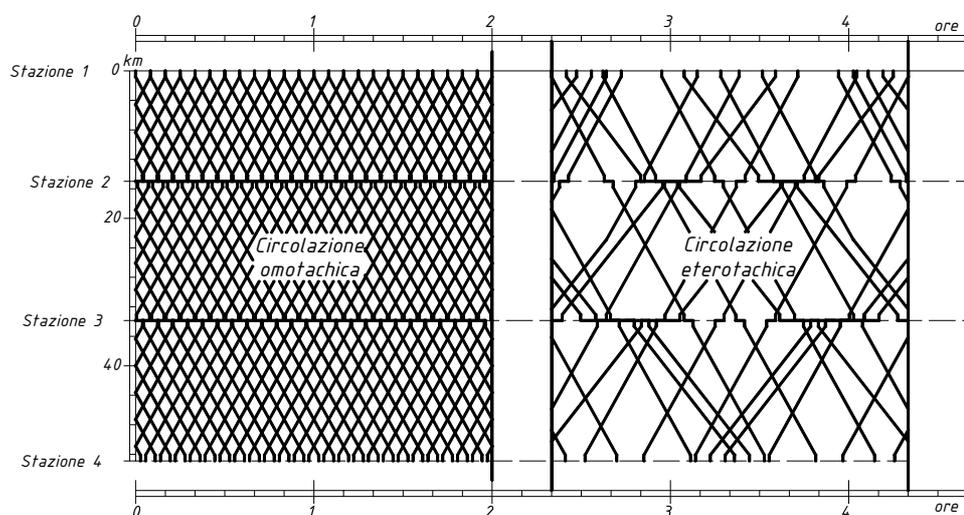


Figura 3-4: La liberalizzazione - Esempio di circolazione omotachica ed eterotachica in una linea a doppio binario.

Altre limitazioni alla potenzialità sono causate dalla tipologia di intersezioni fra linee diverse: un treno che percorre un bivio a salto di montone non interferisce con la circolazione che avviene nel binario opposto come invece accade nel caso di un bivio a raso. Nelle linee elettrificate la velocità di percorrenza è influenzata anche dalla potenza disponibile del sistema di alimentazione (numero e distanza delle sottostazioni, sezione della linea di contatto...).

*Materiale rotabile.* Influenti sono le prestazioni dei mezzi di trazione (potenza, velocità, accelerazione e decelerazione) oltre al livello di regolarità di marcia dei treni, che può essere mantenuto in relazione agli impianti, ai mezzi e al personale, di cui la linea dispone. Inoltre sono influenti anche le caratteristiche fisiche, come lunghezza e peso, e dinamiche dei treni (velocità, accelerazione).

*Organizzazione del servizio.* Come si può vedere in Figura 3-3 e in Figura 3-4, determinanti sono il numero delle varie tipologie di treni

previste nell'orario (regionali, InterCity, ...) e le loro velocità. Al loro aumentare ci si discosta, infatti, sempre di più dal caso di circolazione omotachica, in cui la potenzialità è massima. Cresce anche la necessità di effettuare precedenza<sup>12</sup> e sono necessarie interruzioni programmate del traffico per consentire la manutenzione dell'infrastruttura. In linea di massima queste "finestre" riducono a  $20 \div 22$  ore l'efficienza giornaliera della linea, anche se talvolta sono concentrate nei giorni di minor traffico (domenica e festivi). Esse incidono comunque sulla potenzialità di lungo periodo. La capacità può essere influenzata anche da vincoli imposti dall'orario per scopi commerciali, come il cadenzamento delle partenze o la scelta di un certo orario di partenza, d'arrivo o di transito in una stazione. Tali decisioni possono rendere più difficile l'ottimizzazione dell'infrastruttura o, anche, provocare delle riduzioni di capacità.

*Livello di servizio.* Per mantenere buoni standard qualitativi è necessario limitare al minimo tutti quei fattori che possono determinare ritardi. Questi possono essere causati o da inconvenienti accaduti al convoglio stesso (problemi dovuti all'infrastruttura, al materiale rotabile, alla clientela...) o da inconvenienti occorsi ad un treno che lo precede e che, viaggiando in ritardo, influenza la marcia del primo. Non essendo possibile eliminare tutte le cause dei ritardi, si cerca di prevenire questo fenomeno a catena. Nella pratica s'interviene in due modi:

1. si aumenta il tempo di percorrenza di un treno per permettergli di recuperare, almeno una parte dell'eventuale ritardo (allungamenti di percorrenza);
2. si accresce il distanziamento di due treni successivi in modo che se l'eventuale ritardo del primo è contenuto, il

---

<sup>12</sup> Per esempio, un treno limitato a  $200 \text{ km/h}$  sulla linea ad alta velocità atlantica fra Tours e

secondo non ne viene influenzato (distanziamento maggiorato).

Infine bisogna considerare l'effetto rete, ovvero le interferenze che le altre linee nei nodi e le condizioni di traffico nelle stazioni esercitano sul tratto in esame. Prendere in esame questo fattore è praticamente impossibile se lo studio non è condotto tramite una procedura che consideri la circolazione sull'intera rete cioè senza l'utilizzo di sistemi di simulazione.

A causa della molteplicità dei fattori eterogenei che influiscono sul suo valore, la potenzialità di una linea è una grandezza in genere non ben definibile in senso assoluto. Più precisamente: non è possibile affermare che la capacità di una linea sia di  $x$  treni al giorno, prescindendo dalle caratteristiche di questi e dal loro orario. In condizioni di circolazione omotachica, infatti, una linea potrebbe avere una potenzialità di  $100$  treni/giorno, ma l'inserimento di un treno più veloce o più lento degli altri farebbe diminuire il valore, ad esempio, a  $95$  treni/giorno.

### 3.6.3) *Il prospetto informativo della rete*

Il gestore dell'infrastruttura mette a disposizione delle imprese ferroviarie interessate la propria infrastruttura per l'utilizzazione secondo le sue necessità e con le regole comunitarie.

A questo fine il gestore dell'infrastruttura elabora e pubblica un *prospetto informativo della rete (PIR)*, che illustra le caratteristiche dell'infrastruttura disponibile per le imprese ferroviarie. Il prospetto informativo della rete contiene le seguenti informazioni:

- ✦ le caratteristiche dell'infrastruttura disponibile e le condizioni di accesso alla stessa;

---

Parigi occupa l'infrastruttura come una batteria di 8 treni *TGV* a  $300$  km/h.

- ✘ i principi di imposizione del pedaggio, contenente informazioni dettagliate sul sistema di tariffazione e informazioni sufficienti sui diritti applicabili ai servizi;
- ✘ i principi e i criteri di assegnazione della capacità, che illustra le caratteristiche generali di capacità dell'infrastruttura disponibile per le imprese ferroviarie e le eventuali restrizioni al suo utilizzo, comprese quelle dovute ad interventi di manutenzione. Esso specifica anche procedure e scadenze in materia di assegnazione della capacità e indica i criteri specifici applicabili.

Il prospetto informativo della rete è tenuto aggiornato e se necessario modificato ed è pubblicato almeno quattro mesi prima della scadenza del termine per la presentazione delle richieste di capacità di infrastruttura.

#### *3.6.4) L'assegnazione della capacità di infrastruttura*

La capacità di infrastruttura è assegnata dal gestore dell'infrastruttura sotto forma di tracce orario e, una volta assegnata ad un richiedente, non può essere trasferita dal beneficiario ad un'altra impresa o servizio. Il richiedente può essere un'impresa ferroviaria titolare di una licenza o un'associazione internazionale di imprese ferroviarie. Alcuni Stati membri prevedono la possibilità di concedere capacità di infrastruttura ad altre persone fisiche o giuridiche se queste hanno un interesse di pubblico servizio o commerciale come autorità pubbliche, nonché i caricatori, gli spedizionieri e gli operatori di trasporti combinati.

E' assolutamente vietata la vendita o lo scambio di capacità di infrastruttura, il mancato rispetto di tale norma ha come conseguenza l'esclusione da una nuova assegnazione di capacità. L'utilizzo della

capacità da parte di un'impresa ferroviaria nello svolgimento delle attività di un richiedente che non è un'impresa ferroviaria non è considerato un trasferimento.

Il diritto di utilizzare determinate tracce orario può essere concesso solo per una durata massima non superiore a quella di un orario di servizio, tuttavia è possibile concludere accordi quadro per l'acquisto di capacità di infrastruttura anche per periodi superiori alla vigenza di un orario di servizio. Generalmente gli accordi quadro sono conclusi per un periodo di cinque anni. L'accordo quadro non specifica una linea ferroviaria o tracce orario nei dettagli, ma mira a rispondere alle legittime esigenze commerciali del richiedente. Gli accordi quadro non devono tuttavia ostacolare l'utilizzo dell'infrastruttura da parte di altri richiedenti o servizi.

I diritti ed obblighi rispettivi dei gestori dell'infrastruttura e dei richiedenti in materia di assegnazione della capacità sono definiti in contratto o per via normativa.

Il gestore dell'infrastruttura svolge le procedure di assegnazione della capacità ed assicura che la capacità di infrastruttura sia assegnata equamente, in modo non discriminatorio e nel rispetto del diritto comunitario.

Se il gestore dell'infrastruttura non è indipendente dalle imprese ferroviarie sul piano giuridico, organizzativo o decisionale, l'assegnazione delle tracce orario è gestita da un organismo indipendente appositamente creato.

I gestori dell'infrastruttura e gli organismi preposti all'assegnazione della capacità sono tenuti al rispetto della riservatezza commerciale delle informazioni ricevute.

Nel PIR il Gestore dell'Infrastruttura può riportare condizioni a tutela delle sue legittime aspettative circa le future entrate e l'utilizzo dell'infrastruttura. Queste riguardano esclusivamente la prestazione di

una garanzia finanziaria proporzionale al livello di attività previsto dal richiedente e devono essere congrue, trasparenti e non discriminatorie.

I richiedenti possono chiedere capacità di infrastruttura su più reti rivolgendosi ad un solo gestore dell'infrastruttura, che in questo caso può agire per conto dell'Impresa Ferroviaria, nella ricerca di capacità presso altri gestori dell'infrastruttura in questione.

I Gestori dell'Infrastruttura sono tenuti, infatti, a cooperare per consentire la creazione e l'assegnazione di efficienti tracce orario su itinerari che attraversano più di una rete. Essi organizzano linee ferroviarie internazionali, in particolare nel quadro della Rete ferroviaria transeuropea per il trasporto di merci. La procedura definita per coordinare l'assegnazione della capacità di infrastruttura a livello internazionale associa rappresentanti dei gestori di tutte le infrastrutture ferroviarie.

Il gestore dell'infrastruttura soddisfa per quanto possibile tutte le richieste di capacità di infrastruttura, comprese quelle concernenti le linee ferroviarie su più reti e tiene conto per quanto possibile di tutti i vincoli che gravano sui richiedenti, compresa l'incidenza economica sulla loro attività e può, nell'ambito della procedura di programmazione e coordinamento, accordare la priorità a servizi specifici, ma soltanto nei casi di infrastruttura satura o specializzata.

Se nel corso della programmazione il gestore dell'infrastruttura constata l'esistenza di richieste in conflitto fra di loro, si adopera per conciliare al massimo tutte le esigenze e può proporre, entro limiti ragionevoli, capacità di infrastruttura diverse da quelle richieste.

Se dopo il coordinamento delle linee ferroviarie richieste e la consultazione con i richiedenti non è possibile soddisfare adeguatamente le richieste, il gestore deve dichiarare che quella infrastruttura è saturata. Tale dichiarazione è emessa anche per

un'infrastruttura che è prevedibile sia insufficiente in un prossimo futuro.

Quando l'infrastruttura è stata dichiarata saturata, il gestore applica criteri di priorità per assegnare la capacità di infrastruttura, tenendo conto dell'importanza di un servizio per la società, rispetto ad altri servizi che saranno di conseguenza esclusi.

Gli Stati, per garantire lo sviluppo di adeguati servizi di trasporto, in particolare per il servizio pubblico o per favorire lo sviluppo del trasporto di merci per ferrovia, possono disporre affinché venga data la priorità a questi servizi, eventualmente concedendo ai gestori dell'infrastruttura una compensazione per l'eventuale perdita di proventi.

Il gestore dell'infrastruttura valuta anche la necessità di tenere a disposizione, nell'ambito dell'orario definitivo di servizio, capacità di riserva per poter rispondere rapidamente a prevedibili richieste straordinarie specifiche (richieste ad hoc). Ciò vale anche per le infrastrutture saturate. L'informazione fornita sulla capacità disponibile di riserva è comunicata a tutti i richiedenti eventualmente interessati ad utilizzare questa capacità. Il gestore dell'infrastruttura risponde a richieste ad hoc concernenti singole linee ferroviarie quanto prima e, comunque, entro cinque giorni lavorativi.

Nelle linee sature, il gestore dell'infrastruttura può ritirare le tracce orario ad un operatore se, per un periodo di almeno un mese, questo le abbia utilizzate al di sotto di una soglia minima fissata nel prospetto informativo della rete, a meno che il mancato utilizzo non sia riconducibile a fattori di carattere non economico che sfuggano al controllo dell'operatore. Il Gestore può specificare, nel prospetto informativo della rete, le condizioni in base alle quali terrà conto dei precedenti livelli di utilizzo delle linee ferroviarie nella determinazione delle priorità nella procedura di assegnazione.

Nell'ambito della procedura di programmazione il gestore dell'infrastruttura, inoltre, riserva capacità di infrastruttura per la manutenzione programmata della rete.

Nell'eventualità di perturbazioni della circolazione dei treni a causa di problemi tecnici o incidenti, il gestore dell'infrastruttura deve adottare tutte le misure necessarie per il ripristino della normalità, elaborando un piano d'intervento. In caso di emergenza e se assolutamente necessario a causa di un guasto che rende l'infrastruttura temporaneamente inutilizzabile, le tracce orarie assegnate possono essere ritirate senza preavviso per tutto il tempo necessario per la riparazione degli impianti. Il gestore dell'infrastruttura può anche richiedere alle imprese ferroviarie di mettere a sua disposizione le risorse che egli ritiene più appropriate al fine di ripristinare al più presto la normalità.

### *3.6.5) Pedaggi per l'utilizzo dell'infrastruttura*

Il gestore dell'infrastruttura determina il pedaggio dovuto per l'utilizzo dell'infrastruttura e procede alla loro riscossione. Se il gestore dell'infrastruttura non è indipendente da un'impresa ferroviaria sul piano giuridico, organizzativo o decisionale, la riscossione del pedaggio è svolta da un apposito organismo indipendente dalle imprese ferroviarie sul piano giuridico, organizzativo e decisionale.

L'applicazione del sistema di imposizione comporta diritti equivalenti e non discriminatori per le diverse imprese ferroviarie che prestano servizi di natura equivalente su una parte simile del mercato e che le tariffe effettivamente applicati siano conformi alle regole di cui al prospetto informativo della rete.

Le imprese ferroviarie hanno diritto, su base non discriminatoria, al pacchetto minimo di accesso che comprende:

- ✗ trattamento delle richieste di capacità di infrastruttura;
- ✗ diritto di usare la capacità concessa;
- ✗ uso di scambi e raccordi;
- ✗ gestione della circolazione del treno, compresa segnalazione, regolazione, smistamento, nonché comunicazione e fornitura di informazioni sulla circolazione dei treni;
- ✗ tutte le altre informazioni necessarie per la realizzazione o la gestione del servizio per il quale è stata concessa la capacità.

Inoltre hanno diritto a ulteriori servizi forniti su base non discriminatoria che il Gestore dell'Infrastruttura è tenuto ad erogare a meno che non esistano alternative valide alle medesime condizioni di mercato. Questi servizi comprendono:

- ✗ uso del sistema di alimentazione elettrica per la corrente di trazione, ove disponibile;
- ✗ impianti di approvvigionamento di combustibile;
- ✗ stazioni passeggeri, loro edifici ed altre strutture;
- ✗ scali merci;
- ✗ scali di smistamento;
- ✗ aree di composizione dei treni;
- ✗ stazioni di deposito;
- ✗ centri di manutenzione e altre infrastrutture tecniche.

Se il gestore dell'infrastruttura fornisce dei servizi complementari, egli deve fornirli a richiesta anche all'impresa ferroviaria. Esempi tipici di servizi complementari sono:

- ✗ corrente di trazione;
- ✗ preriscaldamento dei treni passeggeri;
- ✗ fornitura di combustibile, servizio manovra e tutti gli altri servizi forniti presso le infrastrutture di accesso alla rete;
- ✗ contratti su misura per il controllo dei trasporti di merci pericolose o l'assistenza alla circolazione di treni speciali.

I prezzi dei servizi complementari, sono fissati in base alla situazione della concorrenza nel settore dei trasporti ferroviari. Le imprese ferroviarie possono chiedere al gestore dell'infrastruttura o ad altri fornitori ulteriori servizi ausiliari quali accesso alla rete di telecomunicazioni, fornitura di informazioni complementari, ispezione tecnica del materiale rotabile. In questo caso, però, il gestore dell'infrastruttura non è obbligato a fornire questi servizi.

I diritti per l'utilizzo dell'infrastruttura ferroviaria sono pagati al gestore dell'infrastruttura che li usa per finanziare le sue attività.

I diritti per il pacchetto minimo di accesso e per l'accesso ai servizi sulla linea sono stabiliti al costo direttamente legato alla prestazione del servizio ferroviario.

Il costo di una traccia orario può variare e in particolare può includere un elemento che rispecchi la penuria di capacità dell'infrastruttura nei periodi di congestione. Il prezzo può essere modificato anche per tener conto del costo degli effetti ambientali causati dalla circolazione dei treni. Tale modifica è modulata in funzione dell'entità dell'effetto prodotto.

Un sistema di penali ed incentivi incoraggia le imprese ferroviarie e il gestore dell'infrastruttura a ridurre al minimo le perturbazioni della circolazione e a migliorare le prestazioni della rete ferroviaria, così si prevedono sanzioni per atti che perturbano il funzionamento della rete, compensazioni per le imprese vittime di perturbazioni non da loro causate nonché premi in caso di prestazioni superiori alle previsioni.

I gestori dell'infrastruttura possono richiedere il pagamento della traccia orario non utilizzata, ma richiesta. Tale diritto serve a incentivare un utilizzo efficiente della rete.

I gestori dell'infrastruttura debbono essere permanentemente in grado di indicare a qualsiasi interessato la capacità d'infrastruttura assegnata alle imprese ferroviarie utilizzatrici.

### **3.6.6) Determinazione dei pedaggi**

Le tariffe applicate per i pedaggi sono determinate dai singoli Stati sulla base dei criteri generali precedentemente esposti che permettono comunque di stabilire diversi modi di valutazione e quindi diversi valori del pedaggio a seconda delle politiche applicate da ogni Stato. In genere la determinazione del pedaggio risulta alquanto complessa, tenuto conto della grande varietà di elementi che possono essere presi in considerazione.

Come esempio si riassume la modalità di calcolo prevista in Italia, definita dal Ministero dei Trasporti e della Navigazione con il Decreto Ministeriale “*Determinazione dei criteri di determinazione del canone di utilizzo dell'infrastruttura ferroviaria*” del 21 Marzo 2000.

Il decreto disciplina i criteri di determinazione del canone di utilizzo dell'infrastruttura ferroviaria, in tutti i casi di utilizzazione previsti delle disposizioni vigenti.

L'intera rete ferroviaria italiana è suddivisa, ai fini della determinazione del canone, in tre categorie:

- a) rete fondamentale;
- b) rete complementare;
- c) nodi.

La rete fondamentale comprende una serie di tratte commerciali (esattamente 78) individuate in un apposito allegato tecnico e sostanzialmente è composta dalle linee italiane a maggior traffico.

La rete complementare è considerata dal punto di vista tariffario come un'unica tratta, ma a sua volta è divisa in:

- a) *rete secondaria*, comprendente linee ferroviarie caratterizzate da traffico contenuto

- b) *rete a scarso traffico*, comprendente linee ferroviarie caratterizzate da traffico molto limitato, poiché localizzate in aree a domanda strutturalmente debole;
- c) *linee a spola*, sulle quali vengono effettuati servizi di andata e ritorno con una certa frequenza e senza intersezione di tracce in località intermedie.

Le varie tratte indicate precedentemente sono anch'esse individuate in appositi allegati tecnici.

I nodi sono aree caratterizzate da un'alta concentrazione di impianti e di linee ferroviarie, spesso confluenti, riportati in un allegato tecnico che esplicita, per ciascuno di essi, le località che ne delimitano il perimetro.

Le prestazioni comprese nel canone dovute dal gestore dell'infrastruttura, a fronte della corresponsione del pedaggio, sono le seguenti:

- a) Allocazione della capacità e predisposizione dell'orario;
- b) Accesso ai binari e agli impianti per l'utilizzo della traccia oraria, ivi compreso lo stazionamento presso questi ultimi entro un limite di tempo adeguato, prefissato nelle "condizioni generali del contratto" e comunque non inferiore a quello già accordato ad altri licenziatari;
- c) Uso della linea ferroviaria, della catenaria e delle sottostazioni elettriche;
- d) Regolazione della circolazione nei limiti temporali degli orari di apertura degli impianti resi pubblici dal gestore dell'infrastruttura;
- e) Informazioni di base, come Origine, Destinazione, Itinerario, Instradamento, Fermate, Orari di arrivo e partenza, Binari di partenza e arrivo, giorni di

circolazione e tutte le loro eventuali variazioni con i relativi motivi.

Il canone per ciascuna traccia oraria per cui è stato richiesto e riconosciuto l'accesso è determinato in base a:

- 1) qualità delle linee ferroviarie utilizzate;
- 2) caratteristiche e prestazioni del convoglio utilizzato influenti sull'usura degli impianti;
- 3) consumo energetico del convoglio di cui al punto precedente, legato alla tipologia di trazione da esso utilizzata.

Il canone per ciascuna traccia oraria si compone quindi della somma di varie parti:

- 1) parte relativa alla tratta o al nodo: cioè il costo di accesso a ciascuna tratta e a ciascun nodo interessati; tale costo tiene conto della qualità dell'infrastruttura
- 2) parte relativa a chilometro o minuto: cioè il costo di utilizzo dell'infrastruttura ferroviaria in funzione dei chilometri di percorrenza su ciascuna tratta e dei minuti di permanenza all'interno del perimetro di ciascun nodo interessati dalla traccia
- 3) parte per consumo energetico: cioè il costo per il consumo dell'energia elettrica per la trazione in funzione dei chilometri di percorrenza, sia sulle tratte che sui nodi interessati dalla traccia.

Il costo complessivo della parte relativa alla tratta o al nodo viene calcolato con la formula:

$$\sum_{j=1}^n val^F_j + \max(val^C_k) + \sum_{r=1}^t val^N_t \quad \text{con } k=1, 2, \dots, q$$

cioè come somma di tre termini: il primo è la sommatoria dei costi unitari di accesso a ogni tratta della rete fondamentale che viene attraversata dalla traccia, il secondo è il costo di accesso alla rete complementare calcolato come il valore massimo tra i valori unitari corrispondenti alle linee della rete secondaria, a quelle della rete a scarso traffico e/o alle linee a spola attraversate dalla traccia, il terzo è la sommatoria dei costi unitari di accesso a ogni nodo attraversato dalla traccia. I singoli valori sono indicati in appositi allegati economici. Orientativamente il costo di accesso a ogni tratta fondamentale e a ogni nodo è di circa 50 euro e circa 25 per la rete complementare.

Il costo complessivo della parte a chilometro o minuto di cui al precedente punto 2) è la somma dei seguenti importi:

- a) l'importo legato alla distanza chilometrica riferita alla traccia oraria sulle tratte da essa impegnate;
- b) l'importo legato al tempo di impegno dell'infrastruttura ferroviaria, da parte della traccia, all'interno del perimetro di ciascun nodo.

L'importo di cui al precedente lettera a), viene calcolato come somma di una parte relativa alla rete fondamentale e una relativa alla rete complementare. Per percorrenze su tratte della rete fondamentale si calcola con la formula:

$$Pbasekm^F \cdot \sum_{j=1}^n \sum_{w=1}^s km^F_{jw} \cdot (\alpha_1 \cdot Pvelocità + \alpha_2 \cdot Pdensità + \alpha_3 Pusura)$$

$$\text{con } \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$$

Cioè come prodotto del prezzo base chilometrico sulla rete fondamentale (un euro per chilometro), moltiplicato per la sommatoria dei chilometri dei percorsi su ogni tratta e in ciascuna fascia oraria di

circolazione, opportunamente corretti. Infatti sono individuate tre fasce orarie (6-9, 9-22, 22-6) e per ciascuna di esse in ogni tratta della rete fondamentale sono definite delle velocità omotachiche ottimali e dei coefficienti di densità per tener conto dell'affollamento. Sono quindi definiti tre parametri: il primo  $P_{velocità}$  tiene conto dello scostamento della velocità del treno da quella ottimale in quella tratta e fascia oraria, il secondo  $P_{densità}$  tiene conto della densità di traffico in quella tratta e fascia oraria, il terzo  $P_{usura}$  tiene conto dell'usura basandosi sul peso del treno, la sua velocità e il numero dei pantografi. La media pesata di questi tre parametri è il coefficiente correttivo delle percorrenze chilometriche in quella tratta e in quella fascia oraria.

Per percorrenze sulla rete complementare l'importo viene calcolato come prodotto del prezzo base unitario per km di linea ferroviaria interessata dalla traccia, ovunque situata all'interno della rete complementare, moltiplicato per i chilometri di percorrenza, associati alla traccia oraria, sulla rete complementare in qualsiasi fascia oraria:

$$P_{basekmC} \cdot kmC.$$

I valori risultanti dall'applicazione delle formule precedenti, nel caso di percorrenze sia su rete fondamentale che su rete complementare, vanno addizionati fra loro a comporre l'importo finale complessivo di cui alla precedente lettera a) relativo ai chilometri percorsi.

L'importo di cui alla precedente lettera b) relativo ai nodi, viene calcolato secondo la formula:

$$P_{baseminuto}^N \cdot \sum_{r=1}^t \sum_{p=1}^h \text{minuti}_{rp} \cdot \varphi \cdot p \cdot \Psi_r$$

Cioè viene calcolato come prodotto del prezzo base unitario per minuto di permanenza in un nodo per la sommatoria dei minuti di permanenza all'interno di ogni nodo durante ogni fascia oraria, corretti da

un coefficiente che tiene conto della densità di traffico in quella fascia e un altro che tiene conto dell'utilizzo della stazione principale del nodo.

Il costo complessivo della parte per consumo energetico è calcolato come prodotto del costo a chilometro della trazione elettrica per la somma dei chilometri percorsi nella rete fondamentale, complementare e nei nodi:

$$\left( \sum_{j=1}^n km^{FE}_j + km^{CE} + \sum_{r=1}^t km^{NE}_r \right) \cdot P_{base} km^E$$

Il costo a chilometro per la trazione elettrica può variare a seconda del prezzo medio di vendita per kwh praticato al gestore dell'infrastruttura

Il canone complessivo di una singola traccia oraria è quindi pari alla somma dei valori calcolati ai precedenti punti.

Come si vede è un calcolo complesso e articolato in funzione della varietà della rete italiana e dei livelli di congestione del traffico in particolare in certi nodi.

Per reti meno complesse il procedimento ha qualche semplificazione pur facendo riferimento ai criteri base prima evidenziati.

Per esempio in Svizzera vige un unico sistema di pedaggi per le infrastrutture della FFS SA (Ferrovie Federali Svizzere), ma anche su quelle di altre Società come quelle della Thurbo, della STB, della ferrovia portuale del Cantone di Basilea città (HBS), della ferrovia portuale del Cantone di Basilea campagna (HBL) e della BLS SA.

Il prezzo del pedaggio per le prestazioni di base, si compone anche qui di diversi addendi, ciascuno relativo a un diverso aspetto: la manutenzione conseguente all'usura, la gestione della circolazione, la fornitura dell'energia, all'uso dei nodi. In particolare la quota relativa alla manutenzione è riferita ad un prezzo unitario moltiplicato per le tonnellate lorde-chilometro (Btkm). Da rilevare che per il traffico merci combinato è prevista una tariffa agevolata. La quota afferente al servizio di gestione della circolazione è invece riferita alle tracce-chilometro, cioè ai chilometri percorsi da ogni treno, secondo un prezzo chilometrico unico

qualunque siano le linee percorse. La quota per la fornitura di energia è commisurata alle tonnellate lorde-chilometro (Btkm) del treno, con una tariffa base per l'esercizio di giorno dalle 6 alle 22, diversificata a seconda del Gestore dell'Infrastruttura e dalla tipologia del treno (maggiore per i treni con numerose fermate ed avviamenti). Nel periodo notturno sono praticati sconti di circa un terzo. Sono infine previsti i supplementi per i nodi, per ogni arrivo o partenza, diversificati a seconda che si tratti di nodo grande oppure di nodo piccolo.

Sono naturalmente previsti numerosi supplementi per le prestazioni eccedenti dal servizio base ed esiste anche uno sconto per la circolazione di veicoli risanati fonicamente, cioè con ridotta emissione sonora. Il bonus per il rumore non è un elemento del prezzo delle tracce, ma è una sovvenzione della Confederazione limitata nel tempo.

Appare quindi la complessità pratica della concessione delle tracce e della valutazione del costo del pedaggio, specialmente se si intende effettuare treni che percorrono tratti soggetti a diversi Gestori di Infrastruttura. Per semplificare le cose alle Imprese richiedenti, è stato concretizzato il principio dello sportello unico (one stop shop). L'Impresa che richiede un treno su più infrastrutture può rivolgersi a uno solo dei Gestori interessati, che si incarica di richiedere agli altri Gestori la concessione della traccia e i costi del pedaggio.

### ***3.6.7) Organismo di regolamentazione***

Gli Stati membri istituiscono un organismo di regolamentazione indipendente, sul piano organizzativo, giuridico, decisionale e della strategia finanziaria, dai gestori dell'infrastruttura, dalle Imprese Ferroviarie, dagli organismi preposti alla determinazione dei pedaggi, dagli organismi preposti all'assegnazione delle tracce orario.

Eventualmente questo ruolo può essere svolto dal Ministero dei Trasporti.

Le Imprese Ferroviarie possono ricorrere all'organismo di regolamentazione se ritengono di essere state vittime di un trattamento ingiusto, di discriminazioni o di qualsiasi altro pregiudizio, da parte del Gestore dell'Infrastruttura o eventualmente da parte di altre Imprese ferroviarie in relazione a:

- ✗ prospetto informativo della rete e criteri in esso contenuti;
- ✗ procedura di assegnazione e relativo esito;
- ✗ sistema di imposizione del pedaggio;
- ✗ entità del pedaggio per l'utilizzo;
- ✗ accordi per l'accesso.

L'organismo di regolamentazione garantisce che i pedaggi fissati dal gestore dell'infrastruttura siano conformi alla normativa e non siano discriminatori. L'organismo di regolamentazione ha facoltà di chiedere le informazioni utili al gestore dell'infrastruttura, ai richiedenti e a qualsiasi altra parte interessata.

L'organismo di regolamentazione deve decidere sui reclami e adottare le misure necessarie per rimediare alla situazione entro due mesi dal ricevimento di tutte le informazioni e la decisione dell'organismo di regolamentazione è vincolante per tutte le parti cui è destinata.

In caso di ricorso contro un rifiuto di concessione di capacità di infrastruttura o contro le condizioni di una proposta di capacità, l'organismo di regolamentazione può concludere che non è necessario modificare la decisione del gestore dell'infrastruttura o che essa deve essere modificata secondo gli orientamenti precisati dall'organismo stesso.

## **4) L'INTEROPERABILITÀ**

### **4.1) LA NECESSITÀ DI SUPERARE LE BARRIERE TECNICHE**

**P**er interoperabilità ferroviaria si intende la capacità del sistema ferroviario transeuropeo di consentire la circolazione sicura e senza soluzione di continuità di treni all'interno di tutti i paesi membri secondo regole comuni ed utilizzando tecnologie il quanto più possibile uniformi. Evidentemente tale capacità si fonda su un insieme di condizioni regolamentari, tecniche ed operative.

L'interoperabilità ferroviaria non è un concetto nuovo; infatti come si è visto nel primo capitolo già ai primordi si è sentita l'opportunità e la necessità di effettuare trasporti ferroviari fra diverse compagnie nazionali e questo ha portato alla stesura di specifici accordi riguardanti sia gli aspetti politico – amministrativi sia quelli tecnici. I criteri alla base di tali accordi garantivano l'interoperabilità del materiale rimorchiato (carri merci e vagoni viaggiatori) ma lasciavano alle singole reti nazionali, monopoliste e per lo più statali, la gestione del trasporto con i propri mezzi e il proprio personale, specificatamente concepiti ed addestrati secondo le proprie regole. Questo tipo di organizzazione mal si concilia con la nuova concezione di ferrovia europea promossa dalla Comunità; infatti le diversità tecnologiche e regolamentari fra le varie reti costituiscono un enorme ostacolo all'entrata nel mercato internazionale di nuovi operatori. Per queste ragioni l'Unione Europea ha ritenuto necessario rimuovere le barriere costituite dalle differenze tecnologiche che impediscono la

circolazione dei mezzi di trazione e del personale al fine di realizzare quindi una più completa interoperabilità dei treni completi.

Nell'ambito del presente lavoro di ricerca, il problema dell'interoperabilità è affrontato secondo due diverse ottiche: la prima riguarda l'aspetto più propriamente legislativo e normativo ed è l'oggetto del presente capitolo; la seconda, nel successivo capitolo, è invece focalizzata sull'aspetto più propriamente tecnico ovvero sulle nuove soluzioni tecnologiche attualmente a disposizione per la migrazione verso un sistema interoperabile.

L'illustrazione del sistema legislativo appare particolarmente importante; infatti per armonizzare i regolamenti e le procedure nazionali è necessaria un'iniziativa comunitaria, l'unica che può garantire il riconoscimento transnazionale. I concetti e i principi contenuti nelle Direttive, dettagliati poi nelle Specifiche Tecniche e nelle EuroNorme EN, sono la base sulla quale sono elaborate le nuove tecnologie necessarie per garantire l'interoperabilità ferroviaria e saranno la guida per i suoi ulteriori sviluppi.

Prima di andare nel dettaglio dei contenuti delle Direttive, appare utile premettere qualche riga sulla filosofia con la quale è organizzato il corpo legislativo e normativo. Questa si riferisce allo spirito del cosiddetto "Nuovo Approccio"<sup>13</sup> che prevede l'emanazione da parte della Comunità di Direttive che illustrano i requisiti essenziali del prodotto finito senza scendere nei dettagli nel prodotto stesso. Queste, che sono approvate sia dal Parlamento europeo sia dalla Commissione, sono cogenti e devono obbligatoriamente essere recepite da ogni Paese membro con apposita risoluzione dei Parlamenti nazionali. La procedura di approvazione di una Direttiva, e la sua successiva ratifica, è quindi un'operazione abbastanza lunga e complessa: è questa la

---

<sup>13</sup> Si veda a tal proposito anche il paragrafo 4.1 relativo alla Normativa tecnica europea.

ragione per la quale nelle Direttive si è scelto di non trattare argomenti di dettaglio, e quindi verosimilmente soggetti a modifiche relativamente frequenti, ma solo di affrontare le prestazioni che devono essere garantite. Generalmente il livello tecnico è lasciato alle normative tecniche armonizzate EN (EuroNorme) che non sono di per sé obbligatorie, ma se osservate, garantiscono il soddisfacimento dei requisiti delle Direttive.

Nel caso dell'Interoperabilità Ferroviaria si è ritenuto comunque che fosse indispensabile esplicitare in maniera più precisa i requisiti tecnici necessari di quanto si potesse fare con le Direttive. E' stata prevista l'emissione di successivi documenti tecnici che fornissero indicazioni tecniche più precise su come realizzare un coerente sistema interoperabile: le Specifiche Tecniche di Interoperabilità (STI). Le STI sono anch'esse cogenti, ma sono approvate unicamente dalla Commissione e divengono automaticamente obbligatorie negli Stati membri senza bisogno di ratifiche da parte dei Parlamenti nazionali. In questo modo è possibile l'emanazione di una normativa tecnica obbligatoria relativamente flessibile, in quanto di più facile aggiornamento.

#### **4.2) SCOPI E CAMPI DI APPLICAZIONE DELLE DIRETTIVE**

Per il superamento delle barriere tecniche, sono state emanate due direttive riguardanti, la prima, il sistema ad alta velocità e, la seconda, la rete ferroviaria convenzionale; questo sono le direttive n°48 del 1996 e la n°16 del 2001 che sono state successivamente integrate e modificate con la Direttiva n°50 del 2004 contenuta nel II pacchetto infrastrutture.

Nell'ottica della creazione di una rete interoperabile a livello europeo le direttive contengono le disposizioni relative, per ogni

sottosistema, ai parametri, ai componenti di interoperabilità, alle interfacce e alle procedure, nonché alle condizioni di coerenza globale del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità e convenzionale.

Le direttive intendono quindi stabilire le condizioni da soddisfare per realizzare nel territorio comunitario l'interoperabilità del sistema ferroviario transeuropeo e quindi riguardano una molteplicità di argomenti che vanno dalla progettazione, alla costruzione e alla messa in servizio delle linee e dei rotabili nel loro complesso e dei loro componenti singoli; vanno dalla ristrutturazione, al rinnovo, all'esercizio e alla manutenzione degli elementi del sistema. Infine trattano le tematiche relative alle qualifiche professionali, le condizioni di salute e di sicurezza del personale che contribuisce all'esercizio e alla gestione della ferrovia. L'uniformità a livello europeo di questi aspetti, che riguardano sia all'infrastruttura che il materiale rotabile, è fondamentale per garantire il libero accesso alle reti e un servizio di qualità; infatti dal perfetto accoppiamento dei componenti a bordo con quelli a terra dipendono i livelli di prestazioni, sicurezza, qualità del servizio e relativi costi.

In sostanza lo scopo delle direttive è quello di definire un livello ottimale di armonizzazione tecnica e quindi di:

- ✘ facilitare, migliorare e sviluppare i servizi di trasporto ferroviario internazionale nel territorio comunitario e con i paesi terzi;
- ✘ contribuire alla graduale realizzazione del mercato interno delle apparecchiature e dei servizi di costruzione, esercizio, rinnovo e ristrutturazione del sistema ferroviario;
- ✘ realizzare l'interoperabilità del sistema ferroviario transeuropeo.

Come già visto, l'Unione Europea ha mantenuto separata la legislazione relativa alla rete AV da quella relativa alla rete

convenzionale, tuttavia le due direttive, nella versione attualmente in vigore, sono sostanzialmente identiche nella struttura e nei contenuti, variando essenzialmente solo nel campo di applicazione chiaramente definito nel testo legislativo.

Allora il Sistema Ferroviario Transeuropeo ad Alta Velocità, ovvero il campo di applicazione della Direttiva 96/48, è composto da infrastrutture e da materiale rotabile delle seguenti caratteristiche:

- ✘ *LE INFRASTRUTTURE* sono le linee della rete europea dei trasporti ad Alta Velocità individuate dal Parlamento Europeo e dal Consiglio, e comprendono:
  - le linee appositamente costruite per l'alta velocità, attrezzate per velocità generalmente pari o superiori a 250 km/h,
  - le linee appositamente adattate per l'alta velocità, attrezzate per velocità dell'ordine di 200 km/h, queste sono definite “amenagées”<sup>14</sup>
  - le linee di collegamento ovvero quelle linee dotate di tecnologie idonee per i treni AV ma che, a causa di vincoli topografici o dovuti all'ambiente urbano, non permettono il transito ad alta velocità;

Le infrastrutture comprendono non solo la linea ma anche i sistemi di gestione del traffico, di posizionamento e di navigazione, gli impianti tecnici di elaborazione dati e di telecomunicazione.

- ✘ *IL MATERIALE ROTABILE* comprende i treni progettati per circolare:

---

<sup>14</sup> “Amenagées” termine francese la cui traduzione letterale in italiano è “*sistematate*”.

- ad una velocità di almeno 250 km/h sulle linee appositamente costruite per l'alta velocità, ovvero il materiale specifico AV;
- ad una velocità dell'ordine di 200 km/h sulle linee AV, ovvero il materiale convenzionale passeggeri che percorre le linee AV.

Per il sistema ferroviario transeuropeo convenzionale il campo di applicazione della Direttiva n° 16 del 2001 riguarda:

✱ *LE INFRASTRUTTURE*, individuate dal Parlamento europeo e dal Consiglio, e che possono essere suddivise in:

- linee destinate al traffico passeggeri a lunga percorrenza;
- linee a traffico misto (passeggeri, merci);
- linee concepite o adattate per il traffico merci;
- nodi passeggeri;
- nodi merci, compresi i terminali intermodali;
- linee di collegamento degli elementi sopra elencati.

Rimangono quindi generalmente escluse le reti per i trasporti urbani, extraurbani e regionali oltre ovviamente alle linee AV oggetto dell'altra direttiva.

Analogamente a quanto già detto per linee AV anche in questo caso il termine "infrastruttura" va inteso in senso lato in quanto comprende anche i sistemi di gestione del traffico, di posizionamento e di navigazione, gli impianti tecnici di elaborazione dati e di telecomunicazione previsti per il trasporto di passeggeri su lunga distanza e il trasporto di merci su tale rete.

- ✱ *IL MATERIALE ROTABILE* comprende tutti i veicoli atti a circolare su tutta o parte della rete ferroviaria transeuropea convenzionale, compresi:
  - I treni automotori termici o elettrici;
  - Le locomotive a trazione termica o elettrica;
  - Le vetture passeggeri;
  - I carri merci, compreso il materiale rotabile progettato per il trasporto di autocarri.

Fa parte del gruppo anche il materiale mobile di costruzione e di manutenzione delle infrastrutture ferroviarie anche se l'interoperabilità di questi mezzi non costituisce una priorità. Ogni categoria di rotabili è poi suddivisa in materiale rotabile ad uso internazionale e materiale rotabile ad uso nazionale.

#### **4.3) LA STRUTTURA DEL SISTEMA FERROVIARIO E I SUOI SOTTOSISTEMI**

Le direttive europee si basano su una suddivisione gerarchica del sistema ferroviario che prevede il sistema AV o convenzionale al livello più alto, dei sottosistemi ad un livello intermedio e dei componenti al livello più basso che eventualmente possono far parte di due o più sottosistemi.

I sottosistemi sono complessivamente sette e sono distinti in “*sottosistemi di natura funzionale*” e “*sottosistemi di natura strutturale*”. Fra i componenti dei sottosistemi sono poi individuati i cosiddetti “*componenti di interoperabilità*”, ovvero quelli elementi che hanno funzioni o caratteristiche tali da garantire l'interoperabilità dell'intero sistema. Per questa ragioni questi devono essere concepiti e costruiti seguendo normative comuni e devono assicurare prestazioni ben determinate. Di conseguenza sono soggetti a specifiche tecniche

elaborate a livello comunitario che la Direttiva definisce “*specifiche tecniche di interoperabilità (STI)*”.

Dei componenti e delle specifiche si tratterà in seguito, ora interessano i sottosistemi che le Direttive dividono in strutturali e funzionali. Ognuno di questi è descritto ed analizzato nel dettaglio, ne vengono individuati i parametri e i componenti fondamentali per i quali sono definiti i requisiti essenziali.

I sottosistemi sono complessivamente sette, cinque di natura strutturale e due di natura funzionali, i primi comprendono:

- 1) Infrastrutture;
- 2) Energia;
- 3) Controllo - comando e segnalamento;
- 4) Esercizio e gestione del traffico;
- 5) Materiale rotabile.

Mentre i secondi sono:

- 6) Manutenzione;
- 7) Applicazioni telematiche per i passeggeri e il trasporto merci.

Una descrizione sintetica dei sottosistemi di natura strutturale è fornita nella successiva Tabella 1.

| SOTTOSISTEMI STRUTTURALI |  |
|--------------------------|--|
| <i>SOTTOSISTEMA</i>      | <i>DESCRIZIONE</i>   |
| <i>Infrastruttura</i>    | Le linee ferroviarie ovvero l'insieme dei binari e delle opere civili (ponti, gallerie, ecc.), le relative infrastrutture nelle stazioni (marciapiedi, zone di accesso, ...), le apparecchiature di sicurezza e di protezione. |
| <i>Energia</i>           | Il sistema di elettrificazione nel suo complesso compresi la linea aerea e i dispositivi di  |

| SOTTOSISTEMI STRUTTURALI                 |   |
|--|---|
| <i>SOTTOSISTEMA</i>                      | <i>DESCRIZIONE</i>  |
|  | captazione di corrente a bordo treno.   |
| <i>Controllo comando e segnalamento</i>  | - Tutte le apparecchiature necessarie per garantire la sicurezza, il comando ed il controllo della circolazione dei treni autorizzati a circolare sulla rete.   |
| <i>Esercizio e gestione del traffico</i> | Le procedure e le apparecchiature associate che permettono di garantire un esercizio coerente dei diversi sottosistemi strutturali, sia durante il funzionamento normale che in caso di funzionamento irregolare, comprese la guida dei treni, la pianificazione e la gestione del traffico, nonché tutte le qualifiche professionali necessarie per assicurare servizi transfrontalieri.   |
| <i>Materiale rotabile</i>                | La struttura, il sistema di comando e controllo dell'insieme delle apparecchiature del treno, le apparecchiature di trazione e di trasformazione dell'energia, di frenatura, di agganciamento, gli organi di rotolamento (carrelli, assi) e la sospensione, le porte, le interfacce persona/macchina (macchinista, personale di bordo, passeggeri), i dispositivi di sicurezza passivi o attivi, i dispositivi necessari per la salute dei passeggeri e del personale di bordo. |

Tabella 1: Interoperabilità – Sottosistemi strutturali

Nella Tabella 2 è invece presentata una descrizione dei sottosistemi di natura funzionale.

| SOTTOSISTEMI FUNZIONALI         |  |
|---------------------------------|--|
| <i>SOTTOSISTEMA</i>             | <i>DESCRIZIONE</i>   |
| <i>Applicazioni telematiche</i> | <p>Questo sottosistema è suddiviso in due parti: passeggeri (a) e merci (b).</p> <p>a) le applicazioni per i passeggeri, compresi i sistemi di informazione dei viaggiatori prima e durante il viaggio, i sistemi di prenotazione, i sistemi di pagamento, la gestione dei bagagli, la gestione delle coincidenze tra treni e con altri modi di trasporto;</p> <p>b) le applicazioni per il trasporto merci, compresi i sistemi di informazione (controllo in tempo reale delle merci e dei treni), i sistemi di smistamento e destinazione, i sistemi di prenotazione, pagamento e fatturazione, la gestione delle coincidenze con altri modi di trasporto, la produzione dei documenti elettronici di accompagnamento.</p> |
| <i>Manutenzione</i>             | <p>Le procedure, le apparecchiature associate, gli impianti logistici di manutenzione, le riserve che consentono di garantire le operazioni di manutenzione correttiva e preventiva a carattere obbligatorio, previste per garantire l'interoperabilità del sistema ferroviario e le prestazioni necessarie.</p>   |

Tabella 2: Interoperabilità – Sottosistemi funzionali

All'interno dei sottosistemi si riconoscono i "componenti di interoperabilità" ovvero qualsiasi componente elementare, gruppo di componenti, sottoinsieme o insieme completo di materiali incorporati o destinati ad essere incorporati in un sottosistema da cui dipende direttamente o indirettamente l'interoperabilità del sistema ferroviario transeuropeo, comprendendo sia i beni materiali che immateriali, quali, ad esempio, il software.

#### **4.4) REQUISITI ESSENZIALI E PARTICOLARI**

La Direttiva, dopo aver definito le varie parti del sistema ferroviario, presenta i requisiti "essenziali" che questi devono rispettare. Anche in questo caso la Direttiva parte dal generale per andare al particolare e definisce una prima serie di requisiti, detti "*Requisiti di portata generale*", comuni all'intero sistema ferroviario; successivamente li specifica in modo particolare per ogni sottosistema. Questi sono i cosiddetti "*Requisiti particolari*".

I "*Requisiti di portata generale*", che l'intero sistema ferroviario deve rispettare, riguardano le seguenti 5 grandi tematiche fondamentali: *sicurezza, affidabilità e disponibilità, salute, tutela dell'ambiente, compatibilità tecnica*.

Riguardando aspetti di carattere generale, la definizione dei "*Requisiti di portata generale*" è ovviamente comune ad entrambe le Direttive, nel seguito si riporta la loro formulazione estratta dai testi consolidati delle Direttive di interoperabilità ferroviaria.

##### **4.4.1) Requisito di sicurezza**

*“La progettazione, la costruzione o la fabbricazione, la manutenzione e la sorveglianza dei componenti critici per la sicurezza*

*e, più in particolare, degli elementi che partecipano alla circolazione dei treni devono garantire la sicurezza ad un livello corrispondente agli obiettivi fissati sulla rete, anche in situazioni specifiche di degrado. I parametri legati al contatto ruota - rotaia devono rispettare i criteri di stabilità di passaggio necessari per garantire una circolazione in piena sicurezza alla velocità massima autorizzata. I componenti utilizzati devono resistere alle sollecitazioni normali o eccezionali specificate per tutta la loro durata di servizio. Il mancato funzionamento accidentale deve essere limitato nelle sue conseguenze per la sicurezza mediante opportuni mezzi. La progettazione degli impianti fissi e del materiale rotabile nonché la scelta dei materiali utilizzati devono aver luogo in modo da limitare la generazione, la propagazione e gli effetti del fuoco e dei fumi in caso di incendio. I dispositivi destinati ad essere manovrati dagli utenti devono essere progettati in modo da non compromettere l'utilizzazione sicura dei dispositivi né la salute o la sicurezza degli utenti in caso di uso prevedibile non conforme alle istruzioni indicate.”*

#### **4.4.2) Requisito di affidabilità e disponibilità**

*“La sorveglianza e la manutenzione degli elementi fissi o mobili che partecipano alla circolazione dei treni devono essere organizzate, svolte e quantificate in modo da mantenerne la funzione nelle condizioni previste.”*

#### **4.4.3) Requisito di salute**

*“I materiali che, quando utilizzati, potrebbero mettere in pericolo la salute delle persone che vi hanno accesso non devono essere utilizzati nei treni e nelle infrastrutture ferroviarie. La scelta, l'impiego e l'utilizzazione di questi materiali devono aver luogo in*

*modo da limitare l'emissione di fumi o di gas nocivi e pericolosi, soprattutto in caso di incendio.”*

#### ***4.4.4) Requisito di tutela dell'ambiente***

*“L'impatto ambientale legato alla realizzazione e all'esercizio del sistema deve essere valutato e considerato al momento della progettazione del sistema secondo le disposizioni comunitarie vigenti. I materiali utilizzati nei treni e nelle infrastrutture devono evitare l'emissione di fumi o di gas nocivi e pericolosi per l'ambiente, soprattutto in caso di incendio. Il materiale rotabile e i sistemi di alimentazione di energia devono essere progettati e realizzati per essere compatibili, in materia elettromagnetica, con gli impianti, le apparecchiature e le reti pubbliche o private con cui rischiano di interferire. L'esercizio del sistema ferroviario europeo convenzionale deve rispettare i livelli regolamentari in materia di rumore. L'esercizio del sistema ferroviario non deve provocare nel suolo un livello di vibrazioni inaccettabile per le attività e l'ambiente attraversato nelle vicinanze dell'infrastruttura e in stato normale di manutenzione.”*

#### ***4.4.5) Requisito di compatibilità tecnica***

*“Le caratteristiche tecniche delle infrastrutture e degli impianti fissi devono essere compatibili tra loro e con quelle dei treni destinati a circolare sul sistema ferroviario.”*

#### ***4.4.6) Requisiti particolari***

Dai “*Requisiti di portata generale*” discendono i requisiti particolari di ogni sottosistema ovvero la specificazione del requisito relativamente alle caratteristiche del sottosistema; si ottengono così un

totale di 35 requisiti particolari. Specificando una serie di obiettivi, ancora di carattere generale seppur comunque relativi ai sottosistemi, anche in questo caso i requisiti sono comuni sia per il sistema AV che per il sistema ferroviario convenzionale.

Allora sempre facendo riferimento ai testi consolidati della Direttive sull'interoperabilità, ad esempio, il requisito Sicurezza nel caso del sottosistema infrastruttura diventa:

*“Si devono prendere disposizioni adeguate per evitare l'accesso o le intrusioni indesiderate negli impianti. Si devono prendere disposizioni per limitare i pericoli per le persone, in particolare al momento del passaggio dei treni nelle stazioni. Le infrastrutture cui il pubblico ha accesso devono essere progettate e realizzate in modo da limitare i rischi per la sicurezza delle persone (stabilità, incendio, accesso, evacuazione, marciapiede ecc.). Si devono prendere disposizioni adeguate per tener conto delle condizioni particolari di sicurezza nelle gallerie molto lunghe.”*

Nel caso del materiale rotabile diventa:

*“Le strutture del materiale rotabile e dei collegamenti tra i veicoli devono essere progettate in modo da proteggere gli spazi per i viaggiatori e quelli di guida in caso di collisione o deragliamento. Le apparecchiature elettriche non devono compromettere la sicurezza operativa degli impianti di controllo-comando e segnalamento. Le tecniche di frenatura e le sollecitazioni esercitate devono essere compatibili con la progettazione dei binari, delle opere di ingegneria e dei sistemi di segnalamento. Si devono prendere disposizioni in materia di accesso ai componenti sotto tensione per non mettere a repentaglio la sicurezza delle persone. In caso di pericolo, dei dispositivi devono permettere ai passeggeri di segnalare il pericolo al macchinista e al personale di scorta di mettersi in contatto con quest'ultimo. Le porte di accesso devono essere munite di un sistema di*

*chiusura e di apertura che garantisca la sicurezza dei passeggeri. Si devono prevedere uscite di emergenza con relativa segnalazione. Si devono prevedere disposizioni adeguate per tener conto delle condizioni particolari di sicurezza nelle gallerie molto lunghe. È obbligatorio a bordo dei treni un sistema di illuminazione di emergenza, di intensità e autonomia sufficienti. I treni devono essere attrezzati con un sistema di sonorizzazione che consenta la trasmissione di messaggi ai passeggeri da parte del personale viaggiante e del personale di controllo a terra.”*

In modo analogo sono definiti i requisiti particolari per tutti gli altri sottosistemi.

#### **4.5) SPECIFICHE TECNICHE DI INTEROPERABILITÀ**

Come si può rilevare dalla precedente esposizione dei requisiti essenziali, essi rappresentano solo dei principi fondamentali nello spirito del già citato “Nuovo Approccio” che prevede che le Direttive siano a un livello molto elevato, lasciando alle normative tecniche armonizzate EN (EuroNorme) il compito di entrare nel dettaglio di come soddisfare i requisiti. Le norme EN non sono di per sé obbligatorie, ma se osservate, garantiscono il soddisfacimento dei requisiti delle Direttive.

Nel caso dell'Interoperabilità Ferroviaria si è ritenuto comunque che fosse indispensabile esplicitare in maniera più precisa i requisiti tecnici necessari di quanto si potesse fare con le Direttive. In entrambe quindi è stata prevista l'emissione di successivi documenti tecnici che fornissero indicazioni tecniche più precise su come realizzare un coerente sistema interoperabile: le Specifiche Tecniche di Interoperabilità (STI).

Ne discende che per soddisfare i requisiti essenziali e garantire l'interoperabilità del sistema ferroviario europeo, ogni sottosistema o sua parte deve rispettare le specifiche tecniche di interoperabilità (STI). Queste sono quindi concepite sulla base dei requisiti particolari del sottosistema espressi nelle Direttive. Generalmente, un sottosistema è oggetto di una specifica tecnica di interoperabilità, ma quando necessario, un sottosistema può essere oggetto di più STI e una STI può abbracciare vari sottosistemi. I sottosistemi devono quindi essere realizzati conformi alle STI e tale conformità deve essere costantemente garantita durante l'esercizio di ciascun sottosistema.

Tutte le STI hanno la medesima struttura, queste:

- ✘ definiscono l'ambito di applicazione interessato;
- ✘ precisano i requisiti essenziali per il sottosistema interessato e le loro interfacce verso gli altri sottosistemi;
- ✘ definiscono le specifiche funzionali e tecniche che il sottosistema e le sue interfacce devono rispettare verso gli altri sottosistemi. Se necessario, le specifiche possono variare a seconda dell'utilizzazione del sottosistema, per esempio a seconda delle categorie di linee, di nodi e/o di materiale rotabile
- ✘ determinano i componenti di interoperabilità e le interfacce che devono essere oggetto di specifiche europee, tra cui le norme europee, necessarie per realizzare l'interoperabilità del sistema ferroviario transeuropeo;
- ✘ indicano, in ogni caso previsto, le procedure da usare per valutare la conformità o l'idoneità all'impiego dei componenti di interoperabilità, da un lato, o per la verifica "CE" dei sottosistemi, dall'altro. Tali procedure si basano sui moduli definiti nella decisione 93/465/CEE;

- ✘ indicano la strategia di attuazione della STI, precisando in particolare le tappe da superare per passare progressivamente alla situazione finale di rispetto generalizzato della STI;
- ✘ indicano, per il personale interessato, i requisiti di qualifica professionale e d'igiene e di sicurezza sul luogo di lavoro richiesti per il funzionamento e la manutenzione del sottosistema interessato nonché per l'attuazione della STI.

Ciascuna STI è sviluppata partendo dall'esame del sottosistema esistente ed indica un sottosistema target raggiungibile in maniera progressiva ed entro termini ragionevoli. In questa maniera, l'adozione graduale delle STI e la loro osservanza consente di realizzare progressivamente l'interoperabilità del sistema ferroviario transeuropeo.

Le STI preservano in modo adeguato la coerenza del sistema ferroviario esistente di ciascun Stato membro e sono previsti per ciascuna STI casi specifici sia per quanto riguarda l'infrastruttura sia per quanto riguarda il materiale rotabile, con una particolare attenzione rivolta alla sagoma, allo scartamento o all'interasse fra i binari e ai vagoni in provenienza o a destinazione dei paesi terzi.

Le STI possono fare un esplicito e chiaro riferimento a norme o specifiche armonizzate europee (EN) qualora ciò sia strettamente necessario per conseguire gli obiettivi. In questo caso, le norme o specifiche europee (o le singole parti richiamate) si considerano allegato alla STI e diventano obbligatorie a partire dal momento in cui la STI è applicabile. In mancanza di norme o specifiche europee ed in attesa della loro elaborazione è consentito il riferimento ad altri documenti normativi chiaramente identificati; in questo caso deve trattarsi di documenti facilmente accessibili e di dominio pubblico, come le fiches UIC.

I progetti di STI e le successive modifiche delle STI sono elaborati dall'Agenzia Ferroviaria Europea, su mandato conferito della Commissione. Nel 1996, quando ancora non era stata istituita l'Agenzia Ferroviaria Europea, questo mandato, per il sistema AV, fu affidato alla AEIF (Associazione Europea per l'Interoperabilità Ferroviaria), di cui si è già detto al punto 2.4.1, in via preliminare; successivamente, alla costituzione dell'Agenzia, per competenza, questo compito è stato trasferito a quest'ultima.

Il lavoro di preparazione delle STI è complesso e viene svolto con il contributo delle associazioni di tutti gli interessati: ferrovie storiche e nuove imprese ferroviarie, industri del settore, sindacati dei lavoratori e rappresentanti degli utenti, cercando di ottimizzare le diverse esigenze di unificazione senza peraltro sconvolgere o penalizzare l'esistente. Come base di partenza dei lavori sono prese usualmente le fiches UIC, che sono già documenti in gran parte condivisi.

Le STI sono adottate o rivedute con provvedimento della Commissione, su proposta di un Comitato previsto dall'articolo 21 delle due Direttive (Comitato articolo 21) che comprende i rappresentanti degli Stati Membri. L'Agenzia è incaricata di preparare la revisione e l'aggiornamento delle STI e di presentare ogni raccomandazione utile al comitato articolo 21, al fine di tener conto dell'evoluzione tecnologica o delle esigenze sociali. Le STI sono pubblicate nella *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea* e diventano cogenti in tutti gli Stati membri.

Ad oggi sono state pubblicate le STI relative ai sottosistemi del sistema Alta Velocità ed è in avanzato stato il lavoro di aggiornamento e revisione per una seconda edizione.

Per il sistema ferroviario convenzionale le STI sono di più difficoltosa definizione, tenuto conto delle forti differenze fra le varie

reti nazionali. Allo stato attuale sono pubblicate quelle relative al Controllo-Comando, alle Applicazioni Telematiche Merci, ai Carri Merci, al Rumore Ferroviario e all'Esercizio, ritenute più urgenti per il servizio merci transeuropeo, mentre sono in preparazione quelle relative al materiale motore, alle carrozze viaggiatori e all'energia ecc.

Le STI sono documenti assai ponderosi e di difficile consultazione e se ne dà qui una traccia esemplificativa delle principali materie trattate e delle soluzioni previste.

Nella STI *Infrastrutture* per il sistema AV viene trattato di: Sagoma minima delle infrastrutture (sagoma GC dell'UIC), Raggi minimi delle curve (tenendo conto delle velocità, della sopraelevazione e dell'insufficienza di sopraelevazione), Scartamento del binario (1435 mm), Sforzi massimi sul binario (longitudinali, trasversali, verticali, carico per asse), Lunghezza minima dei marciapiedi (400 m), Altezza dei marciapiedi (550 o 760 mm), Rumore esterno, Vibrazioni esterne, Accesso delle persone disabili, Variazione di pressione massima in galleria, Pendenze e rampe massime (35 per mille), Interasse minimo dei binari (almeno 4,50 m) ecc., con le rispettive tolleranze di costruzione e manutenzione e applicazioni particolari. Sono poi specificati anche i componenti di interoperabilità: rotaia (profilo del fungo e tipi di acciaio), attacchi della rotaia, traverse e appoggi della rotaia, dispositivi d'armamento.

La STI per il sottosistema *energia* per il sistema AV definisce i Sistemi di elettrificazione, Catenaria e pantografo, Interazione tra catenaria e pantografo. In particolare dà i limiti di tensione e frequenza per i vari sistemi, definendone anche il campo di applicazione. Per l'alta velocità, il 25 kV è il sistema fondamentale, il 15 kV è consentito per le nazioni che lo hanno già adottato, il 3 kV è consentito per velocità fino a 250 km/h per le nazioni che già lo usano, mentre 1,5 kV solo per le linee adattate fino a 200 km/h. Per catenaria e

pantografo sono definiti i parametri statici e dinamici per la loro interazione, le dimensioni del pantografo (1600 mm), i limiti di tensione, la portata in corrente, il coordinamento delle protezioni, i posti di passaggio fra i sistemi e nei cambi di fase. Come componenti di interoperabilità sono individuati la catenaria, il pantografo e lo strisciante del pantografo.

La STI del *materiale rotabile* comprende molti aspetti, fra cui quelli di interfaccia con l'infrastruttura e l'energia: Carico per asse, sforzi massimi sul binario, lunghezza massima dei treni(400 m), sagoma del materiale rotabile, caratteristiche elettriche limite (potenza massima, fattore di potenza, recupero di energia ecc). Sono altresì prescritte: caratteristiche minime di frenatura, caratteristiche meccaniche limite del materiale rotabile (resistenza statica e resistenza passiva alla collisione), caratteristiche limite legate al rumore esterno e al rumore interno, caratteristiche limite legate alle perturbazioni elettromagnetiche esterne (Interferenze generate nel sistema di segnalamento e nella rete di telecomunicazione, Interferenza di radiofrequenza, immunità elettromagnetica), caratteristiche limite legate al sistema di aria condizionata, caratteristiche legate al trasporto delle persone con mobilità ridotta, variazioni massime di pressione nelle gallerie, resistenza al fuoco, prestazioni di velocità e pendenze superabili, dinamica di marcia, effetti dello spostamento d'aria, tenuta al vento trasversale, trombe e fanali, vetri frontali eccetera.

La STI del sottosistema *Controllo comando* introduce un nuovo sistema tecnologico di segnalamento e comando, derivato da una ricerca europea definita con la sigla ERTMS (European Rail Traffic Management System) che comprende le specifiche di un nuovo sistema di segnalamento ETCS e di un sistema di radiocomunicazioni di cui si parlerà più ampiamente nel capitolo successivo. Essendo particolarmente lungo e complesso il passaggio dai sistemi nazionali esistenti al nuovo

ETCS, la STI del controllo – comando contiene anche l'indicazione dei sistemi nazionali esistenti e riconosciuti<sup>15</sup> con i quali ETCS dovrà necessariamente convivere per un periodo più o meno lungo. La STI si occupa anche della fase di transizione, prevedendo la realizzazione e l'utilizzo, per ognuno dei sistemi, di particolari apparecchiature, dette STM (Specific Transmission Module) atte a leggere le informazioni “nazionali” e renderle utilizzabili da ETCS.

Sebbene le STI siano cogenti, uno Stato membro è autorizzato, in alcuni ben determinati casi, a non applicarle. Questo, ad esempio, può accadere nel caso di progetti o contratti già definiti prima della pubblicazione della STI oppure quando un progetto di rinnovo o di ristrutturazione di una linea esistente riguarda linee per le quali la sagoma, lo scartamento o l'interasse dei binari o la tensione elettrica previsti dalla STI sono incompatibili con l'infrastruttura già in essere.

Allo stesso modo, uno Stato può derogare dalle STI quando la sua applicazione compromette la redditività economica di un progetto di rinnovo, estensione o ristrutturazione di una linea esistente, oppure quando, in seguito ad un incidente o ad una catastrofe naturale, le condizioni di ripristino rapido della rete non consentono dal punto di vista economico o tecnico l'applicazione parziale o totale delle STI corrispondenti.

Infine non sono tenuti al rispetto delle STI gli Stati membri la cui rete è isolata dal mare dalla rete ferroviaria del resto della Comunità, allo stesso modo le STI non riguardano i vagoni di paesi con scartamento dei binari è diverso da quello della principale rete ferroviaria della Comunità.

---

<sup>15</sup> L'elenco completo dei sistemi nazionali riconosciuti a livello europeo è riportato nel precedente paragrafo 1.5.

#### 4.6) VERIFICHE DI CONFORMITÀ

Le verifiche di conformità rappresentano uno degli atti fondamentali per la creazione di un sottosistema interoperabile. Queste garantiscono la rispondenza del sottosistema nel suo complesso e dei suoi singoli componenti alle STI e quindi ne assicurano l'interoperabilità e il rispetto dei requisiti essenziali. Se un componente o un sottosistema supera la verifica di conformità questo otterrà il marchio "CE"<sup>16</sup> o la dichiarazione "CE" di conformità. Questa è prodotta dal fabbricante del componente o dal costruttore del sottosistema sulla base delle verifiche e delle attestazioni svolte e redatte da un organismo terzo detto "organismo notificato". La procedura di verifica è simile per i componenti e i sottosistemi e può essere schematizzata nel modo seguente:

| <i>ATTORE</i>  | <i>AZIONE</i>                                | <i>RIF.<br/>LEGISLATIVO</i> |
|--|--|-----------------------------|
| Costruttore (componenti) /<br>Appaltatore (sottosistemi) | Scelta organismo<br>notificato               |                             |
| Costruttore (componenti) /<br>Appaltatore (sottosistemi) | Progettazione                                | STI                         |
| <i>Organismo notificato</i>                              | <i>Verifica in fase di<br/>progettazione</i> | <i>STI</i>                  |
| Costruttore (componenti) /                               | Costruzione                                  | STI                         |

---

<sup>16</sup> La *marcatatura CE* è un contrassegno che deve essere apposto su determinate tipologie di prodotti per attestarne la rispondenza (o conformità) a tutte le direttive comunitarie ad esso applicabili. L'apposizione del marchio è prescritta per legge per poter commercializzare il prodotto nei paesi aderenti allo Spazio economico europeo. La presenza del marchio CE garantisce ai consumatori che il prodotto abbia le necessarie caratteristiche. Il simbolo CE ufficialmente non è un'abbreviazione, anche se probabilmente ha origine dal francese *Communauté Européenne* o *Conformité Européenne*.

| <i>ATTORE</i>  | <i>AZIONE</i>   | <i>RIF.<br/>LEGISLATIVO</i> |
|--|---|-----------------------------|
| Appaltatore (sottosistemi)                               |   |                             |
| <i>Organismo notificato</i>                              | <i>Verifica in fase di costruzione</i>                          | <i>STI</i>                  |
| <i>Organismo notificato</i>                              | <i>Verifiche, collaudi, prove finali</i>                        | <i>STI</i>                  |
| <i>Organismo notificato</i>                              | <i>Attestato di conformità alle STI</i>                         | <i>STI</i>                  |
| Costruttore (componenti) /<br>Appaltatore (sottosistemi) | Dichiarazione “CE”  | STI                         |
| Stato  | Autorizzazione alla messa in servizio (solo per i sottosistemi) |                             |
| MESSA IN SERVIZIO  |   |                             |
| <i>Organismo notificato</i>                              | <i>Verifiche periodiche</i>                                     | <i>STI</i>                  |

#### ***4.6.1) Componenti di interoperabilità***

I componenti di interoperabilità, ovvero qualunque componente da cui dipende l'interoperabilità del sistema, sono oggetto delle STI e sono immessi sul mercato soltanto se consentono di realizzare l'interoperabilità del sistema ferroviario transeuropeo soddisfacendo i requisiti essenziali. Il loro uso deve essere limitato al loro specifico campo di impiego conformemente alla loro destinazione e devono essere sottoposti a corretta manutenzione.

Gli Stati membri non possono opporsi all'immissione sul mercato di un componente di interoperabilità, la rispondenza del componente ai requisiti essenziali è garantita dalla dichiarazione “CE” di conformità

tanto che non si possono esigere verifiche che sono già state compiute nell'ambito della procedura relativa alla dichiarazione “CE” di conformità o di idoneità all'impiego.

La dichiarazione “CE” di conformità o di idoneità all'impiego di un componente di interoperabilità è prodotta dal fabbricante che per redigerla applica le disposizioni previste dalle STI che lo riguardano. Tuttavia il componente, prima di essere messo sul mercato, deve però essere verificato dall'organismo notificato che valutano la sua conformità alle STI e la sua idoneità all'impiego e rilasciano la relativa attestazione tecnica. Le procedure di valutazione adottate dagli organismi notificati sono indicate anch'esse nelle STI.

Se un componente di interoperabilità è oggetto di altre direttive comunitarie concernenti aspetti diversi da quello strettamente ferroviario, la dichiarazione “CE” di conformità o di idoneità all'impiego indica la rispondenza del componente anche ai requisiti di queste altre direttive.

La dichiarazione “CE” può essere relativa alla:

- ✘ valutazione della conformità intrinseca alle specifiche tecniche di un componente di interoperabilità, considerato singolarmente;
- ✘ valutazione dell'idoneità all'impiego di un componente d'interoperabilità, considerato nel suo ambiente ferroviario, in particolare nel caso delle interfacce, la valutazione è estesa anche alle specifiche tecniche a carattere funzionale.

Le procedure di valutazione svolte dagli organismi notificati nelle fasi di progettazione e produzione si richiamano ai moduli definiti nella decisione 93/465/CEE secondo le modalità indicate nelle STI.

La dichiarazione “CE” di conformità o di idoneità comprende i seguenti elementi:

- ✘ riferimenti della direttiva;

- ✗ nome e indirizzo del fabbricante;
- ✗ descrizione del componente d'interoperabilità (marchio, tipo, ecc.);
- ✗ indicazione della procedura seguita per dichiarare la conformità o l'idoneità all'impiego;
- ✗ ogni descrizione pertinente il componente, in particolare le condizioni di impiego;
- ✗ nome e indirizzo dello/degli organismi notificati intervenuti nella procedura seguita per la valutazione di conformità o l'idoneità all'impiego;
- ✗ data del certificato di esame con indicata, eventualmente, la sua durata e le sue condizioni di validità;
- ✗ se del caso, il riferimento delle specifiche europee;
- ✗ identificazione del firmatario abilitato ad impegnare il fabbricante.

#### *4.6.2) Sottosistemi*

La verifica di conformità di un sottosistema è una procedura articolata che inizia già nella fase di progettazione, continua nella fase di costruzione e si esaurisce, a meno dei controlli periodici, solo con la dichiarazione di conformità precedente all'entrata in servizio del sottosistema.

L'autorizzazione alla messa in servizio dei sottosistemi strutturali rimane però di competenza dello Stato membro che la concede, nel momento in cui siano integrati nel sistema ferroviario transeuropeo, se il sottosistema è stato progettato, costruito ed installato in modo da soddisfare i pertinenti requisiti essenziali.

Inoltre poiché i sottosistemi possono essere inseriti anche in sistemi non concepiti secondo le norme europee, ovvero all'interno dei

sistemi ferroviari preesistenti, e comunque si devono sempre integrare con altri, è necessario curare in modo particolare la coerenza del sottosistema con il sistema dentro cui si inserisce e la sua gestione e manutenzione nel tempo nell'assoluto rispetto dei requisiti essenziali.

Le procedure di valutazione e di verifica sono, anche in questo caso, previste nelle STI strutturali e funzionali.

In caso di rinnovo o di ristrutturazione del sottosistema, il gestore dell'infrastruttura o l'impresa ferroviaria depositano un fascicolo con la descrizione del progetto presso lo Stato membro interessato che decide se l'importanza dei lavori giustifichi la necessità di una nuova autorizzazione di messa in servizio.

Nel caso del materiale rotabile, la messa in servizio è autorizzata dopo l'assegnazione al mezzo di un codice di identificazione alfanumerico. Il codice deve essere apposto su ciascun veicolo e figurare in un registro di immatricolazione nazionale che deve soddisfare i seguenti criteri:

- 1) deve rispettare le specifiche comuni;
- 2) deve essere tenuto e aggiornato da un organismo indipendente da qualsiasi impresa ferroviaria;
- 3) deve essere accessibile alle autorità preposte alla sicurezza e agli organismi investigativi nonché agli organismi di regolamentazione, all'Agenzia, alle imprese ferroviarie e ai gestori delle infrastrutture.

Non è consentito vietare, limitare od ostacolare la costruzione, la messa in servizio e l'esercizio di sottosistemi di natura strutturale, che sono conformi ai requisiti essenziali ovvero muniti della dichiarazione "CE" di verifica. In particolare, essi non possono esigere verifiche che sono già state compiute nell'ambito della procedura concernente la dichiarazione "CE" di verifica.

La dichiarazione “CE” di verifica per un sottosistema viene redatta dall'ente appaltante che incarica l'organismo notificato di propria scelta della procedura di verifica “CE”. Questo elabora l'attestato di conformità destinato all'ente appaltante che a sua volta redige la dichiarazione “CE” di verifica destinata all'autorità di tutela dello Stato membro nel quale il sottosistema è installato e/o gestito.

Il compito dell'organismo notificato, incaricato della verifica “CE” inizia nella fase di progettazione e copre tutto il periodo di costruzione fino alla fase della dichiarazione di conformità, precedente l'entrata in servizio del sottosistema anche mediante prove e collaudi finali. Esso comprende anche la verifica delle interfacce del sottosistema in questione rispetto al sistema in cui viene integrato, sulla scorta delle informazioni disponibili nella STI pertinente e nei registri dell'infrastruttura e del materiale rotabile pubblicati e aggiornati annualmente che riportano, per ciascun sottosistema o parte di sottosistema interessati, le caratteristiche principali (per esempio, i parametri fondamentali) e la loro concordanza con le caratteristiche prescritte dalle STI applicabili. A tal fine, ciascuna STI indica con precisione le informazioni che debbono figurare nei registri dell'infrastruttura e del materiale rotabile. Copia di questi registri è trasmessa agli Stati membri interessati e all'Agenzia e deve essere messa a disposizione delle parti interessate, inclusi almeno i soggetti professionali che operano nel settore.

All'organismo notificato compete la preparazione della documentazione tecnica che accompagna la dichiarazione “CE” di verifica. La documentazione tecnica contiene i documenti necessari relativi alle caratteristiche del sottosistema nonché, eventualmente, quelli che attestano la conformità dei componenti di interoperabilità. Essa contiene anche gli elementi relativi alle condizioni ed ai limiti

d'uso, alle istruzioni di manutenzione, di sorveglianza continua o periodica e di regolazione.

La documentazione tecnica che accompagna la dichiarazione di verifica deve essere costituita:

- ✘ per le infrastrutture: piani di esecuzione delle opere, verbali di collaudo dei lavori di scavo e di armatura, rapporti di prove e controllo delle parti in calcestruzzo;
- ✘ per gli altri sottosistemi: progettazioni di massima e di dettaglio conformi all'esecuzione, schemi degli impianti elettrici e idraulici, schemi dei circuiti di comando, descrizione dei sistemi informatici e degli automatismi, istruzioni operative e di manutenzione, ecc.;
- ✘ elenco dei componenti d'interoperabilità incorporati nel sottosistema;
- ✘ copie delle dichiarazioni “CE” di conformità o di idoneità all'impiego dei componenti, accompagnati ove necessario dalle corrispondenti note di calcolo e da una copia dei verbali delle prove e degli esami svolti da organismi notificati sulla base delle specifiche tecniche comuni;
- ✘ attestazione dell'organismo notificato incaricato della verifica “CE” che certifichi la conformità del progetto, accompagnata dalle corrispondenti note di calcolo e da esso vistata, in cui sono precisate, ove necessario, le riserve formulate durante l'esecuzione dei lavori che non sono state sciolte nonché accompagnata dai rapporti di ispezione e audit svolti dall'organismo nell'ambito della sua missione.

L'organismo notificato deve anche svolgere la sorveglianza “CE” che ha l'obiettivo di garantire che durante la realizzazione del sottosistema siano soddisfatti gli obblighi derivanti dalla documentazione tecnica. L'organismo notificato incaricato di verificare

la realizzazione deve quindi avere accesso in permanenza ai cantieri, alle officine di fabbricazione, alle zone di deposito e, ove necessario, agli impianti di prefabbricazione e di prova e, più in generale, a tutti i luoghi eventualmente ritenuti necessari per l'espletamento della sua missione. L'ente appaltante deve consegnargli o fargli pervenire ogni documento utile a tale effetto, in particolare i piani di esecuzione delle opere e la documentazione tecnica relativa al sottosistema.

L'organismo notificato incaricato svolge periodicamente degli audit per garantire il rispetto delle disposizioni della direttiva, fornisce in tale occasione un rapporto di audit ai professionisti preposti alla realizzazione e può esigere di essere convocato durante certe fasi del cantiere.

Può inoltre compiere visite senza preavviso sul cantiere o nelle officine di fabbricazione. Durante tali visite, l'organismo notificato può procedere ad audit completi o parziali e fornisce un rapporto della visita nonché eventualmente un rapporto di audit ai professionisti preposti alla realizzazione.

La documentazione completa è depositata, a sostegno dell'attestato di conformità rilasciato dall'organismo notificato incaricato della verifica del sottosistema operativo, presso l'ente appaltante. La documentazione è unita alla dichiarazione "CE" di verifica che l'ente appaltante invia all'organo di tutela dello Stato membro interessato. Una copia della documentazione è conservata dall'ente appaltante per tutta la durata di esercizio del sottosistema ed è comunicata, dietro richiesta, agli altri Stati membri.

#### **4.7) GLI ORGANISMI NOTIFICATI**

Gli organismi notificati sono gli organismi incaricati di valutare la conformità o l'idoneità all'impiego dei componenti di

interoperabilità o di istruire la procedura di verifica “CE” dei sottosistemi: essi devono quindi avere particolari requisiti di competenza serietà e indipendenza.

L'organismo, il suo direttore e il personale incaricato di eseguire le operazioni di verifica non possono intervenire né direttamente né come mandatarî nella progettazione, fabbricazione, costruzione, commercializzazione o manutenzione dei componenti di interoperabilità o dei sottosistemi né nell'esercizio. Ciò non esclude la possibilità di uno scambio di informazioni tecniche tra il fabbricante o il costruttore e l'organismo.

L'organismo e il personale preposto al controllo devono eseguire le operazioni di verifica con la massima integrità professionale e la massima competenza tecnica e devono essere esenti da ogni pressione e sollecitazione, in particolare a carattere finanziario, atta a influenzare il loro giudizio o i risultati del loro controllo, in particolare quelle provenienti da persone o associazioni di persone interessate ai risultati delle verifiche.

In particolare, l'organismo e il personale responsabile delle verifiche devono essere indipendenti dal punto di vista funzionale dalle autorità designate per il rilascio delle autorizzazioni di messa in servizio, delle licenze e dei certificati di sicurezza, nonché dai soggetti incaricati delle indagini in caso di incidenti.

L'organismo deve disporre del personale e dei mezzi necessari per espletare in modo adeguato i compiti tecnici e amministrativi legati all'esecuzione delle verifiche; esso deve anche avere accesso al materiale necessario per le verifiche eccezionali.

Il personale incaricato dei controlli deve possedere:

- ✕ una buona formazione tecnica e professionale;

- ✘ una conoscenza soddisfacente delle prescrizioni relative ai controlli che svolge e una sufficiente dimestichezza con tali controlli;
- ✘ l'idoneità necessaria a redigere gli attestati, i verbali e i rapporti relativi ai controlli svolti.

Deve essere garantita l'indipendenza del personale preposto al controllo. La retribuzione di ogni agente non deve essere in funzione del numero di controlli svolti né dei risultati di questi ultimi.

L'organismo deve sottoscrivere una assicurazione di responsabilità civile, ameno che tale responsabilità sia coperta dallo Stato in base al diritto nazionale oppure i controlli siano compiuti direttamente dallo Stato membro.

Il personale dell'organismo è legato dal segreto professionale per tutto ciò di cui viene a conoscenza nell'esercizio delle sue funzioni salvo nei confronti delle autorità amministrative competenti dello Stato in cui esercita le sue attività.

## **5) LE NUOVE TECNOLOGIE PER L'INTEROPERABILITÀ**

### **5.1) PREMESSA**

**I**n questo capitolo saranno trattate le nuove tecnologie sviluppate per garantire l'interoperabilità del sistema ferroviario europeo. Le principali differenze tecniche attualmente presenti fra le varie reti nazionali sono state ampiamente illustrate nel precedente paragrafo 1.5, da quale si evince come i principali problemi per la migrazione verso una rete comune riguardino i sistemi di alimentazione e trazione elettrica, i sistemi di comando – controllo e le telecomunicazioni terra – treno. Ovviamente il problema va affrontato sia lato infrastruttura, per i sottosistemi di terra e quindi di competenza del Gestore dell'Infrastruttura, sia lato materiale rotabile e quindi di competenza delle Imprese Ferroviarie.

Il processo di armonizzazione si può dire già ben avviato per la rete Alta Velocità, mentre è ancora in fase di sviluppo per la rete convenzionale. Le tecnologie per l'interoperabilità sono comunque già utilizzabili e si hanno già alcuni esempi di utilizzo commerciale. Naturalmente la migrazione generalizzata presenta notevoli problemi tecnici, soprattutto per la gestione della transizione, economici e normativi in quanto la legislazione nazionale deve essere aggiornata per allinearsi con quella comunitaria.

Nei paragrafi seguenti si illustreranno le nuove tecnologie utilizzabili per soddisfare i requisiti tecnologici contenuti nelle STI. Allora, per la trazione elettrica, dove le STI prevedono sostanzialmente

la coabitazione di 4 sistemi, parte a corrente continua e parte a corrente alternata, la soluzione è vista nei mezzi di trazione multisistema. Per i sistemi controllo – comando, le STI individuano una nuova soluzione tecnologica, denominata sistema ETCS e le modalità di migrazione dai sistemi nazionali verso il nuovo ETCS. Infine per le radio comunicazioni, lo standard europeo è individuato nel sistema GSM-R la cui applicazione, come si vedrà nello specifico paragrafo, è già avviata in modo deciso sulle molte reti.

## ***5.2) LA TRAZIONE ELETTRICA – I MEZZI DI TRAZIONE MULTISISTEMA***

Un contributo decisivo al superamento delle difficoltà operative nel campo della trazione elettrica è venuto dalle applicazioni dell'elettronica, sia di potenza che di segnale, che si sono sviluppate da circa quarant'anni, e hanno sostanzialmente modificato l'applicazione dei sistemi di trazione; infatti hanno consentito di svincolare il tipo di alimentazione della linea di contatto dal tipo dei motori. Elemento essenziale dell'affermazione dell'elettronica di trazione è stato lo sviluppo tecnologico dei semiconduttori impiegati nella parte di potenza e l'incremento delle loro prestazioni, passando dai primi diodi controllati ai più performanti GTO (vedi Figura 5-1 e Figura 5-2) e ai nuovi IGBT (vedi Figura 5-3 e Figura 5-4).



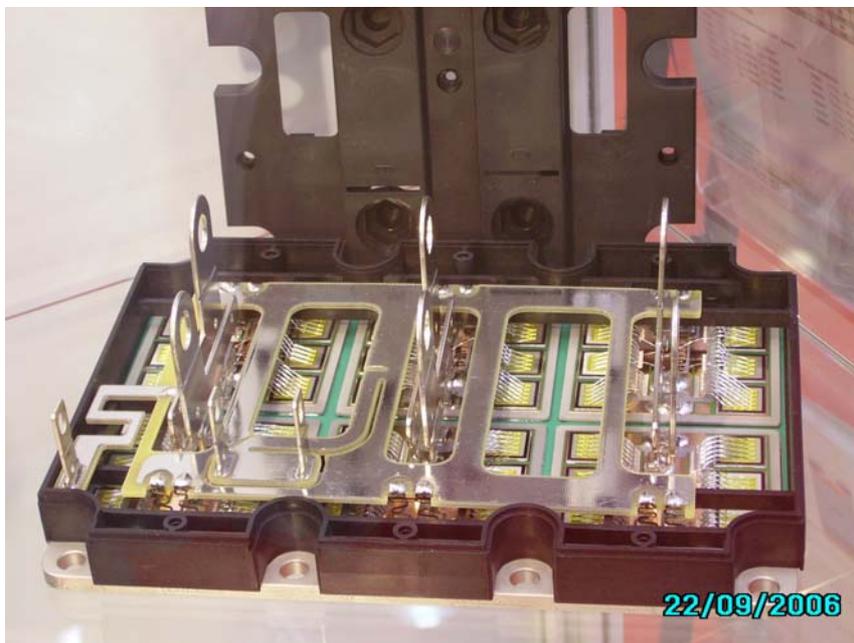
*Figura 5-1: Loco politensione – Esterno di diodo GTO a disco*



*Figura 5-2: Loco politensione – Parte attiva di un diodo GTO*

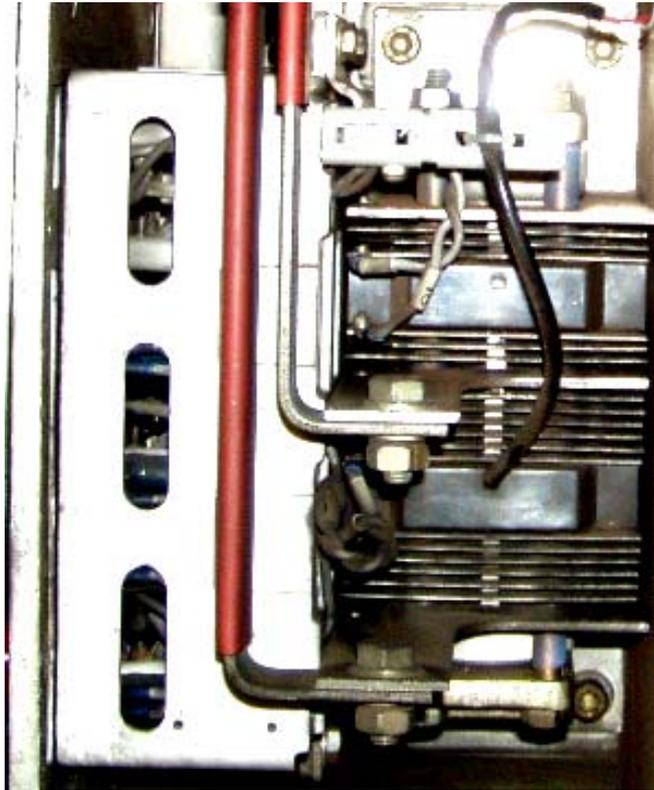


*Figura 5-3: Loco politensione – IGBT per montaggio su piastra*

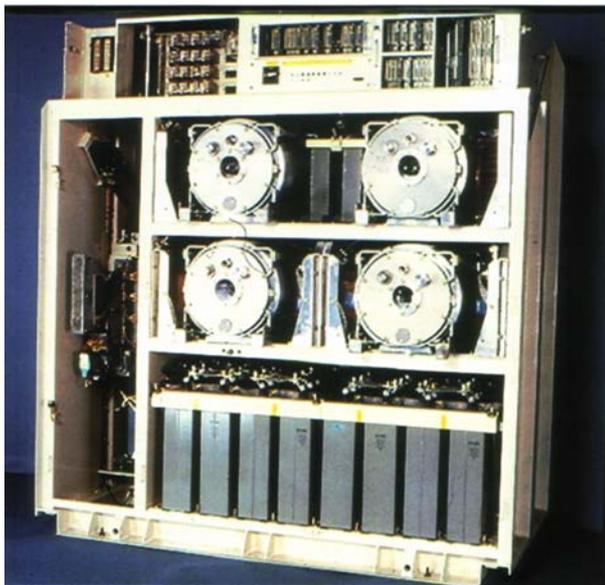


*Figura 5-4: Loco politensione – Parte attiva di un diodo IGBT*

Lo sviluppo dei componenti ha influenzato la tipologia dei convertitori e gli schemi in essi utilizzati, che hanno infatti seguito di pari passo lo sviluppo dei semiconduttori che rendevano via via realizzabili nuovi circuiti di conversione. Altrettanto importante è stato lo sviluppo dei sistemi di controllo dei convertitori e dei relativi semiconduttori nonché delle logiche di controllo dei motori, grazie anche all'avvento dei microprocessori. Anche l'evoluzione dei sistemi di raffreddamento dei semiconduttori ha contribuito a incrementare le prestazioni dei convertitori, passando dai primi raffreddamenti ad aria con radiatori ad alette (vedi Figura 5-5) ai moduli immersi nel freon (vedi Figura 5-6), ormai abbandonati per motivi ecologici, fino agli attuali metodi di raffreddamento ad acqua sia per semiconduttori a disco che per IGBT con montaggio su piastra (vedi Figura 5-7 e Figura 5-8).



*Figura 5-5: Loco politensione – Modulo di convertitori raffreddato ad aria*



*Figura 5-6: Loco politensione – Raffreddamento con freon – tank: complessivo di un convertitore e sezione di un tank*



Figura 5-7: Loco politemensione – Moduli equivalenti con IGBT (a sinistra) e con GTO a disco (a destra) raffreddati ad acqua.

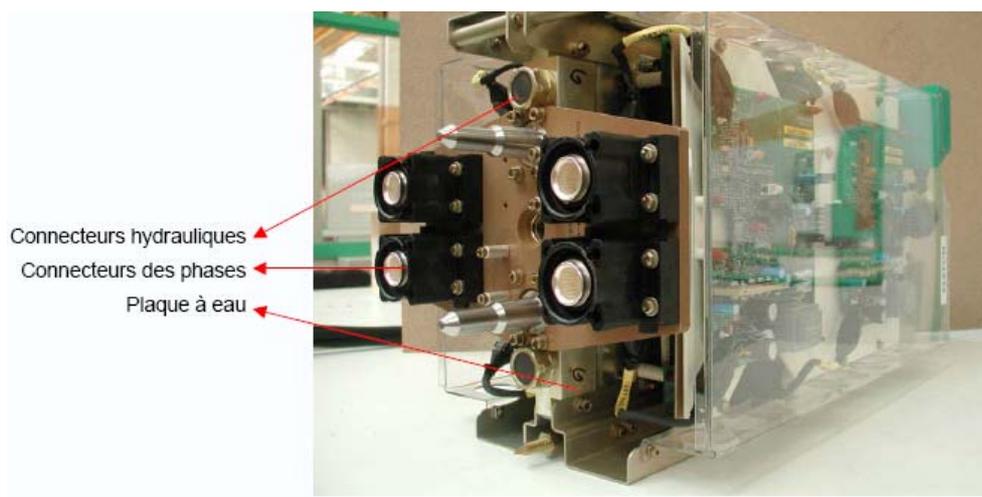


Figura 5-8: Loco politemensione – Modulo a IGBT su piastra con raffreddamento ad acqua

Riguardo le tipologie dei convertitori, esistono tre grandi famiglie:

1. *i raddrizzatori semplici o controllati*, che sono convertitori da corrente alternata a corrente continua;
2. *i “chopper” o “frazionatori”*, che sono convertitori da corrente continua a corrente continua che variano il valore

della tensione in uscita rispetto all'entrata, e conseguentemente le rispettive correnti;

3. gli *“inverter”* o *“invertitori”*, che sono convertitori da corrente continua a corrente alternata.

I raddrizzatori sono impiegati sia nei sistemi di alimentazione a corrente continua che in quelli a corrente alternata. Nel primo caso sono impiegati a terra, nelle sottostazioni di alimentazione, per la conversione della corrente alternata trifase della rete industriale in corrente continua di idonea tensione. Nel secondo caso sono impiegati a bordo, soprattutto nelle linee alimentate alla frequenza di 50Hz, per la conversione della corrente alternata della linea in corrente continua a bordo per alimentare i motori a corrente continua. Nei sistemi con linea monofase, infatti, la prima applicazione dei raddrizzatori, utilizzati come semplici ponti di diodi posti a valle di trasformatori a rapporto variabile, ha permesso di realizzare la conversione a bordo e di poter alimentare con tensione continua variabile i motori in corrente continua. Nei sistemi monofase, la prima applicazione dei raddrizzatori, utilizzati come semplici ponti di diodi posti a valle di trasformatori a rapporto variabile, ha permesso di poter alimentare con tensione continua variabile i motori in corrente continua. In seguito a bordo furono adottati ponti controllati, che permettono la regolazione della tensione in uscita mediante controllo dell'angolo di fase all'accensione dei diodi controllati del ponte consentendo di usare trasformatori a rapporto fisso. Ne risulta un fattore di potenza sulla rete di alimentazione piuttosto basso ai carichi parziali, peggiorandone le prestazioni; il problema è particolarmente sentito sulle reti a frequenza 16 Hz. Le più recenti realizzazioni oggi impiegano a bordo il cosiddetto “convertitore 4 quadranti”, ossia reversibile, di concezione tedesca. Questo convertitore consente di ottenere in uscita una tensione continua controllata, prelevando allo stesso tempo dalla rete monofase

una corrente con un fattore di potenza sempre prossimo a uno; inoltre, se del caso, il convertitore permette di restituire potenza alla rete monofase, durante la frenatura a recupero (vedi Figura 5-9 e Figura 5-10).

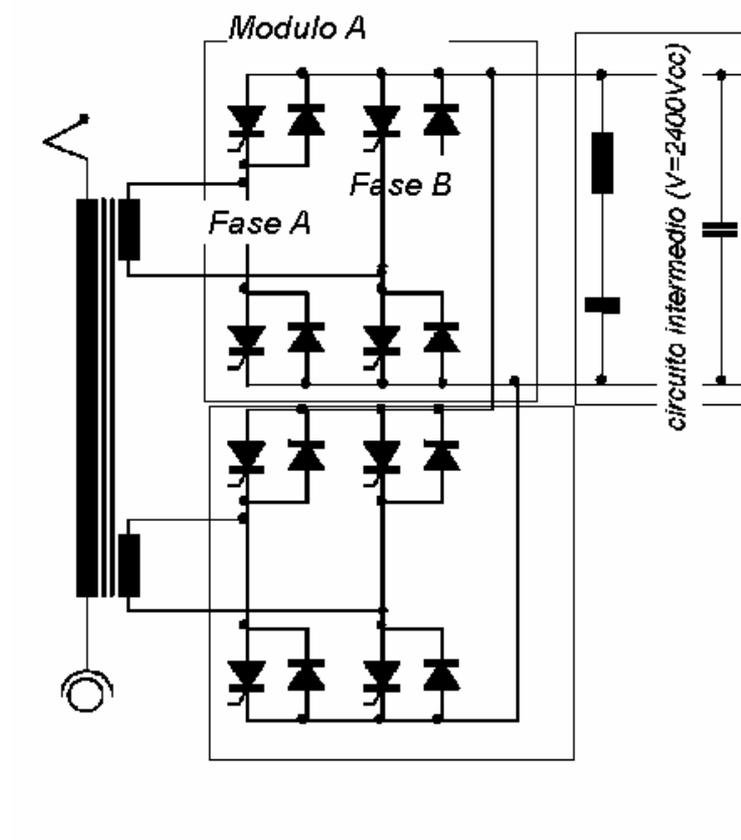


Figura 5-9: Loco politensione – Schema di convertitore a 4 quadranti

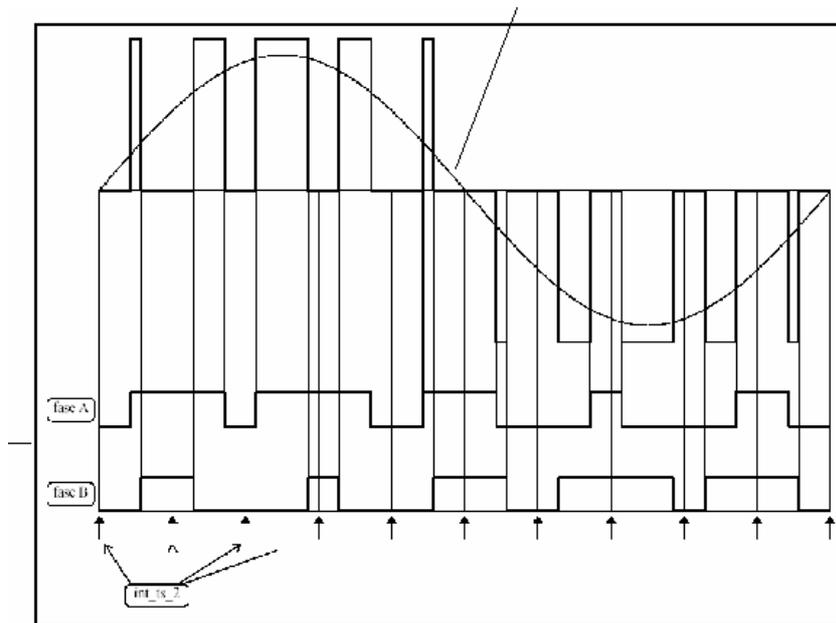


Figura 5-10: Loco politensione – Principio di funzionamento del convertitore a 4 quadranti

Sui rotabili a corrente continua le prime applicazioni dei convertitori sono state realizzate con il chopper, che consente di regolare la tensione a valle mediante una successione di periodi di conduzione (T.on) e di blocco (T.off) (Figura 5-11), ottenendo in uscita una tensione media variabile in funzione del rapporto di conduzione  $T_c / T$ .

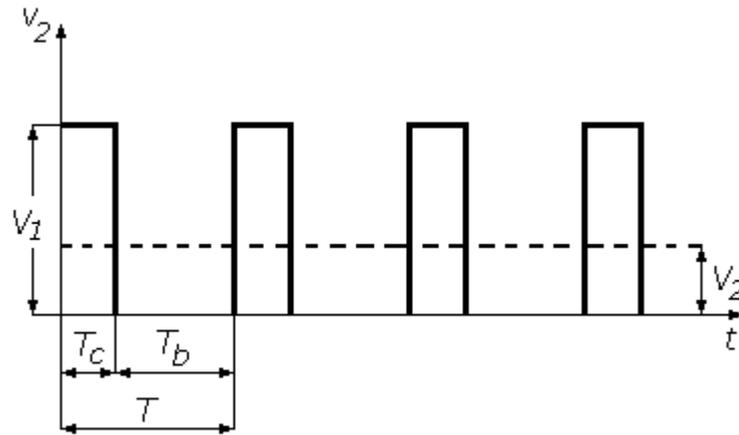


Figura 5-11: Loco politensione – Principio di funzionamento del “chopper”

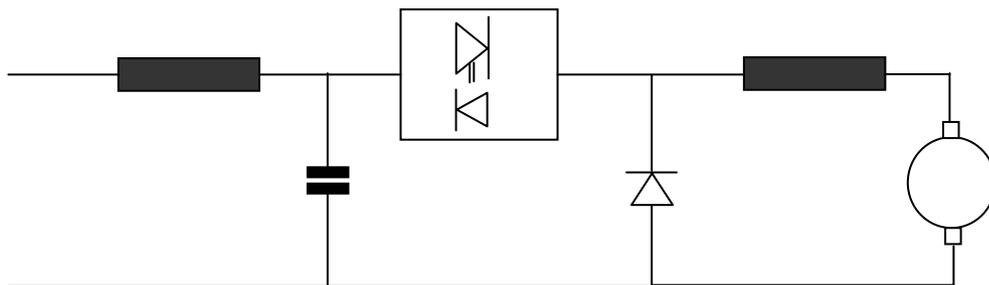


Figura 5-12: Loco politensione – Schema di principio di un chopper

A seconda della disposizione circuitale, il chopper può essere abbassatore (step down) o elevatore (step up) della tensione in uscita rispetto a quella in entrata. Il chopper ha consentito di eliminare gli avviatori reostatici dai mezzi in corrente continua, perché si ottiene il controllo diretto e completo della tensione ai motori e la parte di potenza risulta più facile da realizzare e con meno problemi. Inoltre la regolazione continua della coppia dei motori consente un miglior sfruttamento dell'aderenza, aumentando i carichi rimorchiabili. Questi convertitori consentono la frenatura elettrica reostatica, a recupero e

mista, per applicazioni sia su linee metropolitane che su linee ferroviarie, mediante convertitori a chopper reversibili.

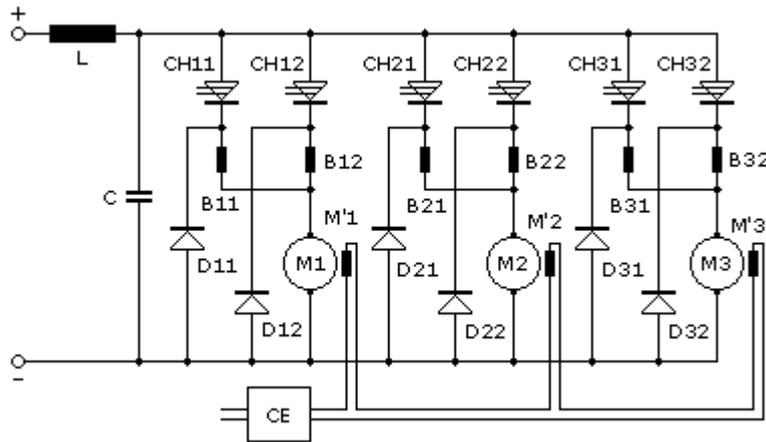


Figura 5-13: Loco politensione – Schema di locomotiva chopper E632 - E633

Un salto qualitativo si è avuto con l'impiego degli inverter di tipo trifase, che alimentano motori asincroni. Si è abbandonato quindi il motore a collettore a corrente continua eccitato in serie, per tornare al motore a campo rotante della prima ora, che presenta gli innegabili vantaggi della robustezza e semplicità costruttiva e della più elevata potenza specifica, che ne avevano consigliato l'uso all'inizio. Ora però l'inverter permette di alimentare questi motori con frequenza e tensione variabile, realizzando quindi una regolazione continua della velocità e della coppia. L'inverter è alimentato a sua volta da una sorgente a corrente continua.

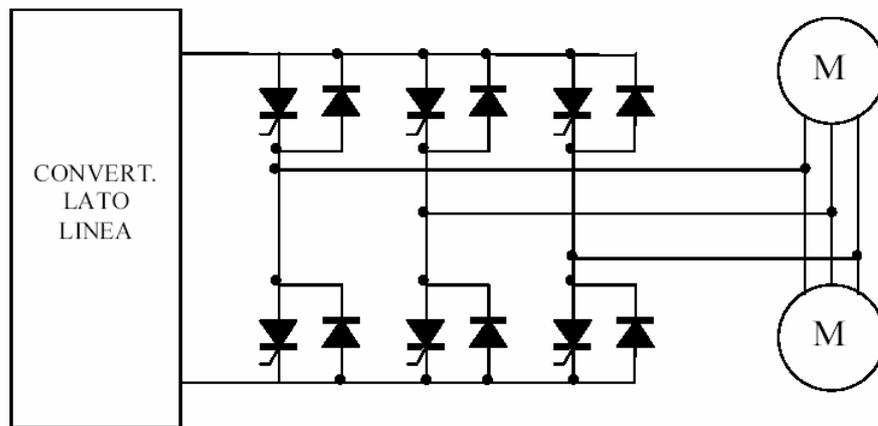


Figura 5-14: Loco politensione – Inverter trifase

Se la linea di contatto è a corrente continua (3000V o 1500V o anche 750V), l'inverter può essere alimentato direttamente dalla linea stessa. Questa soluzione consente di costruire dei rotabili estremamente semplici e con apparecchiature ridotte al minimo, certamente le più semplici ed economiche fra tutti i sistemi di trazione elettrica. In questo caso però la tensione continua di alimentazione dell'inverter è variabile entro gli ampi limiti definiti dagli standard della linea di contatto (normalmente il 20% in più o in meno): questo rende più complessa la regolazione dell'inverter. Un esempio di questa soluzione sono le locomotive E464 delle ferrovie dello Stato per servizi regionali, che sono appunto le più economiche o anche le motrici dell'elettrotreno ETR500 nella versione solo a corrente continua 3000v.

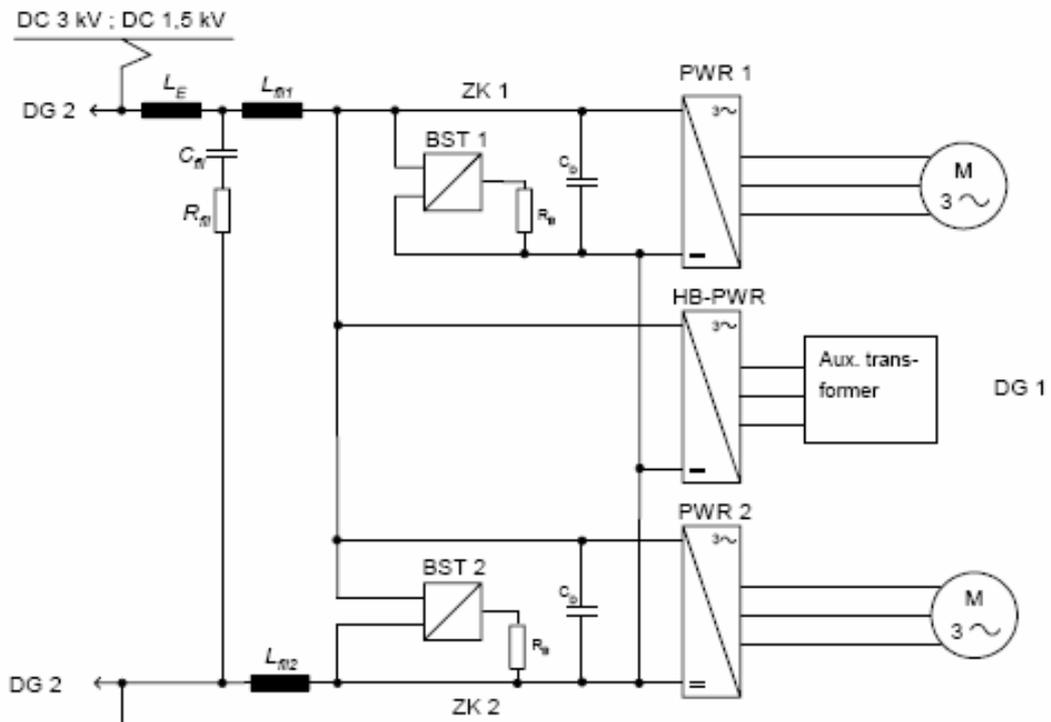


Figura 5-15: Loco politensione – Schema di una locomotiva con inverter ad alimentazione diretta in corrente continua

Per superare il problema della tensione di linea fortemente variabile, in questi sistemi a corrente continua, può essere utilizzato un convertitore di ingresso (primo stadio) stabilizzatore, utilizzando un chopper, la cui uscita è a tensione costante per semplificare la regolazione dell'inverter. La configurazione del rotabile è quindi costituita da un chopper che alimenta un inverter. Questa soluzione è adottata per la locomotiva E402A o del Pendolino ETR460 delle ferrovie italiane a 3000V.

Con alimentazione in corrente alternata, sia a 15kV-16,7 Hz, sia a 25kV 50Hz), è oggi generalizzato l'impiego del convertitore "quattro quadranti", che trasforma la corrente alternata nella corrente continua necessaria per alimentare l'inverter. La locomotiva si compone quindi

del trasformatore, convertitore quattro quadranti e inverter: questa è la configurazione tipica delle locomotive tedesche.

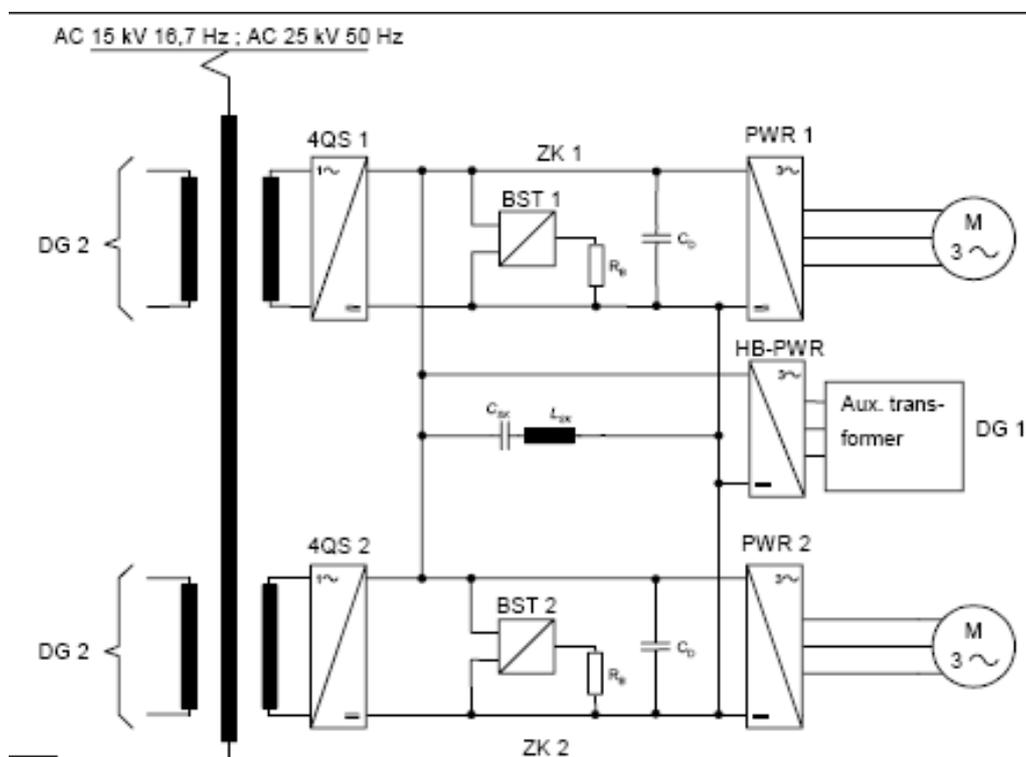


Figura 5-16: Loco politensione – Schema di principio per una locomotiva per corrente monofase

Con opportuni accorgimenti costruttivi lo stadio di ingresso può essere realizzato in modo da configurarsi come un primo stadio quattro quadranti, oppure essere riconfigurato come un chopper con opportune ma semplici commutazioni e riutilizzando gran parte dei componenti. In questo modo l'inverter può essere alimentato sia da una linea a corrente continua tramite il chopper, sia da una linea in corrente alternata tramite il trasformatore e il convertitore quattro quadranti. Questo è il caso della locomotiva E402B e delle motrici dell'ETR500 politensione delle ferrovie italiane (25kV-50Hz e 3000Vcc) o del Pendolino ETR470 (3000V e 15kV-16,7Hz) di Cisalpino.

Utilizzando trasformatori con due prese è possibile far funzionare la locomotiva con le due tensioni dei sistemi monofase, come ad esempio il Nuovo Pendolino ETR600 di Cisalpino (3000Vcc, 15kV-16,7Hz, 25kV-50Hz)

Appare infatti chiaro che con questi convertitori è possibile realizzare in maniera abbastanza semplice dei rotabili policorrente e politensione, in grado cioè di funzionare sia con catenarie in corrente continua che alternata e con diversi valori di tensione, configurando con adeguate commutazioni i convertitori di entrata secondo lo schema richiesto dalla catenaria e utilizzando secondo il caso uno dei quattro differenti pantografi che è possibile installare sul tetto.

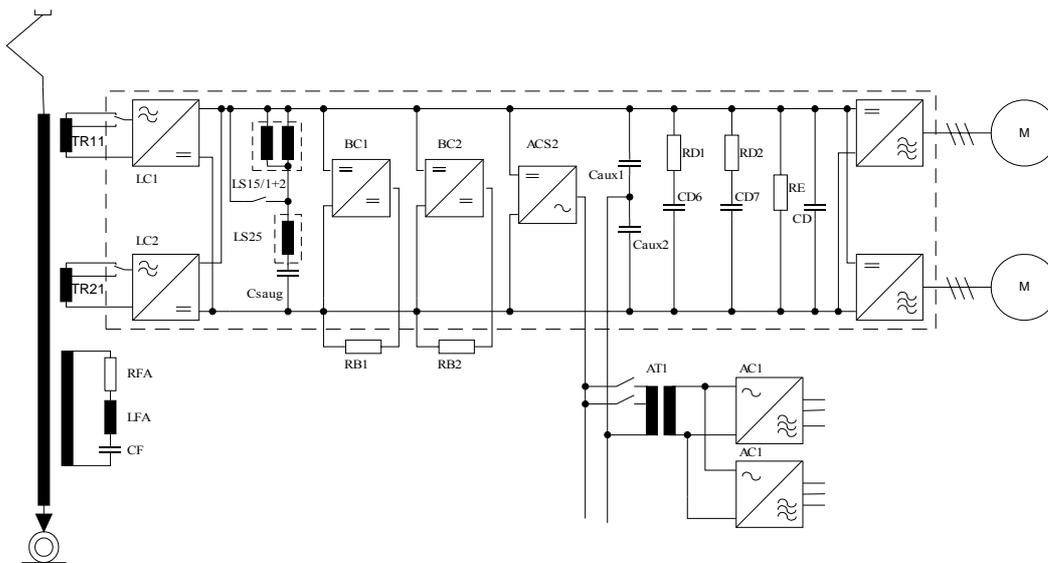


Figura 5-17: Loco politensione – Schema di principio per una locomotiva policorrente in configurazione monofase

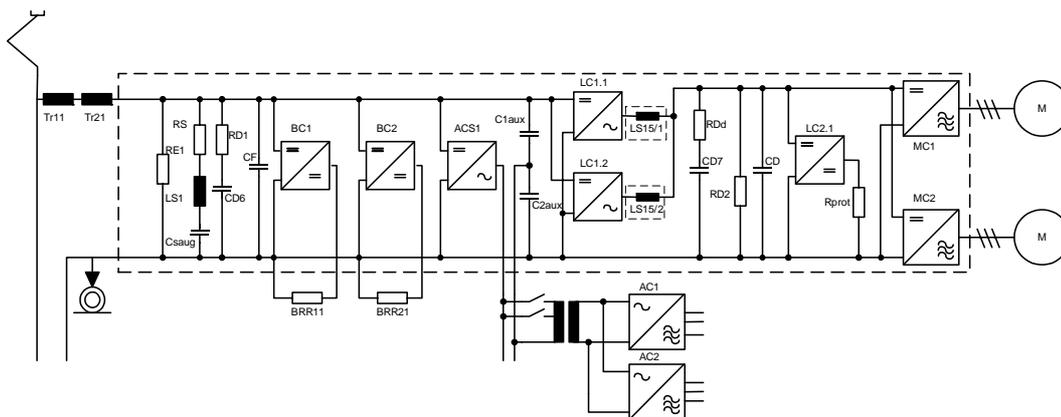


Figura 5-18: Loco politemensione – Schema di principio per una locomotiva policorrente in configurazione a c.c. 3kV (choppere step down)

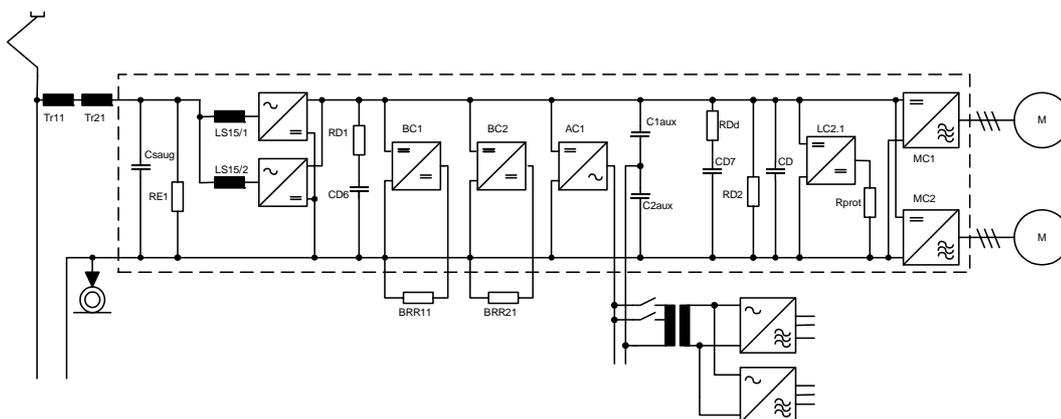


Figura 5-19: Loco politemensione – Schema di principio per una locomotiva policorrente in configurazione a c.c. 1,5kV (choppere step up)

In effetti oggi i limiti imposti all'interoperabilità dal sistema di alimentazione sono da considerare superati con adeguate locomotive, solo con qualche complicazione costruttiva ormai risolta e con maggiori costi abbastanza limitati. D'altra parte non appare conveniente al momento pensare di convertire i vari sistemi di alimentazione esistenti considerando anche il fatto che soltanto il sistema a 1500V presenta dei limiti di potenzialità. In effetti le Specifiche Tecniche di Interoperabilità considerano per le linee fino a

200 km/h ammessi tutti i quattro sistemi fondamentali: corrente continua 1500 o 3000V e corrente monofase 15kV e 25kV, mentre quello inglese a terza rotaia è considerato ad esaurimento. Il sistema a corrente continua a 3000V è ammesso anche sulle linee Alta Velocità fino a 250 km/h, mentre quelli monofase non hanno limiti.

Sono ormai in circolazione diversi tipi di locomotive quadricorrente omologate in diversi paesi e in grado di circolare sui grandi assi europei, esempi di tali veicoli sono sono riportati nella Figura 5-20 e nella Figura 5-21.



*Figura 5-20: Loco politensione – Locomotiva Siemens politensione in livrea della ferrovie austriache ÖBB*



*Figura 5-21: Loco politensione – Locomotiva Borbardiers politensione con livrea di varie reti*

### **5.3) IL SISTEMA DI SEGNALAMENTO EUROPEO ERTMS\ETCS**

#### **5.3.1) Il sistema europeo di gestione del traffico ferroviario ERTMS**

I sistemi di segnalamento e controllo della marcia dei treni sono sempre più ad alte prestazioni e più complessi. Fino ad oggi questi sistemi sono stati sviluppati generalmente a livello nazionale, per una industria o per un cliente specifico, di conseguenza essi differiscono da stato a stato, specialmente in ciò che riguarda le modalità di trasmissione delle informazioni e la natura delle notizie trasmesse. Attualmente esistono in

Europa più di venti sistemi di segnalazione e di controllo di velocità e, per la maggior parte, sono totalmente incompatibili fra di loro. Questo comporta, per esempio, che un treno in servizio internazionale come il Thalys, che ogni giorno collega Parigi, Bruxelles, Colonia ed Amsterdam, deve essere attrezzato con non meno di sette sistemi differenti e questo richiede un elevato numero di sensori e schemi di controllo a bordo ognuno specifici per un sistema, e provoca costi supplementari, e implica un aumento dei rischi di guasto, e comporta una complicazione del compito dei conducenti.

Davanti a una tale frammentazione del settore, si è fatta progressivamente sentire la necessità di unire gli sforzi e di lavorare al livello europeo, così da evitare che, in ogni Stato membro, fondi importanti non fossero investiti nello sviluppo, nelle prove e nella convalida di sistemi incompatibili fra loro ma che rispondevano a bisogni simili. Infatti, all'inizio degli anni '90, vari Stati membri avevano iniziato vari progetti di ricerca con l'obiettivo di concepire una nuova generazione di sistemi di segnalazione e di controllo delle velocità a più alto rendimento e meno onerosi, approfittando degli immensi progressi del settore delle telecomunicazioni.

Sotto l'impulso della Commissione europea, questi diversi progetti di ricerca sono stati riuniti e sono confluiti in un grande progetto industriale europeo, l'ERTMS. (European Rail Traffic Management System) che oggi presenta due componenti di base:

- ✦ **GSM-R**: si tratta di un sistema radio utilizzato per scambiare delle notizie tra il suolo ed i treni. Esso è fondato sullo standard GSM di telefonia mobile ma utilizza delle frequenze differenti proprie della ferrovia, ed è dotato di alcune importanti funzioni avanzate. Permette al conducente di dialogare coi centri di regolazione con chiamate ad indirizzi convenzionali, chiamate di gruppo, di emergenza o prioritarie,

segnali di allarme anche selezionati per zone e destinatari ecc.. Inoltre può essere utilizzato per la trasmissione dati al treno per il controllo della marcia, come la via libera, la velocità massima permessa, ...

- ✘ **ETCS** (*European Train Control System*): è il sistema europeo di controllo dei treni che permette di trasmettere al conducente le notizie relative alla via libera e alla velocità autorizzata e di controllare continuamente il rispetto delle indicazioni ricevute. A bordo un computer paragona istantaneamente la velocità del treno con la velocità massima permessa ed interviene automaticamente sul sistema frenante nel caso di superamento del limite.

Il progetto è ormai completamente maturo ed è stato oggetto di apposite STI emesse sia per la rete AV che per quella convenzionale, che quindi sono di applicazione obbligatoria per tutti gli Stati membri.

Il sistema GSM-R a parte i canali specifici e le funzionalità particolari, non differisce sostanzialmente da sistema GSM pubblico. Molto più complesso è invece il sistema di segnalamento vero e proprio ETCS, che viene in seguito illustrato

### *5.3.2) ETCS nella struttura funzionale semplificata del Sistema di Gestione del Traffico Ferroviario*

La gestione del traffico ferroviario si presenta come molto complessa e riguarda molti strati o livelli dell'impresa ferroviaria secondo la gerarchia illustrata in Figura 5-22.

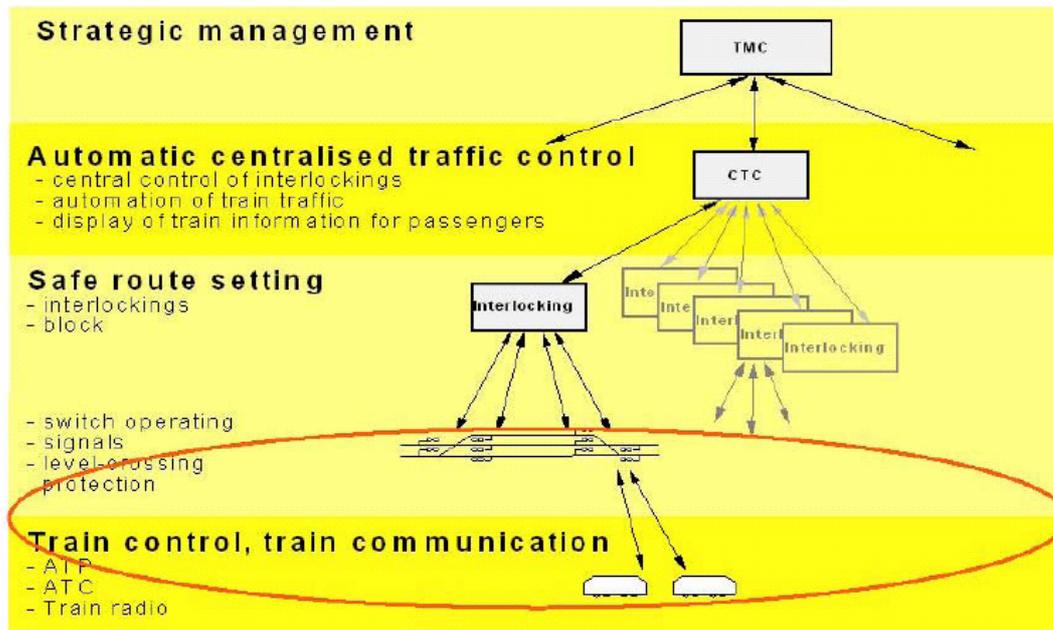


Figura 5-22: Sistema ETCS - Sistema gestionale del traffico ferroviario

Sempre con riferimento alla figura, al livello superiore si ha la gestione strategica del traffico di competenza degli organi del top management dell'azienda. Immediatamente al di sotto si ha il controllo centralizzato del traffico (CTC), funzione operativa, che governa la circolazione attraverso il controllo centralizzato degli "interlocking" (termine inglese per indicare gli apparati di stazione per la manovra e il controllo dei deviatori e degli itinerari) ed eventuali sistemi di controllo automatico del traffico. Inoltre fornisce le informazioni sull'andamento dei treni ai clienti sia viaggiatori che merci.

Quindi vi sono i sistemi che assicurano ai treni un percorso sicuro, cioè i sistemi di blocco e gli interlocking. Questi governano gli enti della linea come gli scambi, i segnali, le protezioni, eventuali passaggi a livello ecc..

Nello strato più basso vi sono i sistemi di comunicazione con i treni e di controllo dei treni, cioè la radio di bordo e i sistemi di protezione ATP (Automatic Train Protection) e/o ATC (Automatic Train Control).

Da un punto di vista finanziario, generalmente il costo per il sistema di gestione del traffico ferroviario è relativamente più basso se comparato con le altre parti dell'infrastruttura e ai rotabili del sistema ferroviario. Viceversa l'impatto sulla prestazione e la qualità dei servizi ferroviari sono relativamente alti. Quindi la gestione del traffico ferroviario è strategicamente un'area chiave per l'ottimizzazione dei servizi ferroviario. Nella gestione del traffico ferroviario i costi più alti risiedono negli strati più bassi, cioè negli apparati di blocco delle stazioni (interlocking), i sistemi controllo della marcia del treno e di comunicazione con il treno. Una strategia bene progettata per approvvigionamento e manutenzione di questi sistemi che coprono il ciclo di vita intera è perciò d'importanza cruciale.

In Europa, fino ad oggi, i sistemi di gestione del traffico ferroviario sono stati concepiti e sfruttati su una base nazionale. Per avere un miglioramento del servizio ferroviario internazionale è necessario intervenire a tutti i livelli del sistema gestionale, prima di tutto a quello più alto della gestione strategica per collegare i vari sistemi di gestione, questo è lo scopo del progetto europeo Euro-Optirail.

Analogamente si deve operare anche sullo strato più basso ovvero il controllo del treno e i sistemi di comunicazione col treno, in altre parole c'è bisogno di garantire l'interoperabilità delle attrezzature che fanno da ponte sull'interfaccia tra infrastruttura e bordo.

Proprio in questo strato opera ETCS. Certamente il passaggio dai sistemi attuali a quello unificato non è semplice né economico. Inoltre, come si vedrà in seguito, c'è bisogno anche di strategie nazionali di migrazione verso ETCS che devono essere armonizzate e coordinate a livello europeo specialmente sui corridoi europei prioritari, poiché la situazione attuale riguardo al controllo treno è piuttosto diversa tra i vari paesi non solo tecnicamente ma anche riguardo al livello di sicurezza esistente, la densità e la fluidità di traffico, il grado di razionalizzazione e

l'ulteriore aspettativa di vita delle installazioni attuali e così via. Perciò ogni paese ha priorità diverse lato infrastruttura così come per il materiale rotabile e il problema della migrazione verso il nuovo sistema è cruciale negli anni a venire.

Programmi per la realizzazione di ETCS sono quindi più o meno ambizioni a seconda dei vari paesi membri e variano dalle applicazioni di grande scala in alcuni paesi alla pura pianificazione in altri.

Inoltre le Industrie fornitrici hanno bisogno di informazioni sul mercato potenziale per i componenti di ETCS nel corto, medio e lungo termine, per valutare l'opportunità di concepire e omologare i loro prodotti, essendo queste operazioni molto complessa trattandosi di apparati in sicurezza.

Ciò non toglie che oggi la domanda non è più *“è ETCS il sistema del futuro?”* ma *“come può essere implementato ETCS in ogni paese, quali i costi per i vari modi di realizzazione, come la strategia ottimale sia giustificata economicamente, e come sia assicurato il finanziamento?”*. In altre parole la migrazione verso un unico sistema europea, seppur fra molte difficoltà, è ormai iniziata.

### ***5.3.3) ETCS: un potente concetto orientato al futuro***

Il sistema ETCS è basato su set coerente di specificazioni che sono di pubblico dominio. Queste specificazioni assicurano l'interoperabilità dell'attrezzatura di ETCS anche con componenti prodotti da diversi fornitori. Esse trattano delle funzioni, procedure e prestazioni così come dell'architettura del sistema di ETCS ed delle interfacce tra i vari sottosistemi che sono attinenti all'interoperabilità.

Ai fornitori è data la massima libertà nella scelta della tecnologia ottimale. Grazie alla struttura modulare di ETCS, i vari moduli possono essere riprogettati in ogni momento con l'uso della migliore e più

aggiornata tecnologia. Sono possibili anche allargamenti del concetto di ETCS come per esempio lo sviluppo del cosiddetto livello 3 con localizzazione da parte del treno o la combinazione con posizionamento basato su satellite (boe virtuali in luogo di vere boe).

In futuro un stretto controllo della gestione per il cambio delle specifiche di ETCS deve assicurare che, da un lato, venga mantenuto lo scopo originale di interoperabilità e che, dall'altro, sia possibile un ulteriore sviluppo ragionevole del sistema di ETCS.

### 5.3.4) Architettura di ETCS

L'architettura del sistema ETCS è rappresentata graficamente nella Figura 5-23.

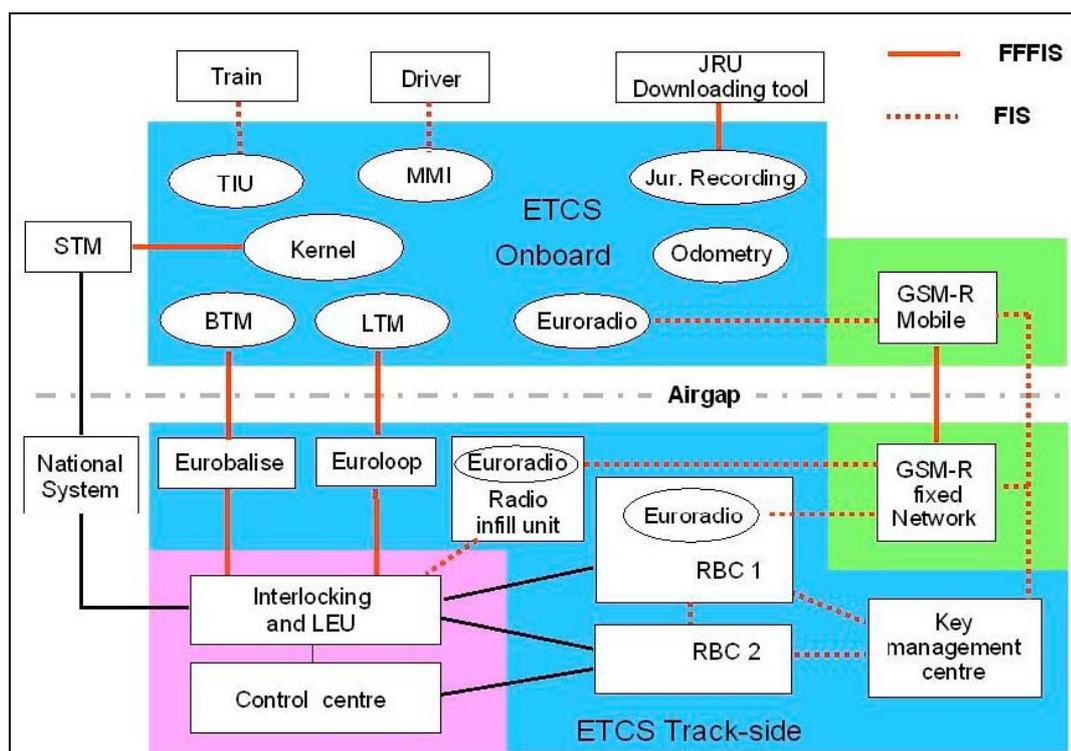


Figura 5-23: Sistema ETCS - Struttura funzionale di ETCS

Le Specificazione dei Requisiti di Sistema di ETCS (SRS) descrive le varie parti del sistema, che si basa sul così detto nocciolo (*kernel*)

europeo di ETCS, detto anche *European Vital Computer* (EVC), con le sue interfacce verso il sistema radio GSM-R, verso il sistema di segnalamento lato infrastruttura e verso l'equipaggiamento di bordo del treno. Il computer vitale EVC è il cuore fondamentale delle apparecchiature di bordo, perché svolge le funzioni logiche in sicurezza. Si tratta di computer con hardware e software particolarmente sofisticati e affidabili che lavorano con logiche 2 su 3 o 2 su 2 con ridondanza.

Essi sono inseriti nell'apparecchiatura di bordo ETCS (*Eurocab*) installata sul treno (area blu superiore nella figura). Eurocab include oltre a EVC, le apparecchiature di trasmissione e le relative antenne per gli scambi di dati con la terra attraverso i sottosistemi standardizzati:

- ✦ **Eurobalise:** connessione discontinua con boe (*balise*) come quella rappresentata in Figura 5-24, tramite un Modulo di trasmissioni per balise (*BTM* ovvero *Balise Transmission Module*);
- ✦ **Euroloop:** connessione continua su tratti di limitata lunghezza con apposite antenne poste a terra, tramite un Modulo di Trasmissione per Loop (*LTM* ovvero *Loop Transmission Module*) per realizzare l'iniezione (*infill*) di informazioni;
- ✦ **Euroradio** che è l'interfaccia che connette l'apparecchiatura con la radio digitale [GSM-R].



*Figura 5-24: Eurobalise*

Sono inoltre previste interfacce con il resto del treno (trazione, frenatura ecc..) tramite l'Unità di Interfaccia col Treno (*TIU* ovvero *Train Interface Unit*), con il conducente del treno attraverso l'Interfaccia Uomo Macchina (*MMI* ovvero *Man Machine Interface*) o più modernamente per pari opportunità *DMI* (*Driver Machine Interface*). Esiste anche una unità di odometria per la misura di spazi e velocità e un Juridical Recorder per registrare le informazioni del viaggio rilevanti ai fini legali. Possono essere poi collegati a questo Eurocab puro, una serie di Moduli Specifici di Trasmissione (*STM* ovvero *Specific Transmission Module*) per leggere e trasmettere al Kernel le informazioni provenienti da sistemi nazionali esistenti in forma interpretabile da ETCS per realizzare le funzioni di sicurezza previste da sistemi nazionali.

Sul lato infrastruttura ETCS comprende (area blu inferiore nella figura) apparecchiature per la trasmissione di dati via boe, loop o la radio di GSM-R, con le varie possibilità per l'interfaccia con gli apparati centrali e di blocco convenzionali (l'area violetta). Può essere presente il Radio Block Center (RBC) che elabora le informazioni degli apparati di terra per formare e trasmettere le istruzioni di sicurezza ai treni attraverso Euroradio.

Esistono due tipi di interfacce standardizzate fra i vari moduli:

- ✗ **FIS** (*Specificazione Funzionale d'Interfaccia ovvero Functional Interface Specification*) per assicurare che un'interfaccia realizza un'interoperabilità logica;
- ✗ **FFFIS** (*Specificazione Fisica e Funzionale d'Interfaccia ovvero Form Fit Function Interface Specification*) per assicurare che è realizzata sia l'interoperabilità logica che fisica.

ETCS copre con specificazione FFFIS le Interfacce:

- ✗ lo spazio d'aria (Airgap) per Eurobalise e per la trasmissione di dati di Euroloop
- ✗ lo spazio d'aria (Airgap) per la trasmissione di dati di Euroradio tramite GSM-R
- ✗ interfaccia per aggiungere un Modulo Specifico di Trasmissione (STM) all'Eurocab
- ✗ Interfaccia Trasferimento (scarico) dei dati giuridici

Interfacce dotate di FIS sono:

- ✗ - Interfaccia per l'Unità di Interfaccia del Treno (TIU)
- ✗ - Interfaccia con il Conducente (DMI)
- ✗ - Interfaccia fra Radioblock
- ✗ - Interfaccia col Centro di Gestione.

La scelta di queste interfacce è stata motivata fondamentalmente dallo scopo di consentire l'Interoperabilità tra attrezzatura di vari fornitori e l'intra-operabilità tra i vari modi di equipaggiare con ETCS le linee e veicoli. Fino ad ora infatti l'intercambiabilità dei vari componenti di ricambio per facilitare la manutenzione non era purtroppo un traguardo comunemente perseguito.

La funzionalità seguenti sono largamente indipendenti dal modo di trasmissione di dati (Eurobalise, Euroloop o GSM-R con Euroradio) con cui opera ERTMS/ETCS:

- ✗ ubicazione del treno

- ✗ autorizzazione al movimento
- ✗ descrizione delle caratteristiche della via
- ✗ monitoraggio dinamico della velocità
- ✗ operazioni speciali (movimenti di manovra in stazione, veicolo non di guida perché, ad esempio, in doppia trazione o locomotiva di spinta, ecc.)
- ✗ funzioni ausiliari (handover fra RBC e RBC, cioè il passaggio di un treno dalla giurisdizione e controllo di un centro a quello successivo eccetera)

### *5.3.5) Livelli di applicazione*

Così per come è concepito ETCS può essere sviluppato secondo 3 livelli di applicazione e questo permette di ottenere i seguenti vantaggi:

- ✗ possibile percorso di aggiornamento del sistema, essendo possibile implementare un livello 1 come sistema di base e più tardi evolvere a livello 2 mantenendo le stesse specifiche di sistema;
- ✗ compatibilità verso il basso (per esempio un treno equipaggiato con livello 2 può funzionare anche su di una linea di livello 1 ecc).

Questo consente un comportamento del sistema costante (rispetto l'esercizio) e il minimo sforzo di sviluppo (rispetto ai costi).

La configurazione di base e il flusso di dati per i vari livelli di applicazione sono mostrate nelle Figura 5-25.

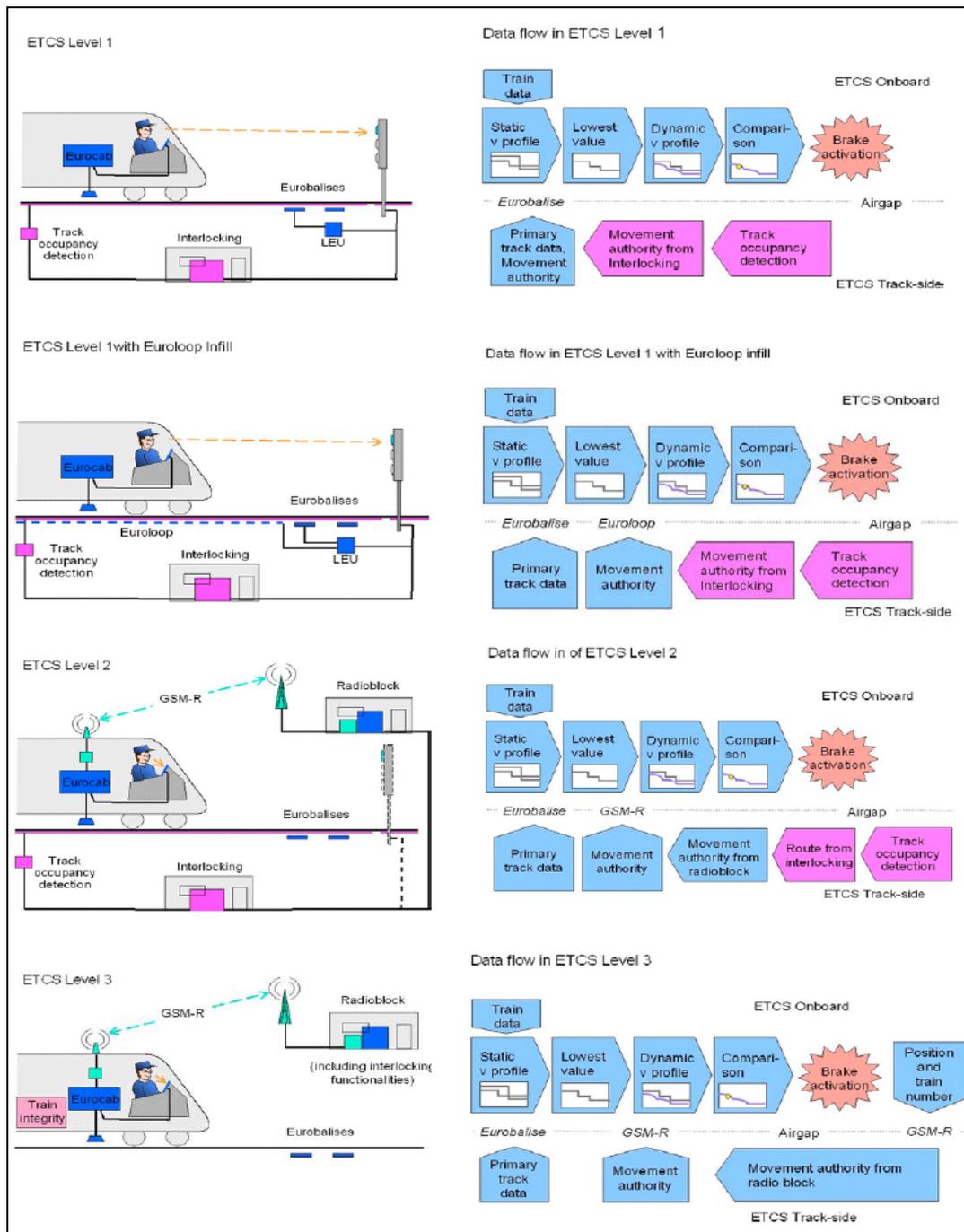


Figura 5-25: Sistema ETCS - Configurazione di base del flusso dati di ETCS

Nel Livello 1 la trasmissione di dati è realizzata con Eurobalise e quindi è discontinua, può essere eventualmente integrata con Euroloop per

realizzare l'infill. Sul lato infrastruttura queste apparecchiature di trasmissione di dati sono connesse con i segnali laterali di linea esistenti o direttamente col corrispondente interlocking. Quindi l'autorizzazione e la gestione del movimento dei treni e degli apparati è controllata dai sistemi di apparati centrali e di blocco esistenti (gli interlocking) che tuttavia non fanno parte del sistema ETCS. Invece la trasmissione dei dati ai treni tramite le boe ed, eventualmente, Euroloop, le apparecchiature di ricezione a bordo dei segnali e di elaborazione dei dati e l'interfaccia MMI sono conformi alle specifiche di ETCS e quindi costituiscono l'insieme del sistema ETCS al livello 1.

La linea è divisa in sezioni di blocco, ognuna controllata dai rivelatori di occupazione della via. La linea è divisa in sezioni di blocco, ognuna controllata dai rivelatori di occupazione della via. Le informazioni relative alla libertà della via vengono elaborate dagli interlocking insieme a quelle degli itinerari per fornire l'autorizzazione al movimento, cioè la via libera fino a una determinata posizione. Questo dato viene passato alla boa di Eurobalise attraverso una LEU (Line Encoder Unit – unità di codifica di linea). Le boe a terra portano anche le informazioni fisse sulle caratteristiche della linea, come la velocità di linea, la pendenza, le limitazioni particolari di velocità, le distanze ecc.. Le informazioni delle boe vengono captate dalle apparecchiature di bordo e passate all'EVC, al quale pervengono anche le informazioni proprie del treno come la velocità massima dei rotabili, la capacità frenante, già caricate a bordo o introdotte dal macchinista.

A bordo il sistema ETCS usa i dati provenienti dal treno (velocità massima dei veicoli, capacità frenante, ecc) così come i dati trasmessi dall'infrastruttura. Il computer vitale EVC determina dapprima il profilo statico della massima velocità permessa rispetto a tutte le condizioni imposte e poi il profilo dinamico, nel quale il passaggio a velocità più basse è realizzato non con gradini di velocità, che vengono trasformati in

curve di rallentamento di sicurezza. Il profilo dinamico viene comparato con la reale velocità istantanea misurata dal sistema odometrico di bordo. Se la velocità reale supera quella massima ammessa, il computer di bordo interviene andando ad attivare automaticamente il sistema frenante. La curva di sicurezza o curva limite di frenatura indica, in funzione della distanza dal punto di fermata, la velocità massima che consente di arrestarsi nello spazio disponibile prima del limite di fermata con la frenatura di emergenza e tenendo conto del ritardo di attivazione della frenatura massima e della pendenza esistente (EBIC Emergency Brake Intervention Curve). Da questa curva vengono derivate due curve: velocità permessa (PER – PERmitted curve) e velocità di allerta (WRN – WaRNING curve). La velocità permessa è quella che viene indicata al macchinista come valore ammesso ed è ottenuta dalla curva di intervento del freno di emergenza riducendone la velocità con un margine definito. La curva di allerta è intermedia fra le altre due e, se superata, richiama l'attenzione del macchinista prima dell'intervento della frenatura d'emergenza.

Nel Livello 2 la trasmissione di dati è realizzata fondamentalmente con la radio GSM-R in maniera continua. Alcune Eurobalise passive (senza cablaggi) sono usate per trasmettere dati fissi sull'infrastruttura e consentire così un posizionamento dei treni sicuro e sufficientemente preciso. Questo livello di applicazione prevede quindi l'apparecchiatura di blocco radio (RBC) che rientra nello campo di ETCS. Il Radioblock è connesso da un lato con l'interlocking, dal quale riceve le informazioni sugli itinerari e sulla libertà delle sezioni di blocco e dall'altro col sistema di radio GSM-R, attraverso il quale tramette ai treni l'autorizzazione al movimento in maniera continua. Il funzionamento di bordo non differisce sostanzialmente dal livello 1.

Un'ulteriore fase di sviluppo del sistema ETCS è il cosiddetto livello 3, che attualmente è solo in previsione e di conseguenza ancora non pienamente sviluppato. Nel livello 3 è il treno che riporta la sua posizione

e la sua completezza al Radioblock a terra, andando così ad eliminare le apparecchiature lato infrastruttura per la rivelazione dell'occupazione della via. E' immediato vedere come quest'ultima configurazione sia estremamente semplice non prevedendo alcun impianto sulla linea e non prevedendo sezioni di blocco rigidamente fisse e strutturate. Per questa ragione, il Livello 3 di ETCS diverrà la configurazione universale finale ed ottimale di ETCS se si sarà in grado di risolvere il problema fondamentale di rendere sicuro e affidabile il controllo a bordo della posizione e completezza del treno. In quest'ottica UIC ha sviluppato un'ipotesi che tramite l'utilizzo di boe virtuali permetterebbe di combinare un posizionamento di tipo satellitare basato sul progetto europeo Galileo con il livello 3 di ETCS.

Attualmente si stanno sviluppando i livelli 1 e 2 del sistema ETCS e iniziano a vedersi già le prime applicazioni in uso commerciale. Le principali linee attrezzate con il livello 1 sono la Madrid – Lierida e la Vienna – Budapest, mentre, per quando riguarda il livello 2, le maggiori applicazioni si hanno sulle linee AV italiane (Torino – Novara e Roma – Napoli). Il quadro completo delle attivazioni dei sistemi ETCS e delle prossime realizzazioni è riportato in Figura 5-26 e in Figura 5-27.

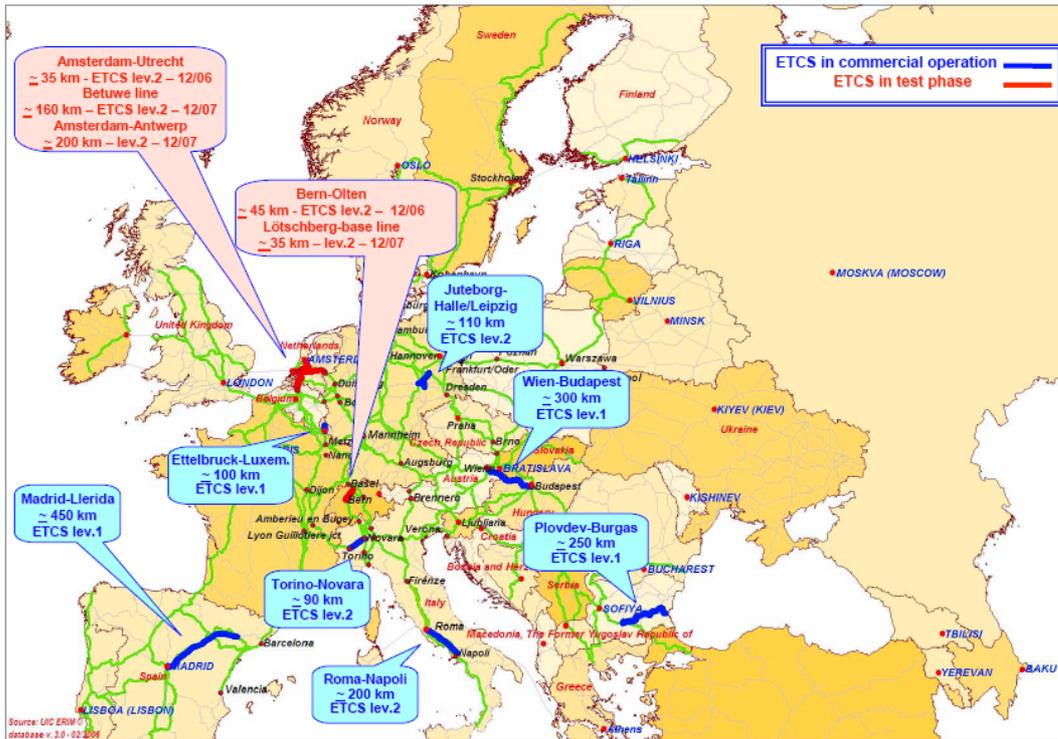


Figura 5-26: Sistema ETCS – Sviluppo del sistema ETCS

| LINE SECTION   | EXTEN.                          | DATE                                | STATUS           | ETCS LEVEL<br>Specs reference                                     | Comments   |
|--|---------------------------------|-------------------------------------|------------------|---|--|
| ITALY: Torino-Novara   | ≈ 90 km                         | Feb. 2006                           | Comm. operation  | Lev. 2 – SRS 2.2.2  | Pure lev.2, no fall back                                 |
| ITALY: Rome-Naples   | ≈ 200 km                        | Dec. 2005                           | Comm. operation  | Level 2 – SRS 2.2.2   | Pure lev.2, no fall back                                 |
| AUSTRIA/HUNGARY :<br>Vienna-Budapest                                       | ≈ 300 km                        | Sept. 2005                          | Comm. operation  | Level 1 – SRS 2.2.2   | In parallel to legacy systems                            |
| LUXEMBOURG:<br>Ettelbruck-Luxembourg                                       | ≈ 100 km                        | 2005                                | Comm. operation  | Level 1 – SRS 2.2.2   | In parallel to legacy systems                            |
| GERMANY:<br>Juteborg-Halle/Leipzig   | ≈ 110 km                        | Dec. 2005                           | Comm. operation  | Level 2 – SRS 2.2.2   | Lev. 2 + fall back                                       |
| SPAIN:<br>Llerida-Madrid   | ≈ 450 km                        | 2005                                | Comm. operation  | Level 1 – SRS 2.2.2   | Lev. 1 to become lev. 2<br>In parallel to legacy systems |
| BULGARIA:<br>Plovdiv-Burgas  | ≈ 250 km                        | 2002                                | Comm. operation  | Level 1 – SRS 1.0.0 class 1                                       |  |
| SWITZERLAND:<br>Berne (Mattstetten)-Olten (Rothrist)                       | ≈ 45 km                         | Summer/Dec. 2006                    | Test phase       | Level 2 – SRS 2.2.2   | Lev. 2 with line-side signals as fall back               |
| THE NETHERLANDS:<br>Amsterdam-Utrecht<br>Betuwe line<br>Amsterdam- Antwerp | ≈ 35 km<br>≈ 160 km<br>≈ 200 km | Dec. 2006<br>Dec. 2007<br>Dec. 2007 | Test phase       | Level 2 – SRS 2.2.2<br>Level 2 – SRS 2.2.2<br>Level 2 – SRS 2.2.2 |  |
| SWITZERLAND:<br>Lötschberg base line (between Brig and Bern)               | ≈ 35 km                         | Dec. 2007                           | Test phase       | Level 2 – SRS 2.2.2   | Lev. 2 with line-side signals as fall back               |
| FRANCE: TGV East   | ≈ 600 km                        | Dec. 2007                           | Under construct. | Level 2 – SRS 2.2.2   | Bimodal (TVM + ETCS lev.2)                               |
| SWEDEN: Botnia line  | ≈ 180 km                        | Dec. 2008                           | Under construct. | Level 2 – SRS 2.2.2   |  |
| BELGIUM:<br>Antwerp-Dutch border<br>Liège-German border                    | ≈ 50 km<br>≈ 50 km              | Dec. 2008<br>Dec. 2008              | Under construct. | Level 2 – SRS 2.2.2<br>Level 2 – SRS 2.2.2                        |  |

Figura 5-27: Sistema ETCS – Linee attrezzate con sistema ETCS

### **5.3.6) Modalità operative**

Indipendentemente dai vari livelli di applicazione, la specificazione di ETCS distingue tre modalità operative che sono graficamente illustrate nella Figura 5-28, Figura 5-29 e Figura 5-30.

Nella modalità “*Disabilitato*” (*unfitted*) non vi sono comunicazioni fra terra e bordo, il conducente agisce unicamente secondo le indicazioni visive dei segnali di linea. Il cruscotto di ETCS (MMI) visualizza solo la indicazione di velocità reale. ETCS supervisiona la velocità massima del treno, impostata in partenza e relativa alle caratteristiche del materiale, ma non è capace adempiere alcuna ulteriore protezione del treno o le funzioni che supervisionano velocità, poiché non riesce ad avere informazioni dalle installazioni lato infrastruttura.

Nella modalità “*Supervisione Limitata*” (*Limited Supervision*) il conducente lavora ancora basandosi sulle informazioni che riceve dal segnalamento laterale di linea. ETCS indica la vera velocità e svolge in parte anche alcune protezioni variabili secondo le tratte. La linea è infatti attrezzata in maniera variabile: in sezioni di linea specifiche con più alti rischi potenziali, l'infrastruttura può essere attrezzata in modo di fornire tutti i dati necessari per una supervisione continua della velocità. In sezioni con piccolo rischio di superamento di velocità o di collisione l'attrezzatura lato infrastruttura fornisce solo informazioni di avvertimento per esempio in precedenza a segnali (in analogia per esempio al Coccodrillo francese o al Warning System inglese), oppure una supervisione puntuale della velocità a una distanza definita dai segnali per verificarne il rispetto (analogo a SSC italiano). Altre possibili semplici funzioni sono possibili, come la “*trappola*” di velocità, dispositivo che verifica in un determinato punto che la velocità del treno non superi quella ammessa, pena la frenatura rapida automatica o l'arresto del treno se supera un segnale a via impedita (train stop o train trip)

La modalità di “*Supervisione limitata*” non è ancora contenuta nelle specifiche di ETCS ma è in corso di recepimento. Questa modalità ha dei requisiti meno strutturati della versione completa e rende ETCS più scalabile sul lato infrastruttura e permette un'introduzione a costi e tempi minori. Questa soluzione è particolarmente interessante per quelle linee che attualmente sono attrezzate con sistemi di controllo nazionali in grado di garantire la funzionalità di supervisione limitata e dove è necessario avere la sola interoperabilità con ETCS ai costi minori possibili. In questo caso è sufficiente applicare a terra le Eurobalise per rendere il sistema compatibile, come viene fatto in Svizzera.

Nella modalità di “*Completa Supervisione*” (*Full Supervision*), comune a tutti i livelli, il conducente non è più strettamente dipendente dalle osservazioni dei segnali laterali di linea, che al limite potrebbero anche mancare (livello 2 o 3). ETCS espone sul cruscotto (MMI) le reali informazioni di velocità come pure la massima velocità permessa al momento. Inoltre su tutto il percorso ETCS agisce automaticamente sui freni, se la reale velocità del treno supera il valore critico della velocità permessa, cosa che con la “supervisione limitata” avviene solo in alcuni tratti o punti specifici attrezzati. Naturalmente nella modalità di piena supervisione ETCS ha bisogno dei dati completi dall'infrastruttura lungo tutta la linea in configurazione completamente sicura per poter svolgere la sua funzione.

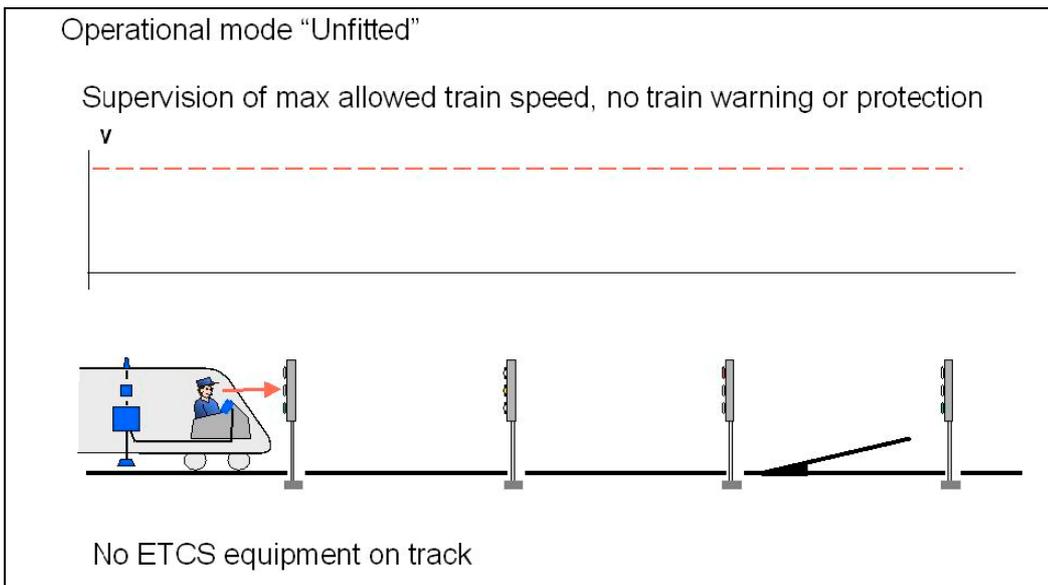


Figura 5-28: Sistema ETCS - modalità "Disabilitato"

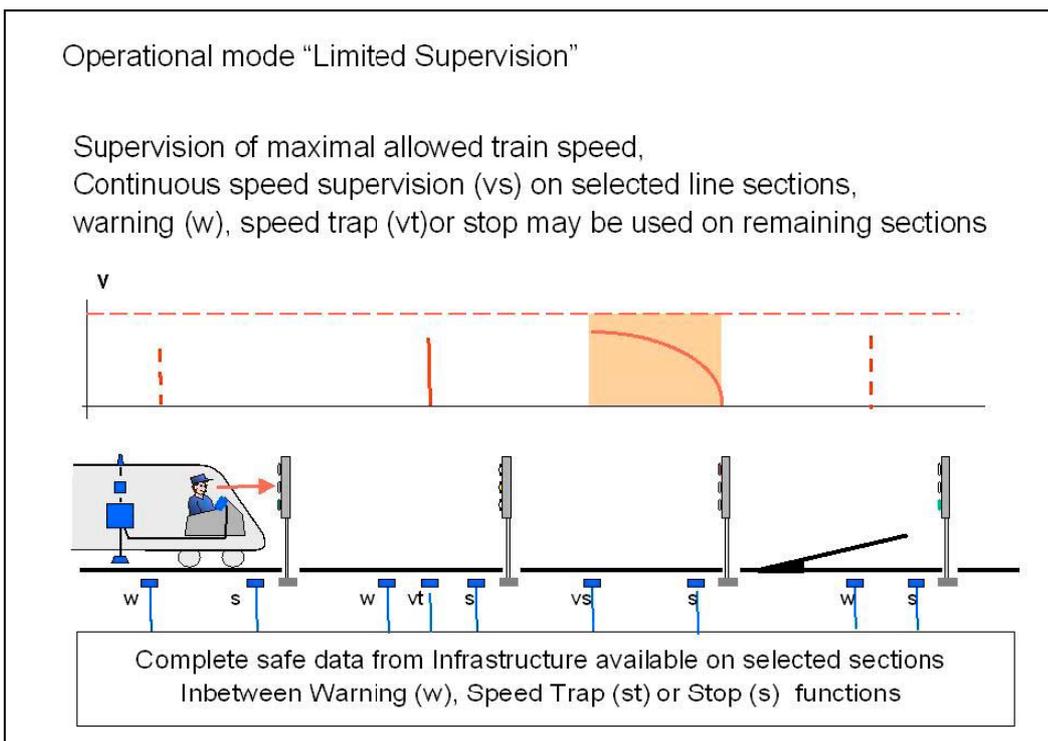


Figura 5-29: Sistema ETCS - modalità "Supervisione limitata"

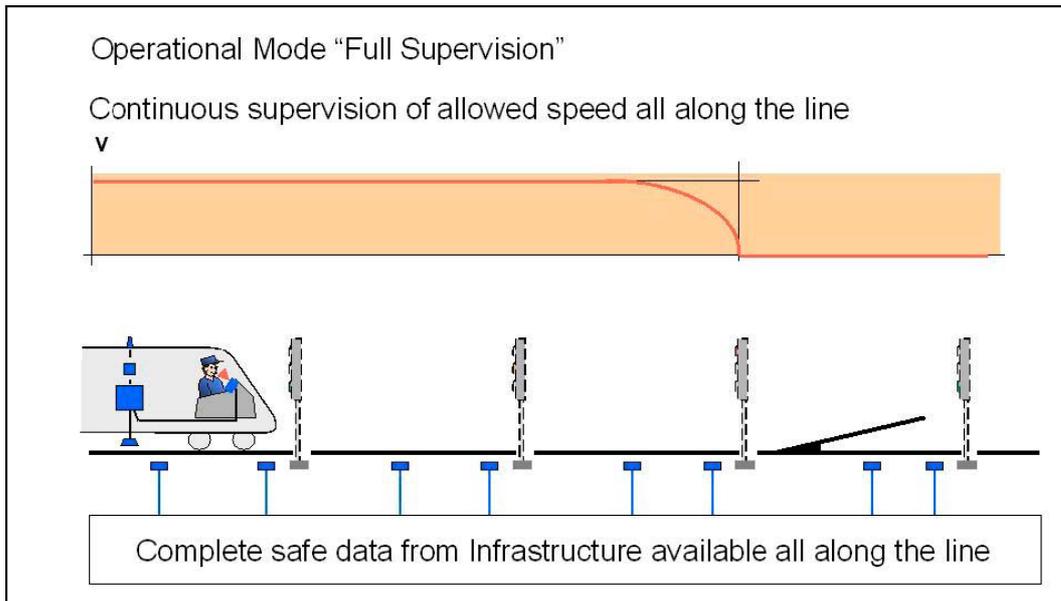


Figura 5-30: Sistema ETCS - modalità "Supervisione completa"

La modalità di "Supervisione completa" è ovviamente necessaria su linee ad alta velocità o ad alta capacità. Può divenire economicamente vantaggiosa anche su linee ove il sistema di segnalamento esistente è talmente obsoleto da richiederne la totale sostituzione. In questi casi la migrazione verso un sistema con segnalamento solamente a bordo via radio e quindi senza segnalamento laterale può divenire particolarmente economica.

Altre modalità operative possono essere definite per la manovra dei treni nelle stazioni, per la marcia a vista o per la marcia sotto la responsabilità del conducente quando si verificano guasti al segnalamento, etc etc.

### **5.3.7) Migrazione ad ETCS dei sistemi esistenti**

#### **5.3.7.a. Criterio tecnico ed operativo per il concetto di migrazione**

L'obiettivo finale è per tutte le reti ed ogni materiale rotabile l'esercizio di ETCS puro in modalità “*Supervisione completa*” (o eventualmente in “*Supervisione limitata*”).

Se si escludono le nuove linee, che saranno attrezzate direttamente con ETCS, in generale vi sarà una fase intermedia di transizione fra i sistemi nazionali attuali e il futuro ETCS puro. Durante questo periodo, il controllo e la protezione della marcia del treno sarà garantito in parte dal vecchio sistema di segnalamento e in parte dal nuovo, ovviamente senza che vi siano diminuzioni degli standard di sicurezza e qualità dell'esercizio ferroviario.

#### **5.3.7.b. Possibilità per la migrazione intervenendo a bordo**

L'obbiettivo è individuare possibili soluzioni per consentire a un treno di circolare su linee attrezzate con diversi sistemi. Le varie possibilità fondamentali per la migrazione a bordo sono mostrate nelle figure sulle seguenti pagine, in funzione delle installazioni di bordo.

SOLUZIONE OBIETTIVO FINALE CON UN ETCS PURO ED EQUIPAGGIAMENTO EUROCAB A BORDO:

Un veicolo dotato di Eurocab di livello 2 può funzionare su linee equipaggiate con livello 2 o 1. Un veicolo dotato di livello 1 può funzionare solamente su linee con livello 1. (v. Figura 5-31)

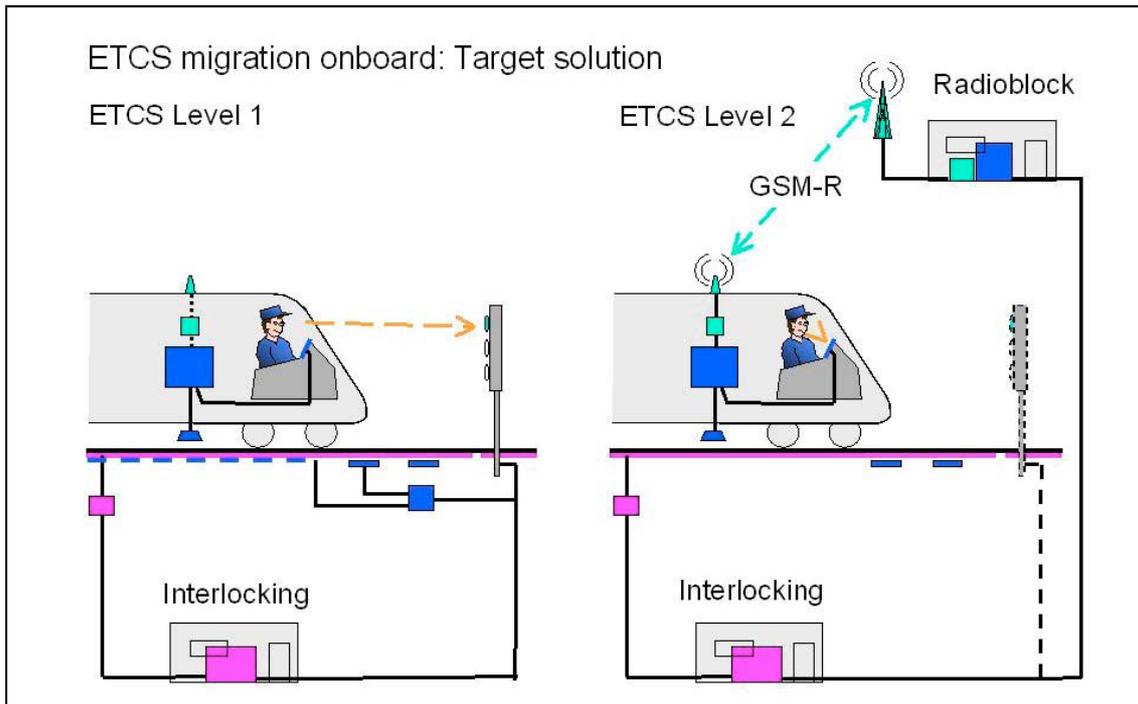


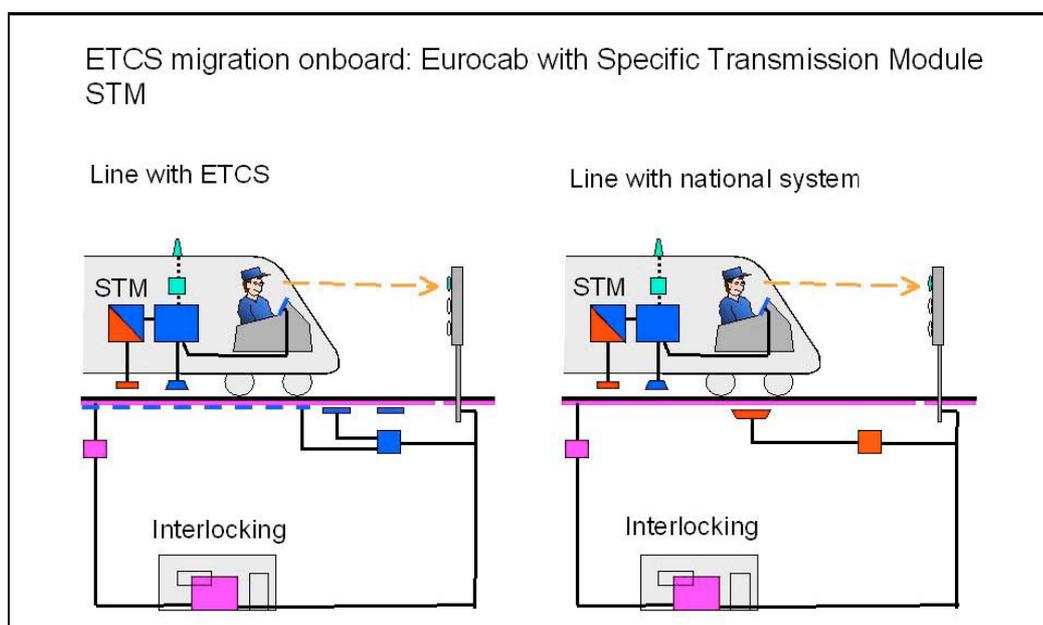
Figura 5-31: Sistema ETCS - Situazione obiettivo finale

MODULO SPECIFICO TRASMISSIONE STM PER SISTEMI NAZIONALI ESISTENTI AGGIUNTO ALL'EUROCAB DI ETCS .

Come già indicato precedentemente descrivendo l'architettura generale di ETCS, le specificazioni di ETCS definiscono a bordo l'interfaccia comune (FFFIS) per l'uso di STM (Specific Transmission Module), cioè le apparecchiature che sono in grado di leggere le informazioni fornite da un sistema esistente fra quelli elencati in precedente capitolo e tradurle in informazioni utilizzabili dal kernel ETCS di bordo. Questa soluzione abilita veicoli attrezzati con un Eurocab ETCS standard a circolare non solamente su linee con ETCS ma anche su determinate linee per le quali è installato a bordo un appropriato STM (v. Figura 5-32). Ovviamente su queste linee il livello di protezione è quello del sistema ivi installato.

Lo sviluppo e l'uso di STM è economicamente vantaggioso, se il corrispondente sistema nazionale è installato su un'estesa di molti

chilometri di linea e sarà ancora utilizzato per molti anni. Sarebbe quindi un compito del gestore dell'infrastruttura mettere a disposizione lo studio dell'apparecchio. Questa è la modalità più semplice di migrazione quando saranno disponibili STM conformi agli standard ed è quella prefigurata negli studi di sviluppo ETCS.

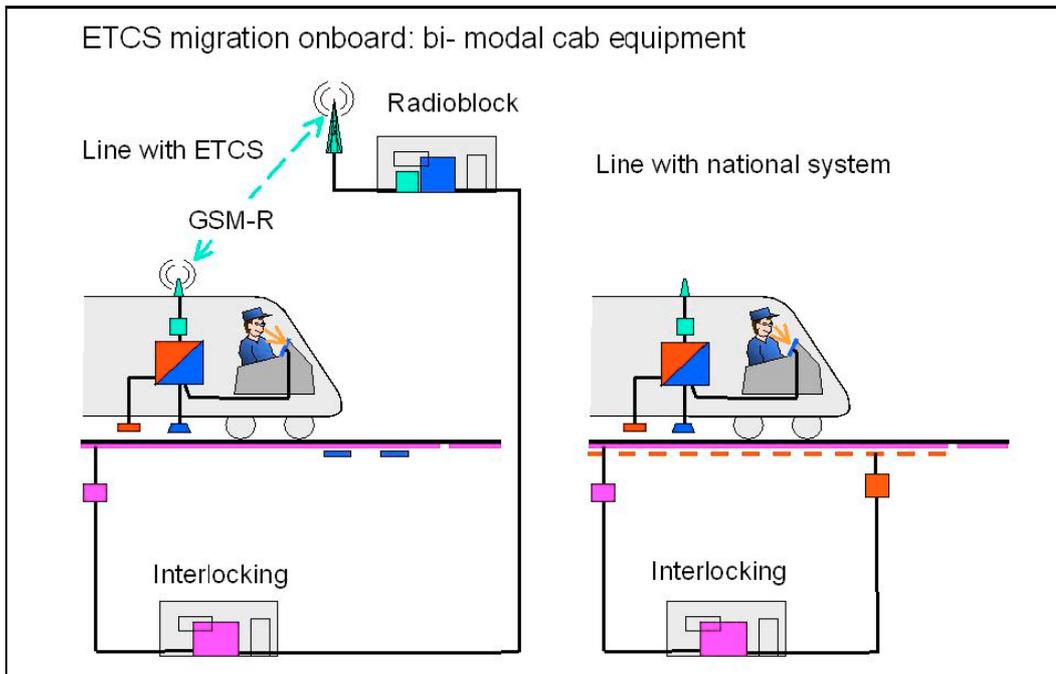


*Figura 5-32: Sistema ETCS - modulo STM in aggiunta al sistema ETCS*

EQUIPAGGIAMENTO DI BORDO BI-MODALE CONCEPITO SIA PER ETCS SIA PER UN SISTEMA NAZIONALE ESISTENTE.

Si tratta di attrezzatura di bordo che prevede al suo interno le apparecchiature proprie di ETCS combinate con le apparecchiature proprie di un sistema nazionale. Essa quindi può essere usata sia per ETCS sia per un sistema nazionale esistente. Per essere completamente conforme con la specificazione di ETCS, dovrebbe utilizzare il cruscotto (MMI) standardizzato di ETCS. Questa soluzione è ottimale per il retrofit di materiale rotabile che vengono utilizzati principalmente su linee con

ETCS e su linee con uno specifico tipo di sistema nazionale. Evidentemente per realizzare questo tipo di equipaggiamento si richiede una progettazione specifica, che può essere fatta solo da progettisti con un'ottima conoscenza di entrambi i sistemi e richiede un'omologazione specifica e complessa. Presumibilmente quindi può essere studiata e costruita solo dai fornitori del corrispondente esistente sistema nazionale, molto spesso oggetto di brevetto, contraddicendo in questo modo i principi di apertura dei mercati (v. Figura 5-33). Questa è la soluzione adottata in via definitiva per i mezzi Alta Velocità italiani, che devono circolare su ETCS nelle linee AV e su SCMT sulle linee convenzionali.

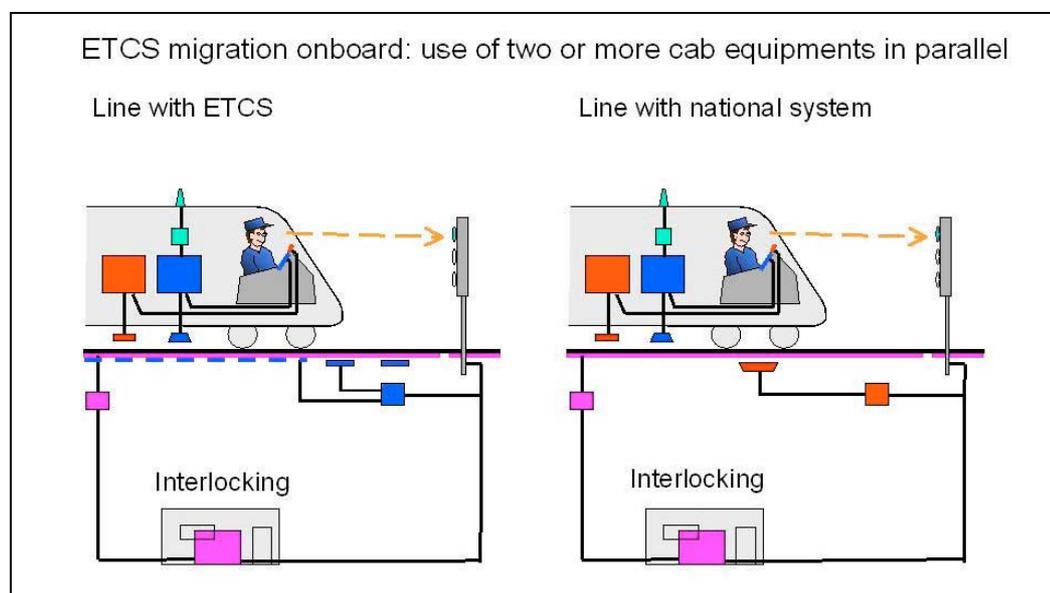


*Figura 5-33: Sistema ETCS - equipaggiamento bimodale*

**SISTEMA NAZIONALE ESISTENTE USATO IN AFFIANCAMENTO CON EURO-CAB DI ETCS**

Questo concetto può essere di interesse per equipaggiare con un Eurocab di ETCS di veicoli esistenti, dove sia già installato

l'equipaggiamento per un sistema nazionale esistente che viene mantenuto. Si hanno così a bordo due apparecchiature distinte, una per il sistema nazionale e l'altra per ETCS. L'installazione si può realizzare piuttosto facilmente se il sistema esistente ha funzionalità abbastanza semplici che non richiedono cruscotti sofisticati, così da poter aggiungere agevolmente sul banco di manovra anche quello di ETCS, che è di dimensioni notevoli (v. Figura 5-34). Questa soluzione è stata adottata sui mezzi AV italiana nelle prime applicazioni.



*Figura 5-34: Sistema ETCS - equipaggiamento parallelo*

SISTEMA NAZIONALE ESISTENTE CON APPARECCHIATURA SUPPLEMENTARE DI TRASMISSIONE DEI DATI DI ETCS ("STM INVERSO").

Si tratta di montare a bordo oltre all'apparato nazionale già esistente, un cosiddetto STM inverso, cioè di un apparecchio che riceve le informazioni da terra nel linguaggio ETCS e le converte nel linguaggio del sistema nazionale. Il preesistente apparato nazionale può funzionare quindi anche su linee equipaggiate con ETCS, utilizzando ovviamente solo le informazioni che sono gestibili nel sistema esistente. Evidentemente si

tratta di un apparecchio totalmente non standard, però questa scelta permette di mantenere l'attrezzatura di bordo già installata ed adattare con minimi costi il rotabile all'uso su linee con ETCS. Comparata alle altre scelte molto più costose, questa soluzione chiaramente è limitata alle funzionalità del sistema esistente e non è possibile nessun aggiornamento con funzioni o prestazioni supplementari. Inoltre in generale è richiesta la realizzazione di uno specifico pacchetto nazionale nel telegramma di ETCS (v. Figura 5-35). Questo sistema ha trovato applicazione in Svizzera.

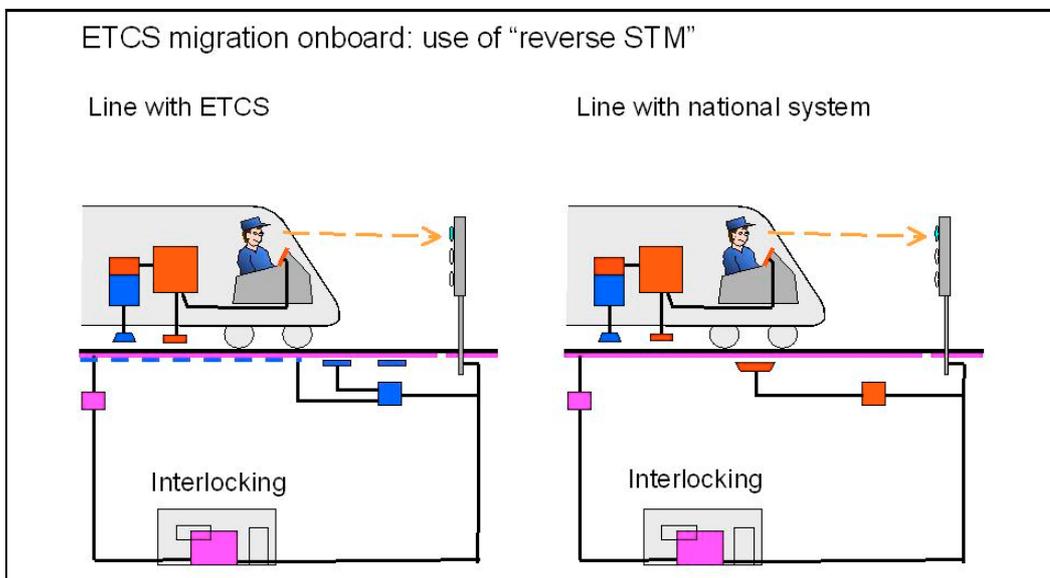


Figura 5-35: Sistema ETCS – STM inverso

### 5.3.7.c. Possibilità per la migrazione verso ETCS agendo sull'infrastruttura

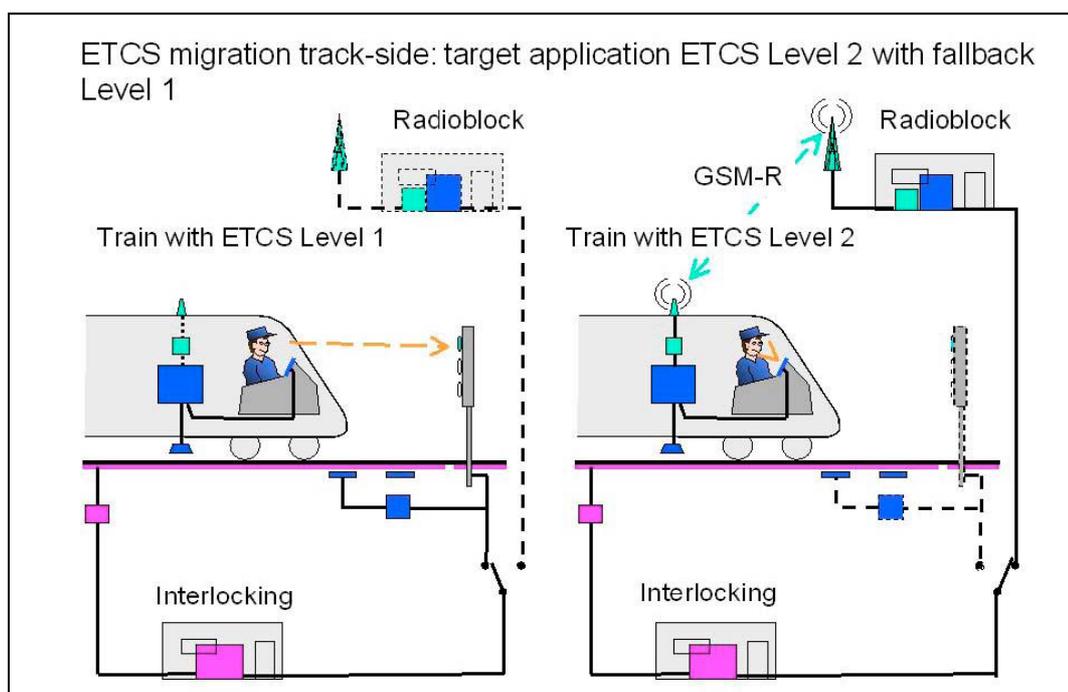
In alternativa a quanto illustrato nel precedente paragrafo, si può intervenire sull'infrastruttura per permettere la circolazione di treni con equipaggiamenti diversi.

Queste soluzioni possono essere utili su linee facenti parte di itinerari internazionali, dove è necessario far accedere treni stranieri

equipaggiati con ETCS, senza sostituire gli impianti esistenti, con i quali devono poter circolare i mezzi nazionali privi di ETCS.

SOLUZIONE OBIETTIVO FINALE CON SOLO ETCS DI LIVELLO 1 O DI LIVELLO 2.

Su linee equipaggiate con ETCS Livello 2, il Livello 1 può essere usato in aggiunta come sistema di soccorso. Questo concetto è certamente fattibile con una commutazione dall'uno all'altro livello. Allo stato attuale però non è stato ancora provato se sia possibile una successione dinamica di treni che viaggiano in parte con livello 2 e in parte con livello 1 (v. Figura 5-36).

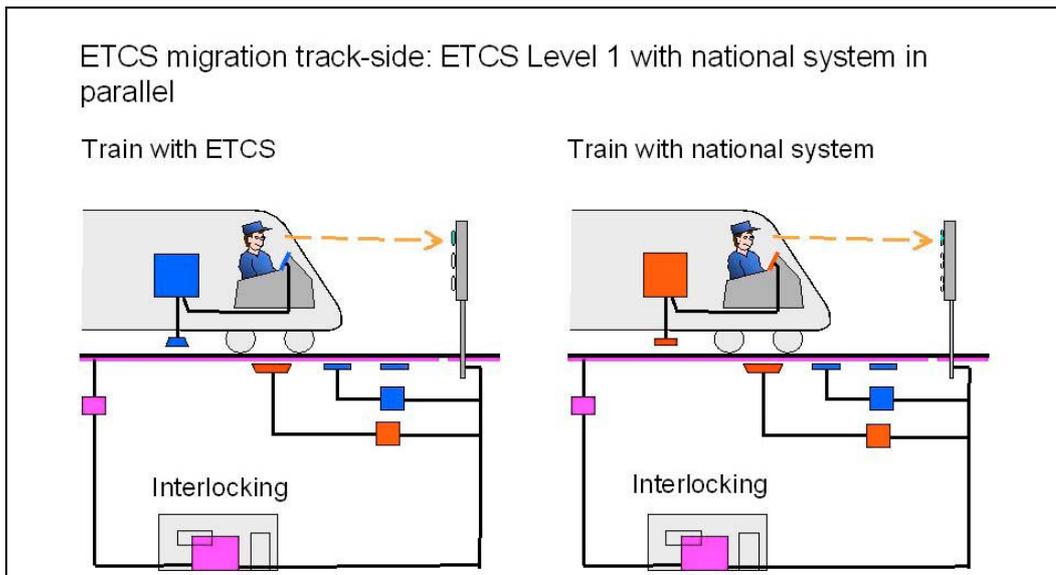


*Figura 5-36: Sistema ETCS – Soluzione obiettivo finale*

ETCS LIVELLO 1 E SISTEMA NAZIONALE ESISTENTE IN PARALLELO.

Questo concetto può essere realizzato in modo relativamente facile per i sistemi nazionali esistenti basati su trasmissione in macchina di tipo discontinuo. In affiancamento al sistema esistente vengono installate a

terra le apparecchiature ETCS (Eurobalise) collegate agli interlocking esistenti. Entrambi i sistemi possono essere attivi in parallelo ed è possibile una successione dinamica di treni che circolano con ETCS Livello 1 o col sistema nazionale (v. Figura 5-37).



*Figura 5-37: Sistema ETCS – Parallelo Livello 1 – sistema nazionale*

ETCS CON USO DI UN PACCHETTO NAZIONALE NEL TELEGRAMMA PER I TRENI NAZIONALI NON EQUIPAGGIATI CON IL COMPLETO EUROCAB ETCS.

Questa soluzione sfrutta il fatto che nel telegramma trasmesso dalle boe Eurobalise oltre alle informazioni standard, viene lasciato a disposizione uno spazio, detto pacchetto nazionale o pacchetto 44, con il quale possono essere trasmessi dati di tipo nazionale. Questo concetto può essere realizzato relativamente facilmente per ETCS Livello 1 in combinazione con sistemi nazionali esistenti che usano una apparecchiatura simile di trasmissione di dati di tipo discontinuo. Entrambi i sistemi possono essere attivi contemporaneamente ed è possibile una successione dinamica di treni che circolano con ETCS o con il sistema nazionale (v. Figura 5-38). I treni equipaggiati con ETCS leggono la parte standard del telegramma, quelli equipaggiati con il sistema nazionale leggono tramite un'antenna Eurobalise, solo il pacchetto nazionale del telegramma. Questa soluzione è ipotizzata da RFI per equipaggiare le linee di penetrazione dal nord delle Alpi, insieme con SCMT, che usa già il pacchetto nazionale di Eurobalise.

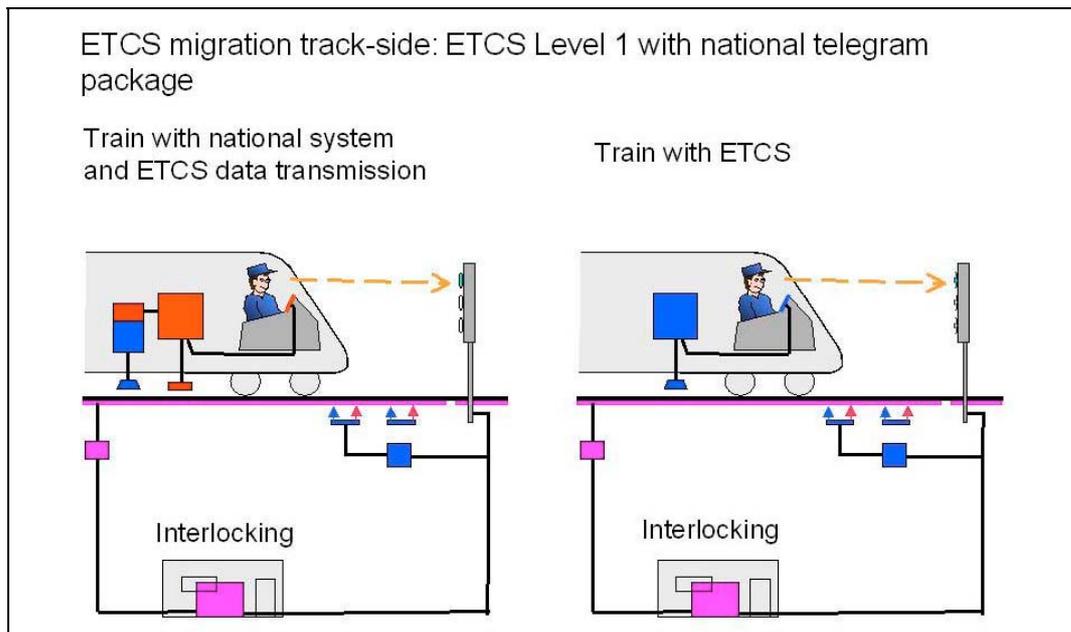


Figura 5-38: Sistema ETCS – Livello 1 con telegramma per i treni nazionali

ETCS LIVELLO 2 ED UN SISTEMA NAZIONALE ESISTENTE IN PARALLELO.

Si tratta di utilizzare il sistema nazionale o il livello 2 di ETCS. Questo concetto è facilmente realizzabile allorché è accettabile un passaggio dall'esercizio con ETCS o col sistema nazionale esistente. Se è richiesta una successione dinamica di treni equipaggiati con ETCS Livello 2 o con il sistema nazionale, probabilmente sono richiesti complessi studi ad hoc, che possono essere eseguiti solamente da fornitori che conoscono bene il sistema nazionale (v. Figura 5-39). Questa soluzione è quindi attualmente poco praticabile.

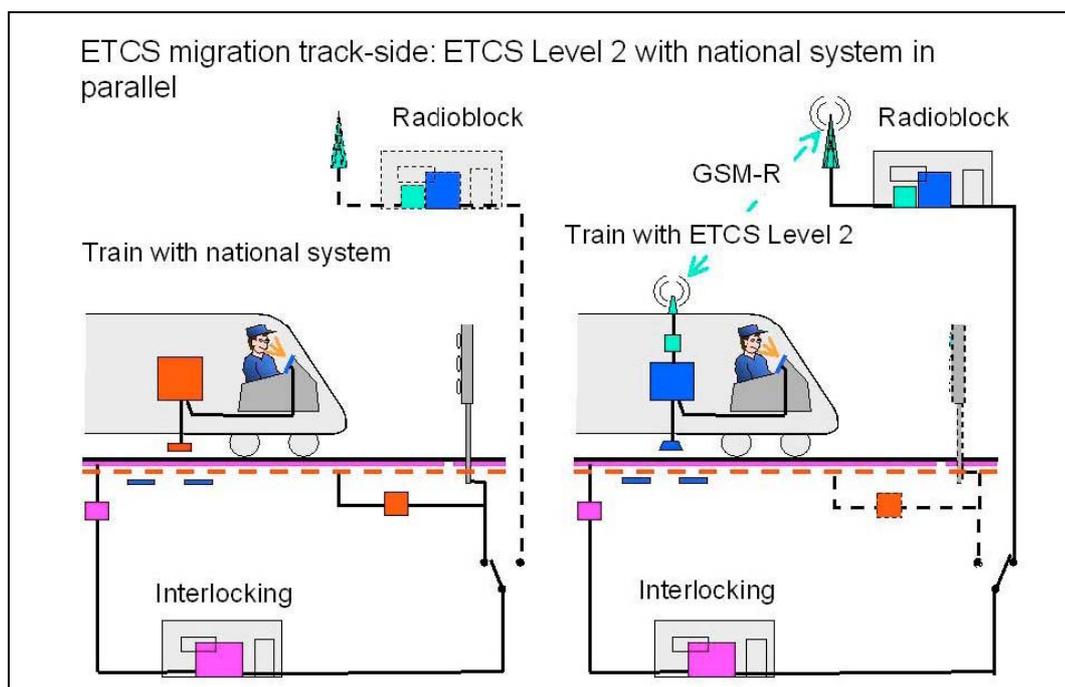


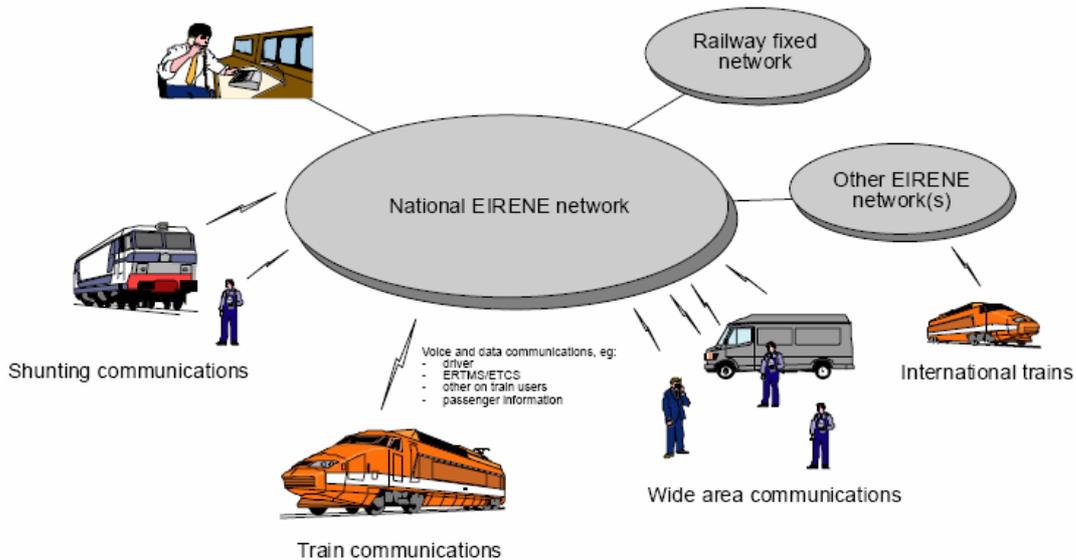
Figura 5-39: Sistema ETCS – Parallelo livello 2 – sistema nazionale

#### 5.4) LE TELECOMUNICAZIONI

Per superare le difficoltà dovute ai differenti sistemi radio in uso nelle varie reti, la UIC ha lanciato un progetto denominato EIRENE (EUROPEAN INTEGRATED RAILWAY RADIO ENHANCED NETWORK) con l'intento di definire le specifiche funzionali di un sistema unico utilizzabile da tutte le reti. Il progetto si è concluso con l'emanazione delle specifiche del sistema GSM-R che sono entrate a far parte delle specifiche tecniche di interoperabilità.

Le specifiche dei requisiti funzionali di EIRENE definiscono, quindi, i requisiti di un sistema radio che soddisfi i bisogni di comunicazione delle Ferrovie Europee. Esso comprende le comunicazioni voce e dati fra terra e treni, insieme con le comunicazioni mobili con il personale di terra come squadre di manutenzione della via, personale di stazione o di

deposito e responsabili della gestione. Le comunicazioni possono avvenire anche su altre reti diverse da quella di residenza dell'apparato, grazie a un sistema di roaming fra le reti.



*Figura 5-40: Le telecomunicazioni – Struttura del sistema EIRENE*

Il supporto tecnico del sistema è sostanzialmente quello del sistema pubblico di telefonia cellulare GSM, con alcune importanti varianti.

La banda di frequenze radio è quella dei 900 MHz, come quella della telefonia pubblica, ma con un gruppo di canali diversi da quelli pubblici e resi esclusivi per il sistema ferroviario, ottenuti dopo una lunga e difficoltosa trattativa europea per rendere disponibile la stessa banda in tutte le nazioni. Devono quindi essere installate delle stazioni radio base specifiche dotate delle frequenze corrispondenti ai canali ferroviari e analogamente anche gli apparati portatili devono avere i canali specifici, fermo restando che possono anche supportare i canali pubblici.

L'altro importante aspetto è la presenza di funzioni specifiche del sistema ferroviario non presenti sul sistema pubblico, che ha reso

necessario modificare notevolmente alcuni aspetti del software degli apparati e delle centrali.

La funzionalità richieste sono:

- ✘ *Servizi voce: oltre alle normali* chiamate punto punto fra due apparecchi, sono previste le chiamate di gruppo, cioè chiamate fatta a tutti i membri di un gruppo predefinito di utenti in una determinata area geografica (per esempio a tutti i macchinisti dei treni in una determinata zona). Nella *chiamata di gruppo* semplice tutti i membri possono ascoltare, ma uno solo per volta può parlare. Nella *chiamata circolare*: solo il chiamante può parlare e gli altri solo ascoltare. Nella *chiamata in conferenza* invece, tutti i membri del gruppo possono parlare contemporaneamente. Particolarmente importante è la *chiamata di emergenza generale ferroviaria*: è una chiamata prioritaria che informa macchinisti e altri interessati di un pericolo che richiede l'arresto dei treni in una determinata area. Si possono avere *Chiamata di emergenza pubblica* rivolte alla polizia, o a richieste di soccorso e ambulanze ecc.
- ✘ *Servizi dati*: di primaria importanza il servizio di scambio di dati per il controllo della marcia dei treni già visto nell'analisi di ETCS livello 2, che certamente l'impiego più critico e rilevante della radiocomunicazione, ma è anche possibile trasmettere dati per applicazioni generali come messaggi di testo e fax.
- ✘ *Servizi relativi alle chiamate*: si possono formare dei gruppi chiusi di utenti, che possono effettuare chiamate solo fra di loro, oppure gestire in vario modo le chiamate, come il blocco di chiamate entranti o uscenti, la trattenuta, il trasferimento, o la messa in coda delle chiamate; la risposta automatica (può essere utile per i macchinisti). Di particolare importanza è la gestione della *Priorità Multi-livello delle chiamate*: per questa funzione sono fissati

cinque livelli di priorità a seconda dell'importanza della comunicazione:

- emergenza ferroviaria;
- controllo-comando (ETCS);
- emergenza pubblica (polizia, ambulanza ecc.) o chiamate di gruppo fra macchinisti;
- esercizio ferroviario;
- informazioni ferroviarie.

Una chiamata di priorità più elevata ha la prelazione su una comunicazione in atto di più bassa priorità, che all'occorrenza viene disconnessa e sostituita da quella prioritaria.

- ✱ *Applicazioni specifiche per la ferrovia:* chiamate ad indirizzo funzionale, come ad esempio verso un treno, una locomotiva, un veicolo o a un altro numero funzionale: queste permettono di identificare un utente con un numero corrispondente alla sua funzione, invece che con il numero proprio dell'apparato che sta usando. L'uso tipico è la comunicazione con il macchinista usando il numero del treno. Analogamente può essere chiamato il capotreno di un determinato treno o eventualmente gli addetti alla manovra o alle squadre di manutenzione o anche singoli posti fissi come le stazioni. Per usufruire di questo tipo di chiamate è necessario che l'utente associ il proprio apparecchio al numero funzionale che deve assumere, mediante una apposita comunicazione al computer centrale. Un altro tipo di indirizzo funzionale è quello per avviare la chiamata verso una funzione dipendente dell'ubicazione di chi chiama, come per esempio il dirigente centrale, il controllore del traffico, il controllore dell'elettrificazione, il Radio Block Center ecc. In questo modo chiamando il numero relativo alla funzione, unico per

tutta la rete, ci si connette con il responsabile di quella funzione nella zona dove momentaneamente ci si trova. Esiste poi una modalità specifica per le squadre di manovra, con emissione di un tono acustico continuativo in sottofondo, per segnalare la permanenza del collegamento fra gli agenti di manovra, come pure una fra diversi macchinisti sulle stesso treno (trazioni multiple);

Una funzione opzionale è la chiamata diretta fra due apparati senza la presenza della infrastruttura della rete, del tipo walky – talky, con portata limitata al raggio d'azione dell'apparecchio (poche centinaia di metri) per esempio per colloqui in ambito stazione o lungo linea in zona non coperta dalla centrale.

Il sistema GSM-R è previsto per poter funzionare con tempi di risposta rapidi su mezzi in moto fino a 500 km/h.

Sono previsti tre tipologie differenti di apparati mobili, secondo la loro destinazione e il loro impiego:

- 1) Cab radio<sup>17</sup> – per l'uso dei macchinisti e per gli altri sistemi di bordo come ERTMS/ETCS livello 2; è il più completo e deve poter svolgere tutte le funzioni descritte, in particolare l'interfaccia del macchinista deve essere particolarmente chiara e maneggevole, con possibilità di viva voce e risposta automatica. Attualmente è standardizzata utilizzando uno schermo a cristalli liquidi e pulsanti funzionali.
- 2) Radio telefono di uso generale – per l'uso generico del personale ferroviario;

---

<sup>17</sup> Si tratta dell'apparato di ricezione del segnale GSM-R installato a bordo treno; di solito sul mezzo di trazione, ma anche nei bagagliai o nei compartimenti del capo-treno nei treni completi.

- 3) Radio telefono d'esercizio – per l'uso del personale impiegato nell'esercizio dei treni come le manovre o la manutenzione. Deve essere molto robusto e allo stesso tempo maneggevole.

Poiché il sistema GSM-R si avvale di una tecnologia di base già consolidata e diffusa, ha prospettive di una facile e rapida applicazione sulle reti ferroviarie, in particolare su quelle che non hanno già in funzione sistemi diffusi sul territorio o hanno necessità di rinnovo. Infatti il sistema GSM-R è già generalizzato in Italia, utilizzando per le zone prive di impianti e stazioni radio ferroviarie, eventualmente anche il supporto delle reti pubbliche commerciali per le comunicazioni telefoniche standard. Anche sulla rete della DB in Germania è di uso generale e anche altre reti hanno programmato l'applicazione in tempi relativamente ridotti (vedi Figura 5-41, per l'Europa e Figura 5-42, per il mondo intero).



Figura 5-41: Le telecomunicazioni – Previsioni di installazione di GSM-R

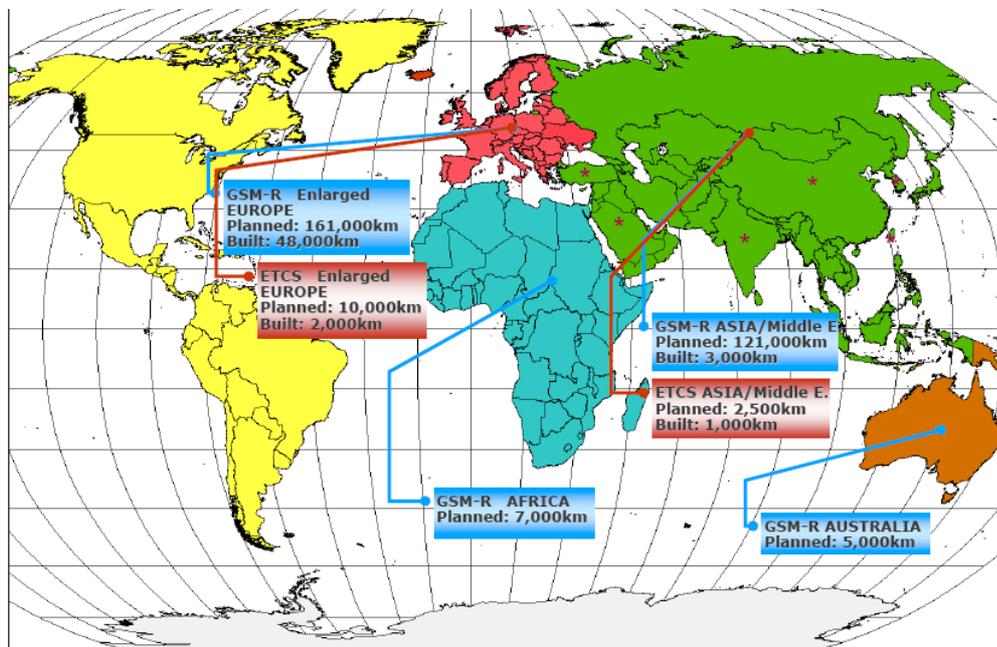


Figura 5-42: Le telecomunicazioni – Previsioni di installazione di GSM-R e ETCS nel mondo

### **5.5) LE DIFFERENZE REGOLAMENTARI**

Il problema del superamento delle differenze regolamentari ha solo in parte riflessi su tecnologie complesse, ma riguarda tanti piccoli e meno piccoli particolari di cui si è già parlato. Si richiede quindi uno sforzo comune di tutti per superare le reciproche diffidenze e rivalità. Su questo opererà la nuova Agenzia Europea Ferroviaria, di cui si vedrà in dettaglio nel seguito a proposito della sicurezza, che ha anche il compito dell'armonizzazione dei regolamenti di esercizio. Le nuove tecnologie per la trazione, il segnalamento, le radiocomunicazioni tendono a rendere sempre più simili i mezzi di trazione e, nell'ambito di ERTMS, sono anche state definite le interfacce standard uomo - macchina, dette DMI, realizzate su schermi video a cristalli liquidi e con rappresentazioni, simboli e comandi unificati (Figura 5-43). In particolare l'interfaccia di ETCS rappresentata nella figura ha come elemento principale un tachimetro con scala graduata circolare con fondo scala adeguato alla velocità massima del rotabile su cui è montata. Su questa scala viene indicata la velocità di marcia reale del treno, in forma analogica mediante un indice a lancetta e in forma numerica con il suo valore riportato al centro della lancetta (in figura 206 km/h). Sul margine esterno del quadrante tachimetrico è tracciata una porzione di corona circolare, bianca in figura, questa indica con l'estremo superiore, di spessore maggiore (familiarmente "gancio"), la velocità ammessa (in figura 200 km/h), mentre con l'estremità inferiore preannuncia il valore della velocità obiettivo che dovrà essere rispettata in una fase successiva (in figura 80 km/h). Il colore bianco della fascia indica che la successiva riduzione di velocità è ancora lontana e che quindi non è necessario frenare e si può mantenere la velocità costante. Alla destra del tachimetro si trova la cosiddetta zona di pianificazione della marcia, dove viene rappresentato in funzione dell'ulteriore spazio da percorrere il profilo statico, con

indicazione delle future variazioni di velocità in aumento o in diminuzione o la fine dell'autorizzazione al movimento, insieme ad altre indicazioni complementari, come la pendenza, gallerie, punti singolari eccetera. Nei pressi del tachimetro è anche indicato con apposito simbolo il livello di applicazione (in figura sulla sinistra: livello 2), lo stato di supervisione (sulla destra del tachimetro: "supervisione completa"), la connessione in atto con Radio Block Center (al centro verso il basso). Si può rilevare in figura che l'indice del tachimetro è di colore arancione, come pure un porzione di corona circolare in corrispondenza all'indice: questo è un avvertimento che la velocità effettiva (206 km/h) è superiore a quella ammessa (200 km/h) e quindi bisogna ridurla. Se la velocità rientra nei limiti il colore arancione scompare e la lancetta ritorna al suo normale colore bianco, se dovesse invece crescere ulteriormente fino al limite di intervento della frenatura di emergenza, il colore da arancione diventa rosso e si attiva la frenatura rapida. Quando durante la marcia ci si avvicina a un punto di riduzione della velocità a una distanza per la quale comincia a svilupparsi la curva di sicurezza, l'indice del tachimetro diventa giallo e ugualmente da bianca diventa gialla la fascia esterna fino al valore della velocità obiettivo. Contemporaneamente alla sinistra del tachimetro appare una barra rappresentante la distanza dall'obiettivo, con il relativo valore. Avvicinandosi all'obiettivo, la barra della distanza si riduce via via mentre la velocità ammessa si abbassa secondo la curva di sicurezza. Naturalmente se in questa fase la velocità reale non viene ridotta a sufficienza e supera quella ammessa, si attiva la segnalazione di avvertimento, con lancetta arancione ed eventualmente poi rossa con attivazione del freno di emergenza.



Figura 5-43: I regolamenti – Interfaccia MMI per ETCS

L'impiego di sistemi computerizzati per il controllo delle principali funzioni delle locomotive come trazione, frenatura, servizi ausiliari ecc. comandabili con semplici levette e pulsanti, rende molto più elastica la disposizione degli organi di comando sul banco, lasciando la possibilità di disporli nella maniera più ergonomica.

Nell'ambito di un progetto di ricerca europeo cofinanziato dall'Unione e che comprende l'UNIFE, le principali ferrovie (FS, SNCF, DB) e l'UIC, denominato MODTRAIN, si cerca di definire le caratteristiche comuni di un treno europeo condivisibile da tutti. In particolare nel sottoprogetto Eucab si sta definendo una cabina di guida comune europea con un banco di guida unificato (EUDD), uguale per tutti e che possa essere posto in cabina sulla destra, per le reti in cui si circola a destra, sulla sinistra, per le reti in cui si circola a sinistra, o al centro (Figura 5-44 e Figura 5-45). Al centro del banco è posizionato lo schermo del segnalamento ETCS, che in futuro potrà essere programmato anche per gli altri sistemi nazionali, sulla destra lo schermo per gli orari e le

informazioni di servizio, a sinistra quello diagnostico e all'estrema sinistra quello delle radiocomunicazioni. Secondo questi principi sono già oggi costruiti nuovi rotabili (Figura 5-46).

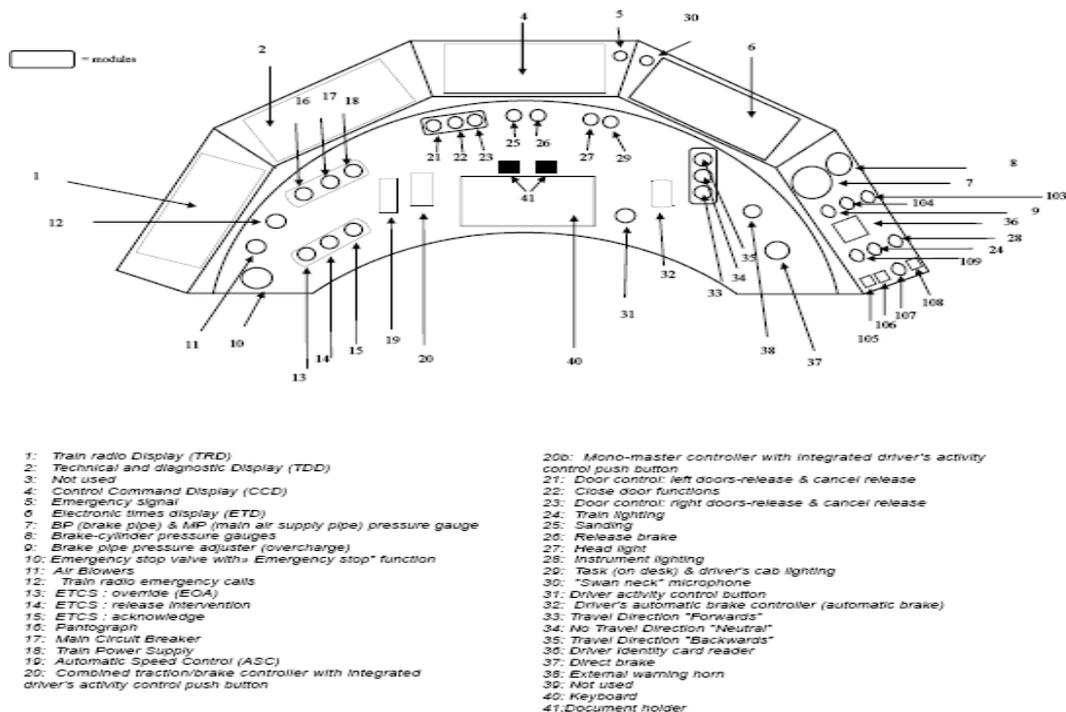


Figura 5-44: I regolamenti – Posizionamento dei comandi nella Eudd



Un maggior impegno di tutti gli Stati membri nel favorire il mutuo riconoscimento di materiale rotabile già omologato in altri stati, almeno per le parti e le prove di accettazione di funzioni standard, dovrebbe portare a una più ampia e fattiva interoperabilità e quindi favorire lo sviluppo di un più intenso traffico ferroviario europeo.



## 6) LA SICUREZZA FERROVIARIA

### 6.1) LA LEGISLAZIONE PER LA SICUREZZA FERROVIARIA

I primi concetti relativamente alla sicurezza ferroviaria sono stati introdotti nella legislazione europea dalla Direttiva n°14 del 2001 che, nell'ottica di meglio definire le modalità di liberalizzazione del mercato, rendeva obbligatorio il possesso di una certificazione di sicurezza per le Imprese di trasporto.

Successivamente, la problematica è stata ripresa all'interno del II pacchetto infrastrutture con l'emissione di una direttiva specifica: la n°49 del 2004. Questa è intesa a sviluppare e a migliorare la sicurezza del sistema ferroviario comunitario, oltre che a favorire l'accesso al mercato per la prestazione di servizi ferroviari, mediante:

- a) *l'armonizzazione della struttura normativa negli Stati membri,*
- b) *la ripartizione delle responsabilità fra i soggetti interessati,*
- c) *lo sviluppo di obiettivi comuni di sicurezza e di metodi comuni di sicurezza per consentire una maggiore armonizzazione delle norme nazionali,*
- d) *l'istituzione in ciascun Stato membro di un'autorità preposta alla sicurezza e di un organismo incaricato di effettuare indagini sugli incidenti e sugli inconvenienti,*
- e) *la definizione di principi comuni per la gestione, la regolamentazione e la supervisione della sicurezza ferroviaria.*

Viene inoltre ulteriormente chiarito lo scopo e il contenuto del certificato di sicurezza relativo alle Imprese Ferroviarie già introdotto nelle modifiche della 91/440 sulla liberalizzazione del mercato e viene introdotta un'analogha certificazione per i Gestori dell'Infrastruttura.

## **6.2) METODI DI GESTIONE DELLA SICUREZZA**

La Direttiva n°49 stabilisce le modalità di migrazione verso norme di sicurezza comuni mediante una procedura di notifica che richiede l'accettazione a livello europeo delle nuove norme di sicurezza nazionali, inoltre introduce tutta una serie di nuovi concetti per il controllo e il miglioramento della sicurezza ferroviaria. In primo luogo si prevede la scelta di *obiettivi comuni di sicurezza (CST)*, questi rappresentano i livelli di sicurezza che le varie parti del sistema ferroviario e il sistema nel suo complesso deve essere in grado di garantire. I *CST*, quindi, forniscono i criteri di accettazione del rischio che tutti i sistemi ferroviari dovrebbero essere in grado di realizzare.

Per raggiungere i *CST*, la Direttiva fornisce *i metodi di sicurezza comuni (CSM)* ovvero le procedure per lo sviluppo di metodologie comuni di ispezione e di valutazione delle performance in materia di sicurezza. Questi devono essere concepiti con lo scopo di valutare i livelli di sicurezza, di realizzare gli obiettivi di sicurezza e la conformità con gli altri requisiti in materia di sicurezza. Il conseguimento o meno dei *CST*, tramite le procedure dei *CSM*, è valutato grazie agli *indicatori di sicurezza comuni (CSI)*.

Gli obiettivi comuni, i metodi comuni e gli indicatori comuni di sicurezza sono stabiliti dalla Agenzia ferroviaria europea (ERA).

La Direttiva prevede anche che i Gestori dell'Infrastruttura e le Imprese Ferroviarie si dotino di un *sistema di gestione della sicurezza* da loro stessi elaborato con lo scopo di raggiungere gli obiettivi comuni.

### **6.2.1) *Gli obiettivi comuni di sicurezza***

Gli obiettivi comuni di sicurezza sono i livelli di sicurezza che devono almeno essere raggiunti dalle diverse parti del sistema ferroviario (quali il sistema ferroviario convenzionale, il sistema ferroviario ad alta velocità, le lunghe gallerie ferroviarie o le linee adibite unicamente al trasporto di merci) e dal sistema nel suo complesso, espressi in criteri di accettazione del rischio. In particolare la normativa si riferisce ai:

- ✘ rischi individuali a cui sono esposti i passeggeri, il personale (compreso quello delle imprese appaltatrici), gli utenti dei passaggi a livello e altri, e, fatte salve le vigenti norme nazionali e internazionali in materia di responsabilità, i rischi individuali cui sono esposte le persone non autorizzate, ma presenti negli impianti ferroviari;
- ✘ rischi per la società.

I *CST* sono riveduti periodicamente dall'Agenzia Ferroviaria Europea sulla base dello sviluppo globale della sicurezza ferroviaria e della sua evoluzione.

Nell'ottica del raggiungimento di un unico sistema comune di normativa sulla sicurezza, gli Stati membri sono tenuti a modificare la propria legislazione nazionale al fine di renderla allineata con i *CST*; tale processo, evidentemente lungo e complesso, è scadenato secondo tappe stabilite dalla Comunità. Poiché le norme nazionali di sicurezza rimangono vincolanti, la Direttiva precisa che queste devono essere pubblicate e messe a disposizione di tutti i gestori dell'infrastruttura e delle imprese ferroviarie in un linguaggio chiaro e accessibile e senza alcuna discriminazione.

La Commissione Europea segue il processo di allineamento vigilando sull'introduzione di nuove norme nazionali di sicurezza da

parte degli Stati membri. Si cerca così di limitare al massimo scostamenti dai *CST* che andrebbero ad creare ulteriori ostacoli all'opera di armonizzazione. Dal canto loro gli Stati membri sono tenuti ad informare la Commissione di ogni modifica delle norme nazionali di sicurezza e di qualsiasi nuova norma di sicurezza eventualmente adottata, a meno che questa non riguardi esclusivamente l'attuazione delle *STI*.

### **6.2.2) *Metodi comuni di sicurezza***

Per il conseguimento degli obiettivi comuni sono stabilite delle procedure comuni, valide in tutto il territorio dell'Unione Europea, dette metodi comuni di sicurezza.

I *CSM* descrivono come sono valutati i livelli di sicurezza, la realizzazione degli obiettivi di sicurezza e la conformità con gli altri requisiti in materia di sicurezza, elaborando e definendo:

- a) metodi di valutazione del rischio;
- b) metodi per valutare la conformità ai requisiti dei certificati di sicurezza e delle autorizzazioni di sicurezza rilasciati;
- c) qualora non siano contemplati dalle *STI*, metodi atti a verificare che i sottosistemi strutturali dei sistemi ferroviari transeuropei convenzionale e ad alta velocità siano gestiti e mantenuti conformemente ai requisiti essenziali loro applicabili.

### **6.2.3) *Indicatori comuni di sicurezza***

Per la valutare lo stato della sicurezza ferroviaria europea e per consentire il monitoraggio degli obiettivi di sicurezza comuni è necessario stabilire dei parametri misurabili e di chiara interpretazione

e validi per tutti gli Stati membri. La legislazione europea prevede, a tal fine, una serie di indicatori, definiti come indicatori comuni di sicurezza (CSI) che devono essere rilevati con cadenza almeno annuale della autorità preposte alla sicurezza e trasmesse ai vari Stati membri.

Sono previste varie tipologie di indicatori relativamente a:

- a) Incidenti veri e propri;
- b) Inconvenienti o “quasi incidenti”;
- c) Conseguenze degli incidenti;
- d) Sicurezza tecnica dell’infrastruttura e della sua realizzazione;
- e) Gestione della sicurezza.

All’interno di ognuna di queste tipologie sono definiti alcuni specifici parametri; alcuni esempi di questi sono riportati nella tabella seguente:

| <i>TIPOLOGIA</i> | <i>INDICATORE</i>   |
|------------------|---|
| <i>Incidenti</i> | Numero totale e relativo (km/treno) di incidenti suddiviso in <ul style="list-style-type: none"><li>✗ collisioni di treni (comprese quelle per ostacoli sui binari);</li><li>✗ deragliamenti di treni;</li><li>✗ incidenti ai passaggi a livello (compresi quelli che coinvolgono i pedoni);</li><li>✗ incidenti alle persone provocati da materiale rotabile in movimento;</li><li>✗ suicidi;</li><li>✗ incendi al materiale rotabile;</li><li>✗ ecc.</li></ul> Numero totale e relativo (km/treno) di persone |

| <i>TIPOLOGIA</i>                         | <i>INDICATORE</i>  |
|--|--|
|  | <p>gravemente ferite o morte per tipologia di incidente, suddiviso in</p> <ul style="list-style-type: none"><li>* passeggeri;</li><li>* addetti (compreso il personale delle imprese appaltatrici);</li><li>* utilizzatori dei passaggi a livello;</li><li>* persone non autorizzate presenti negli impianti ferroviari;</li><li>* ecc.</li></ul>  |
| <i>Inconvenienti o "quasi incidenti"</i> | <ul style="list-style-type: none"><li>* Numero totale e relativo di rotaie danneggiate, di sghebbi dei binari e di guasti all'apparato di segnalamento laterale;</li><li>* Numero totale e relativo di segnali di pericolo non rispettati;</li><li>* Numero totale e relativo di ruote e assali danneggiati sul materiale rotabile in servizio;</li></ul>  |
| <i>Conseguenze degli incidenti</i>       | <p>Costo totale e relativo in euro di tutti gli incidenti, computando ed includendo, ove possibile, i costi seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>* decessi e lesioni;</li><li>* risarcimenti per perdita o danneggiamento dei beni dei passeggeri, del personale o di terzi, compresi i danni provocati all'ambiente;</li><li>* sostituzione o riparazione di materiale rotabile o impianti ferroviari danneggiati;</li><li>* ritardi, perturbazioni e deviazioni del</li></ul> |

| <i>TIPOLOGIA</i>                             | <i>INDICATORE</i>  |
|--|--|
|  | <p>traffico, compresi i sovraccosti in termini di personale e di perdita di future entrate.</p> <p>Numero totale e relativo (rispetto alle ore effettivamente lavorate) di ore lavorative del personale e delle imprese appaltatrici perse in seguito ad incidenti.</p>  |
| <i>Sicurezza tecnica dell'infrastruttura</i> | <ul style="list-style-type: none"><li>✘ Percentuale di linee dotate del sistema Automatic Train Protection (Protezione automatica del treno - ATP) in servizio;</li><li>✘ Percentuale di chilometri-treno dotati di sistema ATP;</li><li>✘ Numero di passaggi a livello (totale e per chilometro di linea);</li><li>✘ Percentuale di passaggi a livello con protezione automatica o manuale.</li></ul> |
| <i>Gestione della sicurezza</i>              | <ul style="list-style-type: none"><li>✘ Audit<sup>18</sup> interni svolti dai gestori dell'infrastruttura e dalle imprese ferroviarie rispetto a quanto previsto nel sistema di gestione della sicurezza;</li><li>✘ Numero totale degli audit effettivamente realizzati;</li><li>✘ Percentuale degli audit rispetto a quelli richiesti (e/o programmati).</li></ul>                                    |

---

<sup>18</sup> In generale, l'audit è una verifica dei dati e delle procedure in un'azienda, finalizzata all'accertamento della loro correttezza. In questo caso l'audit è una verifica della corretta applicazione del sistema di gestione della sicurezza.

#### **6.2.4) Il sistema di gestione della sicurezza**

Il *sistema di gestione della sicurezza* è un documento prodotto da ogni Gestore dell'infrastruttura e da ogni Impresa Ferroviaria ove è illustrata l'organizzazione e i provvedimenti messi in atto per assicurare la gestione sicura delle operazioni ferroviarie con lo scopo di garantire che il sistema ferroviario possa attuare almeno i *CST*.

Ovviamente il documento deve essere redatto tenendo conto delle norme di sicurezza nazionali e dei requisiti di sicurezza contenuti nelle *STI*; deve anche prevedere una gestione della sicurezza in linea con gli elementi pertinenti dei *CSM*.

Il sistema deve essere studiato per garantire il controllo di tutti i rischi connessi all'attività del Gestore dell'Infrastruttura o dell'Impresa Ferroviaria, compresi i servizi di manutenzione, la fornitura del materiale e il ricorso ad imprese appaltatrici. Fatte salve le vigenti norme nazionali e internazionali in materia di responsabilità, il sistema di gestione della sicurezza tiene parimenti conto, ove appropriato e ragionevole, dei rischi generati dalle attività di terzi.

Il sistema di gestione della sicurezza deve essere documentato in tutte le sue parti pertinenti e descrivere in particolare la ripartizione delle responsabilità in seno all'organizzazione del Gestore dell'Infrastruttura o dell'Impresa Ferroviaria. Occorre indicare come la direzione garantisca un controllo a tutti i livelli, come sia garantita la partecipazione a tutti i livelli del personale e dei rispettivi rappresentanti e in che modo sia garantito il miglioramento costante del sistema di gestione della sicurezza.

Gli elementi essenziali del sistema di gestione della sicurezza sono i seguenti:

- a) una politica di sicurezza approvata dal direttore generale dell'organismo e comunicata a tutto il personale;

- b) obiettivi dell'organismo di tipo qualitativo e quantitativo per il mantenimento e il miglioramento della sicurezza nonché piani e procedure per conseguire tali obiettivi;
- c) procedure atte a soddisfare gli standard tecnici e operativi in vigore o altre prescrizioni nonché procedure volte ad assicurare la conformità durante l'intero ciclo di vita delle attrezzature e delle operazioni;
- d) procedure e metodi da applicare nella valutazione del rischio e nell'attuazione delle misure di controllo del rischio
- e) offerta di programmi di formazione del personale e di mantenimento delle proprie competenze e che i compiti siano svolti conformemente a tali competenze;
- f) disposizioni atte a garantire un livello sufficiente di informazione all'interno dell'organismo
- g) procedure e formati per la documentazione delle informazioni in materia di sicurezza;
- h) procedure volte a garantire che gli incidenti, gli inconvenienti, i "quasi incidenti" ed altri eventi pericolosi siano segnalati, indagati e analizzati e che siano adottate le necessarie misure preventive;
- i) piani di intervento, di allarme ed informazione in caso di emergenza, concordati con le autorità pubbliche competenti;
- j) audit interni regolari del sistema di gestione della sicurezza.

### ***6.2.5) Responsabilità***

Gli Stati membri garantiscono il generale mantenimento e il costante miglioramento della sicurezza ferroviaria, tenendo conto

dell'evoluzione della normativa comunitaria, del progresso tecnico e scientifico e dando la priorità alla prevenzione degli incidenti gravi.

La responsabilità del funzionamento sicuro del sistema ferroviario e del controllo dei rischi che ne derivano incombe ai Gestori dell'Infrastruttura e alle Imprese Ferroviarie, che sono obbligati a mettere in atto le necessarie misure di controllo del rischio, cooperando reciprocamente, ad applicare le norme e gli standard di sicurezza nazionali e ad istituire i sistemi di gestione della sicurezza. Ciascun gestore dell'infrastruttura e ciascuna impresa ferroviaria è responsabile della propria parte di sistema e del relativo funzionamento sicuro, compresa la fornitura di materiale e l'appalto di servizi, nei confronti di utenti, clienti, lavoratori interessati e terzi.

Resta impregiudicata la responsabilità di ciascun fabbricante, fornitore di servizi di manutenzione, addetto alla manutenzione dei vagoni, fornitore di servizi o ente appaltante, di assicurare che il materiale rotabile, gli impianti, gli accessori e i materiali nonché i servizi forniti siano conformi ai requisiti richiesti e alle condizioni di impiego specificate, affinché possano essere utilizzati dall'impresa ferroviaria e/o dal gestore delle infrastrutture in modo sicuro.

### **6.3) LE AUTORIZZAZIONI DI SICUREZZA**

#### **6.3.1) Certificati di sicurezza**

Per avere accesso all'infrastruttura ferroviaria un'Impresa Ferroviaria deve essere titolare di un certificato di sicurezza che può valere per l'intera rete ferroviaria di uno Stato membro o soltanto per una sua parte delimitata.

Scopo del certificato di sicurezza è fornire la prova che l'Impresa Ferroviaria ha elaborato un proprio sistema di gestione della sicurezza ed è pertanto in grado di soddisfare i requisiti delle *STI*, di altre pertinenti disposizioni della normativa comunitaria e delle norme nazionali di sicurezza ai fini del controllo dei rischi e del funzionamento sicuro sulla rete.

Il certificato di sicurezza si compone di due parti:

- 1) la certificazione che attesta l'accettazione del sistema di gestione della sicurezza dell'impresa ferroviaria;
- 2) la certificazione che attesta l'accettazione delle misure adottate dall'impresa ferroviaria per soddisfare i requisiti specifici necessari per la sicurezza del funzionamento sulla rete in questione.

I requisiti possono includere l'applicazione delle *STI* e delle norme nazionali di sicurezza, l'accettazione dei certificati del personale e l'autorizzazione a mettere in servizio il materiale rotabile usato dall'impresa ferroviaria. La certificazione è basata sulla documentazione trasmessa dall'Impresa Ferroviaria all'Autorità preposta alla sicurezza nello Stato membro in cui questa inizia la propria attività. L'Autorità, fatti gli opportuni controlli, rilascia la certificazione, che deve specificare il tipo e la portata delle attività ferroviarie autorizzate. La certificazione rilasciata, per quanto riguarda la lettera a) ossia il sistema di gestione della sicurezza, è valida in tutto il territorio della Comunità per le attività di trasporto ferroviario equivalenti.

Per consentire all'Autorità preposta alla sicurezza di rilasciare la parte del certificato di sicurezza specifica della rete deve essere presentata:

- ✱ la documentazione dell'Impresa Ferroviaria relativa alle *STI* o a parti di *STI* e, se del caso, alle norme nazionali di sicurezza e

alle altre norme applicabili alle sue operazioni, al personale e al materiale rotabile, precisando in che modo il sistema di gestione della sicurezza ne garantisce la conformità;

- ✘ la documentazione dell'impresa ferroviaria relativa alle diverse categorie di personale proprio o delle imprese appaltatrici, fornendo la prova che dette categorie soddisfano i requisiti previsti dalle *STI* o dalle norme nazionali vigenti e che sono state debitamente certificate;
- ✘ la documentazione dell'Impresa Ferroviaria relativa ai diversi tipi di materiale rotabile utilizzato, fornendo la prova che tale materiale è conforme alle *STI* o alle norme nazionali e che è stato debitamente certificato.

Il certificato di sicurezza è rinnovato a richiesta dell'Impresa Ferroviaria ad intervalli non superiori a cinque anni. Esso è aggiornato parzialmente o integralmente ogniqualvolta il tipo o la portata delle attività cambia in modo sostanziale.

### *6.3.2) Autorizzazione di sicurezza dei gestori dell'infrastruttura:*

Viene anche introdotta, per la prima volta, un'autorizzazione di sicurezza dei Gestori dell'Infrastruttura. Per poter gestire e far funzionare un'infrastruttura ferroviaria, il Gestore dell'Infrastruttura deve ottenere un'autorizzazione di sicurezza dall'Autorità preposta alla sicurezza dello Stato membro in cui esercita la propria attività.

L'autorizzazione di sicurezza comprende:

- 1) l'autorizzazione che attesta l'accettazione del sistema di gestione della sicurezza del Gestore dell'Infrastruttura;
- 2) l'autorizzazione che attesta l'accettazione delle misure adottate dal Gestore dell'Infrastruttura per soddisfare i

requisiti specifici necessari per la sicurezza della progettazione, della manutenzione e del funzionamento dell'infrastruttura ferroviaria, compresi, se del caso, la manutenzione e il funzionamento del sistema di controllo del traffico e di segnalamento.

L'autorizzazione di sicurezza è rinnovata a richiesta del Gestore dell'Infrastruttura ad intervalli non superiori a cinque anni. Essa è aggiornata parzialmente o integralmente ogniqualvolta sono apportate modifiche sostanziali all'infrastruttura, al segnalamento o alla fornitura di energia ovvero ai principi che ne disciplinano il funzionamento e la manutenzione. Il titolare dell'autorizzazione di sicurezza informa senza indugio l'Autorità preposta alla sicurezza in merito ad ogni modifica apportata.

#### **6.4) ACCESSO ALLE STRUTTURE DI FORMAZIONE**

Parte fondamentale del sistema di gestione della sicurezza è la formazione del personale a terra o viaggiante dei Gestori dell'Infrastruttura e delle Imprese Ferroviarie. E' ovvio come alla base di una buona formazione del personale vi sia un continuo e completo scambio di informazioni fra il Gestore dell'Infrastruttura e le Imprese Ferroviarie soprattutto per quanto riguarda le caratteristiche delle linee, le regole e le procedure d'esercizio, il sistema di segnalamento e controllo – comando e le procedure d'emergenza applicate sulle linee.

Per questa ragione le Imprese Ferroviarie, che richiedono un certificato di sicurezza, devono beneficiare di un accesso equo e non discriminatorio alle strutture di formazione per i macchinisti e il personale viaggiante, qualora tale formazione faccia parte dei requisiti previsti per ottenere un certificato di sicurezza. Anche i Gestori dell'Infrastruttura e il loro personale addetto a compiti di sicurezza

essenziali devono beneficiare di un accesso equo e non discriminatorio alle strutture di formazione

L'Autorità preposta alla sicurezza provvede affinché la prestazione di servizi di formazione o, se del caso, la concessione di certificati soddisfino i requisiti di sicurezza contenuti nelle *STI* o nelle norme nazionali di sicurezza.

Se le strutture di formazione sono accessibili soltanto attraverso i servizi di un'unica Impresa Ferroviaria o di un unico Gestore dell'Infrastruttura, gli Stati membri provvedono affinché le altre Imprese Ferroviarie vi possano accedere ad un prezzo ragionevole e non discriminatorio, che sia proporzionato ai costi e possa includere un margine di profitto.

All'atto dell'assunzione di nuovi macchinisti, personale viaggiante e addetti a compiti di sicurezza essenziali, le Imprese Ferroviarie devono essere in grado di tener conto della formazione, delle qualifiche e dell'esperienza acquisite in precedenza presso altre Imprese Ferroviarie. A tal fine, questi membri del personale hanno diritto ad avere accesso, ottenere copia e trasmettere tutti i documenti che ne certifichino la formazione, le qualifiche e l'esperienza.

In tutti i casi, ogni Impresa Ferroviaria ed ogni Gestore dell'Infrastrutture è responsabile del livello di formazione e delle qualifiche del suo personale incaricato di attività relative alla sicurezza.

## **6.5) LE AUTORITÀ PREPOSTE ALLA SICUREZZA**

### **6.5.1) L'agenzia ferroviaria europea e le autorità nazionali**

L'agenzia ferroviaria europea (ERA) con sede a Valenciennes presso Lilla supporta la Commissione Europea nelle decisioni riguardanti l'assetto ferroviario Europeo. In particolare prepara le Specifiche tecniche di interoperabilità, coordina le attività degli Organismi nazionali preposti e opera per l'armonizzazione della normativa di sicurezza ferroviaria.

Inoltre ciascun Stato membro istituisce una propria Autorità preposta alla sicurezza. Tale autorità, che può essere anche il Ministero responsabile dei trasporti, è indipendente sul piano organizzativo, giuridico e decisionale da qualsiasi Impresa Ferroviaria, Gestore dell'Infrastruttura, soggetto richiedente la certificazione e ente appaltante.

All'Autorità preposta alla sicurezza incombono almeno i seguenti compiti:

- 1) autorizzare la messa in servizio dei sottosistemi di natura strutturale costitutivi del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità, a norma dell'articolo n°14 della direttiva 96/48/CE, e controllarne il funzionamento e la manutenzione conformemente ai pertinenti requisiti essenziali;
- 2) autorizzare la messa in servizio dei sottosistemi di natura strutturale costitutivi del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale, a norma dell'articolo n°14 della direttiva 2001/16/CE e controllarne il funzionamento e la manutenzione conformemente ai pertinenti requisiti essenziali;

- 3) verificare che i componenti di interoperabilità siano conformi con i requisiti essenziali fissati dall'articolo n°12 delle direttive 96/48/CE e 2001/16/CE;
- 4) autorizzare la messa in servizio di materiale rotabile nuovo o sostanzialmente modificato, non ancora oggetto di una *STI*;
- 5) rilasciare, rinnovare, modificare e revocare i pertinenti elementi che compongono i certificati di sicurezza e le autorizzazioni di sicurezza e controllare che ne siano soddisfatti le condizioni e i requisiti e che i gestori dell'infrastruttura e le imprese ferroviarie operino conformemente ai requisiti del diritto comunitario o nazionale;
- 6) controllare, promuovere e, se del caso, imporre ed elaborare un quadro normativo in materia di sicurezza, compreso il sistema di disposizioni nazionali in materia di sicurezza;
- 7) verificare che il materiale rotabile sia debitamente immatricolato e che le informazioni in materia di sicurezza contenute nel registro nazionale, istituito a norma dell'articolo n°14 della direttiva 96/48/CE e della direttiva 2001/16/CE, siano precise ed aggiornate.

Queste attività costituiscono l'attività della Autorità e, per questa ragione, la Direttiva specifica chiaramente che non possono essere trasferite o appaltate ad alcun Gestore dell'Infrastruttura, Impresa Ferroviaria o ente appaltante. Inoltre, per garantire la propria imparzialità rispetto a tutti gli attori del mercato ferroviario, l'Autorità deve svolgere i propri compiti in modo aperto, non discriminatorio e trasparente. In particolare, essa è tenuta ad acquisire il parere di tutte le parti e deve motivare le proprie decisioni. E' autorizzata, però, nello svolgimento delle sue funzioni, a chiedere, in qualsiasi momento,

l'assistenza tecnica dei Gestori dell'Infrastruttura e delle Imprese Ferroviarie o di altri organismi qualificati.

Nell'elaborare il quadro normativo nazionale, l'Autorità preposta alla sicurezza consulta tutti i soggetti interessati, compresi i Gestori dell'Infrastruttura, le Imprese Ferroviarie, i fabbricanti e i fornitori di servizi di manutenzione, gli utenti e i rappresentanti del personale.

L'Autorità ha la facoltà di condurre le ispezioni e le indagini necessarie per l'assolvimento dei propri compiti e può accedere a tutta la documentazione pertinente, ai locali, agli impianti e alle attrezzature del Gestore dell'Infrastruttura e delle Imprese Ferroviarie.

A livello europeo, esse procedono ad un attivo scambio di opinioni e di esperienze con le Autorità degli altri Stati membri al fine di armonizzare i criteri decisionali in tutta la Comunità. La cooperazione mira in particolare a favorire e coordinare la certificazione della sicurezza delle Imprese Ferroviarie che hanno ottenuto linee internazionali secondo la procedura di cui all'articolo n°15 della direttiva 2001/14/CE.

L'Agenzia ferroviaria europea assiste in tali compiti le autorità preposte alla sicurezza.

Una rappresentazione schematica della filosofia secondo la quale dovrebbe operare l'agenzia nazionale è riportata in Figura 6-1.



Figura 6-1: Sicurezza – Autorità nazionale di sicurezza

### 6.5.2) Organismo investigativo

A completamento dell'organizzazione per la gestione della sicurezza ferroviaria la legislazione europea prevede che, a fianco dell'autorità preposta alla sicurezza, in ogni Stato membro sia nominato un *organismo investigativo* permanente.

Questo, che deve essere composto da almeno un investigatore di comprovata capacità, ha il compito di analizzare la dinamica degli incidenti e/o degli inconvenienti con lo scopo di individuarne le cause e formulare delle raccomandazioni ai vari enti competenti per la sicurezza.

Per queste ragioni, è necessario che l'organismo investigativo risulti totalmente indipendente da qualunque altro attore del sistema ferroviario sia questo un Gestore dell'Infrastruttura o un'Impresa Ferroviaria o anche un organismo notificato. Inoltre potendo individuare lacune nel sistema di gestione e di controllo della sicurezza, l'organismo investigativo deve essere indipendente

dall'autorità preposta alla sicurezza e da qualsiasi altro ente di regolamentazione delle ferrovie.

Le imprese ferroviarie, i gestori dell'infrastruttura e, se del caso, l'autorità preposta alla sicurezza hanno l'obbligo di segnalare immediatamente all'organismo investigativo gli incidenti e agli inconvenienti per permettergli di iniziare tempestivamente il proprio lavoro.

Un incidente o un inconveniente è oggetto di indagine da parte dell'organismo investigativo dello Stato membro in cui si è verificato. Qualora non sia possibile stabilire in quale Stato membro si sia verificato o qualora si sia verificato in un impianto o nei pressi di un impianto situato al confine fra due Stati membri, gli organismi competenti decidono di comune accordo quale di essi svolgerà l'indagine oppure decidono di indagare in collaborazione. Nel primo caso, l'altro organismo è autorizzato a partecipare all'indagine e ad avere accesso a tutti i risultati. Gli organismi investigativi di altri Stati membri sono invitati a partecipare ad un'indagine quando sia implicata nell'incidente o nell'inconveniente un'impresa ferroviaria che è stabilita ed ha ottenuto una licenza di esercizio in detti Stati.

Entro una settimana dalla decisione di aprire un'indagine l'organismo investigativo ne informa l'Agenzia riportando la data, l'ora e il luogo dell'evento, la tipologia di evento e le sue conseguenze in termini di decessi, lesioni e danni materiali. L'organismo investigativo trasmette all'Agenzia una copia della relazione finale e della relazione annuale.

L'organismo investigativo può indagare su eventi diversi dagli incidenti ed inconvenienti ferroviari, purché tali indagini non compromettano la sua indipendenza.

Per ciascun incidente o inconveniente l'organismo responsabile dell'indagine predispone i mezzi necessari, comprese le risorse

operative e tecniche necessarie per lo svolgimento dell'indagine e può ricorrere a risorse operative o tecniche all'interno o all'esterno dell'organismo.

Se lo ritiene necessario, può chiedere l'assistenza degli organismi investigativi di altri Stati membri o dell'Agenzia per consulenza o ispezioni tecniche, analisi o valutazioni.

L'indagine deve essere condotta nella massima trasparenza possibile, consentendo a tutte le parti coinvolte di esprimersi e di avere accesso ai risultati. Il gestore dell'infrastruttura e le imprese ferroviarie coinvolti, l'autorità preposta alla sicurezza, le vittime e i loro parenti, i proprietari di beni danneggiati, i fabbricanti, i servizi di soccorso intervenuti e i rappresentanti del personale e degli utenti devono essere regolarmente informati dell'indagine e dei relativi progressi e devono, per quanto fattibile, poter presentare i loro pareri e opinioni sull'indagine ed essere autorizzati a esprimere osservazioni.

Il contenuto della relazione d'indagine su incidenti ed inconvenienti deve possibilmente comporsi di:

- 1) *Sintesi dell'avvenimento*; ove sono riportate una breve descrizione dell'evento, l'ora e il luogo in cui questo si è verificato e le conseguenze, le cause dirette, le concause e le cause indirette stabilite dall'indagine. Contiene infine le raccomandazioni di sicurezza principali formulate e i relativi destinatari.
- 2) *Fatti dell'avvenimento*; ove si descrivono i fatti in immediata relazione all'evento, quali data, ora esatta e luogo, descrizione degli eventi e del sito dell'incidente, composizione della squadra investigativa e svolgimento dell'indagine stessa. Il personale e le imprese appaltatrici coinvolti, altre parti e testimoni; treni e relativa composizione, materiale rotabile coinvolto; infrastruttura e

sistema di segnalamento, mezzi di comunicazione, lavori svolti presso il sito, attivazione del piano di emergenza ecc. Decessi, lesioni e danni materiali a passeggeri e terzi, personale, compreso quello delle imprese appaltatrici, merci, bagagli e altri beni, materiale rotabile, infrastruttura e ambiente comprese le condizioni atmosferiche e riferimenti geografici.

- 3) *Resoconto dell'indagine*; ove sono riportate una sintesi delle testimonianze (nel rispetto della tutela dell'identità dei soggetti interessati), un esame del sistema di gestione della sicurezza, una verifica delle norme e regolamenti pertinenti, un'analisi del funzionamento del materiale rotabile e degli impianti tecnici, compresa la registrazione da parte di apparecchi automatici di registrazione dati. Sono inoltre esaminati i provvedimenti adottati dal personale per il controllo del traffico e il segnalamento, lo scambio di messaggi verbali, compresa la trascrizione delle registrazioni, le situazioni di interfaccia uomo – macchina - organizzazione come il tempo lavorativo del personale coinvolto, circostanze personali e mediche, ergonomia degli impianti aventi, richiamando anche eventi precedenti dello stesso tipo
- 4) *Analisi e conclusioni*; è il resoconto finale della catena di eventi, sulla base dei fatti rilevati, discussione per determinare le cause dell'evento e valutare le prestazioni dei servizi di soccorso, conclusioni sulle cause dirette e immediate dell'evento, le concause riferibili alle azioni delle persone coinvolte o alle condizioni del materiale rotabile o degli impianti tecnici, nonché cause indirette riferibili alle competenze, alle procedure e alla manutenzione, cause a

monte riferibili alle condizioni del quadro normativo e all'applicazione del sistema di gestione della sicurezza.

- 5) *Provvedimenti*; sono le azioni adottate immediatamente dopo o successivamente all'evento.
- 6) *Raccomandazioni*; sono le osservazioni dell'organismo investigativo in merito al sistema di sicurezza indirizzate ai vari enti interessati in base alle conclusioni dell'indagine.

L'organismo investigativo pubblica la relazione finale nel più breve tempo possibile e di norma entro dodici mesi dalla data dell'evento. La relazione e le raccomandazioni in materia di sicurezza sono trasmesse alle parti interessate e agli organismi e alle parti interessate negli altri Stati membri.

Entro il 30 settembre di ogni anno l'organismo investigativo pubblica una relazione annuale che riferisca sulle indagini svolte nell'anno precedente, sulle raccomandazioni in materia di sicurezza formulate e sulle azioni intraprese in seguito alle raccomandazioni formulate in precedenza.

Le raccomandazioni in materia di sicurezza formulate da un organismo investigativo non costituiscono in alcun caso una presunzione di colpa o responsabilità per un incidente o inconveniente. Esse sono indirizzate all'autorità preposta alla sicurezza e, se il loro carattere lo richiede, ad altri organismi o autorità dello Stato membro o ad altri Stati membri: questi comunicano all'organismo investigativo almeno ogni anno le misure adottate o previste in rapporto alla raccomandazione.

## **6.6) STATO ATTUALE DI APPLICAZIONE DELLA DIRETTIVA SULLA SICUREZZA**

L'applicazione della Direttiva sulla sicurezza ha portato come primo atto la fondazione dell'Agenzia Europea Ferroviaria (ERA).

L'Agenzia Europea Ferroviaria è stata ufficialmente inaugurata il 15 giugno 2005, con l'obiettivo di essere operativa in un anno. In effetti ha iniziato a svolgere alcune attività già a metà 2006, incominciando con le attività relative alla sicurezza. La ricerca di personale qualificato ed esperto nei singoli settori ferroviari, proveniente dai diversi paesi membri e disposto a trasferirsi a Valenciennes sede dell'Agenzia, in realtà non è stata facile, tenuto conto che vengono proposti contratti quinquennali, ma allo stato attuale lo staff parrebbe essere quasi completato. Il modo di operare dell'Agenzia si basa su gruppi di lavoro che sviluppano i singoli argomenti e giungono a delle conclusioni finali. Queste possono essere condivise oppure, in caso di disaccordo, vengono riportati i diversi punti di vista sull'argomento. Le proposte passano poi all'esame del Comitato di cui all'articolo 21 delle Direttive di interoperabilità per poi arrivare all'esame e approvazione della Commissione. Dei gruppi di lavoro fanno parte i funzionari dell'Agenzia competenti nel ramo e i rappresentanti degli Stati membri che desiderano partecipare; inoltre sono ammessi rappresentanti di altre organizzazioni attive nel settore a livello europeo e anche degli utenti e consumatori per gli aspetti che li riguardano direttamente. I rappresentanti di queste organizzazioni operano su preciso mandato e parlano a nome dell'intera organizzazione che rappresentano e non in nome della eventuale società della quale sono dipendenti. Non vi sono quindi rappresentanti delle singole ferrovie (come nella UIC), né di singole imprese. Non è presente neppure l'UIC, perché questa non è una organizzazione a

livello puramente europeo. Attualmente le organizzazioni accreditate sono:

- ✘ ALE (Autonome Lokomotivführer-Gewerkschaften Europa) sindacato dei macchinisti;
- ✘ CER (Community of European Railway and Infrastructure Companies) comunità delle ferrovie storiche;
- ✘ EIM (European Rail Infrastructure Managers) comunità dei gestori dell'infrastruttura;
- ✘ ERFA (European Rail Freight Association) associazione dei nuovi operatori ferroviari nel settore merci;
- ✘ ETF (European Transport workers' Federation) federazione dei sindacati dei ferrovieri;
- ✘ UNIFE (Association of European Railway Industries) associazione delle industrie ferroviarie;
- ✘ UIP (International Union of Private Wagons) unione dei proprietari di carri privati;
- ✘ UITP (International Association of Public Transport) unione delle imprese di trasporti pubblici (urbani);
- ✘ UIRR (International Union of combined Road-Rail transport companies) unione delle compagnie di trasporti combinati.

I settori di attività dell'Agenzia riguardano principalmente la sicurezza e l'interoperabilità.

Nel campo della sicurezza sono in corso i lavori preparatori per l'elaborazione dei metodi comuni di sicurezza (CSM) e gli obiettivi comuni di sicurezza (CST), attraverso contatti e consultazione con tutti gli Stati. Secondo quanto previsto dalla direttiva 49/2004 il piano di sviluppo prevede la stesura di:

- ✘ Un primo insieme di CSM relativi alla valutazione e quantificazione del rischio per il 30 Settembre 2007;

- ✘ Un primo insieme di CST relativi all'esame degli attuali risultati di sicurezza per il 30 Settembre 2008:
- ✘ Un secondo insieme di CSM relativi ai metodi di valutazione della conformità ai requisiti 30 Settembre 2009;
- ✘ Un secondo insieme di CST relativi alle aree prioritarie nelle quali la sicurezza deve essere ulteriormente aumentata 30 Settembre 2010.

Nel frattempo l'Agenzia ha prodotto una raccomandazione alla Commissione per un formato armonizzato dei certificati di sicurezza e della relativa modulistica. In seguito a questo, all'inizio del 2006 la Commissione ha dato mandato all'Agenzia di sviluppare i requisiti di sicurezza comuni per la certificazione di sicurezza in base alla Direttiva 2004/49/EC.

Per quanto riguarda i dati relativi agli incidenti, questi sono già raccolti da Eurostat (Istituto Europeo per la Statistica) in base ai Regolamenti (EC) 91/2003 e (EC) 1192/2003 e sono disponibili sul sito di Eurostat per il 2004; questi dati sono stati elaborati e analizzati dall'Agenzia e raccolti in apposito report: nelle figure che seguono sono riportati i diagrammi più significativi contenuti nel documento di statistica degli incidenti dell'anno 2004.

L'Agenzia quindi acquisisce i dati raccolti da Eurostat e coopera con questa per evitare duplicazioni e assicurare la consistenza metodologica tra i CSI (Indicatori comuni di sicurezza) e gli indicatori usati negli altri modi di trasporto. I CSI serviranno anche per facilitare la valutazione del raggiungimento degli obiettivi comuni di sicurezza (CST) e forniranno il mezzo per il monitoraggio dello sviluppo generale della sicurezza ferroviaria da parte dell'Agenzia. La Direttiva della Sicurezza elenca i CSI, dando mandato all'Agenzia di definire il loro contenuto e valutarne la significatività. Per raggiungere questo

obiettivo, l'Agenzia ha sviluppato un calendario dei lavori fino al 2009 che prevede per questo settore di attività:

- ✘ sviluppo di definizioni comuni degli indicatori dell'Allegato 1 alla Direttiva;
- ✘ pubblicazione del rapporto biennale sulla Sicurezza per la parte riguardante i CSI;
- ✘ raccomandazioni per la revisione dell'Allegato 1 della Direttiva.

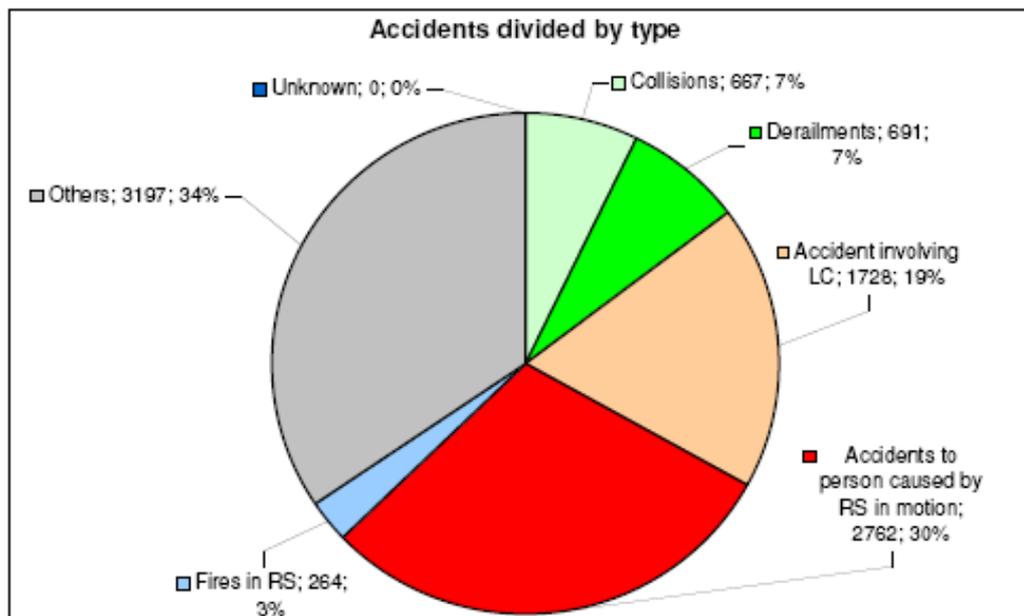


Figura 6-2: Sicurezza – Incidenti ferroviari suddivisi per tipologia

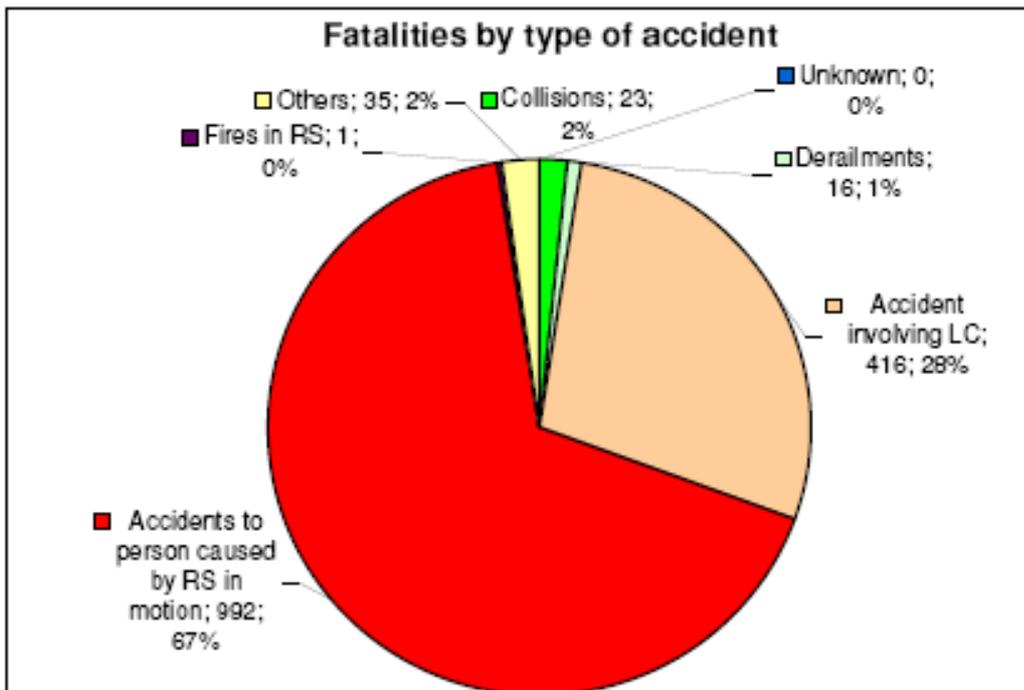


Figura 6-3: Sicurezza – Decessi in incidenti ferroviari suddivisi per tipologia

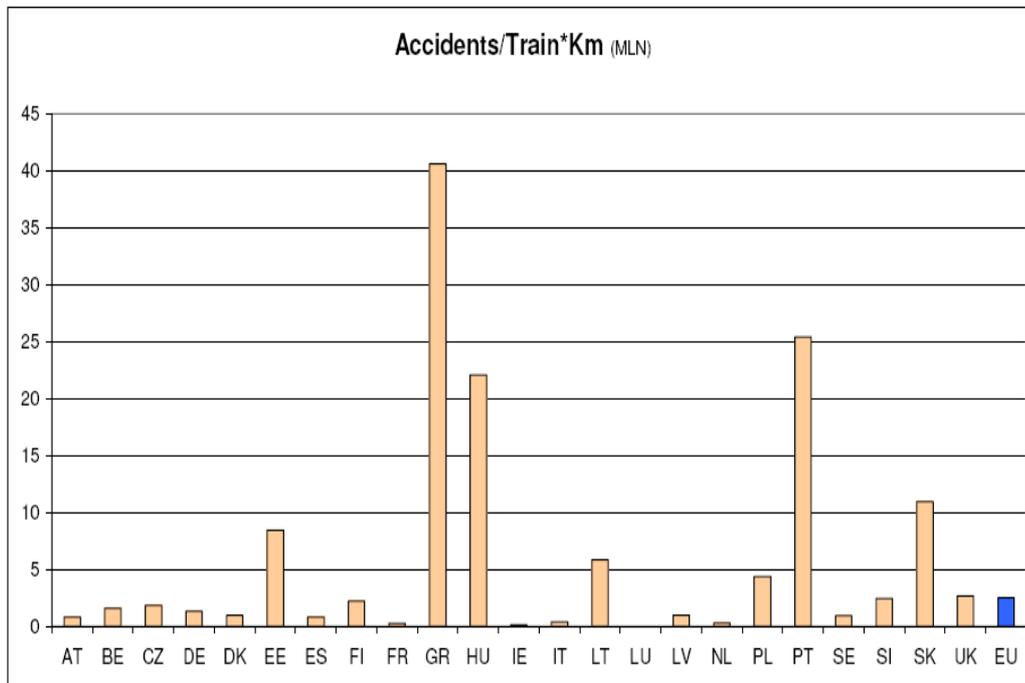


Figura 6-4: Sicurezza – Incidenti ferroviari suddivisi per nazione

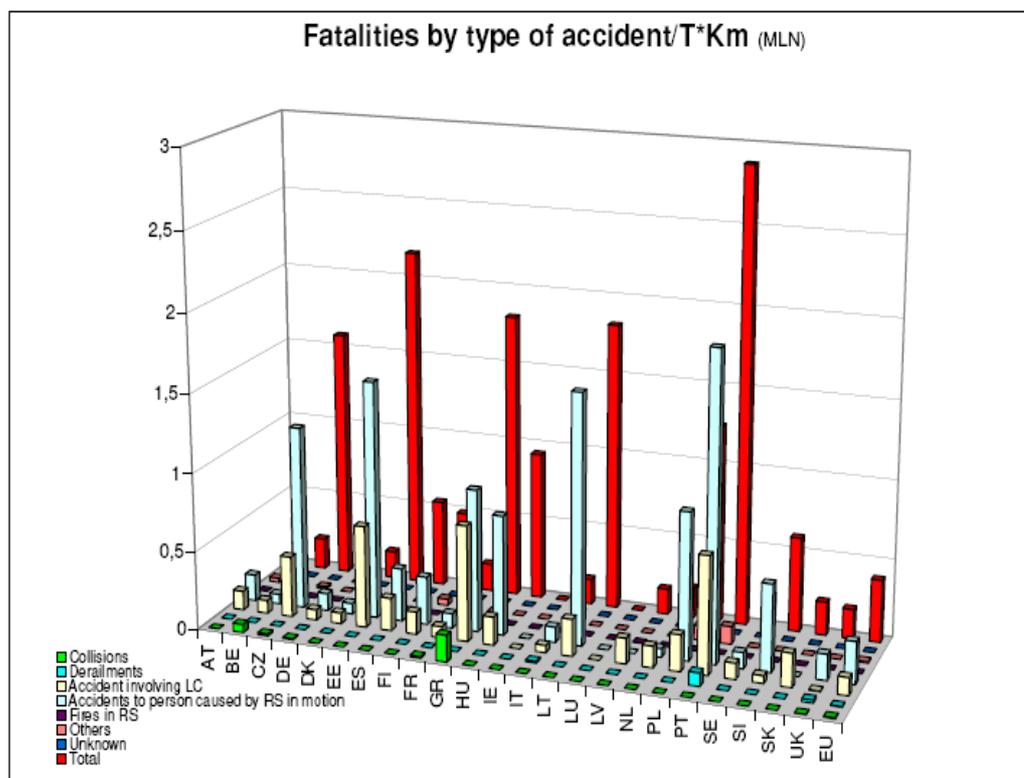


Figura 6-5: Sicurezza – Decessi in incidenti ferroviari suddivisi per tipologia e per nazione

L'azione dell'Unione Europea nel campo della sicurezza ha ridimensionato fortemente la pluridecennale funzione della UIC in questo ambito, che forniva dettagliate e interessanti statistiche sugli inconvenienti di esercizio tipici e atipici, nonché suggerimenti e fiches.

Tuttavia la UIC riconosce che la sicurezza è un bene prioritario e che, sia pure nel nuovo contesto, si ritiene impegnata a dare supporto a tutti i lavori finalizzati all'aumento della sicurezza del trasporto. Inoltre è pronta a concentrarsi sulle sfide lanciate dalla liberalizzazione e dalle interoperabilità, per dare il punto di vista del settore ferroviario nello sviluppo degli obiettivi dell'ERA, in modo che

venga presa in conto l'esperienza e l'opinione professionale degli esperti. Per questi motivi UIC, a partire dal 2003, sta ristrutturando la sua attività nel campo della sicurezza allo scopo di migliorare ulteriormente i livelli di sicurezza.

Le analisi statistiche sono uno dei metodi chiave per monitorare i livelli di sicurezza raggiunti e per confrontare le tendenze fra le imprese ferroviarie e con gli altri modi di trasporto. Per questo motivo è stato messo a punto un nuovo data base della sicurezza UIC Safety Database (UIC-SDB) che dà l'opportunità di incrementare le future capacità della UIC in questo campo.

Poiché l'affidabilità dei dati dipende da una precisa e non ambigua definizione degli eventi critici da riportare e dalla capacità delle ferrovie di fornire accurate ed esaustive informazioni, sono state messe a punto precise definizioni dei termini da usare nel data base, per la diretta fornitura delle singole informazioni da parte delle ferrovie. Il data base è conforme e compatibile con le statistiche di Eurostat e con quanto previsto negli allegati alla Direttiva della Sicurezza, rispettando i requisiti espressi dagli Organismi Europei.

Grazie a questo potente strumento la UIC, già oggi organizzato ed efficiente in questo senso, intende mantenere la sua posizione di valido supporto e consiglio sia per la neonata Agenzia Europea sia per i propri membri, anche perché la messa a regime del sistema di gestione della sicurezza comunitario sarà verosimilmente molto lunga.

L'altro importante compito della Agenzia Ferroviaria Europea è la preparazione di proposte di nuove Specifiche Tecniche di Interoperabilità. I lavori procedono nei vari gruppi per la predisposizione della STI per la rete convenzionale riguardanti l'energia, l'infrastruttura, il materiale rotabile per passeggeri e le locomotive, nonché gli aggiornamenti per quanto riguarda ETCS. I lavori non sono prossimi a conclusioni, mentre la AEIF che aveva

avuto in precedenza questo mandato, ha cessato praticamente le attività con la pubblicazione delle STI promulgate nel corso del 2006.

Per quanto riguarda l'Italia, bisogna rilevare che il secondo pacchetto ferroviario e in particolare la Direttiva per la Sicurezza 49/2004, non sono ancora state recepite e che quindi sono state avviate dalla Unione Europea le prime azioni per il procedimento di infrazione. Non è quindi stata istituita l'Autorità Nazionale per la Sicurezza ferroviaria, né l'organismo investigativo. I compiti dell'Autorità per la Sicurezza sono di fatto ancora delegate al Gestore della Infrastruttura RFI, cosa peraltro ormai non più compatibile con la nuova Direttiva. L'attuale situazione politica in Italia non fa presagire peraltro azioni in tempi brevi.

## **7) INTEROPERABILITA' NELLA PRATICA: L'ADEGUAMENTO DELL'ASSE GENOVA - ROTTERDAM**

### **7.1) PREMESSA**

**L**e economie moderne non possono generare ricchezza e lavoro senza una rete di trasporto estremamente efficiente e ciò è vero particolarmente in Europa. Per circolare rapidamente e facilmente tra gli Stati con beni e persone si devono costruire collegamenti mancanti e rimuovere i colli di bottiglia nelle infrastrutture di trasporto. Per questo motivo l'Unione Europea ha individuato una rete di collegamenti fondamentali sulla quale concentrare risorse ed investimenti: questa è la *Rete TransEuropea dei Trasporti* (RTE-T per i neolatini e TEN-T all'inglese), che ricade all'interno di un progetto di più ampio respiro volto a creare un'insieme di reti transeuropee nei tre settori di attività dei trasporti, delle telecomunicazioni e dell'energia. In quest'ambito interessa solo la rete *TEN – Trasporti* (*TEN-T*) che comprende i grandi progetti prioritari di trasporto su strada e combinato, le vie navigabili e i porti marittimi nonché la rete europea dei treni a grande velocità e i grandi assi merci, oltre ai sistemi intelligenti di gestione dei trasporti che rientrano in questa categoria, tra cui il progetto Galileo di posizionamento geografico via satellite. Tuttavia, per memoria, si ricorda l'esistenza anche della rete *TEN-Energia* (*TEN-E*), che riguarda i settori dell'elettricità e del gas naturale, concepita con l'obiettivo di realizzare un mercato unico dell'energia e garantire la sicurezza

dell'approvvigionamento e la rete *TEN-Telecomunicazioni (eTen)* che mira a sviluppare i servizi elettronici basati sulle reti di telecomunicazione con particolare riferimento ai servizi pubblici e nell'ottica dell'iniziativa eEurope "Una società dell'informazione per tutti".

Tornando alla rete di trasporti, la sua creazione è un elemento fondamentale nella cosiddetta strategia di Lisbona e ha come scopo quello di rilanciare la competitività e il lavoro in Europa così da sbloccare i percorsi principali di trasporto e assicurare un trasporto sostenibile, anche attraverso importanti progetti tecnologici.

Nella prospettiva di una crescita della domanda di trasporto, che dovrebbe portare al raddoppio del traffico di passeggeri e di merci fra gli Stati entro il 2020, si stima che l'investimento richiesto per completare e modernizzare una vera rete trans-europea in una Unione Europea allargata ammonti a circa 600 miliardi di Euro. Si tratta di un investimento importante, per questo è essenziale per l'Unione individuare delle priorità di intervento così da concentrarsi sui maggiori progetti e favorire il completamento di quelli già perfezionati a livello nazionale, naturalmente coordinandoli ed inserendoli in un'ottica europea.

Quindi l'Unione Europea ha identificato una serie di 30 assi transnazionali, sulla base di proposte dagli Stati Membri, secondo il loro valore aggiunto europeo ed il loro contributo allo sviluppo sostenibile dei trasporti e all'integrazione di nuovi Stati.

Inoltre la Comunità propose anche di lanciare un programma totalmente nuovo riguardante le cosiddette "autostrade del mare" che non solo potrebbe provvedere a migliori collegamenti per paesi periferici, ma potrebbe essere un'alternativa vitale e meno costosa a una infrastruttura nuova su corridoi resi saturi per via di terra. Per esempio, collegamenti marittimi tra la Spagna la Francia ed Italia ridurrebbero il traffico viaggiante attraverso le Alpi ed i Pirenei.

La rete trans-europea include anche maggiori progetti tecnologici per l'industria. Galileo, il sistema europeo per radio-navigazione satellitare, è un progetto prioritario che offre una navigazione estremamente accurata e strumenti di posizionamento per la pianificazione del percorso. Supporterà anche i veicoli di trasporto provvedendo informazioni continue sui movimenti di beni.

Un altro progetto industriale e notevole sviluppato dall'Europa, è il sistema europeo di gestione del traffico su rotaia ERTMS, di cui si è ampiamente detto nel capitolo 5, che sarà impiantato sulle parti chiave della rete.

## **7.2) LE OPERE PREVISTE**

La rete di trasporto trans-europea ha un ruolo cruciale nell'assicurare il libero movimento di passeggeri e beni all'interno dell'Unione, include tutti i modi di trasporto e su di essa si svolge circa la metà dei movimenti di merci e passeggeri. In generale l'obiettivo chiave è quello di creare un rete di trasporto multimodale così da permettere la scelta del modo di trasporto più adatto per ogni percorso e per ogni esigenza. Si tratta quindi di indirizzare investimenti su tutte le modalità di trasporto per risolvere problemi in generale diversi che vanno dal completamente della rete alla sua armonizzazione secondo requisiti e standard comuni.

Le previsioni sono di avere, entro il 2020, una rete RTE-T che comprenderà:

- ✘ 89 500 km di strade;
- ✘ 94 000 km di ferrovie, di cui circa 20 000 di linee ad alta velocità o approntate per velocità di almeno 200 km/h;
- ✘ 11 250 km di tratti navigabili interni comprendente 210 porti;

- ✘ 294 porti marittimi;
- ✘ 366 aeroporti.

Per realizzare questi obiettivi è necessario costruire entro il 2020 il cosiddetto “collegamento mancante” ovvero estendere la rete stradale esistente per altri 4 800 km e quella ferroviaria per altri 12 500 km. Inoltre si dovrà intervenire per il loro adeguamento ai nuovi standard su circa 3 500 km di strade, 12 300 di linee ferroviarie e più di 1 740 km di idrovie.

Attualmente sono previsti i seguenti trenta progetti prioritari, rappresentati anche Figura 7-1:

- 1) Asse ferroviario Berlino – Verona - Milano / Bologna - Napoli – Palermo;
- 2) Asse ferroviario ad alta velocità Parigi – Brussels – Colonia – Amsterdam – Londra;
- 3) Asse ferroviario ad alta velocità Europa Sud – Ovest;
- 4) Asse ferroviario ad alta velocità Europa Est;
- 5) Linea Betuwe;
- 6) Asse ferroviario Lione – Trieste - Divaca / Capodistria – Divaca – Lubiana – Budapest - confine ucraino;
- 7) Asse autostradale Igoumenitsa / Patrasso – Atene – Sofia – Budapest;
- 8) Asse multimodale Portogallo/Spagna - resto dell'Europa;
- 9) Asse ferroviario Cork – Dublino – Belfast – Stranraer;
- 10) Aeroporto di Milano Malpensa;
- 11) Collegamento stabile stretto dell'Øresund;
- 12) Asse stradale - ferroviario del triangolo nordico;
- 13) Asse stradale Regno Unito / Irlanda / Benelux
- 14) West Coast Main line;
- 15) Sistema di posizionamento Galileo;
- 16) Asse ferroviario merci Sines / Algeciras – Madrid – Parigi;

- 17) Asse ferroviario Parigi – Strasburgo – Stoccarda – Vienna – Bratislava;
- 18) Idrovia Reno / Mosa - Meno – Danubio;
- 19) Interoperabilità ferroviaria ad alta velocità sulla penisola iberica;
- 20) Asse ferroviario Fehmarn belt;
- 21) Autostrade del mare;
- 22) Asse ferroviario Atene – Sofia – Budapest – Vienna – Praga – Norimberga / Dresda;
- 23) Asse ferroviario Gdansk – Varsavia – Brno / Bratislava – Vienna;
- 24) Asse ferroviario Lione /Genova – Baselea – Duisburg - Rotterdam / Anversa;
- 25) Asse autostradale Gdansk - Brno / Bratislava – Vienna;
- 26) Asse stradale - ferroviario Irlanda / Regno Unito / Europa continentale;
- 27) “Rail Baltica”: asse ferroviario Varsavia – Kaunas – Riga – Tallinn – Helsinki;
- 28) “Eurocaprail” sull’asse ferroviario Brussels – Lussemburgo – Strasburgo;
- 29) Asse ferroviario del corridoio di intermodale di Ionio / Adriatico;
- 30) Idrovia Senna – Scheldt.



*Figura 7-1: Rete RTE-T – Progetti prioritari*

Nella successiva Figura 7-2 si riporta il dettaglio dei progetti europei interessanti l'Italia.

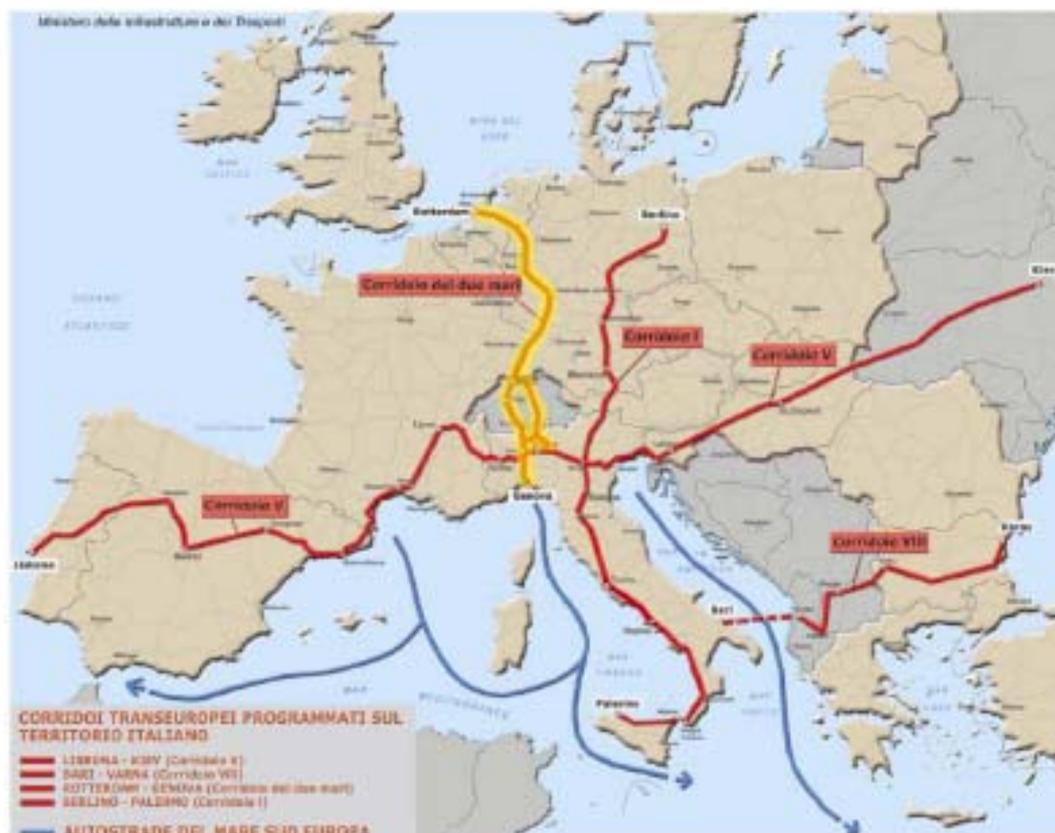


Figura 7-2: Rete RTE-T – Progetti prioritari in Italia

### 7.3) GLI INVESTIMENTI PREVISTI

La legislazione riguardante la rete RTE-T è solamente l'inizio del processo, ma la vera sfida è la realizzazione della rete in tempi relativamente brevi e metterla in esercizio.

Difficoltà di carattere procedurale e tecnico rallentano l'avanzamento del progetto su alcuni degli assi prioritari, ma specialmente nelle tratte di confine, comuni a due o più Stati, la maggiore causa dei ritardi e delle dilazioni è la mancanza di fondi.

D'altra parte, diversamente da altri settori, il finanziamento delle infrastrutture dei trasporti è quasi interamente pubblico e, fino ad ora, è stato essenzialmente nazionale. E', però, improbabile che uno Stato

Membro, agendo individualmente, possa finanziare progetti prioritari europei, il cui costo è stato valutato nel 2004 in 225 miliardi di Euro. Nuove stime hanno poi aggiornato questa valutazione che attualmente sembra aver raggiunto la somma di 252 miliardi di Euro.

L'Unione Europea può contribuire al finanziamento di questi progetti, ma la maggioranza dei fondi non può che venire dai governi nazionali e/o regionali ed dal settore privato.

Tuttavia la Commissione Europea si è attivata allo scopo di reperire almeno una parte delle risorse finanziarie necessarie. Nella prospettiva finanziaria per il 2007, è stato proposto un aumento significativo della quota di bilancio destinata ai progetti RTE-T, cosicché questi fondi, insieme con il Fondo Strutturale e di Coesione, potrebbero essere usati come un sistema di leve per il finanziamento pubblico nazionale. Ovviamente questi fondi dovranno essere dedicati ad opere di interesse comunitario, quindi una buona parte sarà indirizzata sui tratti transfrontalieri.

Altre risorse da destinare alle reti RTE-T potranno arrivare dalla revisione della politica tariffaria della Comunità. E' stata avviata la legislazione per l'applicazione del pedaggio dell'infrastruttura ferroviaria ed è in corso di modifica la legislazione relativa al settore della tariffazione del settore stradale e in particolare del pedaggio per i veicoli merci pesanti. La cosiddetta "Direttiva Eurovignette", attualmente in fase di discussione, propone di attuare un sistema di pedaggio chilometrico autostradale in modo da coprire i costi reali del percorso, tenendo conto anche dei costi di congestione ed di quelli per gli effetti ambientali.

La direttiva consente anche di applicare supplementi fino a 25% ai pedaggi per l'uso di strade in aree particolarmente sensibili, specialmente in regioni di montagna. Questi fondi contribuirebbero poi all'investimento per i costi di infrastruttura di trasporto europeo di alto

interesse e in modo particolare di assi ferroviarie. Da questo sistema tariffario potrebbero trarre profitto opere come il tunnel di base del Brennero previsto nell'asse prioritario n°1.

Infine si cerca di attirare gli investimenti privati nel campo delle infrastrutture pubbliche di grande importanza. La Commissione ha concepito un nuovo sistema, che dovrebbe essere operativo entro 2007, per accordare garanzie di prestito che renderanno più facile la creazione di associazioni pubblico-privato (PPPs) e parallelamente le renderanno più attraenti alle società private.

#### *7.4) I BENEFICI ATTESI*

Il completamento e l'adeguamento delle reti avrà un impatto enorme sui tempi di viaggio che si ridurranno sia per il traffico passeggeri che per quello merci. Secondo uno studio commissionato dalla Commissione Europea la realizzazione dei 30 progetti prioritari porterà ad una riduzione della congestione stradale stimabile nel 14% e ad un netto miglioramento delle prestazioni del sistema ferroviario. Per il solo traffico inter regionale i benefici indotti sono valutati in circa 8 miliardi di Euro all'anno. Per il trasporto merci all'interno dell'Unione ci si aspettano aumenti intorno al 66% nel periodo 2000 – 2020 con punte del 100% nei nuovi Stati membri.

Il completamento della rete RTE-T porterà anche ad importanti vantaggi in termini di inquinamento ambientale. Se tutto continuasse con il trend attuale, sempre secondo lo studio sopra menzionato, le emissioni di anidride carbonica dovuta ai trasporti aumenterà fra oggi e il 2020 del 38%, tuttavia completando i 30 assi prioritari sarà possibile contenere questo aumento di emissioni riducendolo di circa 6,3 milioni di tonnellate per anno.

## 7.5) IL CORRIDOIO DEI DUE MARI (ASSE N°24)

### 7.5.1) Il percorso

L'asse prioritario n°24, detto anche “Corridoio dei due mari”, si sviluppa da Rotterdam a Genova attraverso cinque stati membri dell'Unione Europea quali l'Italia, la Francia, la Germania, i Paesi Bassi e il Belgio e uno stato extra UE quale le Svizzera. Una carta geografica del corridoio è riporta in Figura 7-3.

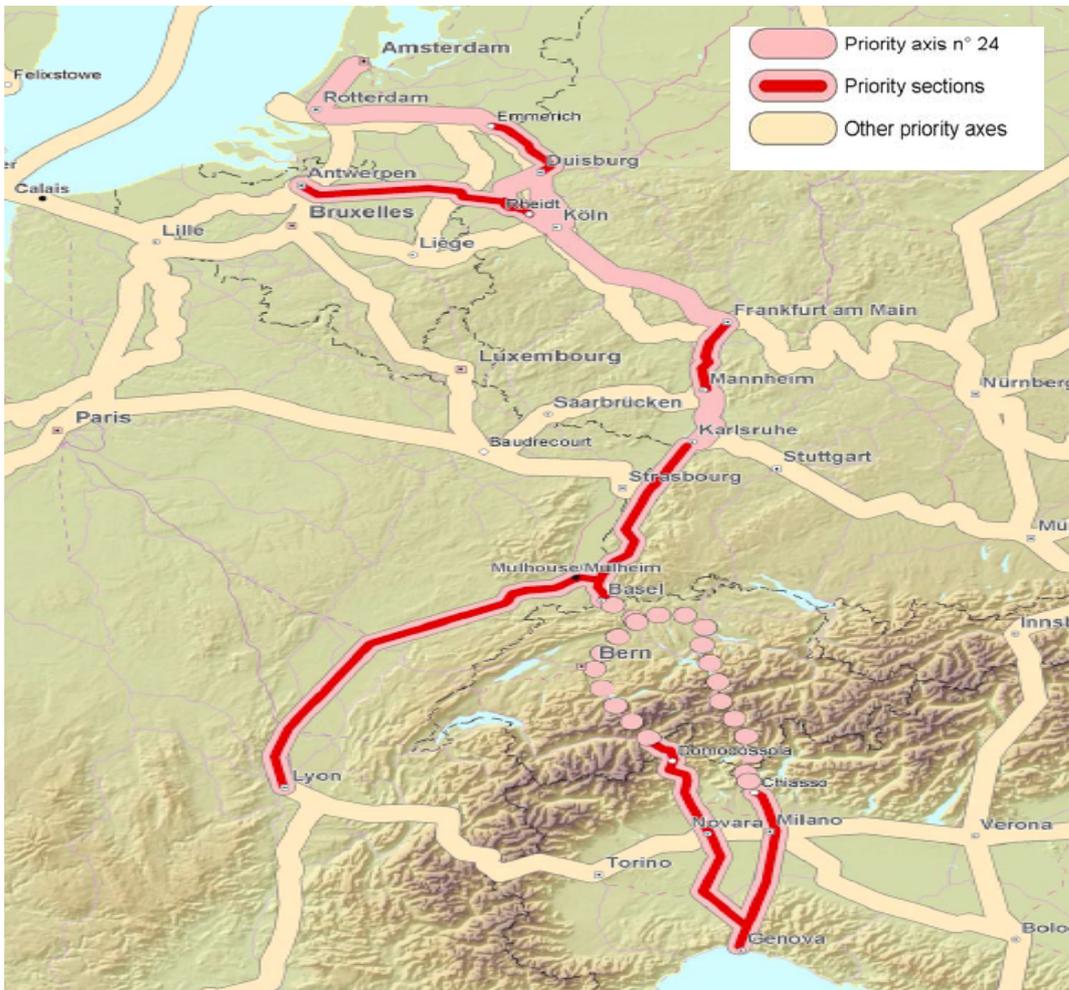


Figura 7-3: Rete RTE-T – Asse prioritario n°24

Partendo da Nord, il corridoio parte dal porto della città di Rotterdam, nei Paesi Bassi e si dirige verso la Germania attraversando la frontiera di Emmerich. Quindi attraversa la Germania toccando le città di Duisburg, Colonia, Francoforte e il suo aeroporto, Mannheim, Karlsruhe, quindi seguendo il corso del Reno, Müllheim e la frontiera svizzera a Basilea. L'attraversamento delle Alpi, attraverso la Svizzera, avverrà per i trafori del San Gottardo, lungo la linea Zurigo – S. Gottardo – Bellinzona – Chiasso, oppure per il traforo del Loetschberg lungo la linea Berna – Loetschberg – Sempione. L'entrata in Italia potrà quindi avvenire dalle frontiere di Chiasso o dal Sempione (Domodossola); nel primo caso l'itinerario proseguirà per Milano – Voghera e Genova, nel secondo si dirigerà su Novara e da qui a Genova e al suo porto.

Da questa che è la direttrice principale del corridoio, si staccano due diramazioni rispettivamente a Nord e a Sud. Quella settentrionale mette in collegamento l'area di Colonia con il porto di Anversa; mentre quella meridionale collega Müllheim (frontiera franco – tedesca) con Mulhouse e poi Lione.

### **7.5.2) *Gli obiettivi***

L'asse n°24 è stato concepito con due obiettivi principali:

- 1) Favorire il riequilibrio modale lungo uno dei assi più trafficati d'Europa;
- 2) Favorire l'intermodalità dei trasporti collegando porti, aeroporti ed aree industriali con un efficiente collegamento via ferro.

D'altra parte, guardando la carta geografica del corridoio, è possibile notare come questo colleghi i grandi porti del Mare del Nord (Rotterdam ed Anversa) con il porto di Genova sul Mediterraneo e

come attraversi aree altamente industrializzate quali la Rhur tedesca, l'Italia del Nord-Ovest e la Regione di Lione. Attualmente buona parte del traffico merci da e per i porti e da e per le aree industriali è svolto via strada, la realizzazione del corridoio e in particolare di linee ferroviarie dedicate al solo traffico merci permetterà, secondo gli studi svolti dall'Unione Europea, lo spostamento di parecchie miliardi di tonnellate/chilometro dalla strada al ferro attuando un importante trasferimento modale.

I nuovi collegamenti, inoltre, sfruttando le connessioni dirette con i grandi terminal portuali di Rotterdam, Anversa e Genova favoriranno l'intermodalità rotaia – mare con indubbi vantaggi economici ed ambientali.

Anche se l'obiettivo a lungo termine del corridoio è concentrato sul traffico delle merci, non sono trascurabili anche i vantaggi che si avranno per il trasporto dei passeggeri. La costruzione di nuove linee ferroviarie favorirà la specializzazione delle tratte con positive ripercussioni sia in termini di recupero di capacità sia di regolarità del servizio. Inoltre il collegamento diretto con i grandi aeroporti di Francoforte e di Milano – Malpensa favoriranno l'intermodalità aria – ferro. Si pensa che questo permetterà lo spostamento verso il servizio ferroviario di centinaia di milioni di passeggeri/chilometro provenienti dai trasporti stradali ed aerei.

### *7.5.3) La situazione attuale*

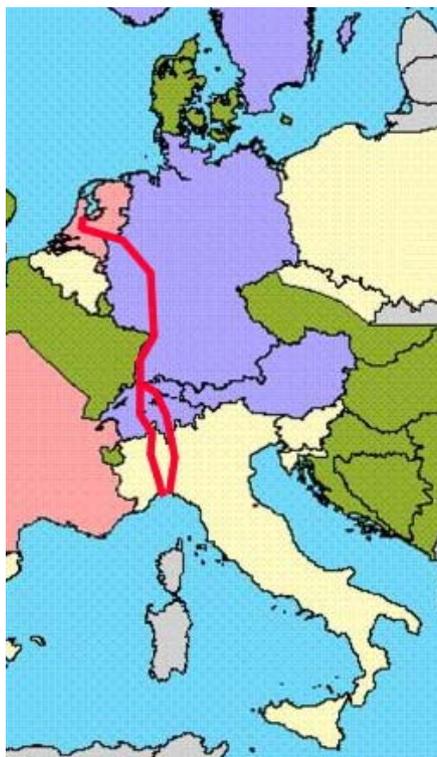
Attualmente realizzare convogli origine – destinazione fra i due estremi del corridoio è un'operazione molto difficoltosa: le linee dell'asse sono alimentate con 4 sistemi di alimentazione diversi, gestite con almeno 7 sistemi di segnalamento e controllo diverse, hanno una sagoma limite variabile da tratta a tratta. Inoltre in alcune linee non vi è poca

disponibilità di capacità di infrastruttura essendo ormai prossime alla saturazione.

Per quanto riguarda i sistemi di alimentazione, come è possibile vedere in Figura 7-4, procedendo da Nord verso Sud, si incontrano:

- ✘ Il sistema a 1500V a corrente continua presente nei Paesi Bassi;
- ✘ Il sistema a 25kV a corrente alternata a 50Hz presente sulla nuova linea merci Rotterdam – Emmerich (linea Betuwe);
- ✘ Il sistema a 15kV a corrente alternata a  $16\frac{2}{3}$ Hz presente sulle linee della Germania e della Svizzera;
- ✘ Il sistema a 3000V in corrente continua presente in Italia.

Considerando anche le diramazioni verso Anversa e verso Lione, a questi si aggiungono i sistemi belga (3000V a c.c.) e francese (1500V a c.c.).



*Figura 7-4: Rete RTE-T – Sistemi di alimentazione nell'asse n°24*

*Legenda di Figura 7-4*

---

|               |   |
|---------------|---|
| <i>Giallo</i> | <i>Sistema a 3000V in c.c.</i>                              |
| <i>Rosa</i>   | <i>Sistema 1500V in c.c.</i>                                |
| <i>Viola</i>  | <i>Sistema a 15kV c.a. a 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> Hz</i> |
| <i>Verde</i>  | <i>Sistema a 25kV a c.a. a 50Hz</i>                         |

Passando invece alla situazione di sistemi di segnalamento e di controllo della marcia del treno, la situazione è ancora più complessa essendo presenti su ogni rete talvolta anche più di un sistema. Sempre procedendo da Nord verso Sud si incontrano:

- ✦ I sistemi dei Paesi Bassi ovvero:
  - ATB per le linee convenzionali (sistema continuo a circuiti di binario a correnti codificate a 50Hz);
  - ETCS livello 2 per la linea Betuwe;
- ✦ I sistemi tedeschi ovvero
  - PZB per le linee convenzionali (sistema discontinuo con boe);
  - LZB per le linee abilitate a velocità oltre i 160 <sup>km</sup>/<sub>h</sub> (sistema continuo via radio):
- ✦ Il sistema svizzero
  - Integra e ZUB (sistema discontinuo con boe);
- ✦ Il sistema italiano
  - BACC/SCMT (sistema continuo a circuiti di binario a correnti codificate 50Hz integrato con sistema di protezione discontinuo con boe).

#### *7.5.4) Gli interventi previsti*

Il progetto dell'asse ferroviario prioritario n°24 prevede lo sviluppo delle infrastrutture esistenti grazie alla costruzione di nuove linee ad alta velocità in Francia (tratte Sud ed Est del TGV Reno –

Rodano) ed in Germania (Karlsruhe – Basilea e Francoforte aeroporto – Mannheim), la costruzione di una linea dedicata esclusivamente al traffico merci dal porto di Anversa al confine tedesco (linea “Iron Rhine” o “Reno di ferro”) e il suo collegamento con l'altra linea merci del Betuwe e vari interventi di potenziamento delle linee. Il completamento dell'asse è condizionato dalla realizzazione di due importanti opere in territorio extra-UE, cioè dei nuovi trafori del San Gottardo e del Loetschberg, entrambe in avanzata fase di costruzione.

Lo scopo del progetto prioritario è di spostare su ferro grandi flussi di passeggeri sottraendoli alla strada e all'aria e grandi flussi di traffico merci sottraendoli per lo più al trasporto su gomma grazie alla creazione di corridoi ferroviari merci tra i porti dell'area del Benelux alla Germania e, attraverso le Alpi, fino ai porti del Mediterraneo.

Nella Tabella 3 sono riassunte le sub-sezioni e le sezioni che compongono l'asse con l'indicazione dei tempi di inizio lavori e presunta conclusione. Questa suddivisione sarà poi alla base delle descrizioni di dettaglio che saranno fornite subito di seguito.

| <i>SEZIONI</i> |   | <i>TRATTE</i>                               | <i>INIZIO<br/>LAVORI</i> | <i>FINE<br/>LAVORI</i> |
|----------------|---|---|--------------------------|------------------------|
| 1              | Lione - Digione   | Lione – Digione                             | 2013                     | 2018                   |
| 2              | Genova – Milano /<br>Novara – Confine<br>svizzero         | Genova – Milano – Gottardo                  | 2005                     | 2013                   |
|                |   | Genova / Alessandria – Novara –<br>Sempione | 2003                     | 2010                   |
| 3              | Basilea – Karlsruhe                                       | Basilea – Karlsruhe                         | 1987                     | 2015                   |
| 4              | Francoforte - Mannheim                                    | Francoforte - Mannheim                      | 2006                     | 2012                   |
| 5              | Duisburg – Emmerich &<br>“Iron Rhine” Rheidt -<br>Anversa | Duisburg – Emmerich                         | 1997                     | 2009                   |
|                |   | “Iron Rhine” Rheidt - Anversa               | 2004                     | 2010                   |
| 6              | Digione – Mulhouse –<br>Mulheim                           | Digione – Mulhouse                          | 2006                     | 2010                   |
|                |   | Mulhouse – Mulheim                          | 2006                     | 2015                   |

*Tabella 3: Rete RTE-E –Sezioni e tratte dell'asse n°24*

Per la tratta *Lione – Digione*, l'obiettivo previsto è il raddoppio di una linea ad oggi congestionata così creare un collegamento merci fra il Nord e l'Est d'Europa con la Penisola Iberica e l'area Mediterranea congiuntamente con gli altri interventi già previsti in Spagna ed in Francia. Il progetto contribuirà all'interoperabilità della rete ferroviaria Europea e permetterà di ridurre in modo considerevole i perditempo alla frontiera con la Germania e la Svizzera. La nuova linea percorrerà le vallate della Saône e del Rodano, sarà interamente a doppio binario e probabilmente concepita per il traffico misto passeggeri ad alta velocità e merci grazie alla costruzione di binari di precedenza della lunghezza di 5km ogni 30km; in questo modo il treni AV avranno la possibilità di superare i treni merci senza perditempi nè per uno nè per l'altro. E' prevista la costruzione di nuove stazioni a Louhans e Lonsle – Saunier e probabilmente anche nei pressi di Dôle. Il sistema di alimentazione sarà a 25kV a c.a. così come previsto dagli standard europei. La potenzialità della linea sarà di 60 treni AV e di 160 treni merci al giorno.

Per la tratta *Genova – Milano / Novara – confine svizzero*, l'obiettivo principale è quello di migliorare i servizi viaggiatori fra Genova e Milano e il collegamento ferroviario da e per il porto di Genova eliminando le strozzature oggi presenti. Insieme con il nuovo traforo del San Gottardo, questa tratta è essenziale per garantire l'intermodalità ferroviaria per le merci, che sbarcate nel porto di Genova, sono dirette verso il centro e il nord Europa. La Milano – Genova è una nuova linea AV a doppio binario, per il momento è prevista la costruzione della prima tratta fra Genova e Novi Ligure / Tortona di 53,9km che scavalcherà l'Appennino attraverso il cosiddetto "Terzo Valico dei Giovi" ovvero grazie ad una galleria di 38,9km. La linea sarà attrezzata con gli standard AV per una massima velocità di

percorrenza di 300 km/h. La potenzialità stimata è di circa 220 treni/giorno.

Anche la tratta *Basilea – Karlsruhe* è stata pianificata per sostituire una delle linee più congestionate della rete tedesca. Il progetto prevede il potenziamento della linea a doppio binario esistente per 123km e la costruzione nella nuova tratta AV, sempre a doppio binario, tra Kenzingen e Buggingen comprendente anche una galleria fra Schliengen e Eimeldingen. La capacità stimata per l'intera tratta di 193km è di 378 treni al giorno.

La tratta *Francoforte – Mannheim* è particolarmente importante in quanto si inserisce nei due assi internazionali Amsterdam – Francoforte – Milano e Parigi – Francoforte – Berlino. E' prevista la costruzione di una nuova linea AV che si collegherà con quella già esistente fra Mannheim e Stoccarda per una lunghezza complessiva di 66km. La capacità stimata è di 366 treni al giorno.

La tratta *Duisburg – Emmerich* è un elemento essenziale dell'asse n°24, il progetto comprende il potenziamento della linea esistente di 73km grazie alla costruzione del terzo binario oltre ad altre misure per l'aumento della capacità; a regime è prevista una capacità di 366 treni / giorno sul doppio binario fra Emmerich e Oberhausen e di 72 treni / giorno sul terzo binario Wesel – Oberhausen.

La sezione "*Iron Rhine*" o Reno di ferro in italiano è un elemento essenziale dell'asse internazionale, il progetto che coinvolge il Belgio, i Paesi Bassi e la Germania, comprende:

- ✘ Per la tratta tedesca, il potenziamento dei 20km di linea a binario unico dalla frontiera di Rohermond a Dalheim e l'aggiornamento del sistema di segnalamento così da raggiungere una capacità di 80 treni / giorni.
- ✘ Per le tratte olandesi:

- I parte: potenziamento di 8,5km di linea esistente fra la frontiera belga (Budel) e Weert ad oggi utilizzata da due treni alla settimana;
  - II parte: adattamento di 20km di linea fra Weert e Roermond, attualmente interessata da un 100-120 treni al giorno;
  - III parte: nuova linea di cintura (6,5km) attorno alla città di Roermond;
  - IV parte: Rimessa in esercizio di 9,7km di linea fra Roermond e il confine tedesco (Dalheim) dismessa da 10 anni.
- ✱ Per la tratta belga, il potenziamento della linea storica a doppio binario fra il confine olandese e Anversa.

A regime l'intero asse "Iron Rhine" sarà interamente a doppio binario, a parte la tratta tedesca e la cintura di Roermond, per una capacità di 43 treni merci al giorno nel 2020.

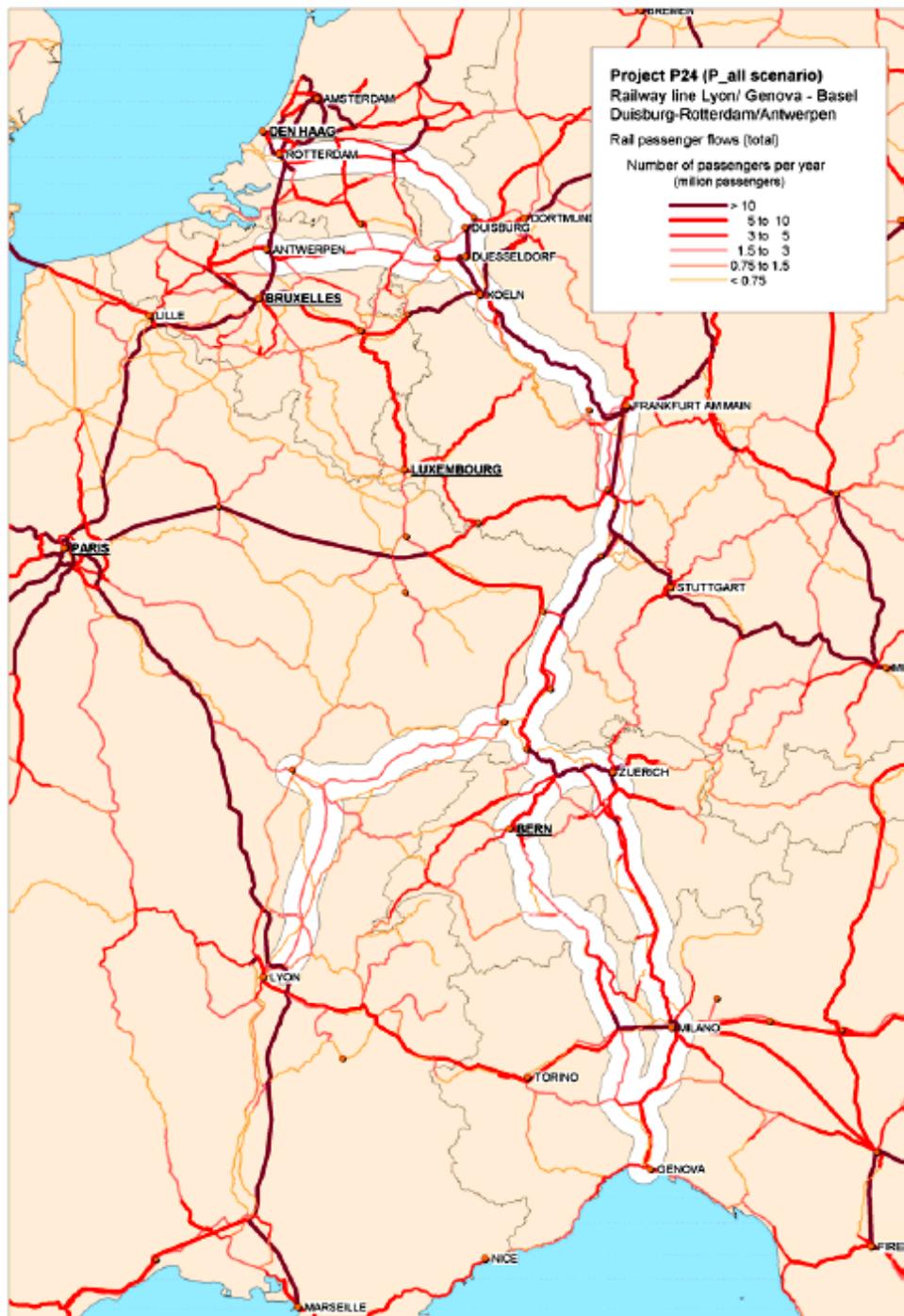
Gli interventi sulla tratta *Digione – Mulhouse – Mulheim* permetteranno di abbandonare un lungo tratto a velocità ridotta e di favorire i traffici merci tra i paesi dell'Europa Centrale. La Digione – Mulhouse è la tratta Est della linea ad alta velocità Reno – Rodano che contribuirà al miglioramento di due assi europei, il Nord – Sud collegando le valli del Reno e del Rodano con l'Italia, Spagna e l'area mediterranea e l'Est – Ovest collegando Parigi e Brussels con la valle del Reno e la Svizzera. La linea, a doppio binario, sarà progettata per 350 km/h e sarà estesa per 350km, comprende il galleria di Chavanne (1,7 km) e 10 ponti di lunghezza superiore a 500m. L'elettrificazione sarà a 25kV in c.a. La capacità sarà di 300 treni passeggeri al giorno, liberando così la linea storica per il traffico merci. La tratta Mulhouse – Mulheim sarà il tratto internazionale di 20km. La fine lavori è prevista per il 2015.

### ***7.5.5) Livelli di traffico attesi sul corridoio***

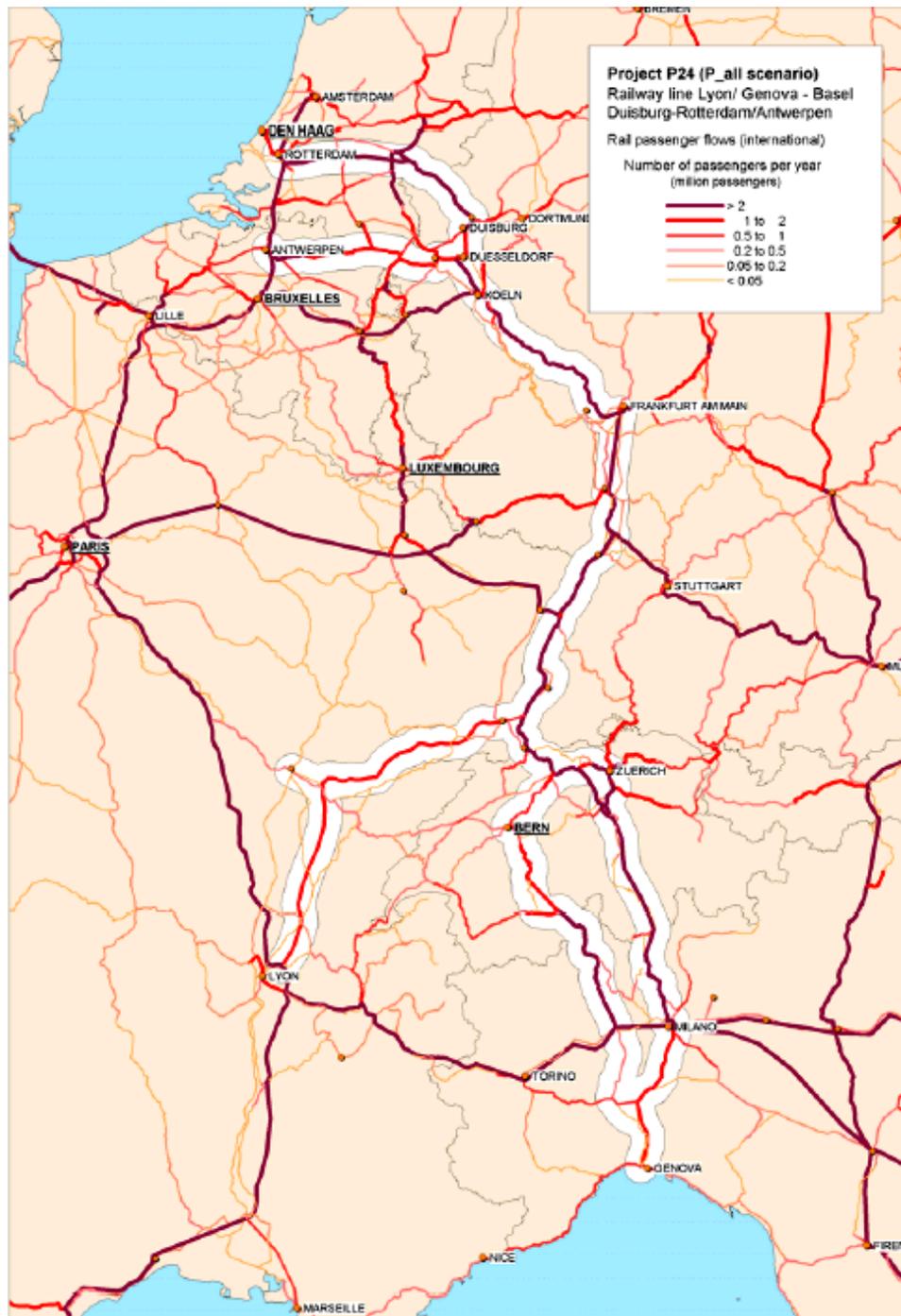
Nell'ambito degli studi di impatto della realizzazione delle reti TEN-T, l'Unione Europea ha finanziato studi di simulazione dei flussi di traffico per ottenere una stima degli effetti prodotti dalla messa in esercizio dei vari assi.

Alcuni di questi studi sono stati pubblicati e forniscono valide indicazioni sui flussi previsti e sugli spostamenti modali prodotte dai vari progetti. Uno di questi studi, il TEN-STAC "*Scenarios, Traffic Forecasts and Analysis of Corridors on the Trans-European network*", stima i livelli di traffico stradale e ferroviario in vari scenari di progetto, nelle figure seguenti si riportano i risultati di tali simulazioni eseguite considerando tutti i progetti TEN-T completati.

*L'interoperabilità nella pratica: l'adeguamento dell'asse Genova - Rotterdam*

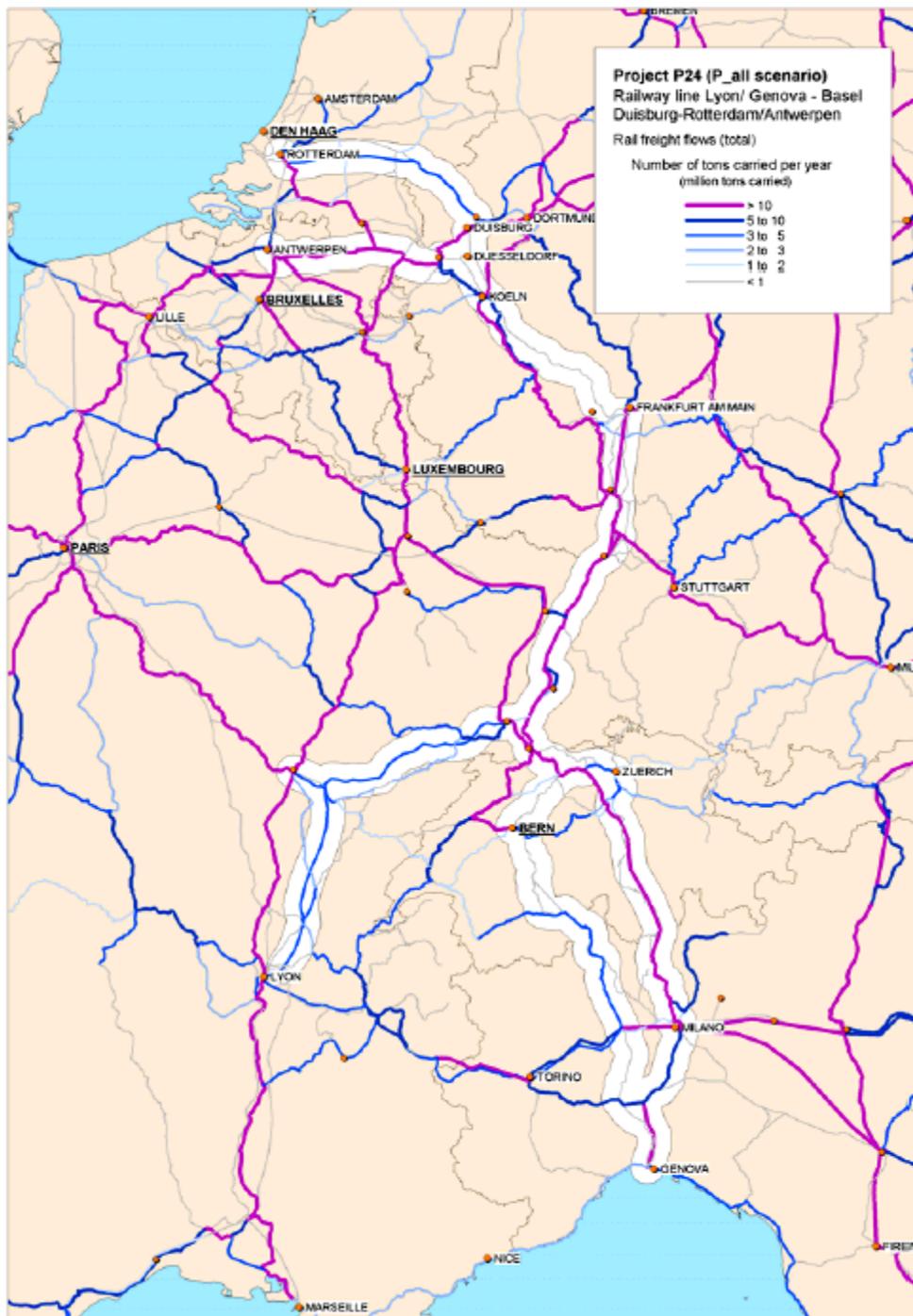


*Figura 7-5: Rete RTE-T – Flussi passeggeri ferroviari sull'asse 24, percorsi interregionali*



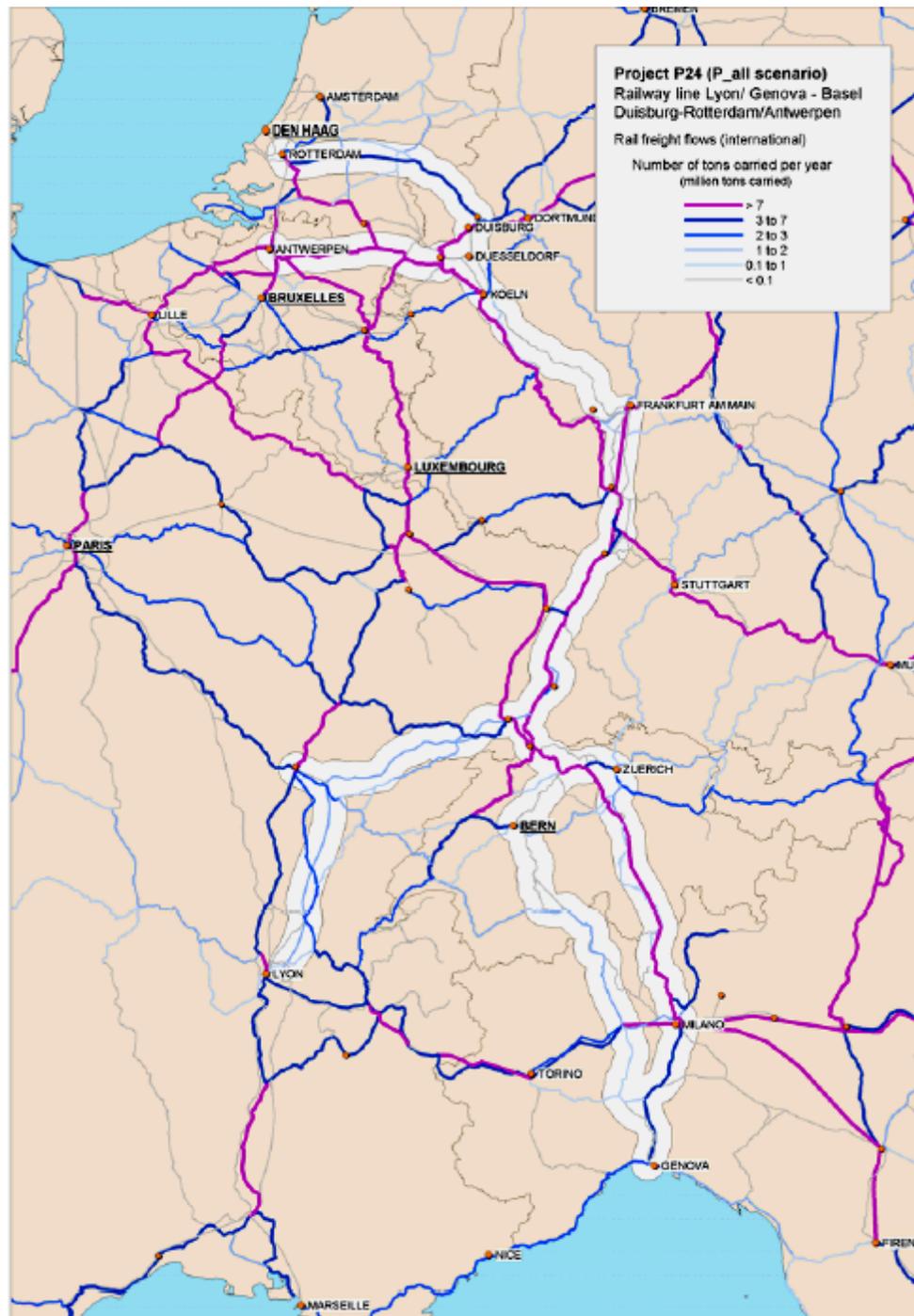
*Figura 7-6: Rete RTE-T – Flussi passeggeri ferroviari sull'asse 24, percorsi internazionali*

*L'interoperabilità nella pratica: l'adeguamento dell'asse Genova - Rotterdam*



*Figura 7-7: Rete RTE-T – Flussi passeggeri stradali sull'asse 24, percorsi interregionali*

*L'interoperabilità nella pratica: l'adeguamento dell'asse Genova - Rotterdam*



*Figura 7-8: Rete RTE-T – Flussi passeggeri stradali sull'asse 24, percorsi internazionali*

*L'interoperabilità nella pratica: l'adeguamento dell'asse Genova - Rotterdam*

Lo studio fornisce anche una valutazione degli impatti relativi all'asse sia dal punto di vista economico che ambientale che trasportistico. Questi risultati sono riportati nella tabella seguente suddivisi per le varie tratte e per l'intero corridoio, i numeri fra parentesi si riferiscono all'ipotesi di realizzazione del solo asse 24.

| OBBIETTIVO   | INDICATORE   | Lione - Digione    | Genova - Milano - Svizzera | Basilea - Karlsruhe | Francoforte - Mannheim | Duisburg - Emmerich "Iron Rhine" | Digione - Mulhouse - Mulheim | Asse n°24           |
|--|--|--------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------|
| <b>IMPATTO ECONOMICO NEL SETTORE DEI TRASPORTI</b> |  |                    |                            |                     |                        |                                  |                              |                     |
| MIGLIORAMENTO DEL LIVELLO DI SERVIZIO STRADALE     | Variazione del costo di viaggio provocato dalla congestione stradale, mln € / anno | 1.1<br>(-0.3)      | 5.0<br>(-18.6)             | 4.5<br>(-9.2)       | 4.1<br>(-11.2)         | 15.8<br>(-13.2)                  | 2.1<br>(-3.9)                | 32.5<br>(-56.2)     |
| RIDUZIONE DEI TEMPI DI VIAGGIO                     | Riduzione dei tempi di viaggio mln. € / anno                                       | 2.8<br>(-33.8)     | 298.9<br>(-275.2)          | 40.5<br>(-39)       | 185.8<br>(-164)        | 93.3<br>(-103.1)                 | 3.0<br>(-32.5)               | 624.3<br>(-647.5)   |
|  | Variazioni dei tempi di viaggio ora / anno   | 0.2<br>(-2.8)      | 21.8<br>(-21.2)            | 2.4<br>(-2.5)       | 12.9<br>(-12.8)        | 6.1<br>(-6.7)                    | 0.2<br>(-2.7)                | 43.5<br>(-48.7)     |
|  | Riduzione dei tempi di viaggio delle merci mln. € / anno                           | .0<br>(0)          | 30.6<br>(-38.6)            | 11.0<br>(-7.2)      | .0<br>(0)              | 3.6<br>(-3.9)                    | 0.9<br>(-1.5)                | 46.2<br>(-51.2)     |
| <b>SOSTENIBILITA' AMBIENTALE</b>                   |  |                    |                            |                     |                        |                                  |                              |                     |
| RISCALDAMENTO GLOBALE                              | Valutazione monetaria del riscaldamento globale mln € / anno                       | 3.437 (-1.129)     | 4.710<br>(-6.565)          | 5.786<br>(-5.677)   | 5.158<br>(-5.189)      | 4.555<br>(-2.693)                | 3.802<br>(-3.123)            | 27.448<br>(-24.376) |
|  | Variazione delle emissioni di CO <sub>2</sub> , ton CO <sub>2</sub> / anno         | 146275<br>(-48047) | 200406<br>(-279379)        | 246218 (-241590)    | 219478 (-220829)       | 193816 (-114596)                 | 161804 (-132915)             | 1167997 (-1037356)  |
| INQUINAMENTO ATMOSFERICO                           | Variazione delle emissioni di NO <sub>x</sub> mln € /anno                          | 1.458 (-0.506)     | 2.143 (-2.392)             | 1.946 (-1.437)      | 2.017 (-1.313)         | 1.359 (-0.672)                   | 1.154 (-0.933)               | 10.077 (-7.253)     |
|  | Variazione delle emissioni di NO <sub>x</sub> ton NO <sub>x</sub> /anno            | 176<br>(-49)       | 239<br>(-292)              | 250<br>(-181)       | 294<br>(-206)          | 151<br>(-105)                    | 148<br>(-100)                | 1258<br>(-933)      |
|  | Variazione delle emissioni di particolato mln € /anno                              | 0.036<br>(0.027)   | .053<br>(0.061)            | 0.006<br>(0.05)     | .066<br>(0.005)        | .134<br>(0.09)                   | 0.005<br>(0.138)             | .206<br>(0.371)     |

*L'interoperabilità nella pratica: l'adeguamento dell'asse Genova - Rotterdam*

|   |   |              |                |                |                |               |               |                 |
|---|---|--------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|
|   | Variazione delle emissioni di particolato ton /anno                 | 2<br>1)      | 2)             | 3)             | -1)            | 4)            | 7)            | 1<br>(<br>16)   |
| SICUREZZA DEI TRASPORTI                               | Variazione del costo degli incidenti mln € /ano                     | 6.4<br>-7.3) | 21.1<br>-36.2) | 13.9<br>-25.1) | 14.8<br>-29.1) | 9.6<br>-11.9) | 6.5<br>-12.7) | 72.3<br>-122.3) |
| <b>COSTI DI INVESTIMENTO</b>                          |   |              |                |                |                |               |               |                 |
| INVESTIMENTO  | Costo totale del progetto mln €                                     | 500          | 780            | 235            | 771            | 369           | 080           | 6735            |
| <b>UTILITA' TRASPORTISTICA GENERALE</b>               |   |              |                |                |                |               |               |                 |
| VOLUME TOTALE DI TRAFFICO SULL'ASSE                   | Flusso di passeggeri sulle tratte mln pax / anno                    | .9<br>1.9)   | .2<br>6.2)     | .3<br>5.5)     | 8.6<br>28.7)   | .7<br>5.5)    | .2<br>2.3)    |                 |
|   | Flusso massimo di traffico merci sulle tratte Mln ton / anno        | .2 (4.2)     | 4.2 (26.5)     | 0.1 (22.5)     | 4.0 (24.8)     | 1.6 (45.6)    | 1.0 (17.1)    | 1.6 (45.6)      |
|   | Flusso medio di traffico merci sulle tratte Mln ton / anno          | .2 (3.1)     | .4 (8.5)       | 2.5 (14.5)     | 4.0 (24.8)     | 3.7 (14)      | .9 (3.7)      |                 |
|   | Flusso complessivo di traffico merci sulle tratte Mln ton km / anno | 52 (638)     | 886 (3314)     | 093 (2422)     | 631 (1684)     | 290 (3372)    | 55 (715)      | 4354 (15412)    |
| INTERMODALITA'  | Trasporto intermodale Mln ton                                       | .4 (0.8)     | .1 (6)         | .9 (2.3)       | .1 (3.7)       | .5 (2.5)      | .8 (1.9)      | 1.0 (21.3)      |
| <b>INCREMENTO DEI TRASPORTI A LIVELLO COMUNITARIO</b> |   |              |                |                |                |               |               |                 |
| SVILUPPO DEL TRAFFICO PASSEGGERI INTERNAZIONALE       | Percentuale di passeggeri su percorsi internazionali                | 3.1 (48.9)   | 2.7 (33.7)     | 2.2 (80.1)     | 0.3 (19.4)     | 1.7 (58.4)    | 7.7 (55.3)    | --              |
|   | Volume di passeggeri su percorsi internazionali Mln pax / anno      | .8 (0.9)     | .0 (2.1)       | .2 (4.4)       | .8 (5.6)       | .4 (3.2)      | .0 (1.3)      | --              |
| SVILUPPO DEL TRAFFICO MERCI INTERNAZIONALE            | Percentuale di merci su percorsi internazionali                     | 1.5 (30)     | 8.4 (61.2)     | 2.6 (86.6)     | 2.6 (44.9)     | 5.4 (95.8)    | 5.9 (42.9)    | --              |
|   | Volume di merci su percorsi internazionali Mln ton / anno           | .0 (0.9)     | .3 (5.2)       | 0.3 (12.6)     | 0.2 (11.1)     | 3.0 (13.4)    | .8 (1.6)      | --              |
| INTEROPERABILITA'                                     | Riduzione dei tempi di attesa alle frontiere per passeggeri         | /a           | /a             | /a             | /a             | /a            | /a            | --              |
|   | Riduzione dei tempi di attesa alle frontiere per le merci           | /a           | es             | /a             | /a             | /a            | es            | --              |
|   | Lunghezza nella rete divenuta interoperabile km                     | /a           | 15             | /a             | /a             | /a            | /a            | --              |

In sostanza, secondo lo studio sopra presentato, la realizzazione del corridoio n°24 porterebbe, per quanto riguarda il traffico passeggeri e la ripartizione modale, ad avere

- ✘ un aumento del numero dei passeggeri trasportati variabile fra i 1,9 milioni passeggeri per anno della Lione – Digione ai 28,6 milioni della Francoforte – Mannheim;
- ✘ una riduzione di 1,8 miliardi di passeggeri chilometro sulle tratte stradali dell'asse.

Inoltre, dall'analisi dei risultati, appare come le variazioni dei vari parametri rappresentanti gli aspetti del trasporto passeggeri sono conseguenti a due fattori: le caratteristiche della domanda di trasporto e l'entità degli interventi previsti sulla rete sia dal punto di vista dell'estensione sia dal punto di vista della consistenza (potenziamento o nuova costruzione). Accade così che per alcune tratte, come quella italiana, si prevedano notevoli miglioramenti dovuti sia alla presenza di una domanda di trasporto di alto livello, e quindi particolarmente sensibile e attratta dalle riduzioni dei tempi di viaggio, sia alla notevole estensione del progetto.

Per quanto riguarda il traffico merci e la sua ripartizione modale:

- ✘ il traffico merci medio sulle tratte varierà fra le 3,2 mln ton / anno della Lione – Digione e i 24,2 mln ton / anno della Francoforte – Mannheim e della Digione – Mulhouse – Mulheim. La percentuale di traffico merci internazionale si attesta a valori superiori al 40% su quasi tutte le tratte;
- ✘ si avrà uno spostamento su ferro di circa 11,0 mln tonn / anno provenienti per la maggior parte dal trasporto merci stradale e marginalmente dal trasporto su acque interne;
- ✘ tale spostamento è valutabile in 14,6 miliardi tonn km / anno.

Per quanto riguarda l'impatto sull'uso della rete di trasporto:

- ✘ l'impatto sui flussi di traffico del corridoio è molto esteso e comprende sia il trasporto passeggeri che quello merci;
- ✘ il traffico passeggeri si prevede crescerà su tutto il corridoio e in particolare anche sulle seguenti tratte convergenti sull'asse principale: Brema – Dortmund/Duisburg, Amburgo / Berlino / Lipsia – Fulda – Francoforte, Saarbrücken – Mannheim – Mannheim – Monaco, Lione – Nîmes – Narbonne, Milano – Bologna – (Roma / Foggia), Milano – Venezia.
- ✘ Il traffico passeggeri su strada dovrebbe diminuire sia sulle strade lungo l'asse prioritario sia sulla Torino – Lione via Frèjus, sulla Stoccarda – Singen e fra Rimini e Foggia;
- ✘ Il traffico merci ferroviario crescerà lungo il corridoio soprattutto lungo la linea Betuwe, lungo l'asta del Reno fino al Nord della Svizzera.

Per quanto riguarda gli impatti ambientali e sulle emissioni:

- ✘ La riduzione delle emissioni potrà un aggiuntivo beneficio (fino al 2%) per la salute delle popolazioni lungo il corridoio;
- ✘ Riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> di 1,168 mln di tonnellate;
- ✘ Riduzione delle emissioni di NO<sub>x</sub> di 1300 tonnellate;
- ✘ Nessun incremento significativo per le emissioni di particolato.

#### *7.5.6) La linea della Betuwe*

La linea della Betuwe è una tratta ferroviaria, per lo più di nuova costruzione, riservata interamente al traffico delle merci che, attraversando i Paesi-Bassi collegherà il porto di Rotterdam alla frontiera

tedesca presso la città di Emmerich così da offrire possibilità di trasporto più facili e più rispettose dell'ambiente. Questo permetterà di consolidare la posizione di Rotterdam come uno dei principali punti nodali del trasporto e della distribuzione in Europa. La sua realizzazione è stata considerata come prioritaria dalla Comunità tanto che la linea della Betuwe rappresenta l'asse n°5 della rete TEN-T. Trattandosi del primo esempio di infrastruttura realizzata secondo le specifiche di interoperabilità e del primo esempio di linea appositamente costruita per il traffico merci ed essendo totalmente affiancata al corridoio 24, si ritiene interessante fornirne una breve descrizione.

La nuova linea ferroviaria è lunga circa 160 km (vedi Figura 7-9), interamente in territorio olandese, e per circa tre quarti sarà su un novo tracciato. Il restante tratto, da Maasvlakte a Kijfhoek, sarà ammodernato. I lavori su questo tronco, chiamato "ferrovia portuale", comprendono il raddoppio del binario unico esistente, l'elettificazione e la costruzione di un nuovo ponte e di un tunnel ferroviario.



*Figura 7-9 Rete RTE-T – Tracciato della linea della Betuwe*

Il tratto principale consiste nella costruzione di una nuova linea di 112 km fra Kijfhoek e la frontiera tedesca olandese presso Zevenaar. Per gran parte del suo percorso, la linea corre lungo l'autostrada A15 esistente, per ridurre l'impatto ambientale. Per lo stesso motivo sono stati realizzati in totale cinque tunnel e l'interramento di circa 1,5 chilometri di linea.

Con la messa in esercizio della nuova linea ci si attende un incremento della quota di trasporto inviata su ferro tanto che la linea è stata dimensionata per permettere il trasporto di circa 74 milioni di tonnellate di merci all'anno.

I lavori di ammodernamento della tratta portuale sono cominciati nel 1997. Fra le opere civili principali si ricordano il ponte ferroviario di Dintelhaven, che è stato completato nel 1999 e il tunnel di Botlek (primo tunnel ferroviario in Olanda) concluso nel 2002. I lavori sul resto della linea sono iniziati nel 1998 ed sono ormai completamente realizzati. Alcune immagini della nuova linea sono riportate nelle Figura 7-10, Figura 7-11, Figura 7-12, Figura 7-13 e Figura 7-14.

La linea è costruita secondo gli standard europei di interoperabilità più aggiornati, al pari dell'altra linea in costruzione per il collegamento Alta Velocità fra Amsterdam, Anversa e Bruxelles. L'elettrificazione è a 25 kV 50 Hz, il segnalamento è conforme a ERTMS con ETCS livello 2 e radiocomunicazione GSM-R.



*Figura 7-10 Rete RTE-T – Linea Betuwe – Il ponte di Dintelhaven*



*Figura 7-11 Rete RTE-T – Linea Betuwe – Il tunnel di Sophia*



*Figura 7-12 Rete RTE-T – Linea Betuwe – Uscita d'emergenza del tunnel Sophia*



*Figura 7-13 Rete RTE-T – Linea Betuwe – Imbocco del tunnel di Zevenaar*



*Figura 7-14 Rete RTE-T – Linea Betuwe – Tunnel di Zevenaar*

### ***7.5.7) I grandi trafori Alpini del San Gottardo e del Lötschberg e del San Gottardo***

Una delle caratteristiche del corridoio dei due mari è quella di attraversare uno stato extra UE, la Svizzera, e quindi indipendente rispetto alla legislazione comunitaria. La tratta elvetica, inoltre, comprendendo i valichi alpini, rappresenta uno dei punti vitali del collegamento Nord – Sud e soprattutto del collegamento Mediterraneo – Centro Europa. D'altra parte in Svizzera sono da sempre coscienti che un numero sempre maggiore di persone e di merci attraverserà le Alpi e, grazie alla ferrovia, si vuole far fronte a questo incremento dei flussi di traffico. A tal fine la Svizzera ad intrapreso due ambiziosi progetti di potenziamento dei propri assi ferroviari, chiamati Ferrovia 2000 e NEAT, che non hanno paragone a livello europeo. In particolare, in questo caso interessa il NEAT o Nuova Trasversale Ferroviaria Alpina che integrerà la Svizzera alla rete europea

di alta velocità e che avvicinerà i centri economici dalle due parti delle Alpi grazie ad una "ferrovia di pianura". Ed essendo l'integrazione un fattore fondamentale per un esercizio efficiente dei sistemi ad alta velocità in Europa, anche le nuove linee svizzere sono costruite tenendo ben presente il fattore dell'interoperabilità. Con le Nuove Trasversali Ferroviarie Alpine (NEAT) il traffico ad alta velocità fa la sua entrata anche in Svizzera: i futuri treni passeggeri AlpTransit viaggeranno fra i 200 e i 250 km/h. Le nuove linee rappresentano inoltre un'importante conquista nella zona alpina: la Galleria di base del San Gottardo con i suoi 57 km sarà la più lunga galleria ferroviaria del mondo.

Il progetto NEAT è nato nel 1998 quando la popolazione svizzera ha votato a favore della modernizzazione della ferrovia e di un trasferimento del trasporto transalpino in transito dalla strada alla rotaia. Per la costruzione di entrambi i tunnel di base al Lötschberg e al Gottardo sono stati quindi stanziati 31,6 miliardi di CHF (livello prezzi 1998) finanziati in gran parte con i ricavi dell'imposta sul traffico pesante, dell'imposta sull'olio minerale e dell'IVA, nonché con prestiti del mercato finanziario.

Con la costruzione della NEAT la Svizzera fissa i propri obiettivi di politica del traffico e crea la base per uno sviluppo sostenibile della mobilità sotto l'aspetto ambientale. Il traffico merci transalpino su strada e rotaia è progressivamente aumentato in Europa e in Svizzera. Il commercio internazionale cresce più rapidamente del commercio interno. Il traffico merci da e per l'Italia aumenterà inoltre notevolmente. Il traffico merci europeo attraverso le Alpi è particolarmente gravoso per le strade: il traffico stradale transalpino raddoppia infatti ogni otto anni, mentre il traffico su rotaia rimane stabile.

Uno studio della commissione dell'Unione Europea pronostica per l'intera area delle Alpi, fino al 2010, un aumento del traffico merci di circa 75%. E' ovvio comprendere come il protrarsi di questa tendenza sia considerata dagli Svizzeri come una minaccia alla qualità dello loro spazio

vitale. D'altra parte prima di altre nazioni la Svizzera ha fissato nella costituzione, nell'ambito dei trasporti, l'obiettivo di realizzare una mobilità rispettosa dell'ambiente.

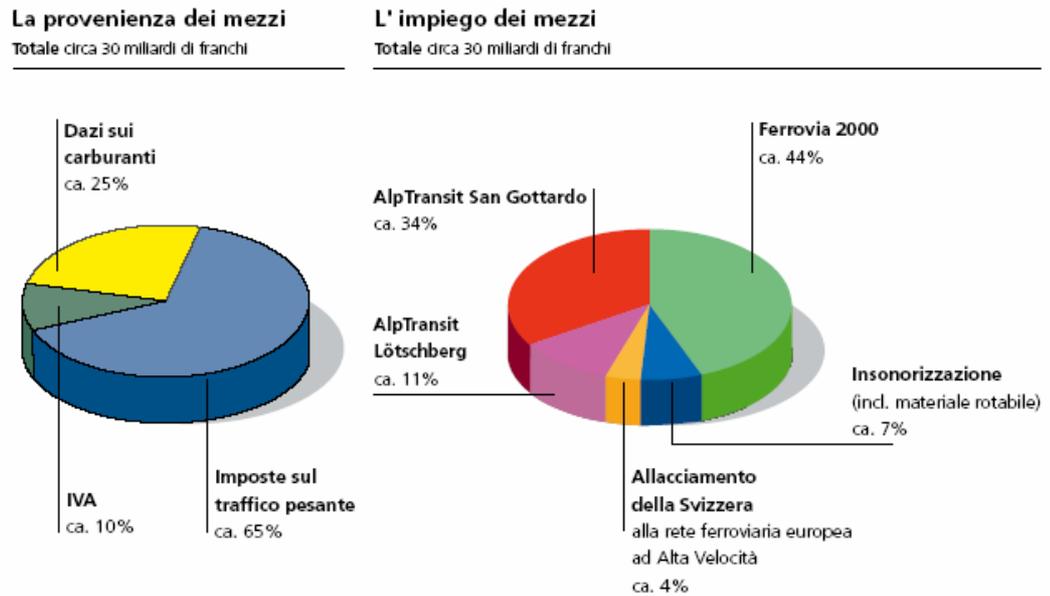
La linea del San Gottardo, con quasi 130 anni di attività, non è in grado però di fronteggiare questi enormi flussi di traffico. Solo con una trasformazione dell'infrastruttura ferroviaria la Svizzera sarà in grado di far fronte alla sempre maggiore richiesta di traffico merci ed alle sempre maggiori esigenze dei passeggeri.

Grazie ai due assi NEAT, del San Gottardo e del Lötschberg, la capacità del traffico merci passerà dagli attuali 20 milioni di tonnellate a circa 50 milioni di tonnellate all'anno ovvero ad un incremento di oltre il doppio. Inoltre la "ferrovia di pianura" i treni merci qualificati, che possono raggiungere punte massime di 160 km/h, aprono nuove prospettive. Grazie alla velocità più elevata, essi non dovranno più sostare per lasciar passare i treni viaggiatori. La ferrovia diventa, sull'asse nord-sud, e grazie ad AlpTransit, un'importante infrastruttura di trasporto. È così possibile mettere a disposizione capacità di trasporto più alte con delle diminuzioni dei tempi di percorrenza. La ferrovia garantisce inoltre una gestione della mobilità a lungo termine, tenendo conto degli aspetti ambientali e dei flussi di traffico in costante aumento.

Le risorse finanziarie per i lavori provengono da un'accisa sul costo dei carburanti, dalla tassa sul traffico pesante commisurata alle prestazioni e da un'addizionale del 1% sull'IVA seconde le proporzioni visibili nel grafico di Figura 7-15.

Dei circa 30 miliardi di franchi che saranno investiti nel corso dei prossimi 20 anni, circa la metà servirà per la realizzazione delle nuove trasversali alpine. La costruzione della Galleria di base del San Gottardo costa circa 7 miliardi di franchi, mentre quella della Galleria di base del Ceneri più di 2 miliardi di franchi.

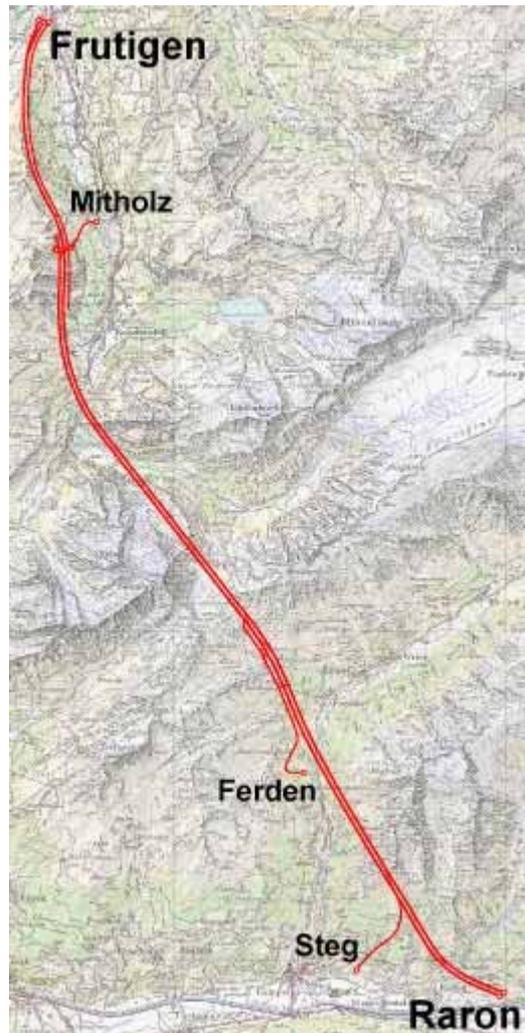
La ripartizione delle risorse è illustrata nel grafico di Figura 7-15.



*Figura 7-15 Rete RTE-T – Forme di finanziamento dei progetti ferroviari svizzeri*

#### *7.5.7.a. Il tunnel di base del Lötschberg*

Il tunnel di base del Lötschberg è lungo 34.6 km e porta da Frutigen, nel Kandertal (cantone di Berna) a Raron, nella valle del Rodano (cantone del Vallese) ed è concepito come tunnel ferroviario a doppia canna.



*Figura 7-16 Rete RTE-T – Tracciato del tunnel del Lötschberg*

Le opere civili delle varie gallerie che compongono il tunnel di base sono iniziati nel 1999, i primi fronti di scavo si sono incontrati nel dicembre 2002 e si sono conclusi nel 2004.

Il tunnel di base del Lötschberg entrerà in esercizio nel 2007, con inaugurazione fissata per le ore 18 del 18 giugno. Insieme al già esistente centenario tunnel del Sempione a doppio condotto, esso formerà il primo collegamento ferroviario rapido da nord a sud attraverso le Alpi. Il tunnel di base del Lötschberg sarà per parecchi

anni il primo ed unico collegamento di questo tipo. Soltanto grazie all'apertura del tunnel di base del Lötschberg la Svizzera potrà ora esigere l'intera tariffa dell'imposta sul traffico pesante commisurata al carico. Questa sarà una fonte di reddito importante per la Svizzera, ma rappresenterà anche per tutta l'Europa un'imposta efficace per ottenere il dirottamento del traffico, con lo scopo di incentivare la ferrovia.



*Figura 7-17 Rete RTE-T – Tunnel del Lötschberg – Cameron*

Il tunnel di base del Lötschberg integra l'attuale tunnel di cresta del Lötschberg. La potenzialità del trasporto merci ferroviario aumenterà notevolmente grazie alle esigue pendenze in salita o in discesa del tunnel di base e ad una maggiore sezione della galleria che permetterà anche il trasporto di camion su carri merci coperti e dotati di ruote normali (autostrada ferroviaria). Anche per il trasporto passeggeri si prevedono notevoli vantaggi; infatti la durata del viaggio

attraverso la Svizzera sull'asse Lötschberg–Sempione a partire dal 2007 sarà di circa due ore. La durata del viaggio tra l'Alto Vallese e Berna sarà così dimezzata.

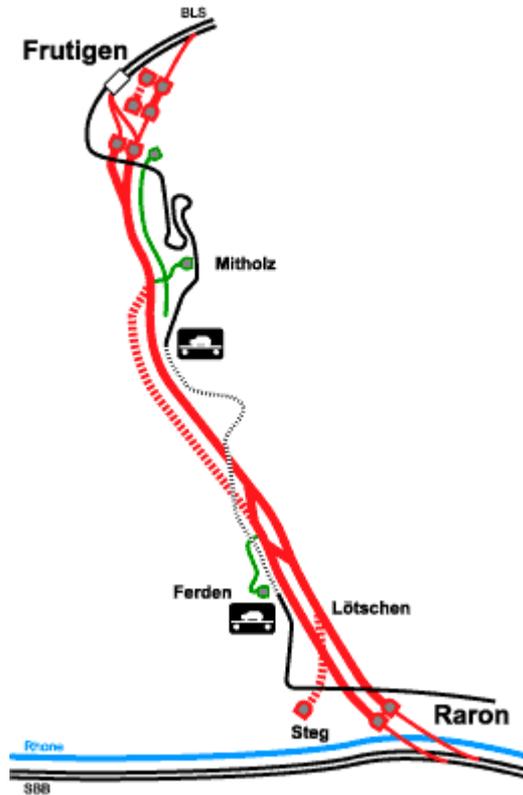


*Figura 7-18 Rete RTE-T – Tunnel del Lötschberg – Armatura di un tratto di tunnel*

Nel 1996 la Confederazione decise, per ragioni economiche, di realizzare il tunnel in più fasi. Nella prima fase di costruzione, che sarà inaugurata nel 2007, il ramo ovest di Steg con il portale di Niedergesteln ed il condotto ovest da Ferden a Mitholz rimarranno in costruzione grezza. Il tratto Mitholz–Frutigen sarà costruito ad un solo condotto. Parallelamente a questo tratto si snoda anche il cunicolo di sondaggio di Kandertal realizzato tra il 1994 e il 1996.

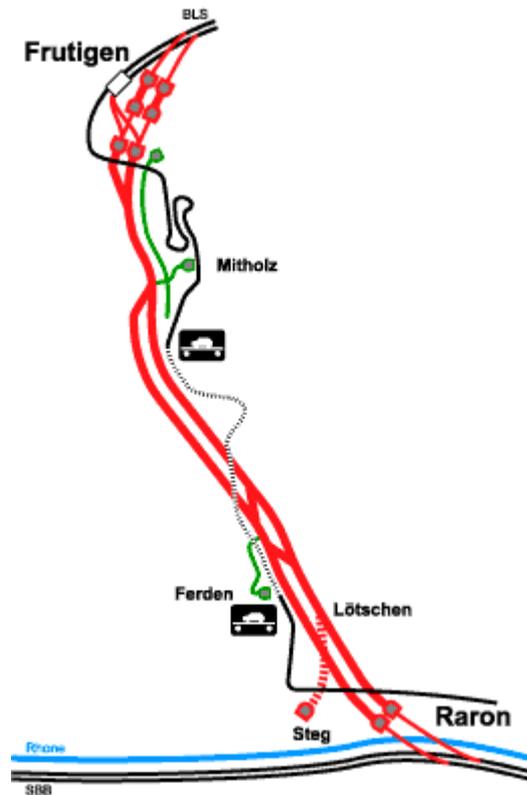
Nel dettaglio in prima fase la canna est è interamente costruita ed attrezzata, mentre la ovest è costruita tra Raron e Mitholz, ma attrezzata solo tra Raron e Ferden. Il ramo Ovest verso Steg rimane al grezzo e il

tratto ovest tra Mitholz e Frutigen non è ancora scavato. La galleria di sondaggio di Kandertal adiacente serve da galleria di servizio e di soccorso. Schematicamente la situazione è rappresentata in Figura 7-19.



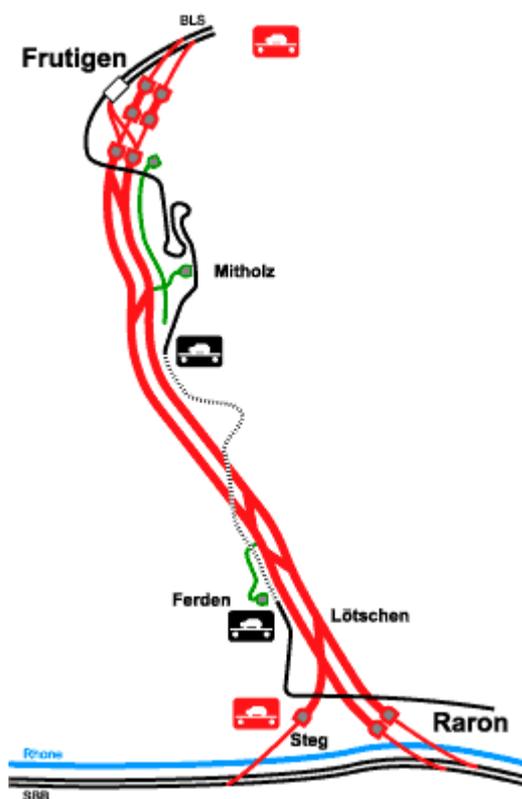
*Figura 7-19 Rete RTE-T – Tunnel del Lötschberg – prima fase*

La seconda fase prevede l'attrezzaggio del tratto di tunnel fra Ferden e Mitholz come rappresentato in Figura 7-20.



*Figura 7-20 Rete RTE-T – Tunnel del Lötschberg – seconda fase*

Nella terza ed ultima fase (vedi Figura 7-21), oltre al condotto est, verrà interamente costruito ed attrezzato anche il condotto ovest (costruzione della parte Mitholz - Frutigen). Verrà completato anche il ramo ovest Steg/Niedergesteln e potranno iniziare i servizi navetta per gli autoveicoli fra Heustrich-Steg/Niedergesteln, che fino ad allora continueranno sulla precedente galleria di cresta.



*Figura 7-21 Rete RTE-T – Tunnel del Lötschberg – terza fase*

Le caratteristiche principali del tracciato sono riassunte in Tabella 4.

|  |  |
|--|--|
| Lunghezza del tunnel di base                   | 34,6 km                                |
| Lunghezza totale delle gallerie e dei cunicoli | 88,1 km<br>(con i by-pass 91,8 km)     |
| Distanza assi tra le canne del tunnel di base  | 40 m                                   |
| Quota piano ferro al portale nord di Frutigen  | 776,5 s.l.m.                           |
| Quota piano ferro al portale sud di Raron      | 654,2 s.l.m.                           |
| Pendenza massima sul lato nord                 | 3‰                                     |
| Pendenza massima sul lato sud                  | 13‰                                    |
| Materiale di scavo complessivo                 | 16 milioni di tonnellate               |
| Lunghezza del complesso dei binari             | 57 km                                  |
| Costi del tratto di base                       | 3,24 miliardi di CHF<br>(prezzo base e |

---

---

|  |                  |
|--|------------------|
|  | preventivo 1991) |
|--|------------------|

*Tabella 4: Rete RTE-E –Caratteristiche del traforo del Lötshberg*

La sagoma del tunnel di base del Lötschberg permetterà il trasporto di camion secondo la norma UE (su vagoni ferroviari coperti con rodiggio normale, quindi non con ruote più piccole) come nel tunnel sotto il Canale della Manica. Questo profilo è notevolmente più grande della normale sagoma ferroviaria, tanto che il filo di contatto è situato a 5,85 m anziché a 5,30 m come è consuetudine nelle linee ad alta velocità. L'altezza utilizzabile tra la sommità della rotaia e lo spazio per il filo di contatto è di 5,45 m.

Il tunnel di base del Lötschberg e il tunnel coperto di Engstlige a Frutigen dispongono di una posa diretta del binario su piastra (senza massicciata di pietrisco). Al di fuori dei tratti nel tunnel il binario si trova normalmente sul ballast. Complessivamente saranno posati 57 km di binari, oltre alla relativa linea di contatto, i cavi di alimentazione e i cavi di messa a terra. Il sistema di alimentazione è predisposto per una velocità massima di 250 <sup>km</sup>/<sub>h</sub> e commutabili per sezioni lunghe 6 km.

Il sistema di alimentazione elettrica di trazione nel tunnel è predisposto in modo da poter fornire contemporaneamente di energia fino a sei locomotive e treni merci lunghi 1,5 km. Gli impianti di alimentazione di corrente di trazione portano l'energia dalle centrali elettriche alle sottostazioni ampliate e costruite appositamente di Mitholz e Gampel. Le sottostazioni trasformano la tensione da 132 kV a 15 kV, necessari per la linea di contatto. Gli impianti tecnologici del tunnel (illuminazione, impianti di ventilazione e di comunicazione) sono alimentati da un sistema indipendente da 50 Hz, in modo che sia garantita la loro efficienza anche in caso di impreviste sospensioni

della corrente di trazione. Il monitoraggio e il comando dell'alimentazione di corrente di trazione sono centralizzati.

L'esercizio ferroviario è garantito da cabine elettroniche di manovra segnali equipaggiate con un sistema di comando che ha la funzione di predisporre in modo prioritario lo svolgimento del servizio operativo. Esse sono integrate al sistema di controllo BLS di Spiez e sono realizzate nel tunnel di base e nelle stazioni ferroviarie di Frutigen e Visp. Il sistema di controllo comanda scambi, segnali e treni attraverso le cabine di manovra.

I treni che circolano attraverso il tunnel di base del Lötschberg sono comandati dal sistema di protezione ETCS Livello II con trasmissione via radio GSM-R dei dati relativi alla libertà della via al macchinista e senza segnali nel tunnel. Il sistema consentirà corse fino a 200 km/h, per i pendolini fino a 250 km/h.

Per garantire la comunicazione sia nel tunnel che all'esterno, sono installati 437 telefoni e 16 impianti di commutazione collegati da 1390 km di cavi per la trasmissione dei dati elettronici.

Al momento non è ancora stato fissato in via definitiva un programma d'esercizio del tunnel; si può però fare riferimento alla proposta di progettazione che prevedeva attraverso il tunnel di base del Lötschberg la circolazione sia di pendolini a 250 km/h, di treni passeggeri fino a 200 km/h e di treni merci a velocità comprese tra i 100 km/h e 160 km/h. Il FTP prevede il passaggio di 110 treni al giorno attraverso il tunnel di base e 66 treni sul tratto montano. Dei 110 treni sul tratto di base sono previsti 30 treni passeggeri e 80 treni merci, tra cui anche lunghi treni merci (fino a 4000 t di carico rimorchiato e fino a 1500 m di lunghezza).



*Figura 7-22 Rete RTE-T – Trasporto combinato a doppia trazione sulle rampe dell'attuale linea del Lötschberg.*

Secondo il decreto del consiglio federale del 16 ottobre 2002 la BLS Ferrovia del Lötschberg SpA gestirà il tunnel di base del Lötschberg a partire dalla messa in servizio. Questa concessione per l'infrastruttura scadrà nel 2010.

Parallelamente alla costruzione del tunnel di base sono iniziati importanti lavori di ammodernamento dei tratti di accesso a Nord e a Sud: è quindi potenziato il tratto Gümligen – Frutigen e ammodernato il sistema di segnalamento. Nella tratta Visp – St. German sarà costruito un terzo binario e sono ingrandite le stazioni di Thun, Visp e Briga. Fra Briga e Domodossola si sta ampliando la sagoma della linee e si sta potenziando il sistema di alimentazione elettrica.

*7.5.7.b. Il tunnel di base del San Gottardo e il potenziamento della linea Chiasso – Zurigo - Basilea*

IL POTENZIAMENTO DELLA CHIASSO – ZURIGO - BASILEA

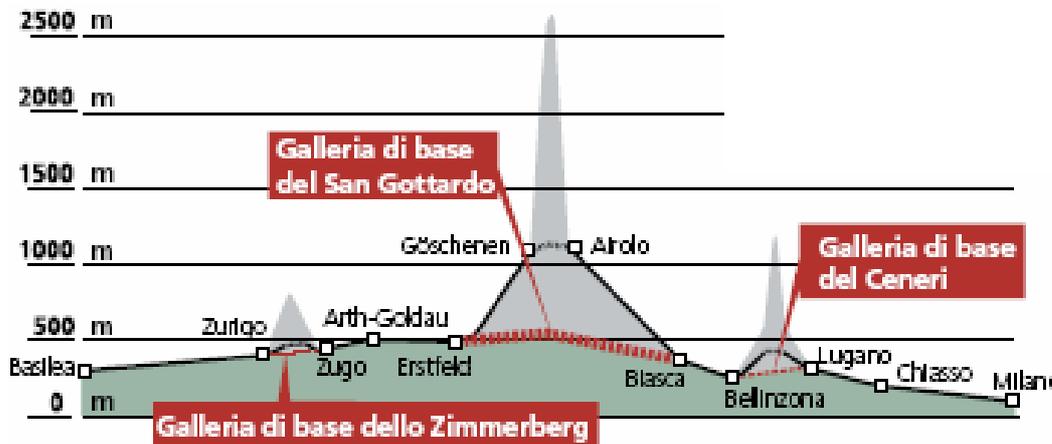
La Galleria di base del San Gottardo, che con i suoi 57 km sarà la galleria più lunga del mondo, rappresenta il centro vitale di un nuovo collegamento transalpino facente parte del corridoio dei due mari e che, insieme con il potenziamento della intera tratta Chiasso – Zurigo –

Basilea e con la costruzione dei trafori del Monte Ceneri e dello Zimmerberg, permetterà di realizzare “una ferrovia di pianura” in mezzo alle Alpi; il quadro completo degli interventi è rappresentato in Figura 7-24). Questa consentirà una gestione economica del trasporto merci e una massiccia riduzione dei tempi di percorrenza del traffico passeggeri.

Sul San Gottardo e sul Ceneri con la costruzione delle gallerie di base viene realizzata una moderna ferrovia di pianura, il cui punto più elevato (altezza massima di 550 m sul livello del mare) si trova alla stessa altezza della città di Berna, 600m più in basso del valico del precedente tracciato posto a 1150m s.l.m. Ovviamente anche le pendenze della nuova linea si mantengono su valori tipici delle ferrovie di pianura e il percorso è accorciato di 40km. Nella Figura 7-23 sono riportati i profili altimetrici del vecchio e del nuovo tracciato dove è immediato vedere il vantaggio dei nuovi trafori. Infatti l'attuale linea ferroviaria presenta rampe sul San Gottardo e sul Ceneri con pendenze fino al 26 per mille. Il tracciato piatto e diritto della linea di pianura – con pendenze non superiori al 12,5 per mille all'aperto e all'8.0 per mille nelle gallerie di base - consente di condurre treni lunghi e pesanti in modo proficuo, che non richiedono lunghe manovre. A causa delle pendenze, nella direzione nord - sud oggi quasi ogni treno merci pesante deve essere provvisto di una locomotiva di spinta per poter affrontare le salite del San Gottardo e del Ceneri. L'intento di attraversare la Svizzera con treni merci con oltre 2000 tonnellate di peso rimorchiato senza fermata ad Erstfeld o a Bellinzona e senza locomotive intermedie e/o di spinta, potrà compiersi solo con la realizzazione delle due Gallerie di base del San Gottardo e del Ceneri.

Rispetto ad oggi, la *ferrovia di pianura* consente la traversata delle Alpi con treni più lunghi (fino a 1500m), più pesanti (4000 t

invece delle attuali 2000 t) e più veloci (160 km/h: il doppio della velocità attuale).



*Figura 7-23 Rete RTE-T – Profilo altimetrico di confronto fra il nuovo e il vecchio tracciato*

La nuova ferrovia del San Gottardo garantirà, unitamente alle opere di costruzione per la realizzazione di Ferrovia 2000 e grazie all'impiego di nuovo materiale rotabile, una notevole riduzione del tempo di percorrenza. Mentre oggi per il percorso Zurigo – San Gottardo – Milano sono necessarie ancora 3 ore e 40 minuti di viaggio (Cisalpino), in futuro questo tempo sarà ridotto a 2 ore e 40 minuti: la ferrovia costituisce così la reale alternativa al traffico automobilistico ed aereo.

I collegamenti internazionali, costruiti e realizzati attorno ai nodi di Zurigo e Milano, diventeranno notevolmente più veloci grazie alla Galleria di base del San Gottardo. Importanti città situate nella Germania meridionale si avvicineranno notevolmente ai centri industriali lombardi e soprattutto a Milano.

Le previsioni di sviluppo del traffico merci nell'area alpina (Ufficio Federale per lo sviluppo dell'ambiente ARE, 2004) affermano

che la domanda di trasporti subirà un incremento di quasi 78 % circa fino al 2030. Il traffico di transito aumenterà in modo sovrapporzionale. Quale conseguenza della politica dei trasporti svizzera la percentuale dei trasporti di merci tramite ferrovia aumenterà maggiormente di quello su strada.

Sull'asse del San Gottardo viaggiano, ad oggi, quotidianamente fino a 150 treni merci. Con la costruzione di AlpTransit San Gottardo la capacità aumenterà di oltre 200 treni giornalieri, i quali potranno essere inoltre più lunghi di quelli odierni.

Questo corrisponde ad una capacità di trasporto di circa 40 milioni di tonnellate di merci all'anno; ovvero circa il doppio della capacità attuale.

Si prevede che oltre un terzo dei treni merci viaggeranno attraverso la Galleria di base del San Gottardo, via Luino, fino ai terminali di carico per il traffico combinato non accompagnato del Nord Italia, mentre i restanti raggiungeranno l'Italia tramite la frontiera di Chiasso.

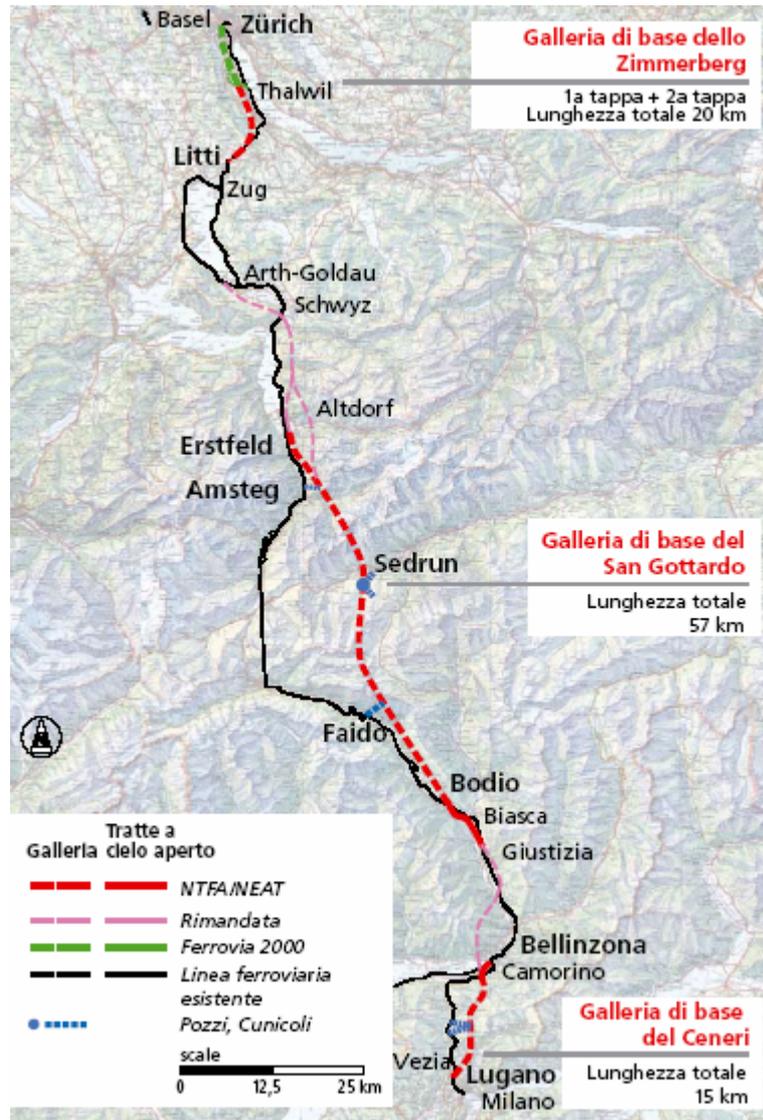


Figura 7-24 Rete RTE-T – Interventi sulla direttrice Chiasso - Zurigo

#### GALLERIA DI BASE DELLO ZIMMERBERG

La Galleria di base dello Zimmerberg rappresenta il completamento verso nord della nuova ferrovia del San Gottardo.

La costruzione del primo tratto di questa galleria si è svolta nell'ambito del progetto Ferrovia 2000 ed è già in esercizio. La nuova opera si collega con la precedente nella predisposizione già realizzata nell'area di Nidelbad (Cantone di Zurigo) e prosegue verso Zugo. In tal

modo si viene a creare una galleria con una lunghezza complessiva di circa 20 km.

I lavori dovevano iniziare nel 2006, ma sono stati per il momento sospesi per difficoltà economiche.

#### GALLERIA DI BASE DEL CENERI

Solo con la Galleria di base del Ceneri la nuova ferrovia del San Gottardo potrà essere veramente una linea di pianura che attraversa l'arco alpino, con i vantaggi che ne derivano e la redditività che ci si attende. Inoltre l'opera porterà notevoli benefici nel traffico regionale interno al Canton Ticino; infatti grazie alla Galleria di base del Ceneri, con i due allacciamenti a nord verso Bellinzona e Locarno, potrà essere realizzata una rete ad alta velocità. Vi saranno collegamenti diretti, più rapidi e frequenti fra i poli di Bellinzona, Locarno, Lugano, Mendrisio, Chiasso, Como e Varese. Il sistema ferroviario regionale Ticino – Lombardia (gestito dalla società mista TILO formata da Trenitalia e FFS) dimezzerà i tempi di percorrenza. Dopo la messa in esercizio, ad esempio, per spostarsi fra Lugano e Locarno non sarà più necessario compiere la deviazione fino a Bellinzona, il viaggio durerà solo 22 minuti e non 50 come oggi. Con un collegamento ferroviario che imbocca direttamente la Galleria di base del Ceneri, anche l'agglomerato di Locarno sarà integrato nel sistema TILO.

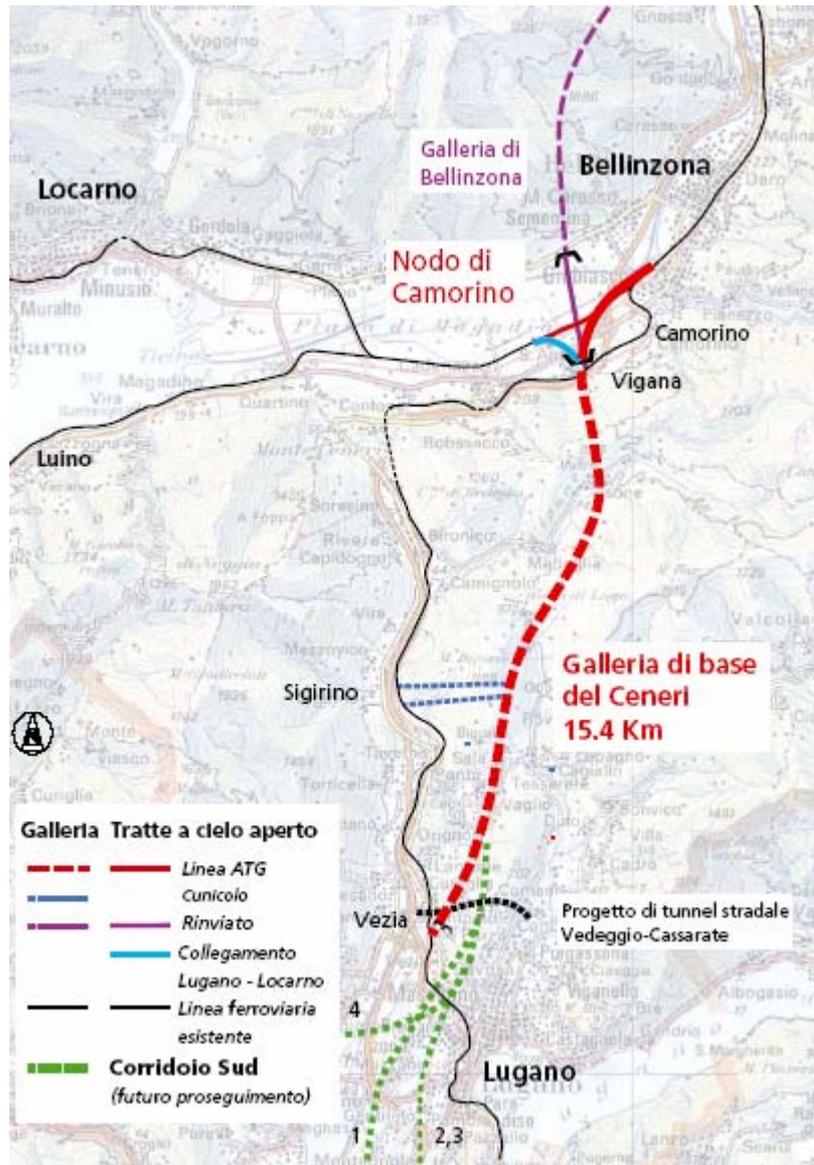
Il Consiglio federale ha approvato nel 1999 il progetto di massima della Galleria di base del Ceneri, lunga 15,4 km, fra Camorino e Vezia. I lavori per la costruzione delle due canne ad un solo binario sono iniziati nel 2006 e si dovrebbero concludere nel 2016.

Il sistema di galleria a due canne e cunicoli trasversali permette una maggiore sicurezza in fase d'esercizio e permette uno scavo più veloce della galleria mediante l'impiego di frese meccaniche automatizzate e con il metodo convenzionale. I due cunicoli saranno

uniti fra loro da collegamenti trasversali ogni 300 m circa. Considerata la lunghezza di 15,4 km, per la Galleria di base del Ceneri non si prevedono cambi di corsia o stazioni multifunzionali.

Come è possibile vedere in Figura 7-25, la galleria sarà predisposta per un futuro prolungamento sotterraneo, dal lato sud, come pure l'attraversamento del Piano di Magadino a nord, senza ostacolare l'esercizio ferroviario nella galleria di base. Infatti, dopo il portale nord in entrambi i condotti saranno realizzate caverne di diramazione sotterranee. Da qui si biforcheranno due rampe di accesso, così da permettere in futuro l'attraversamento del Piano di Magadino. Circa 2,5 km prima del portale sud è prevista invece la diramazione sotterranea di Sarè, per il futuro prolungamento della galleria verso meridione.

Nei pressi di Sigirino – a metà circa della futura galleria – fra il 1997 e il 2000 è stato realizzato un cunicolo di prospezione lungo 3,1 km. Lo scavo ha fornito preziose informazioni sul tipo di geologia che incontrerà la costruzione della galleria.



*Figura 7-25 Rete RTE-T – Planimetria della galleria del Ceneri*

La galleria sarà scavata su quattro fronti di scavo: due partiranno dalla finestra d'attacco di Sigirino dove sarà costruita una caverna operativa; altri due partiranno invece dai cantieri dei due imbocchi Nord e Sud che provvederanno anche alla costruzione delle opere di collegamento con la linea esistente.

Come per la galleria di base del San Gottardo, il materiale di risulta sarà per quanto possibile riutilizzato oppure, per evitare lunghi spostamenti, verrà depositato nelle vicinanze del cantiere rimodellando il territorio.

#### LO STUDIO DELLA GALLERIA DEL GOTTARDO

L'intenzione di costruire una Galleria di base del San Gottardo non è nuova. Era già stata presentata una proposta nel 1947. Mezzo secolo dopo il primo progetto risalente al 1962, verrà effettivamente messa in esercizio la galleria ferroviaria più lunga del mondo.

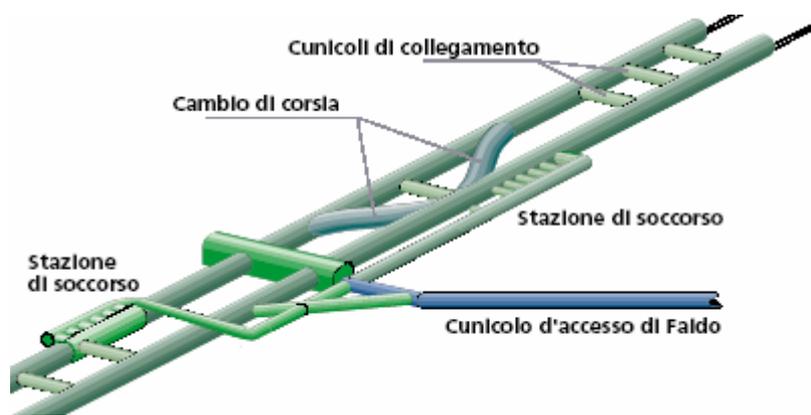
L'approvazione del progetto per le Nuove Trasversali Ferroviarie Alpine (NTFA / NEAT) nel 1992 ha costituito la base per la progettazione. L'approvazione della tassa sul traffico pesante in funzione delle prestazioni e del progetto per l'ammodernamento ha permesso nel 1998 il via libera alla costruzione.

Nell'anno 2015 sarà messa in esercizio la più lunga galleria ferroviaria del mondo.

Il primo progetto per una galleria di base attraverso il San Gottardo è stato elaborato, come detto, nel 1962 dal gruppo di studio per la Galleria del San Gottardo del Dipartimento Federale dell'Interno. Questo prevedeva una galleria a doppio binario, con due finestre d'accesso intermedie, che partiva da Amsteg per dirigersi verso Giornico con un tracciato totalmente rettilineo. Era lunga 45 km e con una stazione a metà per le manovre di sorpasso. La velocità di progetto era di 200 km/h non troppo diversa da quella attualmente prevista.

Dopo questo primo progetto, uno dei punti più controversi ha riguardato la scelta fra il sistema a canna unica a doppio binario o il sistema a due canne a binario unico. Nel 1971, la Commissione della galleria ferroviaria transalpina del Dipartimento Federale dei trasporti

e dell'energia pubblicava un rapporto in cui individuava come soluzione migliore quella di una galleria a doppio binario, eventualmente suddivisa a tratti a binario unico. Nel 1995, il dibattito era fra un unico condotto a due binari con cunicoli di servizio oppure due condotti a binario unico (con o senza cunicoli di servizio). Ha poi avuto la meglio una soluzione combinata: due condotti a semplice binario senza cunicolo di servizio, completata però da due stazioni multifunzionali, cambi di corsia e circa 180 cunicoli trasversali posti ogni 325m, di modo che ciascun condotto possa supplire l'altro in caso d'emergenza.

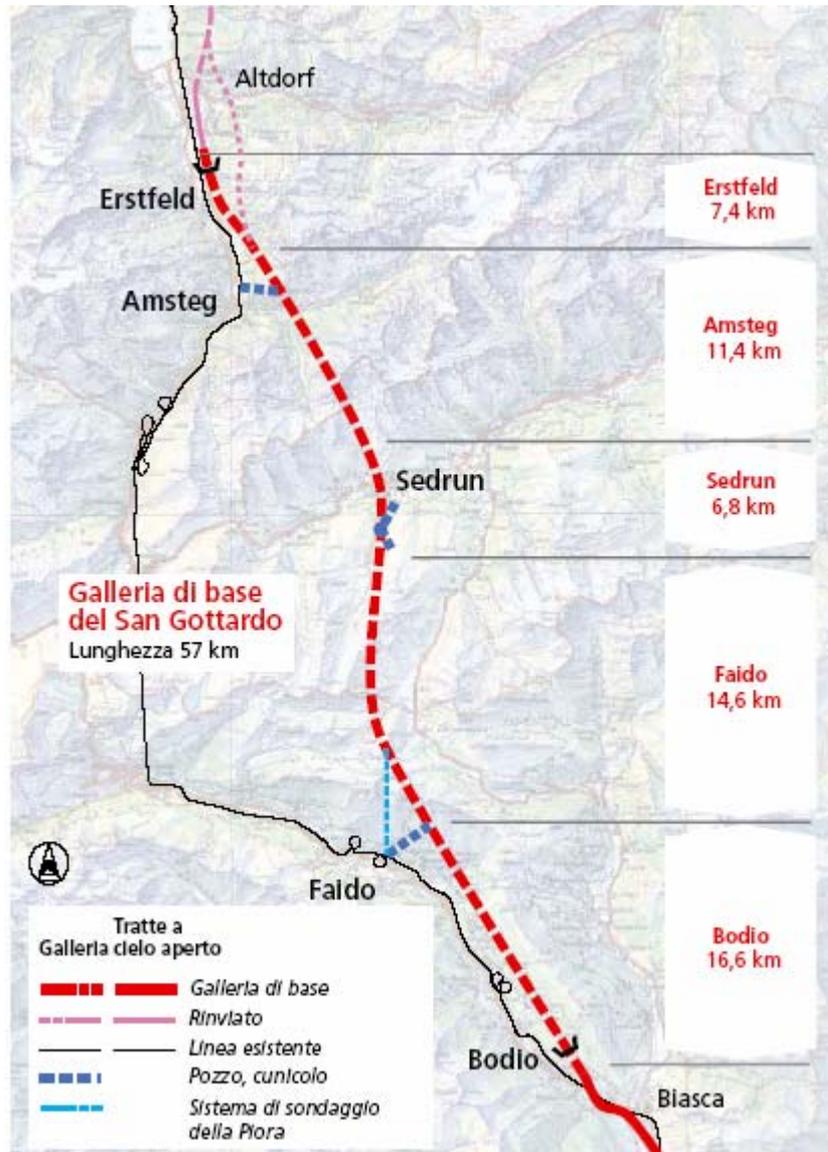


*Figura 7-26 Rete RTE-T – Schema della galleria di base del San Gottardo*

I posti di comunicazione fra le due canne si trovano nelle stazioni multifunzionali di Sedrun e di Faldo ove sono installati anche parte dei gruppi di ventilazione, alcuni locali tecnici con gli impianti di sicurezza e le stazioni di soccorso. Queste sono progettate per permettere l'evacuazione dei passeggeri di un treno senza dover attraversare binari né utilizzare scale o ascensori.

#### IL TRACCIATO DELLA GALLERIA DEL GOTTARDO

La scelta del tracciato (vedi Figura 7-27) da seguire per la realizzazione della nuova galleria di base e per le rampe d'ingresso è stata condizionata da una molteplicità di diversi fattori. Nei tratti a cielo aperto la scelta del tracciato è influenzata sia da esigenze paesaggistico-ambientali, sia da esigenze funzionali per l'organizzazione dei cantieri. La scelta del tracciato della galleria è invece figlia della geologia dei massicci montuosi attraversati. Questi sono costituiti per la maggior parte da gneiss e graniti, localmente fortemente fratturati e con caratteristiche geomeccaniche estremamente variabili. Pertanto, per la costruzione della galleria del San Gottardo sarà necessario attraversare il granito del San Gottardo molto duro, gli gneiss delle Alpi Pennine fortemente tensionati, la roccia morbida del massiccio intermedio del Tavetsch per il cui scavo sono necessari particolari accorgimenti tecnici.

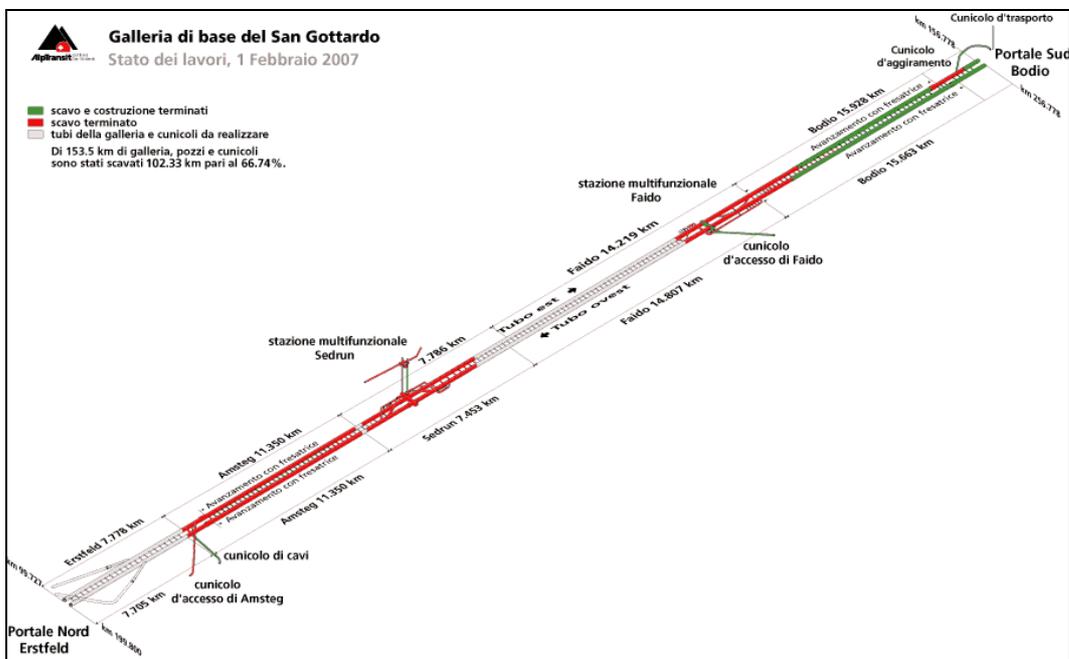


*Figura 7-27 Rete RTE-T – Planimetria della galleria di base del San Gottardo*

La galleria è stata attaccata, oltre che dai due imbocchi, anche dai cunicoli e dai pozzi intermedi di Amsteg, Sedrun e Faido così da poter suddividere i lavori in cinque comparti: Erstfeld (con il portale Nord), Amsteg, Sedrun, Faido e Bodio (con il portale Sud).

## L'ORGANIZZAZIONE DEI LAVORI DI SCAVO DELLA GALLERIA DEL SAN GOTTARDO

I lavori di costruzione sono iniziati nel 1993 con l'esecuzione dei primi sondaggi geognostici nell'area di Piora. I cunicoli e i pozzi d'accesso sono stati realizzati dal 1996, mentre adesso è in corso lo scavo della galleria vera e propria, dei cunicoli trasversali e delle stazioni multifunzionali come è possibile vedere nella Figura 7-28.



*Figura 7-28 Rete RTE-T – Avanzamento lavori della galleria del San Gottardo*

Per ottimizzare i tempi e i costi dell'opera, si è previsto lo scavo contemporaneo in cinque settori di differente lunghezza, denominati comparti.

La tratta a cielo aperto, dal portale Nord di Erstfeld alla connessione di Rynächt - Altdorf collega la Galleria di base del San Gottardo alla linea FFS esistente.

Il *comparto di Erstfeld* è la parte più a nord della Galleria di base del San Gottardo. Esso include anche una diramazione sotterranea,

costruita come predisposizione per futuri prolungamenti verso Nord della galleria. Nel comparto di Erstfeld si prevede lo scavo mediante l'utilizzo di frese meccanizzate.

Il *comparto di Amsteg* è il secondo comparto da nord. Mediante esplosivi è stato realizzato il cunicolo d'accesso di 1,8 km. Realizzati due cameroni, nel 2003 sono iniziati i lavori di scavo con fresa meccanica verso il lotto di Sedrun.

Il *comparto di Sedrun* è accessibile dall'esterno grazie ad un cunicolo di accesso lungo 1 km e da due pozzi profondi 800 m. In questo comparto è realizzata una delle due stazioni multifunzionali, dove saranno alloggiati gli impianti ferroviari come pure le stazioni di soccorso ed il cambio di corsia. Lo scavo dei tubi della galleria verso nord e verso sud ha preso avvio nel 2004 mediante metodo convenzionale con esplosivo.

Il *comparto di Faido* è raggiungibile attraverso un cunicolo di accesso lungo 2,7 km, con pendenze fino al 13%; esso è unito logisticamente con il comparto di Bodio. Nel comparto di Faido si trova anche la seconda stazione multifunzionale dove le due frese provenienti da Bodio saranno adattate per proseguire lo scavo verso il lotto di Sedrun.

Il *comparto di Bodio* costituisce la sezione più lunga della Galleria di base del San Gottardo. Dopo un primo tratto realizzato in galleria artificiale, gli scavi, iniziati nel 2003, sono proseguiti mediante l'utilizzo di frese meccaniche. Nella zona del portale si trova un cunicolo di aggiramento, che consente un accesso più rapido ai cantieri.

La tratta a cielo aperto dal portale sud di Bodio fino all'allacciamento della Giustizia collega la Galleria di base del San Gottardo alla linea FFS esistente.

#### LA GESTIONE DEI MATERIALI DI SCAVO

Per lo scavo della galleria del San Gottardo si prevede l'estrazione un'enorme quantità di materiale stimata in 24 milioni di t ovvero in 13,3 milioni di m<sup>3</sup>. Considerate le difficoltà che si incontrano nel reperire inerti di qualità per la produzione di calcestruzzi e la qualità del materiale estratto, è stato avviato un innovativo progetto di riciclaggio dello smarino estratto nella realizzazione di calcestruzzi. Infatti il materiale scavato per mezzo di frese meccaniche risulta di norma di granulometria troppo fine, normalmente non accettata nella normale selezione degli inerti per calcestruzzi. Questo ha portato, già nel 1993, a lanciare un vasto programma di ricerca, che, grazie alla fattiva collaborazione di Università, Istituti di ricerca e Industriali ha permesso lo studio di miscele particolari e la costruzione di appositi macchinari per ottenere un materiale in grado di rispettare i requisiti richiesti per i calcestruzzi da galleria.

In questo modo si pensa di utilizzare circa 5 milioni di tonnellate di inerti preparati direttamente in cantiere; altri 0,8 milioni di tonnellate di materiale, fine e fangoso, sarà invece impiegato nella produzione di mattoni.

Il materiale rimanente viene rivenduto sul mercato oppure utilizzato nella bonifica di cave di pietra non più utilizzate.

#### L'ATTREZZAGGIO TECNOLOGICO DELLA GALLERIA DEL SAN GOTTARDO

Il concetto di gestione d'esercizio prevede cicli semplici e chiaramente strutturati ed una infrastruttura, all'interno della galleria, ridotta al minimo indispensabile, ma tuttavia in grado di garantire un funzionamento sicuro ed affidabile della linea ferroviaria.

In sintesi gli impianti tecnologici possono essere divisi in:

- ✘ Sovrastruttura ferroviaria ovvero i binari, gli scambi, la piattaforma ferroviaria;
- ✘ Impianti di sicurezza e di automazione ovvero sistemi di blocco, apparecchi di ripetizione dei segnali in cabina di guida, apparecchi centrali, sorveglianza degli scambi
- ✘ Impianti di telecomunicazione ovvero radio, trasmissione e diffusione dei dati, sistemi di segnalazione per la presenza di corrente;
- ✘ Impianti elettrici ferroviari ovvero linea di contatto a 15 kV/16,7 Hz;
- ✘ Impianti elettrici civili ovvero illuminazione, rete elettrica a 50 Hz.

Per ridurre la manutenzione in esercizio è stato deciso di:

- ✘ Installare il minor numero possibile di scambi;
- ✘ Adottare un tracciato possibilmente rettilineo;
- ✘ Posare i binari in galleria su una piattaforma in cls rinunciando alla tradizionale posa su ballast.

Un apparato centrale gestisce la linea e concede l'autorizzazione al movimento ai treni. Il sistema di segnalamento adottato sarà il sistema europeo ETCS livello 2, al pari delle altre nuove linee europee in costruzione.

L'alimentazione della linea di contatto grazie sottostazioni dimensionate in modo che in caso di avaria totale di una di esse, le altre possano comunque alimentare la linea.

La manutenzione della linea sarà eseguita andando ad interrompere l'esercizio su una delle due canne. La semplificazione degli impianti riduce l'entità dei lavori di manutenzione, i costi di costruzione e la frequenza delle possibili perturbazioni. La separazione del traffico ferroviario dal cantiere garantisce maggior sicurezza. Inoltre come misura preventiva sarà controllato il clima all'interno

della galleria. La temperatura all'interno della galleria dipende dal gioco di svariati fattori: dal calore sviluppato dalla elevata copertura della roccia al calore disperso dalle locomotive. Senza ricambio d'aria adeguato, la temperatura raggiungerebbe rapidamente valori elevati; in condizioni normali il ricambio d'aria necessario è assicurato dal passaggio dei treni stessi (effetto pistone). Inoltre il rivestimento in calcestruzzo riduce la resistenza dell'aria e favorisce la naturale circolazione dell'aria in galleria sospinta dai treni. In condizioni normali la temperatura non dovrebbe superare i 35°C con un'umidità relativa inferiore al 70%.

#### *7.5.8) I percorsi del corridoio 24 in Italia e il terzo valico dei Giovi.*

Gli studi italiani per la realizzazione del tratta di propria competenza hanno avuto inizio nel Luglio 2004, quando i Ministeri dei quattro paesi interessati dal corridoio TEN-24 (Olanda, Germania, Svizzera ed Italia), hanno deciso di attivarsi per realizzare insieme tale progetto, ed hanno costituito una Task Force mista tra i rappresentanti delle Ferrovie e dei Ministeri interessati.

La Task Force, che si è riunita per la prima volta nel Novembre 2004, ha avviato la definizione di un Memorandum of Understanding (MoU), che è stato finalizzato nel Marzo 2005. Sulla base di questo documento i vari Gestori dell'Infrastruttura, tra cui ovviamente RFI per l'Italia, hanno avviato, su formale richiesta dei rispettivi Ministeri, uno studio tecnico – economico, per valutare le linee preferenziali per la realizzazione del corridoio merci interoperabile Rotterdam-Milano/Genova ed il tipo di attrezzaggio interoperabile (livello di ERTMS/ETCS) ottimale.

La procedura utilizzata per la migrazione verso una rete interoperabile si sviluppa in due fasi successive:

1. *Studio sviluppato dai Gestori Infrastruttura* che prevede la definizione, attraverso la comparazione delle varie alternative possibili per il corridoio interoperabile, delle linee da attrezzare e della soluzione tecnica a costo (e con tempo di realizzazione) minimo, idonea a mantenere almeno le attuali capacità di traffico. Le proposte di soluzione dovranno essere successivamente armonizzate tra le reti interessate dal corridoio con riferimento sia ai tempi di realizzazione che alle soluzioni tecniche indicate. La soluzione che risulta da tale processo rappresenta la proposta coordinata di migrazione verso il corridoio interoperabile che attraversa i quattro paesi e costituisce il progetto congiunto che dovrebbe permettere di attivare il corridoio interoperabile non oltre il 2012.
2. *Analisi dei Costi Benefici* che dovranno avvenire considerando i costi da valutare a livello nazionale e i Benefici da stimare sia a livello nazionale che a livello di corridoio. In particolare l'analisi costi benefici si focalizzerà essenzialmente sul traffico merci, considerando da tale punto di vista le scelte di linea ed attrezzaggio a terra ed a bordo. Comprenderà pertanto i terminali merci nel corridoio interoperabile. Si deve ovviamente considerare l'impatto della migrazione sul traffico viaggiatori, che nel breve-medio periodo deve essere almeno salvaguardato; da tener presente che l'adozione di ETCS acquista ulteriore significato se in un'ottica di più lungo periodo ci saranno vantaggi anche al traffico viaggiatori.

Il collegamento merci "dei due mari" tra Rotterdam e Genova interessa nel territorio italiano diverse alternative di tracciato, che si dipartono dalle direttrici di valico del Gottardo (Chiasso e Luino) e del

Sempione (Domodossola), e attraversando le aree di Novara e di Milano, arrivano a Genova.

Le linee alternative che collegano il confine svizzero con Genova, e che attraversano il nodo di Novara, hanno origine in Domodossola e Luino e sono:

- ✘ Domodossola – Borgomanero – Vignale – Novara;
- ✘ Domodossola - Arona - Oleggio - Vignale - Novara;
- ✘ Luino - Laveno - Sesto Calende – Oleggio – Vignale - Novara.

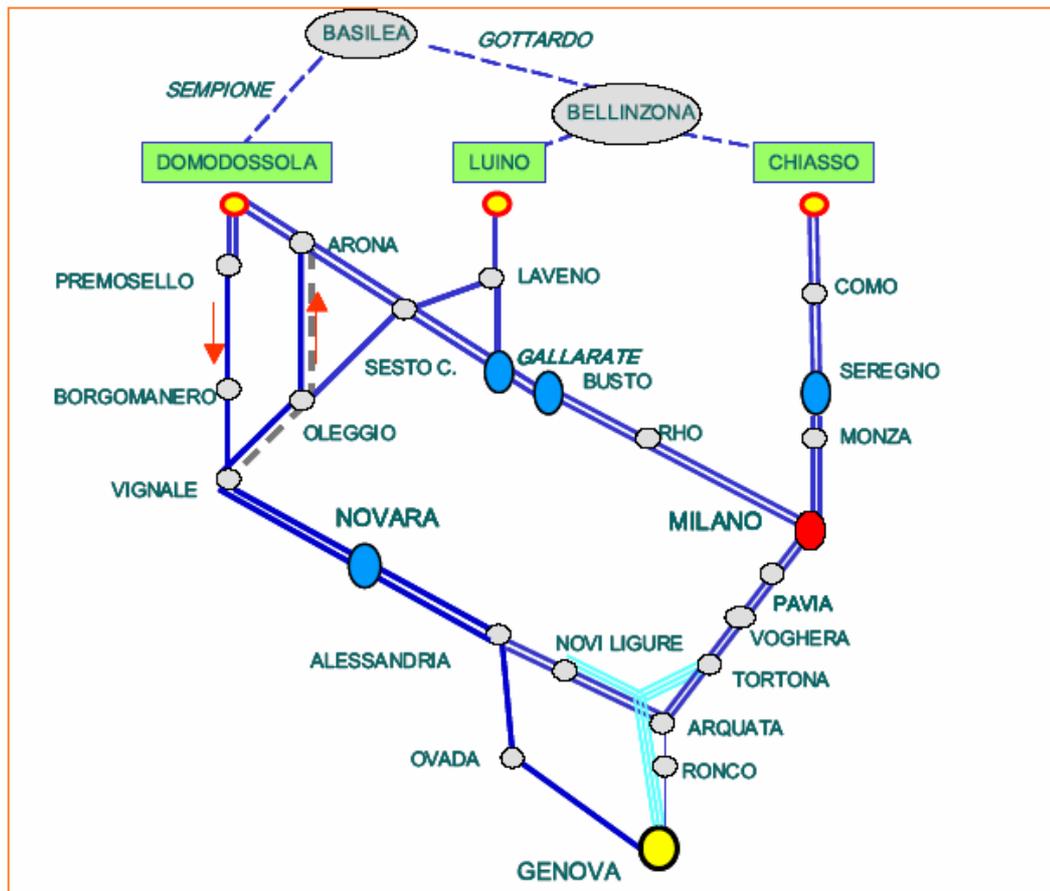
Da Novara a Genova invece esistono due possibili alternative:

- ✘ Novara - Alessandria - Ovada - Genova;
- ✘ Novara – Alessandria – Arquata - Genova.

Le linee alternative che collegano il confine svizzero con Genova, e che attraversano Milano, sono:

- ✘ Domodossola – Arona - Sesto Calende – Gallarate – Milano – Pavia – Tortona – Arquata – Genova;
- ✘ Luino – Laveno – Gallarate – Milano – Pavia – Tortona – Arquata – Genova;
- ✘ Chiasso – Como – Monza – Milano – Pavia – Tortona – Arquata – Genova;

Le alternative di percorso valutate sono individuabili nella figura sottostante e risultano tutte interessate da investimenti infrastrutturali.



*Figura 7-29 Rete RTE-T – Linee RFI sul corridoio 24*

I tempi ormai prossimi dell'apertura del traforo del Loetschberg sulla direttrice del Sempione, la cui ultimazione è prevista per il 2007 e che si connette in Italia con la linea Novara – Domodossola, implicano la necessità di adeguamento del tratto italiano al flusso di traffico merci diretto al centro interportuale merci di Novara (CIM SpA).

Analogo adeguamento in tempi più lunghi sarà necessario all'apertura in Svizzera del tunnel di base del Gottardo che interessa il valico di Chiasso e che alimenterà il traffico merci verso la parte est dell'area Milanese.

Sono in corso da tempo incontri bilaterali Italo Svizzeri per definire congiuntamente gli interventi necessari a rispondere alle previsioni di

traffico ai valichi, tali interventi da realizzare sono distribuiti nell'arco temporale 2005 - 2015.

In particolare, è completata la prima fase del potenziamento della "piattaforma Luino" (aumento prestazioni Cadenazzo, tre nuove stazioni di incrocio, bretella Sesto Calende, centralizzazione degli scambi); entro il 2007 è prevista l'attuazione parziale della "piattaforma Sempione" consistente in un insieme di interventi strategici tra cui la messa in esercizio della galleria del Lotschberg per il traffico viaggiatori internazionale e merci; per il 2015/16 dovrà essere realizzata la galleria di base del Gottardo (a nord di Bellinzona), la galleria di base del Ceneri, completata la seconda fase delle piattaforme Luino e Sempione, e realizzato il terzo binario tra Gallarate e Rho.

Sono inoltre in corso valutazioni di fattibilità, in collaborazione con le Ferrovie svizzere, per definire un potenziamento del collegamento tra Bellinzona e gli impianti merci di Gallarate e di Novara (itinerario merci "Gronda Ovest"). L'intervento (circa 1.270 M€) permetterà di creare un corridoio per i flussi di traffico merci sulla direttrice Gottardo-Novara/Genova.

E' stato sottoscritto un Protocollo di intesa con gli Enti locali per il potenziamento del nodo ferroviario di Novara che, nella prima fase, prevede la realizzazione a Novara Centrale (lato Sud/Est) di un by-pass per l'indipendenza dei flussi di traffico della linea Torino - Milano (viaggiatori) e della linea Novara - Mortara (merci) tra Novara Boschetto (terminal di interscambio ferro/gomma) e Genova. A Novara Boschetto (terminal merci), oltre ai lavori di potenziamento infrastrutturale e tecnologico, sarà realizzato un nuovo raccordo diretto con Vignale. Con tali interventi si otterrà una sostanziale riorganizzazione dei flussi di traffico nel nodo e si sposterà tra l'altro, l'asse di scorrimento merci dal contesto urbano all'ampia area ferroviaria dello scalo di Novara. Le opere saranno in parte completate in occasione dell'entrata in esercizio della

intera linea Alta Velocità/Alta Capacità Torino - Milano. Nell'ambito del programma di adeguamento dell'asse ferroviario del Sempione per i collegamenti italo - svizzeri è previsto anche un nuovo tratto di linea (Variante di Gozzano, circa 3,3 km), che permetterà di by - passare ad est il centro cittadino, la realizzazione della nuova stazione di Gozzano e la soppressione di 6 passaggi a livello (investimento complessivo è pari a 26 milioni di euro, attivazione nel marzo 2009). Dal 6 aprile 2004 è all'esame del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, come previsto dalla legge obiettivo 443/01, la progettazione preliminare degli ulteriori interventi di potenziamento (circa 535 M€) previsti sull'asse del Sempione; per tali interventi, da completare entro il 2012, è attualmente in corso l'istruttoria presso la Regione Piemonte. Il potenziamento dell'asse del Sempione, assieme agli interventi previsti nel nodo di Novara, permetterà l'adeguamento delle linee di accesso Sud al valico attraverso la realizzazione del raddoppio del tratto di linea Arona – Oleggio - Vignale, il potenziamento della linea Novara – Borgomanero - Premosello, l'adeguamento della sagoma delle gallerie del tratto di linea Premosello – Arona – Oleggio - Vignale, e la realizzazione di un nuovo terminal, per la cosiddetta Autostrada viaggiante, a Nord della stazione di Vignale. In particolare, il raddoppio Vignale - Oleggio - Arona interessa circa 35 km di cui 14 km da Vignale a Oleggio e 21 da Oleggio ad Arona. La velocità di progetto è di 125 km/h ad eccezione dell'ingresso della stazione di Arona dove è prevista una velocità di 60 km/h.

Visto che a seguito dell'apertura del Gottardo (2015/2016) è previsto un incremento di traffico merci al valico di Chiasso, è stato avviato l'adeguamento della sagoma delle gallerie e dei tratti allo scoperto delle linee interessate, per consentire il transito di treni porta-container di grandi dimensioni e della cosiddetta "Autostrada viaggiante"(servizio di trasporto di camion su treni), il potenziamento della linea Mortara-Pavia-Casalpusterlengo e la "bretella" di collegamento con la linea Novara –

Alessandria, il potenziamento del collegamento da Rho - Gallarate (M€ 287) realizzando un terzo binario, da attivare nel 2011, che per circa 25 km si affianca alla linea esistente.

Tali progetti di adeguamento infrastrutturale, associati alla data prevista per la realizzazione, sono elencati ed evidenziati sulla cartina riportata in Figura 7-30.

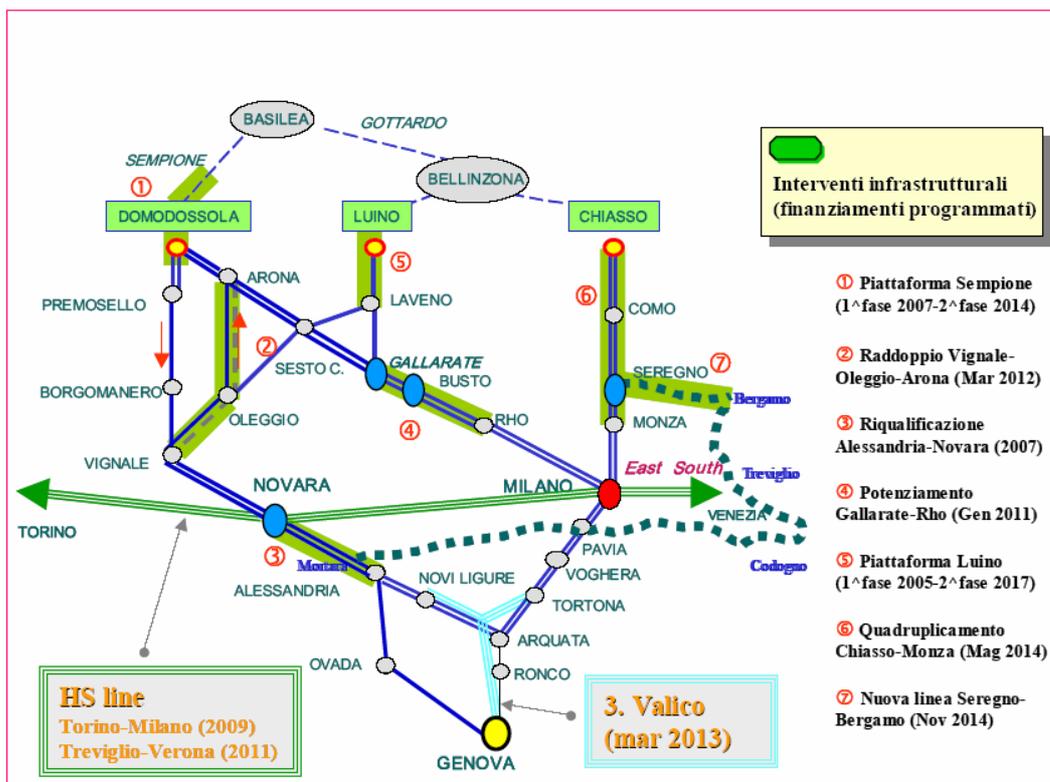


Figura 7-30 Rete RTE-T – Interventi infrastrutturali previsti sulle linee del corridoio

Il terzo valico (valico dei Giovi) si inserisce nella scelta strategica della realizzazione di nuovi itinerari per il traffico merci che facilitino l'accesso ai Terminali e contemporaneamente riducano o evitino il transito nel Nodo di Milano. Il “Terzo Valico dei Giovi”, fa riferimento al progetto preliminare approvato dal CIPE il 29/09/03 relativo ad una nuova linea a doppio binario, avente caratteristiche di Alta Velocità/Alta Capacità, da

mettere in esercizio entro il 2013 che collegherà Genova con Tortona da un lato e con Novi Ligure dall'altro.

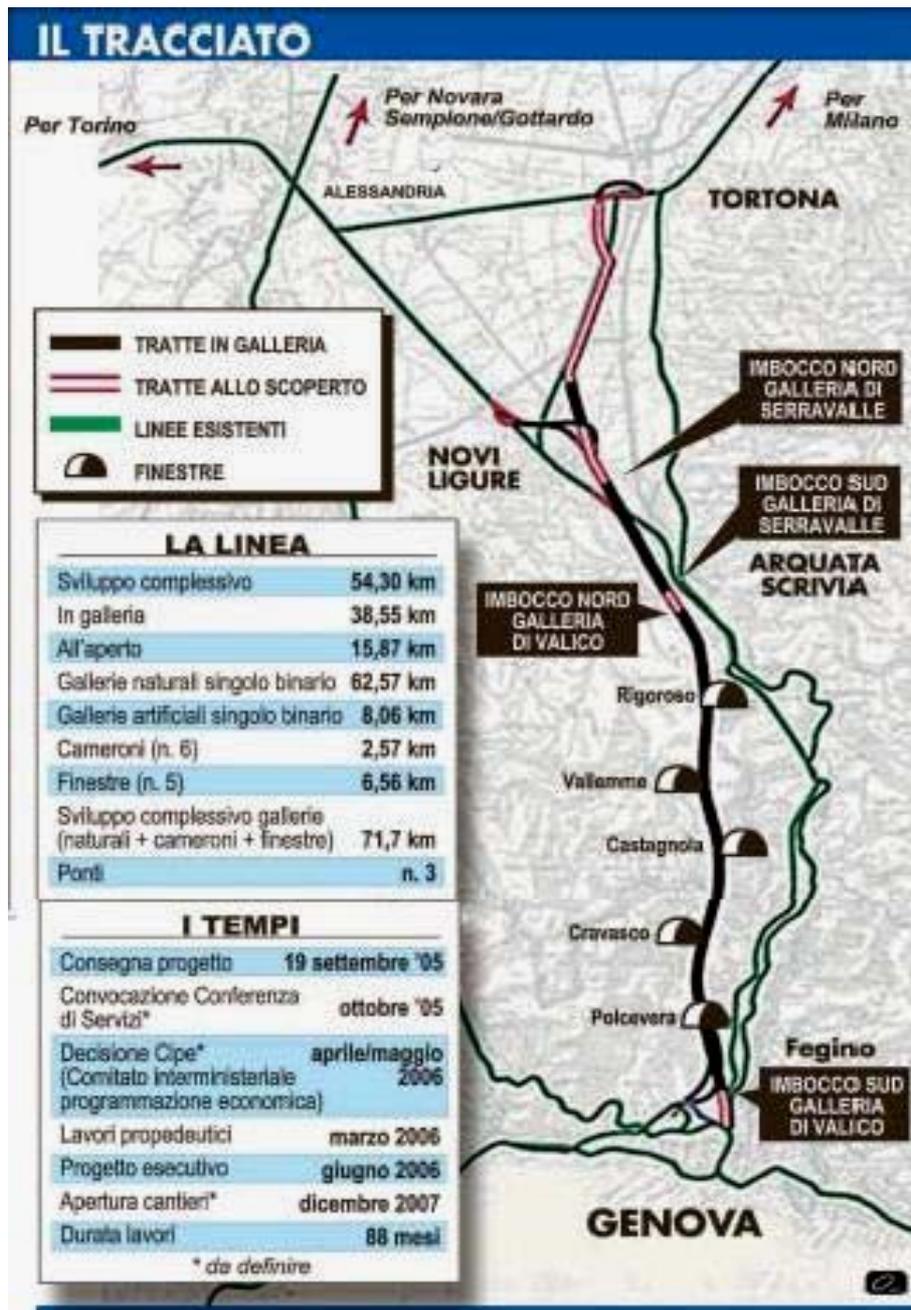
Per il corridoio 24 tale opera costituirà l'itinerario principale che collega Genova a Novara e andrà a sovrapporsi a quello precedentemente realizzato con la linea a semplice binario Alessandria - Ovada - Genova, preferita all'itinerario Alessandria - Arquata - Ronco - Genova (Succursale dei Giovi) che risulta inadeguata per sagoma e saturata dal traffico viaggiatori regionale in vicinanza del nodo di Genova.

Il Terzo Valico ha origine nel Nodo di Genova in corrispondenza del Bivio Fegino e alla linea confluiscono da un lato le interconnessioni della Bretella di Voltri, che consentono le relazioni da/per i porti di Voltri e Savona, e dall'altro quelle sul Bivio Campasso per le relazioni merci da/per Campasso - Porto di Sampierdarena. Nel tratto iniziale del valico la connessione con la bretella di Voltri è stata prevista in prossimità dell'esistente camerone di Borzoli. Risulta anche necessario un adeguamento di altre linee correlate al terzo valico, ed in particolare :

- a) Il quadruplicamento della Tortona - Voghera;
- b) L'adeguamento della tratta della Alessandria - Novi Ligure;
- c) L'adeguamento di alcune tratte della Alessandria - Novara.

Le principali caratteristiche progettuali del terzo valico sono una velocità di tracciato fino a 250 Km/h, un raggio di curvatura di 4500 m, una pendenza massima del 12.5 per mille, l'alimentazione a 3Kv cc adeguabile a 25Kv ca.

Il tracciato della nuova linea è rappresentato nella seguente Figura 7-31.



*Figura 7-31 Rete RTE-T – Tracciato del terzo valico*

Nello scegliere fra le diverse linee a disposizione quella da attrezzare col sistema interoperabile ERTMS, si è tenuto conto, oltre che degli aspetti infrastrutturali e tecnici, della necessità commerciale di rispondere

all'aumento dei volumi scambiati, cercando contemporaneamente di mitigare le attuali situazioni di saturazione delle linee e di non indirizzare gli incrementi di traffico merci sulle linee già interessate da un intenso traffico viaggiatori. Tutto ciò considerando anche l'esigenza strategica di non interferire con l'intenso traffico viaggiatori che interessa il nodo di Milano.

In sostanza sono stati valutati i seguenti itinerari alternativi:

1. *Domodossola – Novara – Alessandria – Ovada – Genova*. Il percorso Domodossola – Novara via Borgomanero presenta caratteristiche tecniche e di sagoma di elevata qualità e permette di servire un traffico merci moderno e senza limitazioni. Da Novara inizia il collegamento verso Alessandria da cui si prosegue via Ovada per Genova; in particolare la linea Domodossola – Premosello – Borgomanero – Vignale - Novara è l'unica tra le linee alternative a presentare codifica della sagoma P/80 necessaria per il transito dei treni di tipo SIM. La linea da Premosello a Vignale è a semplice binario, ma considerando che è previsto nel 2012 il raddoppio della linea Vignale – Oleggio - Arona realizzato con sagoma P/80, si avrà disponibile anche il secondo binario per una circolazione di treni merci senza limitazioni. Il collegamento tra Vignale ed Alessandria è a doppio binario; da Vignale a Novara la sagoma è ancora P/80 e da Novara ad Alessandria è P/45. Il collegamento tra Alessandria e Genova ha disponibili due possibili percorsi, quello a doppio binario via Arquata - Ronco, che ha una sagoma P/22 a quello a semplice binario via Ovada che ha una sagoma P/45. Per questa parte del corridoio si è preferito il secondo percorso, pure se a semplice binario, essendo una linea a sagoma P/22 non adeguata il passaggio di treni merci

moderni (es. treni merci porta container) ed essendo la linea Arquata - Ronco coinvolta da un intenso traffico viaggiatori di tipo pendolare nei pressi del nodo di Genova. La limitazione per tale parte del Corridoio 24 sarà risolta con la messa in esercizio del Terzo Valico, attrezzato col sistema ERTMS livello 2, prevista per il 2013. Domodossola è anche collegata all'importante terminale merci di Gallarate posizionato sulla linea che prosegue verso Milano. In pendenza della realizzazione delle cinture a sud del nodo di Milano, l'avvicinamento e il transito rispetto al nodo avviene attraverso la linea Arona – Gallarate - Milano dove sono presenti per accogliere le merci importanti terminali intermodali a Gallarate e Busto. Da punto di vista commerciale i dati relativi al volume attuale di traffico merci nella relazione Domodossola - Gallarate ed anche la previsione di espansione della domanda di traffico su tale relazione risultano inferiori ai corrispondenti dati e previsioni riferiti ai collegamenti attraverso il Gottardo; inoltre, nella relazione verso Genova, la capacità di traffico è limitata, fino alla apertura del Terzo Valico nel 2013, dalla linea a semplice binario tra Alessandria e Genova.

2. *Luino – Novara / Gallarate.* I volumi più importanti di traffico merci interessano il valico del Gottardo e quindi Bellinzona, da dove proseguono verso l'Italia attraverso i transiti di Luino e di Chiasso. La linea che attraversa Luino ha la possibilità di collegarsi sia a Gallarate (e quindi all'area di Milano), sia a Novara e a Genova, via Sesto Calende – Oleggio, e per questo si rivela un valido percorso alternativo a quello via Sempione – Domodossola.

3. *Chiasso – Seregno – Milano*. La linea che collega Chiasso con il principale terminale merci a nord di Milano (Seregno), è interessata da considerevoli volumi di traffico; risulta pertanto opportuno rendere interoperabile tale relazione anche se attualmente da Chiasso non ci sono collegamenti efficaci con Novara e Genova. Per risolvere tale limite è previsto di attrezzare adeguatamente la cintura sud di Milano, che collegherà i nodi di Seregno – Bergamo – Treviglio – Codogno – Pavia - Mortara e che quindi permetterà alle merci provenienti da Chiasso, oltre che proseguire per l'est e per il sud est, anche di immettersi sulla Novara - Genova (è in fase avanzata lo studio di fattibilità).

Sulla base di queste considerazioni sono state quindi individuate le priorità di intervento per la migrazione verso linee interoperabili, considerando l'interesse, sempre manifestato a livello internazionale da RFI, a realizzare in tempi rapidi l'interoperabilità per tutte le linee di valico, in modo da rendere meglio accessibile la rete interoperabile AV/AC italiana, prevista in esercizio per il periodo di attivazione del Corridoio. Considerando anche l'approccio della Svizzera, che prevede l'attrezzaggio interoperabile di più percorsi che interessano tutti i valichi verso l'Italia, si prevede quindi l'attrezzaggio interoperabile dei percorsi che interessano tutti i 3 valichi svizzeri (Domodossola, Luino e Chiasso), come indicato nella figura 4 di seguito riportata.



Figura 7-32 Rete RTE-T – Linee attrezzate con ETCS

La lunghezza totale dei percorsi completi è di circa 680 Km equivalenti di semplice binario.

In associazione alla proposta, valutando i margini possibili di incremento di traffico, la possibilità di traffico merci con treni e carichi di grosse dimensioni e le criticità per fattibilità, finanziamenti etc; le priorità realizzative sono nell'ordine Domodossola, Luino, Chiasso.

Per decidere il livello di ETCS da utilizzare (il Livello2 ERTMS, il livello1 ERTMS con o senza la funzionalità In-fill - realizzata con diversi livelli di requisiti e con diverse soluzioni tecnologiche, quali loop e radio GSM-R - ed il Livello 1 ERTMS Limited Supervision) si sono valutati i seguenti elementi:

- ✗ presenza di sistemi di segnalamento e comando e controllo già esistenti ai quali sovrapporre ERTMS/ETCS;

- ✘ modalità di interfacciamento con gli Interlocking esistenti;
- ✘ scelta di lunghezza del blocco;
- ✘ disponibilità o meno di GSM-R;
- ✘ soluzioni per aree caratterizzate da alta densità di traffico;

Fra le varie soluzioni che potrebbero essere adottate per attrezzare il corridoio con un sistema interoperabile, RFI è interessata a sviluppare un sistema che possa essere sovrapposto ai sistemi già esistenti. In effetti il sistema SCMT, pur essendo classificabile ATP, non può essere considerato un sistema ETCS di livello 1, anche se funzionalmente può sembrare simile. Infatti sul piano strettamente tecnologico, i punti informativi di SCMT possono essere realizzati oltre che con Eurobalise, anche con boe meno recenti (a 180 bit), incompatibili con le apparecchiature di bordo standard ETCS. Dove invece sono installate Eurobalise, SCMT utilizza il solo pacchetto nazionale (detto pacchetto 44) del telegramma emesso dalla boa. Questo non è invece utilizzabile da un sistema di bordo standard ETCS, che utilizza invece la rimanente parte del telegramma di 1023 bit. Inoltre le apparecchiature di bordo SCMT hanno le funzionalità proprie della ripetizione continua (RSC), per cui nell'attrezzaggio dell'infrastruttura delle linee con BACC è stato deciso da RFI, per questioni di costi e di tempi di realizzazione, di non installare boe commutabili in corrispondenza di moltissimi segnali, in quanto il loro aspetto poteva ugualmente essere fornito dalla RSC. Sono quindi stati installati punti informativi con boe fisse, che forniscono i dati dell'infrastruttura, come velocità massima, pendenza, distanza del prossimo punto informativo eccetera. È evidente che un treno equipaggiato con ETCS standard in questa situazione di attrezzaggio, non può rilevare l'aspetto dei segnali. Ne risulta che SCMT non è ETCS livello 1, ma una linea attrezzata con SCMT può essere modificata in maniera relativamente agevole per essere attrezzata anche con ETCS livello 1 in aggiunta a SCMT. Per fare ciò è necessario che le boe

installate siano tutte effettivamente boe Eurobalise, e soprattutto commutabili in corrispondenza dei segnali per comunicarne l'aspetto, e attivare su tutte le boe la parte di telegramma standard di ETCS. Rimane tuttavia il fatto che un apparato di bordo ETCS livello 1 standard non è in condizione di leggere le informazioni fornite dalla RSC in modo continuo: infatti è un sistema discontinuo, con il relativo problema del mancato aggiornamento dell'informazione fra due punti informativi. Questo fa sì che, se si supera un segnale di avviso con indicazione di "avviso di via impedita", è necessario seguire una curva di sicurezza che porta a velocità molto basse anche se il segnale nel frattempo è passato a via libera. Questo costituisce un rallentamento dei treni e quindi una riduzione della capacità della linea, cosa che RFI non intende accettare. Per risolvere questo problema è necessario prevedere l'infill, cioè l'invio di una informazione continua in un tratto di binario precedente il segnale disposto a via impedita, in modo da dare tempestivamente notizia del passaggio a via libera. Questo può essere fatto con il sistema Euroloop, mediante un cavo posto lungo il binario, ma RFI propone in alternativa un nuovo modo detto Radio-infill. Con quest'ultimo sistema, il treno quando si avvicina a un segnale che rientra nella zona d'azione dell'infill, capta da un apposito punto informativo l'ordine di collegarsi tramite il sistema radio GSM-R con il centro di controllo che gestisce il segnale (ad esempio la stazione) per chiedere l'attivazione dell'infill. La stazione invia allora al treno tramite il GSM-R l'informazione continua sull'aspetto del segnale, fino a quando il treno, passando su un successivo punto informativo comunica che ha superato la zona di infill e che quindi non necessita più di questo collegamento radio, quindi si scollega dalla comunicazione.

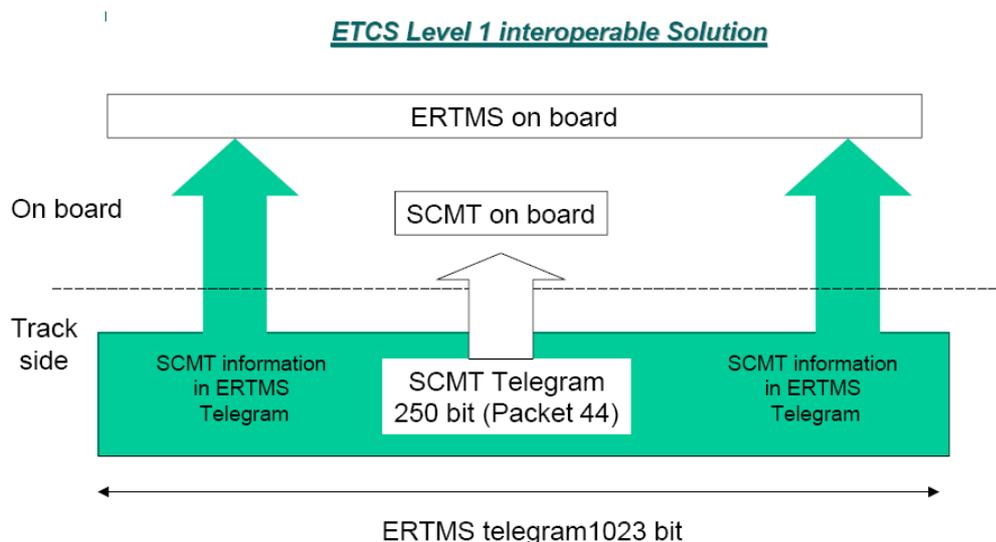
Considerando che le linee che costituiranno il corridoio interoperabile hanno prevalentemente già implementata la tecnologia SCMT (Sistema di Controllo Marcia Treno) ed hanno tutte la copertura

radio GSM-R, RFI ha valutato quindi come soluzione interoperabile più adeguata per la parte italiana del corridoio il Livello 1 ERTMS con Radio – In-fill, che garantisce caratteristiche di sicurezza adeguate e prestazioni della linea uguali o migliori a quelle presentate dal sistema nazionale esistente, vicine a quelle realizzabili dalla soluzione ETCS di livello 2 applicata per la rete AC/AV italiana (linee nuove e senza la presenza di segnalamento nazionale preesistente).

La scelta del livello 1 ERTMS consente l'utilizzo di balise e di encoder, che sono gli stessi già utilizzati anche da SCMT, come apparecchiature per la gestione e la trasmissione al treno delle informazioni della via.

La disposizione dei Punti Informativi (PI) di SCMT risulta compatibile, rispetto alle esigenze del livello 1 ERTMS, essendo necessario solo un incremento del numero di boe commutabili con i relativi encoder in linee attrezzate con SCMT con BAcc.

Per utilizzare la stessa boa per entrambi i sistemi è necessario integrare il pacchetto, 44 presente per le funzionalità SCMT con gli altri pacchetti del telegramma standard ETCS. (vedi Figura 7-33).



*Figura 7-33 Rete RTE-T – il telegramma ETCS con inserito SCMT*

Aggiungendo al Livello 1 di ETCS la funzionalità Radio In-fill si risolvono molti limiti associati all'uso del Livello 1 (situazioni di minor protezione degli errori di guida alla partenza, possibile incoerenza tra segnalamento laterale e informazioni a bordo, prestazioni più limitate del livello 2 ETCS).

Non risulta invece particolarmente significativo l'impatto di ETCS L1 con Radio Infill sui sistemi esistenti.

In particolare, le interferenze principali con i diversi sistemi presenti possono riassumersi nelle seguenti:

- ✘ per l'interlocking basta aggiungere alcune interfacce senza sostituire gli apparati presenti con nuovi interlocking (cosa necessaria in caso di utilizzazione di ETCS L2);
- ✘ per il blocco automatico, dove è presente, non c'è alcuna operazione da fare; il Bacc (integrato con SCMT) mantiene la sua funzionalità per i treni nazionali. La sovrapposizione di ETCS L1 si realizza infatti utilizzando le balises di SCMT, con una nuova configurazione, sostituendo le balise non commutabili con balise commutabili ed aggiungendo i corrispondenti encoder;
- ✘ I circuiti di binario restano gli stessi.

Anche per quanto riguarda i regolamenti per l'esercizio, l'aggiornamento necessario per la sovrapposizione di ETCS su sistemi con segnali laterali, richiede per ETCS L1 minori modifiche rispetto a quelle necessarie per ETCS L2.

La funzionalità Radio In-fill ha lo scopo di trasferire al treno, anticipandole, le stesse informazioni di segnalamento contenute nel punto informativo associato al segnale di 1° categoria situato a valle e permette ad un treno, collegato con l'unità Radio In-fill di terra, la ripartenza o il

rilascio della curva di frenatura nel caso in cui l'aspetto del segnale diventi di via libera.

In linea di principio il Radio In-fill permette anche la gestione di funzioni con stringenti caratteristiche di sicurezza, quali la riduzione della MA nel caso in cui il segnale di 1° categoria situato a valle passi ad un aspetto più restrittivo, implementando alcune ulteriori funzioni a bordo del treno per mezzo delle quali realizzare il Radio Infill "sicuro".

L'uso del Livello 1 con Radio In-fill invece del livello 2 risolve, come fin qui evidenziato, gran parte degli aspetti negativi associati all'uso del Livello 2 sovrapposto a linee con segnalamento preesistente (interventi sugli Apparati per la connessione con il RBC, necessità di gestire il segnalamento laterale incrementando i suoi aspetti o gestendone dinamicamente la presenza, necessità di una disponibilità molto alta della copertura GSM-R essendo minore la riduzione delle prestazioni in presenza di degrado del GSM-R potendo utilizzare le boe per l'esercizio interoperabile degradato, minore criticità per la gestione interoperabile dei grandi nodi e per le manovre) consentendo così una soluzione che molto valida in termini prestazionali, con vantaggi evidenti legati alle riduzioni di costi e criticità.



## CONCLUSIONI

L'evoluzione delle ferrovie in Europa è stata caratterizzata dalla presenza di monopoli, generalmente statali, che ha portato allo sviluppo di sistemi “nazionali” fra loro incompatibili per vari aspetti che vanno dai regolamenti di esercizio all'attrezzatura tecnologica. Questa organizzazione, che potremmo definire a “monopoli nazionali”, era considerata naturale, in quanto ogni Stato aveva sviluppato una propria rete gestita secondo regolamenti e tecnologie proprie e adattate alle proprie necessità e caratteristiche. Le differenze, che erano relativamente poche alle origini, sono andate nel tempo aumentando di pari passo con lo sviluppo tecnologico che è stato frammentario sia nello spazio che nel tempo. A tal proposito si pensi, ad esempio, ai diversi sistemi di alimentazione elettrica o alla moltitudine di sistemi di comando – controllo presenti sulla rete europea.

Questa situazione, seppur ormai consolidata da decenni, è in totale disaccordo con i principi basilari del processo di unificazione europea, che prevedono la creazione di un'unica area politica ed economica a livello europeo, dove sia consentita e favorita la libera circolazione delle persone e delle merci. Ciò ha spinto l'Unione Europea, nell'ottica di creare una rete europea il più possibile interoperabile e di rilanciare il trasporto su ferro, ad intraprendere un lungo e complesso processo di riforma del sistema ferroviario comunitario basato sui seguenti concetti:

- 4) Liberalizzazione del mercato ferroviario ovvero, fondamentalmente, distinzione e indipendenza fra il soggetto che gestisce l'infrastruttura e il soggetto che esegue il trasporto;
- 5) Uniformità tecnica dell'infrastruttura;
- 6) Elevato standard di sicurezza del sistema.

Ognuno di questi punti è stato oggetto di uno specifico filone di direttive europee, le cui capostipiti sono

- 4) la Direttiva n°440 del 1991 per la liberalizzazione del mercato ferroviario;
- 5) la Direttiva n°48 del 1996 e n°16 del 2001 per l'interoperabilità dei sistemi AV e convenzionali;
- 6) la Direttiva n°49 del 2004 per la sicurezza in ambito ferroviario.

Il presente lavoro di ricerca si inserisce in quest'ambito; il suo oggetto è la nuova concezione di ferrovia europea ovvero l'analisi delle azioni intraprese dall'Unione Europea per trasformare l'insieme delle varie reti nazionali in un'unica rete integrata a livello comunitario sulla base delle Direttive comunitarie che intervengono sia sull'aspetto regolamentare che tecnologico. A quest'ultimo è stato dedicato ampio spazio, esaminando le nuove tecnologie per l'interoperabilità e le relative problematiche di implementazione sulla rete di trasporto transeuropea con particolare riguardo all'asse n°24 Genova – Rotterdam o “Corridoio dei due mari”.

Il testo è stato organizzato in 7 capitoli, oltre all'introduzione e alle conclusioni, seguendo un filo conduttore che prevede, prima di tutto, nel capitolo 1, lo studio dei caratteri principali delle varie reti nazionali evidenziando le standardizzazioni presenti e, ovviamente, le differenze regolamentari e tecniche oltre alla organizzazione dei trasporti ferroviari internazionali prima delle riforme UE. Qui l'attenzione è rivolta soprattutto ai motivi che hanno portato alla nascita di tante differenze nei sistemi nazionali e alla loro entità e caratteristiche. Dopo questa analisi, di quella che possiamo definire lo “stato dell'arte”, si è proseguito con la presentazione del progetto europeo di superamento degli aspetti nazionali e di rilancio della ferrovia. I principi fondamentali del progetto europeo e la cronistoria della relativa legislazione, che si è sviluppata e si sta ancora

sviluppando a piccoli passi successivi, sono illustrati nel capitolo 2. Quindi si è iniziata la discussione sui tre grandi filoni di intervento della legislazione comunitaria basandosi sull'analisi dei testi consolidati delle varie Direttive: il capitolo 3 è dedicato alla liberalizzazione del mercato ferroviario con particolare attenzione alle regole di accesso alla rete da parte dei nuovi operatori di trasporto e ai requisiti che questi ultimi devono rispettare. I capitoli 4 e 5 riguardano il grande tema dell'interoperabilità: nel primo, si sono affrontati gli aspetti legislativi del problema e in particolare la definizione dei sottosistemi ferroviari e i relativi requisiti di sicurezza, affidabilità, salute degli operatori, tutela ambientale e compatibilità tecnica. Inoltre, sempre nel capitolo 4, si sono introdotti i concetti di specifica tecnica di interoperabilità e si sono analizzate le procedure per le verifiche di conformità previste dalle direttive europee. Nel successivo capitolo 5 ci si è spostati dall'ambito regolamentare e legislativo ad un ambito tecnico, andando nel dettaglio delle nuove tecnologie necessarie per realizzare una rete europea interoperabile con particolare attenzione alla trazione elettrica e al nuovo sistema di segnalamento europeo ERTMS/ETCS. Oltre alla descrizione delle nuove tecnologie, in questo capitolo, è stato affrontato il grande tema della migrazione dai sistemi esistenti verso i nuovi; infatti la creazione di una rete integrata sarà un processo che si protrarrà molto a lungo nel tempo e non è neppure prevista, per gli elevati costi, l'applicazione delle nuove tecnologie all'intera rete ferroviaria, che sarà limitata alla sola rete transeuropea. I nuovi sistemi devono quindi essere in grado di essere compatibili con i precedenti senza creare diminuzioni dei livelli di sicurezza attuali e/o riduzioni della potenzialità delle linee. Il capitolo 6 è invece dedicato alla sicurezza ferroviaria europea e, in particolare, ai suoi obiettivi e ai suoi criteri di valutazione, che devono essere comuni e chiaramente applicabili in tutti i paesi membri della comunità.

L'applicazione delle Direttive europee, come si è già detto, sarà un processo graduale, lungo e complesso che si svilupperà partendo da un insieme di direttrici transeuropee individuate dall'Unione come prioritarie. Alla rete transeuropea dei trasporti (TEN-T) e in particolare all'asse n°24 Genova – Rotterdam è stato dedicato il capitolo 7. Di quest'ultimo è stato analizzato lo stato attuale concentrandosi sui fattori, che impediscono la libera circolazione dei mezzi, e sulle azioni e gli investimenti che sono in corso o sono programmati per il suo sviluppo nell'ottica della creazione di un corridoio interoperabile a livello europeo. Sono stati inoltre presentati i livelli di traffico previsti a regime sull'asse e i relativi impatti in termini economici ed ambientali e sono state descritte le grandi opere in costruzione lungo il corridoio e che permetteranno la migrazione verso il sistema interoperabile. In particolare l'attenzione è stata rivolta alla nuova linea della Betuwe, trattandosi della prima linea appositamente costruita per il solo traffico merci, secondo le nuove specifiche di interoperabilità e sicurezza, e ai grandi trafori alpini del San Gottardo e del Loetschberg che rappresentano le opere fondamentali per un reale aumento della capacità di trasporto ferroviaria sul percorso Italia – Europa Centrale. Infine ci si è occupati della tratta italiana, analizzando gli interventi infrastrutturali previsti e le varie alternative di tracciato proposte.

Dall'attività di ricerca svolta è emerso come gli interventi normativi previsti a livello europeo hanno dato vita ad uno scenario estremamente complesso e ancora in evoluzione. La liberalizzazione del mercato dei servizi ferroviari, anche se attualmente ancora limitata a scala europea al solo traffico merci, con la possibilità per qualsiasi impresa ferroviaria in possesso di una licenza e di un certificato di sicurezza di accedere alla rete, sta favorendo la formazione di uno spazio ferroviario europeo unificato nel quale stanno inserendosi nuove compagnie private, che offrono servizi concorrenziali con quelli delle aziende statali su tratte sia nazionali sia internazionali. Tutto questo anche se non è stato ancora

raggiunto l'obiettivo di una rete interoperabile estesa almeno sulle grandi direttrici di traffico. Il processo di integrazione comunitaria del trasporto ferroviario può dirsi quindi iniziato, ma deve confrontarsi con le difficoltà proprie della profonda diversità che attraversa l'Europa. La presenza nei venticinque Stati membri di regole tecniche e di regole di sicurezza nazionali spesso incompatibili tra loro costituisce un ostacolo rilevante per lo sviluppo del settore ferroviario.

Dal punto di vista legislativo, le Direttive europee forniscono una valida base normativa che viene costantemente aggiornata sulla base delle osservazioni dei vari Stati membri; queste vengono regolarmente recepite dai Parlamenti nazionali che successivamente provvedono anche all'aggiornamento della legislazione nazionale. Il processo è necessariamente lungo, visto il complesso iter burocratico da seguire, tuttavia ciò ha già permesso, ad esempio, di definire standard comuni per le nuove linee ad alta velocità, che già attualmente devono essere costruite secondo criteri uniformi per l'intera Comunità.

Dal punto di vista tecnico i maggiori ostacoli all'integrazione europea erano costituiti dalla diversità dei sistemi di alimentazione elettrica e dei sistemi di controllo – comando della circolazione. Se per i primi, con l'avvento dell'elettronica di potenza che ha permesso di realizzare locomotive politensione e policorrente in modo relativamente semplice ed economico, il problema dell'integrazione può dirsi praticamente risolto, per i secondi non è possibile fare la stessa affermazione. E' stato definito lo standard europeo per il sistema di controllo – comando costituito dal sistema ERTMS/ETCS, di cui si hanno già le prime applicazioni in uso commerciale su linee di nuova costruzione. Resta, tuttavia, da adeguare la maggior parte della rete convenzionale e delle rete AV realizzata precedentemente alle Direttive europee. Questo comporta la necessità di un lungo periodo di coabitazione fra i sistemi nazionali e quelli europei con conseguenti problemi di

compatibilità per tutta la fase di transizione. Inoltre le imprese di trasporto, che svolgono servizi internazionali, sono di conseguenza obbligate a disporre di macchine attrezzate con vari sistemi di segnalamento, o meglio con tanti sistemi quante sono le reti che intendono attraversare. Rimane così una seria limitazione della possibilità di accesso delle imprese di trasporto ad un numero elevato di reti ed un serio ostacolo alla creazione di un sistema realmente flessibile ed adattabile alle variazioni delle esigenze di mercato.

Accanto alle diversità tecniche, vi sono poi diversità culturali di difficile composizione, ad esempio, la lingua, che in tema di servizi di trasporto internazionali e di patente europea dei macchinisti riveste un ruolo fondamentale.

Gli obblighi imposti agli Stati membri attraverso le direttive e i regolamenti emanati dalla Unione Europea sono l'espressione della volontà di raggiungere un'effettiva unificazione attraverso un approccio graduale, aiutato anche da scadenze molto dilatate nel tempo, tuttavia il superamento delle diversità richiede ancora sforzi notevoli sia sotto il profilo economico sia sotto il profilo politico e di volontà dei vari Paesi. Da varie parti, infatti, si levano critiche e dubbi sulla reale efficacia delle azioni intraprese, in particolare viene rimproverata una eccessiva burocratizzazione della gestione del sistema nel suo complesso e delle procedure di concessione delle licenze e delle tracce. D'altra parte l'apertura del mercato sta provocando una trasformazione dell'intero sistema ferroviario europeo con conseguenze ancora non del tutto chiare. Se da un lato, infatti, la trasformazione delle vecchie compagnie nazionali in società di stampo privato, senza i sussidi statali, sta provocando notevoli difficoltà economiche e di gestione; dall'altro gli alti costi d'entrata nel mercato e la scarsa possibilità di recuperare gli investimenti iniziali costituisce un serio freno alla nascita di compagnie private. Infatti la creazione di una nuova società ferroviaria prevede un investimento

iniziale notevole, in termini di acquisto o leasing del materiale rotabile, formazione del personale, acquisizione delle varie certificazioni, ..., a fronte di ricavi incerti e comunque così diluiti nel tempo da prevedere tempi di ritorno dell'investimento dell'ordine dei dieci anni. Inoltre la necessità di garantire controlli di sicurezza estesi a più compagnie da parte di enti per lo più di nuova costituzione, quali le Agenzie per la Sicurezza, etc, provoca un appesantimento delle procedure burocratiche che si traducono in ulteriori oneri per le nuove e le vecchie imprese. Tutto questo potrebbe provocare che solo pochi attori siano in grado di disporre di capitali e attrezzature tali da poter entrare nel mercato e che quindi la liberalizzazione sostanzialmente non porti che alla nascita di un numero limitato di nuove compagnie eventualmente specializzate in determinati settori di trasporti e limitate a poche tratte redditizie. Parallelamente le vecchie società nazionali potrebbero trovarsi costrette a diminuire o ad eliminare i servizi sui percorsi meno redditizi per esigenze di mercato e ciò renderebbe il sistema ferroviario ancor meno appetibile per quanti si trovino al di fuori dei grossi corridoi di comunicazione.

Come spesso accade in economia, il giudizio definitivo sulla liberalizzazione del settore ferroviario sarà dato dal mercato stesso e l'indicatore di riferimento non potrà che essere il numero e i bilanci delle varie società di settore.

Per quanto riguarda l'interoperabilità, si stanno iniziando a vedere i primi effetti dalla Direttive europee, ma si è ancora lontani dall'effettiva realizzazione di una rete integrata a livello europeo, così come non sembra ancora essere iniziato il processo di riequilibrio modale auspicato dalla Unione Europea. E' verosimile che l'apertura di nuove linee AV e merci, costruite secondo i criteri di interoperabilità, previste a breve in molti paesi costituiscano una svolta per la vera creazione di una rete ferroviaria europea e per il rilancio del sistema ferroviario. Esempio pratico di questa situazione è il corridoio n°24 Genova – Rotterdam delle rete TEN-T che,

attraversando cinque Paesi membri dell'Unione ed uno extra UE, riassume in se stesso tutti i problemi e le opportunità del processo di integrazione europea. I grossi investimenti realizzati nei Paesi Bassi, ove è stata costruita la linea merci della Betuwe secondo i criteri dell'interoperabilità, ha permesso un aumento del traffico merci su ferro da e per il porto di Rotterdam e il centro Europa. Un analogo fenomeno è atteso in Svizzera con l'apertura della prima canna del traforo del Lötschberg prevista per il prossimo 18 giugno, opera anch'essa realizzata secondo i criteri previsti dalla UE, pur non essendo la Svizzera un paese membro. L'integrazione lungo il corridoio 24 è quindi già iniziata anche se si sta sviluppando con modi diversi a seconda dei vari Paesi. Per alcuni aspetti questa si può dire praticamente già conclusa; ad esempio il sistema di comunicazione GSM-R è ormai uno standard generalizzato su quasi tutto l'itinerario, per altri il percorso è ancora lungo, ad esempio il sistema ETCS è in esercizio solo sulla linea della Betuwe e, tempo qualche mese, sul traforo del Lötschberg. Per quanto riguarda la tratta italiana, è attualmente sospesa la realizzazione del terzo valico dei Giovi, prevista secondo le specifiche europee, mentre continuano i lavori sulle linee Alta Velocità Torino - Milano e Milano - Bologna - Firenze, pure costruite secondo le specifiche europee con applicazione di ETCS livello 2. Sono in corso studi per adeguare le linee esistenti comprese nel corridoio 24, agli standard europei mediante l'installazione di un sistema ETCS di primo livello, mantenendo contemporaneamente in esercizio il sistema italiano SCMT, per consentire la circolazione dei mezzi nazionali non attrezzati con le apparecchiature europee.

In conclusione il processo di liberalizzazione ed di integrazione delle reti ferroviaria europea mostra ad oggi luci ed ombre: i grossi investimenti nel settore, soprattutto in termini di nuove linee ad alta velocità, sembrano portare notevoli migliorie al sistema e sembrano favorire il riequilibrio modale auspicato a livello europeo, tuttavia gli alti

costi di accesso alla rete per le nuove compagnie e la bassa redditività del sistema, accompagnata da un'eccessiva burocratizzazione delle procedure, pongono seri dubbi sulla reale efficacia della liberalizzazione del mercato. Anche lo sviluppo e la diffusione delle nuove tecnologie per l'interoperabilità sembra portare i benefici attesi e questi saranno tanto maggiori quanto più sarà estesa la rete effettivamente interoperabile di cui, ad oggi, si vedono solo le prime tratte.

*Bologna, lì 12 Marzo 2007*



## **BIBLIOGRAFIA**

A.A.V.V., *Più treni sulle Alpi*, fermerci, Nov/Dic 2002

AlpTransit San Gottardo SA, *La nuova linea ferroviaria del San Gottardo*, maggio 2005, [www.alptransit.ch](http://www.alptransit.ch)

Atti del *Convegno CIFI Certificazione, omologazione, standardizzazione, interoperabilità ferroviaria*, Milano 29 aprile 2005

Atti della Giornata di Studio del CIFI *Tecnologie per la ricerca e certificazione del materiale rotabile*, Firenze, 13/12/2002

Atti della Giornata di Studio Trasporti su rotaio dell'AICQ con la collaborazione del CIFI, Roma, 08/09/2002

Atti della Mostra Convegno *Ricerca e sviluppo dei sistemi ferroviari*, Napoli, 09-10/05/2003

Atti di *Conference ERTMS 2004 Managing the Migration*, Roma, Dicembre 2004

BLS AlpTransit AG, *Lotschberg tunnel di base*, 2005, [www.blsalptransit.ch](http://www.blsalptransit.ch)

Bombardier, *Descrizione della locomotiva TRAXX F 140 MS*, Marzo 2005

Bonora Giovanni, Focacci Carlo, *Funzionalità e progettazione degli Impianti Ferroviari, CIFI 2002*

Caroti F., *La normativa tecnica internazionale e i collegamenti con le specifiche tecniche di interoperabilità*, Ingegneria Ferroviaria n°3-2003

Commissione Europea, *DES RESEAUX POUR LA PAIX ET LE DEVELOPPEMENT Extension des grands axes transeuropéens de transport vers les pays et régions voisins. Rapport de Groupe à Haut Niveau présidé par Loyola de Palacio*, Novembre 2005, [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)

Commissione Europea, Direzione generale per l'energia e i trasporti, *Improving Cross Acceptance of Rolling Stock: problems, objectives and options*; (12/04/2006), [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)

Commissione Europea, Direzione generale per l'energia e i trasporti, *Reference*

*to standards and other directives in the TSIs (Technical Specifications for Interoperability) under Directives 96/48/EC and 01/16/EC; (25/09/2002),*  
[www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)

Commissione Europea, Direzione generale per l'energia e i trasporti, *ERTMS – pour un trafic ferroviaire fluide et sûr. Un grand projet industriel européen,*  
[www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)

Commissione Europea, EuROPE-TRIP Project Technical Annex, *Deliverable N° D.05,* [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu) 1999

Commissione Europea, *Rapport annuel d'activite du coordonnateur Karel Vinck - Projet ertms,* Luglio 2006, [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)

Comunità Economica Europea, *Trattato di istituzione della Comunità Economica Europea,* Roma 1957, [http://eur-lex.europa.eu/it/treaties/treaties\\_founding.htm](http://eur-lex.europa.eu/it/treaties/treaties_founding.htm)

Coraiola, *Il collegamento dati tramite il GSM-R per il sistema ERTMS,* ,  
Ingegneria Ferroviaria n°11-2004

*Decisione della Commissione del 23 dicembre 2005 relativa alla specifica tecnica di interoperabilità riguardante il sottosistema materiale rotabile rumore del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale,* Gazzetta ufficiale dell'unione europea, 08/02/2006, [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu)

*Decisione della Commissione del 28 marzo 2006 relativa alla specifica tecnica di interoperabilità per il sottosistema «controllo-comando e segnalamento» del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale,* Gazzetta ufficiale dell'unione europea, 16/10/2006, [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu)

*Decreto Legislativo 30 settembre 2004, n. 268 "Attuazione della direttiva 2001/16/CE in materia di interoperabilità del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale",* Gazzetta Ufficiale n° 264 del 10/11/2004 - Supplemento Ordinario n° 164

Dentato Antonio, *I trasporti,* AF, CAFI, Febbraio 2004

*Direttiva 1991/440/CEE del Consiglio, del 29 luglio 1991, relativa allo sviluppo delle ferrovie comunitarie,* Gazzetta ufficiale del 24/08/1991,  
[www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)

*Direttiva 1995/18/CE del Consiglio del 19 giugno 1995, relativa alle licenze*

*delle imprese ferroviarie*, Gazzetta ufficiale del 27/06/1995, [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)

*Direttiva 1996/48/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 Giugno 1996 sull'interoperabilità della rete transeuropea ad alta velocità*, Gazzetta ufficiale delle Comunità europee, 17/09/1996, [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu)

*Direttiva 2001/12/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 26 febbraio 2001 che modifica la direttiva 91/440/CEE del Consiglio relativa allo sviluppo delle ferrovie comunitarie*, Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea, 15/03/2001, [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu)

*Direttiva 2001/13/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 26 febbraio 2001 che modifica la direttiva 95/18/CE del Consiglio relativa alle licenze delle imprese ferroviarie*, Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea, 15/03/2001, [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu)

*Direttiva 2001/14/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 26 febbraio 2001 relativa alla ripartizione della capacità di infrastruttura ferroviaria, all'imposizione dei diritti per l'utilizzo dell'infrastruttura ferroviaria e alla certificazione di sicurezza*, Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea, 15/03/2001, [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu)

*Direttiva 2001/14/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 febbraio 2001, relativa alla ripartizione della capacità di infrastruttura ferroviaria, all'imposizione dei diritti per l'utilizzo dell'infrastruttura ferroviaria e alla certificazione di sicurezza*, Gazzetta ufficiale del 15/03/2001, [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)

*Direttiva 2001/16/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 marzo 2001 relativa all'interoperabilità del sistema ferroviario europeo convenzionale*, Gazzetta ufficiale delle Comunità europee, 20/04/2001

*Direttiva 2004/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 29 aprile 2004, relativa alla sicurezza delle ferrovie comunitarie e recante modifica della direttiva 95/18/CE del Consiglio relativa alle licenze delle imprese ferroviarie e della direttiva 2001/14/CE relativa alla ripartizione della capacità di infrastruttura ferroviaria, all'imposizione dei diritti per l'utilizzo dell'infrastruttura ferroviaria e alla certificazione di sicurezza (direttiva sulla sicurezza delle ferrovie)*, Gazzetta ufficiale delle Comunità europee, 21/06/2004, [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu)

*Direttiva 2004/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 29 aprile*

2004 che modifica la direttiva 96/48/CE del Consiglio relativa all'interoperabilità del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità e la direttiva 2001/16/CE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa all'interoperabilità del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale, Gazzetta ufficiale delle Comunità europee, 30/04/2004, [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu)

Direttiva 2004/51/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 29 aprile 2004 che modifica la direttiva 91/440/CEE relativa allo sviluppo delle ferrovie comunitarie, Gazzetta ufficiale delle Comunità europee, 30/04/2004, [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu)

Elia M., *Certificazione di sicurezza, apertura dei mercati e interoperabilità*, , Ingegneria Ferroviaria n°3-2003

ERA, *Accompanying Report to the Recommendation to the Commission on The Technical Examination of National Safety Rules*, 06/12/2006, [www.era.eu](http://www.era.eu)

ERA, *Calendrier de travail 2006 – 2010 pour la mise en oeuvre des méthodes de sécurité communes (MSC) et des objectifs de sécurité communs (OSC)*, 21 décembre 2005, [www.era.eu](http://www.era.eu)

ERA, *Ideas for the standardisation of safety management systems for railway undertakings and infrastructure managers*, 15/01/2007, [www.era.eu](http://www.era.eu)

ERA, *Safety railway statistics (source Eurostat data) Year 2004*, [www.era.eu](http://www.era.eu)

Febo M., *Analisi delle caratteristiche funzionali del trasporto combinato accompagnato: il caso dell'autostrada viaggiante Bologna – Brindisi*, Tesi di Laurea Ing. Gestionale, Università di Bologna, Luglio 2004

Ferravante Roberto, *Il corridoio Genova – Rotterdam: l'impatto sulla rete dei trasporti e sull'economia europea*, in Genova-Rotterdam. Opportunità e minacce per il Verbano Cusio Ossola 04/03/05

Hachemane Patrick, *Evaluation de la capacité de réseaux ferroviaires*, Thèse de doctorat No 1632, EPFL, Lausanne 1997

Jan scherp, *Railway (de-)regulation in eu member states and the future of european rail*, CESifo DICE Report 4/2005, [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)

Lucchini L., Rivier R., Curchod A., *Transalpine rail network: a capacity assessment model*, Institute of Transportation Planning, Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne

Lucchini L., Rivier R., Emery D., *CAPRES network capacity assessment for Swiss North – South rail freight traffic*, Institute of Transportation Planning, Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne

Malara V., *Apparecchiature di sicurezza ad uso del Personale di Condotta*, CIFI 2005

Mayer F., *La BEI e i finanziamenti della grandi infrastrutture ferroviarie*, Ingegneria Ferroviaria n°1-2003

Mayer L., *Impianti ferroviari. Tecnica ed esercizio*, CIFI 1986

Mingozzi D., *Modelli e procedure informatiche per l'ottimizzazione dell'orario ferroviario e per l'aumento della capacità di trasporto. Applicazione al corridoio merci Rimini – Gioia Tauro*, Tesi di laurea in Ing. Civile Trasporti, Università di Bologna Marzo 2003

Mingozzi E., *Il contributo di Italcertiferr SCpA per la ricerca e la certificazione nel quadro della liberalizzazione del trasporto ferroviario*, Ingegneria Ferroviaria n°3-2003

Mingozzi E., *Tendenze di sviluppo nella tecnologia di veicolo e di sistema nel trasporto ferroviario*, in "Innovazione per lo sviluppo dei sistemi di trasporto elettrificati ferroviari e urbani" Napoli 2005

Piro G., *Il nuovo libro bianco dei trasporti dell'Unione Europea: verso uno spazio ferroviario integrato*, Ingegneria Ferroviaria n°5-2002

Piro G., *Punto sull'alta velocità ferroviaria nell'anno 2003*, Ingegneria Ferroviaria n°7-8-2003

Praitoni G., *Dispense del corso di Teoria e Tecnica della Circolazione*, Università di Bologna

*Raccomandazione della commissione del 21 marzo 2001 sui parametri di base del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità di cui all'articolo 5, paragrafo 3, lettera b), della direttiva 96/48/CE*, Gazzetta ufficiale del 11/04/2001, [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)

*Rail transport accident in the European Union in 2004*, [www.ec.europa.eu/eurostat](http://www.ec.europa.eu/eurostat)

Raoul J. C., *L'interoperabilità ferroviaria in Europa*, Ingegneria Ferroviaria

n°9-2002

*Regolamento n. 1192/2003 della Commissione del 3 luglio 2003 che modifica il regolamento (CE) n. 91/2003 del Parlamento europeo e del Consiglio relativo alle statistiche dei trasporti ferroviari*, Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, 04/07/2003, [www.eurlex.eu](http://www.eurlex.eu)

*Regolamento n. 91/2003 del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 relativo alle statistiche dei trasporti ferroviari 21.1.2003*, Gazzetta ufficiale delle Comunità europee, [www.eurlex.eu](http://www.eurlex.eu)

*Regolamento n° 62/2006 della Commissione del 23 dicembre 2005 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per il sottosistema Applicazioni telematiche per il trasporto merci del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale*, Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, 18/01/2006, [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu)

*Regulation n° 881/2004 of the european parliament and of the council of 29 april 2004 establishing a european railway agency (agency regulation)*, Gazzetta ufficiale delle Comunità europee, 30/04/2004, [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu)

RFI, *Corridoio interoperabile Rotterdam – Milano – Genova. Studio ETCS*, [www.rfi.it](http://www.rfi.it) 2006

RFI, *Prospetto informativo rete*, [www.rfi.it](http://www.rfi.it) 2006

Rizzo V., Bruni P., Lupi Margherita, *Sistema di segnalamento della tratta AV Roma-Napoli*, , Ingegneria Ferroviaria n°9-2005

Senesi F., Massi G., *Il sottosistema di terra del SCMT: il percorso della sviluppo all'attivazione*, Ingegneria Ferroviaria n°4-2005

Senesi F., Petacchia G., Malangone R., *Utilizzo della distanza obbiettivo come seconda catena di appuntamento nella logica del SCMT*, Ingegneria Ferroviaria n°9-2006

Silla, *L'agenzia ferroviaria Europea*, Rail International n°3-2003

*T E N - I n v e s t-Transport Infrastructure Costs and Investments between 1996 and 2010 on the Trans-European Transport Network and its Connection to Neighbouring Regions, including an Inventory of the Technical Status of the Trans-European Transport Network FINAL REPORT*, [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)

UIC, *BDS Base de données sécurité –Definitions*, 14-10-2004, [www.uic.asso.fr](http://www.uic.asso.fr)

- UIC, *Liens entre capacité des infrastructures ferroviaires et qualité de l'exploitation*, Fiche 405 OR 1996
- UIC, *Methode destinée a determiner la capacite de lignes*, Fiche 405-1 R 1983
- UIC, *Safety Database User Manual*, 2006-07-12, [www.uic.asso.fr](http://www.uic.asso.fr)
- UIC-UNISIG, *Glossary of Terms and Abbreviations – ERTMS*, [www.uic.asso.fr](http://www.uic.asso.fr)
- Unione Europea, *Acceptance criteria and assessment methodologies for safety certificates delivered in accordance with Directive 2001/14/C, 30/04/2005*, [www.eurlex.eu](http://www.eurlex.eu)
- Unione Europea, *Comunicazione della Commissione , verso uno spazio europeo integrato*, Bruxelles, 23/01/2002, COM (2002) 18, [www.eurlex.eu](http://www.eurlex.eu)
- Unione Europea, *Comunicazione della Commissione, il futuro dell'integrazione del sistema ferroviario europeo: il terzo pacchetto ferroviario*, Bruxelles, 3/03/2004, COM (2004) 140, [www.eurlex.eu](http://www.eurlex.eu)
- Unione Europea, *Decisione n. 1692/96/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 luglio 1996 sugli orientamenti comunitari per lo sviluppo della rete transeuropea dei trasporti*, [www.eurlex.eu](http://www.eurlex.eu)
- Unione Europea, *Decisione n. 884/2004/CE del Parlamento europeo e del Consiglio che modifica la Decisione n. 1692/96/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 luglio 1996 sugli orientamenti comunitari per lo sviluppo della rete transeuropea dei trasporti*, [www.eurlex.eu](http://www.eurlex.eu)
- Unione Europea, *Libro bianco sui trasporti, la politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte, adottato il 12/10/2001*, [www.eurlex.eu](http://www.eurlex.eu)
- Unione Europea, *Progetto di relazione sulla realizzazione del sistema europeo di segnalamento ferroviario ERTMS/ETCS, 2005/2168*, a cura di Michael Cramer (07/02/2006) , [www.europa.eu/scadplus](http://www.europa.eu/scadplus)
- Unione Europea, *Ten-Stac: Scenarios, traffic forecasts and analysis of corridors on the trans-european network*, Settembre 2004, [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu)
- Unità tecnica delle ferrovie, Redazione 1938*, [www.rfi.it](http://www.rfi.it)
- Vicuna Giuseppe, *Organizzazione e tecnica ferroviaria*, CIFI 1986
- Zuccoli Valentina, *Fondamenti giuridici delle politiche e dei programmi comunitari e loro applicazione operativa negli stati membri dell'unione*

## *Bibliografia*

---

*europa*, Elaborato finale master di II livello – Università di Ferrara, 2006