



Sezione Toscana

«Soluzioni altamente innovative
per i nodi ferroviari»

Il Sistema HD ERTMS

Caronti Daniele
Salvatore Romaniello

Firenze, 14 Aprile 2016

Direzione Tecnica - Standard Tecnologici e Sperimentali

Indice

- **Obiettivi RFI**
- **Descrizione dell'architettura**
- **Funzionalità e potenzialità**
- **Conclusioni**

Portfolio applicazioni ERTMS in RFI

ERTMS (ETCS+ GSM-R+ETML)

Upgrading GSM-R

Rete Alta Velocità

Level 2
(Baseline 2)
senza fallback

High Density Nodi Urbani

Level 2 /Level 3
(Baseline 3)
Sovrapposto al
National CCS

Freight & Passenger Tent-T Corridors

Level 1/Level 2
(Baseline 3)
Overlapped to
National CCS

Linee a scarso traffico

Level 2 /Level 3
(Baseline 3)
Satellite & Public
Bearer

Integrazione SST / SSB

IOP Test for
Safe
Integration

10 anni **In Servizio**
(Torino - Salerno) e in
continua **Evoluzione**
2016 Test 390km/h
2016 UpGrading Ro-Na
2016 Milano - Brescia
2018 Roma - Firenze
2020 Brescia - Verona
2025 Milano - Genova
2025 Napoli - Bari

In realizzazione

2018 :
HD nei Nodi di Roma,
Milano e Firenze
(headway 2'30 s)

**Sezioni Virtuali con
rilevamento integrità
treno, ATS**

In realizzazione

2015 Pilot Line Corr D
(1st BL3 overlapped on
Light signal)
2016: Ranzo - Luino,
Domo - Iselle (2015 Pilot
L1Ls + Radio Infill)
2017: Domo - Novara
2018: Milano - Chiasso
2020: Novara - Villa
Opicina; Fortezza -
Verona; Milano - Genova

In realizzazione

Pilot Line
in Sardegna
2017
**ERSAT unione di 2
progetti EU
(Galileo and ERTMS)
Interoperable
Virtual Balise**

ERTMS Regional

In realizzazione

- Nuove Imprese Ferroviarie
- Nuovi Fornitori
- Upgrading SSB
- Upgrading SST
- Nuove Baseline ETCS
- Mistral Analisi integrata

Esigenze commerciali e obiettivi aziendali

Lettera di incarico a firma del Direttore Tecnico con nota RFI-DTC\A0011\P\2014\0002882 del 14/10/2014, con i seguenti obiettivi:

- definizione dei criteri per la redazione dei Programmi di Esercizio per l'aumento di capacità nei nodi ferroviari mediante sistema ERTMS;
- definizione delle specifiche funzionali, prestazionali e tecnologiche del sistema ERTMS e dei relativi sistemi di segnalamento di terra per la gestione del traffico ad alta densità nei nodi ferroviari;
- elaborazione di un progetto di massima che consolidi le scelte individuate sulle tratte prioritarie del:
 - Nodo di Roma:
Roma Casilina - Ciampino
Roma Tiburtina - Roma Tuscolana - Roma Ostiense
 - Nodo di Milano:
Milano Garibaldi - Bivio Mirabello - Milano Greco Pirelli
Milano Garibaldi - Bivio Mirabello - Milano Lambrate

Documentazione di committenza – Stato dell'arte

- Programma di Esercizio (nodo di Roma)
- Profilo di linea (nodo di Roma)
- Specifiche dei Requisiti Funzionali
- Organismo Tecnico per PHA
- Relazione caratterizzante su nodo di Roma per avvio procedura negoziale (*in corso*)
- Bozza Normativa (*in corso*)

| | | | | | |
|---|------------|---|------------------|------------|------------|
|  RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO | | DIREZIONE COMMERCIALE ED ESERCIZIO RETE | Foglio 1 di 9 | | |
| <p>PROGRAMMA DI ESERCIZIO TECNOLOGICO</p> <p>SISTEMA DI DISTANZIAMENTO AD ALTA DENSITA'</p> <p>NODO DI ROMA Tratta Roma Casilina - Ciampino</p> | | | | | |
| Rev. | Data | Descrizione | Redatto | Verificato | Approvato |
| 0 | 27/05/2015 | Alta densità Rm Casilina - Ciampino | R. Ioncòli | D. Marino | L. Impieri |

| | | | | |
|---|------------|--|-----------------|-----------------|
|  RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | SISTEMA HD ERTMS/ETCS LIVELLO 2 | | |
| GRUPPO DI LAVORO RFI-DTCA0011/P/2014/0002882 | | RFI TC.SCC SR ER 31 R01 C | | |
| <p>SISTEMA DI COMANDO/CONTROLLO DELLA MARCIA DEI TRENI ERTMS/ETCS</p> <p>Titolo</p> <p>Specifica dei Requisiti Funzionali SISTEMA HD (HIGH DENSITY) ERTMS/ETCS LIVELLO 2</p> <p>Potenziamento tecnologico dei Nodi</p> | | | | |
| Rev. | Data | Redatto | Verificato | Autorizzato |
| C | 24/05/2015 | GRUPPO DI LAVORO RFI-DTCA0011/P/2014/0002882 | Stefano Moro | Carlo Castor |
| F | 26/05/2015 | TESTI PER LA VERIFICA RFI-DTCA0011/P/2014/0002882 | Stefano Moro | Carlo Castor |
| A | 19/12/2014 | GRUPPO DI LAVORO RFI-DTCA0011/P/2014/0002882 | Stefano Moro | Stefano Moro |

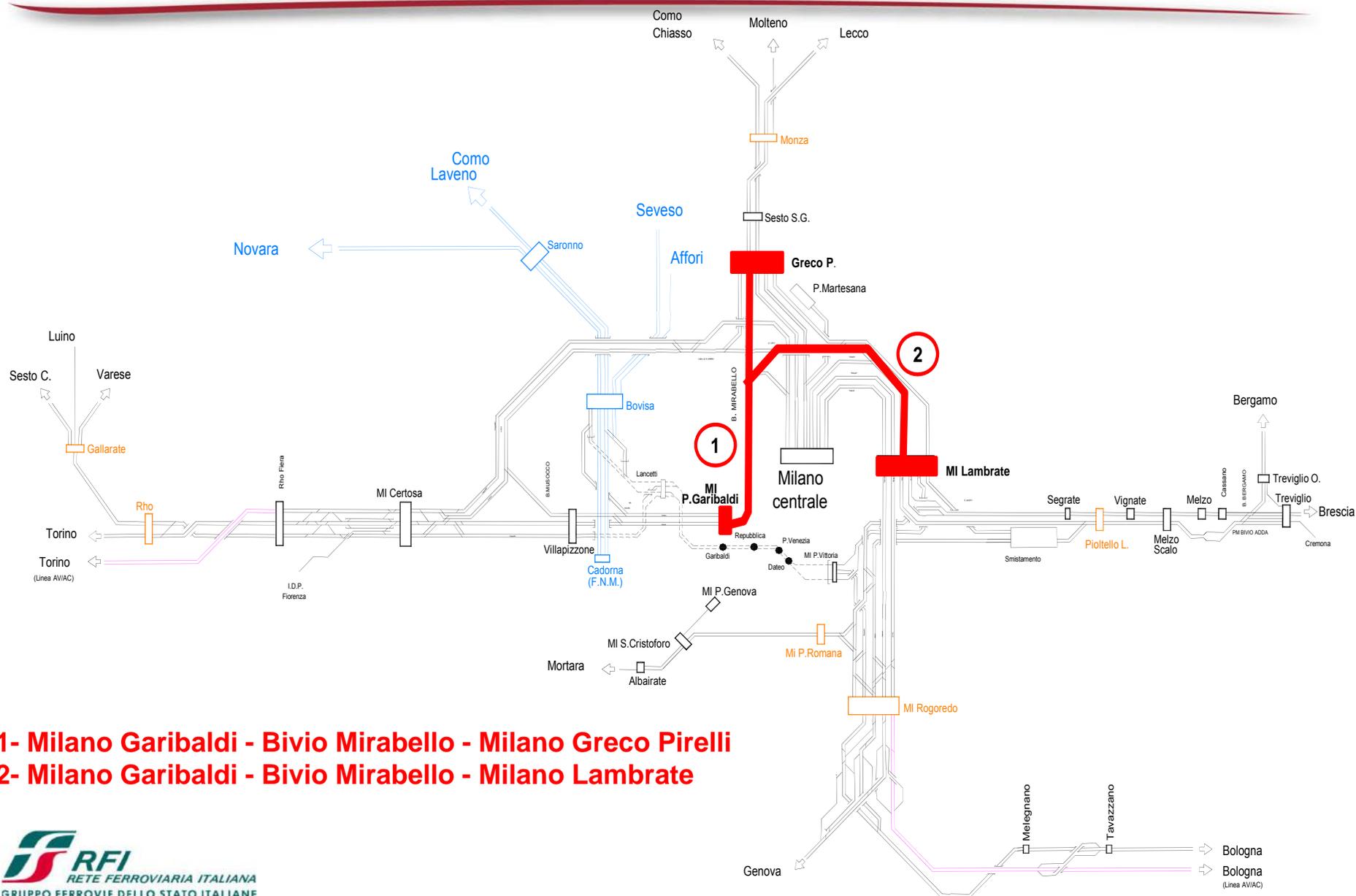
| | | | |
|---|--|--|--|
|  RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | RELAZIONE PER LA GESTIONE DEL RISCHIO | |
| Direzione Tecnica Normativa Circolabilità ed Analisi del Rischio di Sistema | | Codice: RFI-DTC-NCRVAD011/P/2015/0001762 | |
| | | Pag. 1 di 113 | |

Ferrovie dello Stato Italiane
 UA 21/7/2015
 RFI-DTC-NCRVAD011/P/2015/0001762

**MODIFICHE TECNICHE E NORMATIVE
 PER L'IMPLEMENTAZIONE
 DI ERTMS/ETCS L2 CON FUNZIONE DI ADDENSAMENTO TRENI (HD - HIGH DENSITY)
 SU LINEE ATTEZZATE CON SEGNALI FISSI LUMINOSI**

| Rev. | Data | Descrizione | Elaborazione | Verifica | Approvazione | Autorizzazione |
|------|------------|--------------------|--|---|--------------------------------------|----------------------|
| 0 | 31/07/2015 | Prima Emissione | Angelo Carone Gustavo Lamberti Oliva Pomposello Riccio Romanello Spinozzi Tibbani Iannelli | Mario Rosa Stefano Stefano Stefano Stefano Stefano Stefano Stefano Stefano | Il Referente di Progetto Carlo | Resp. OT Gendvesi |

Individuazione tratte Alta Densità nel Nodo di Milano



ERTMS HD: ETCS + GSM-R + ETML

Il sistema ERTMS HD (ERTMS High Density) introdotto per l'aumento della capacità nei nodi ferroviari presuppone l'ottimizzazione di tutte le sue componenti:

- ETCS per la parte di comando e controllo dei treni attraverso l'utilizzo di un sistema continuo come il livello 2 opportunamente ottimizzato attraverso la parametrizzazione delle sue variabili e condizioni applicative in linea e stazione e una integrazione dedicata con le logiche di interlocking
- GSM-R per la comunicazione terra-treno opportunamente configurato per massimizzare il Quality of Service e la capacità offerta in termini di canali/treni. Va previsto in una seconda fase la migrazione a comunicazione IP
- Traffic management Layer: Management del traffico attraverso una ottimizzazione dello scheduling del traffico del materiale rotabile specializzato per l'alta densità e dei relativi tempi di generazione degli itinerari.

HD ERTMS - Principi

Il sistema di distanziamento ERTMS/ETCS Livello 2 per l'Alta Densità e la logica di emitinerario e addensamento di stazione saranno sovrapposti su specifici tratti ed itinerari indicati da specifico Programma di Esercizio al sistema di segnalamento preesistente garantendo su quest'ultimo la sua non intrusività.

La sovrapposizione di tali sistemi sarà principalmente prevista su apparati elettronici sia di linea che di stazione. In casi specifici potrà essere prevista la sovrapposizione del ETCS Livello 2 senza realizzare la funzionalità di Alta Densità al fine di garantire l'omogeneità di guida da parte del personale di macchina.

Deve essere previsto un regime di esercizio ERTMS HD alta densità con batterie di treni consecutivi specializzati che realizzano l'alta densità.

Deve essere comunque mantenuta la possibilità di avere un traffico promiscuo fra treni equipaggiati per l'Alta densità e treni non equipaggiati a tale scopo.

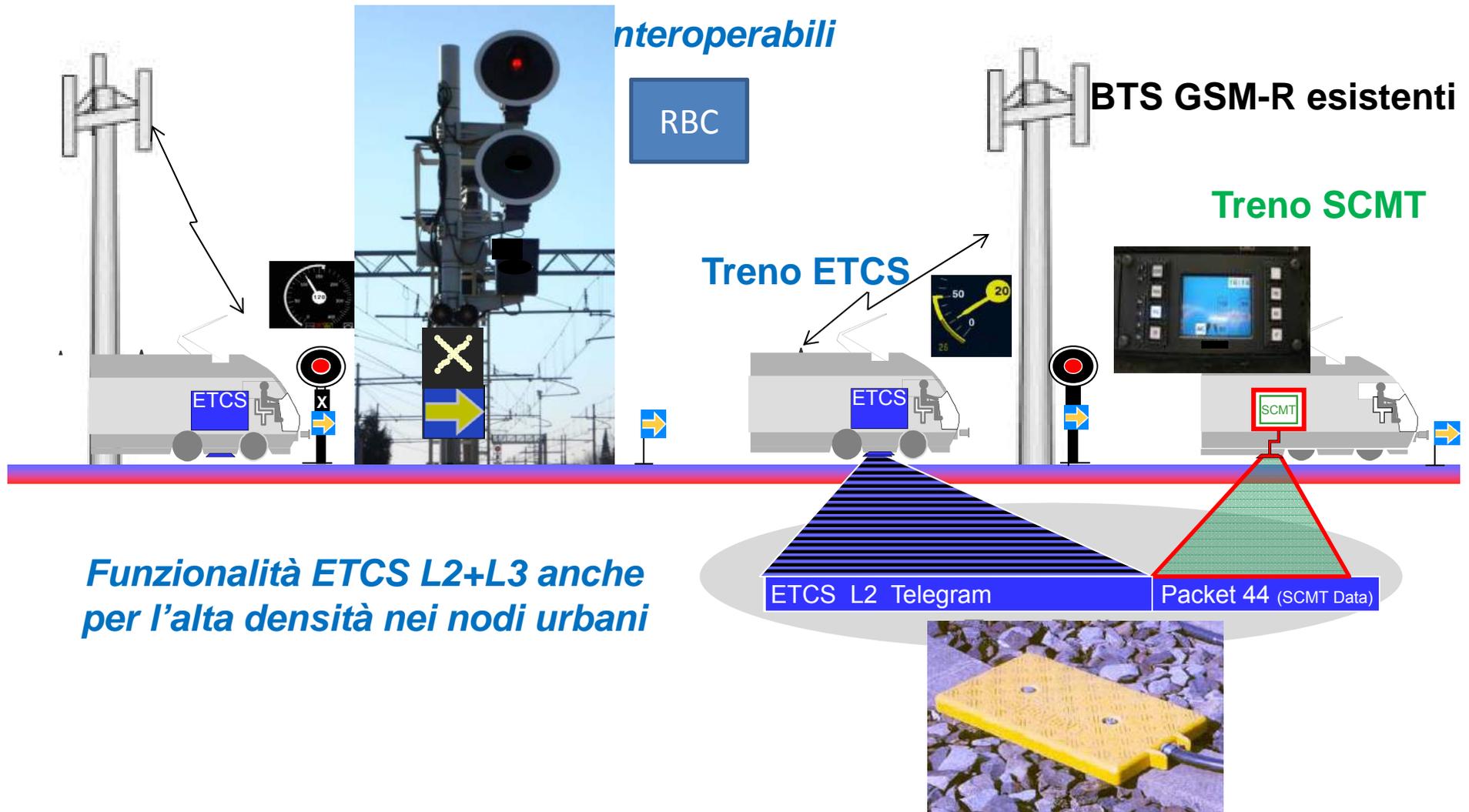
Deve essere prevista la possibilità di entrare ed uscire dal sistema ad alta densità in punti specifici definiti in apposito programma di esercizio attraverso transizioni dinamiche dal sistema ETCS al sistema SCMT e viceversa.

In caso di degrado al sistema ETCS Livello 2 ogni treno specializzato per l'Alta densità deve comunque poter circolare in funzionalità SCMT.

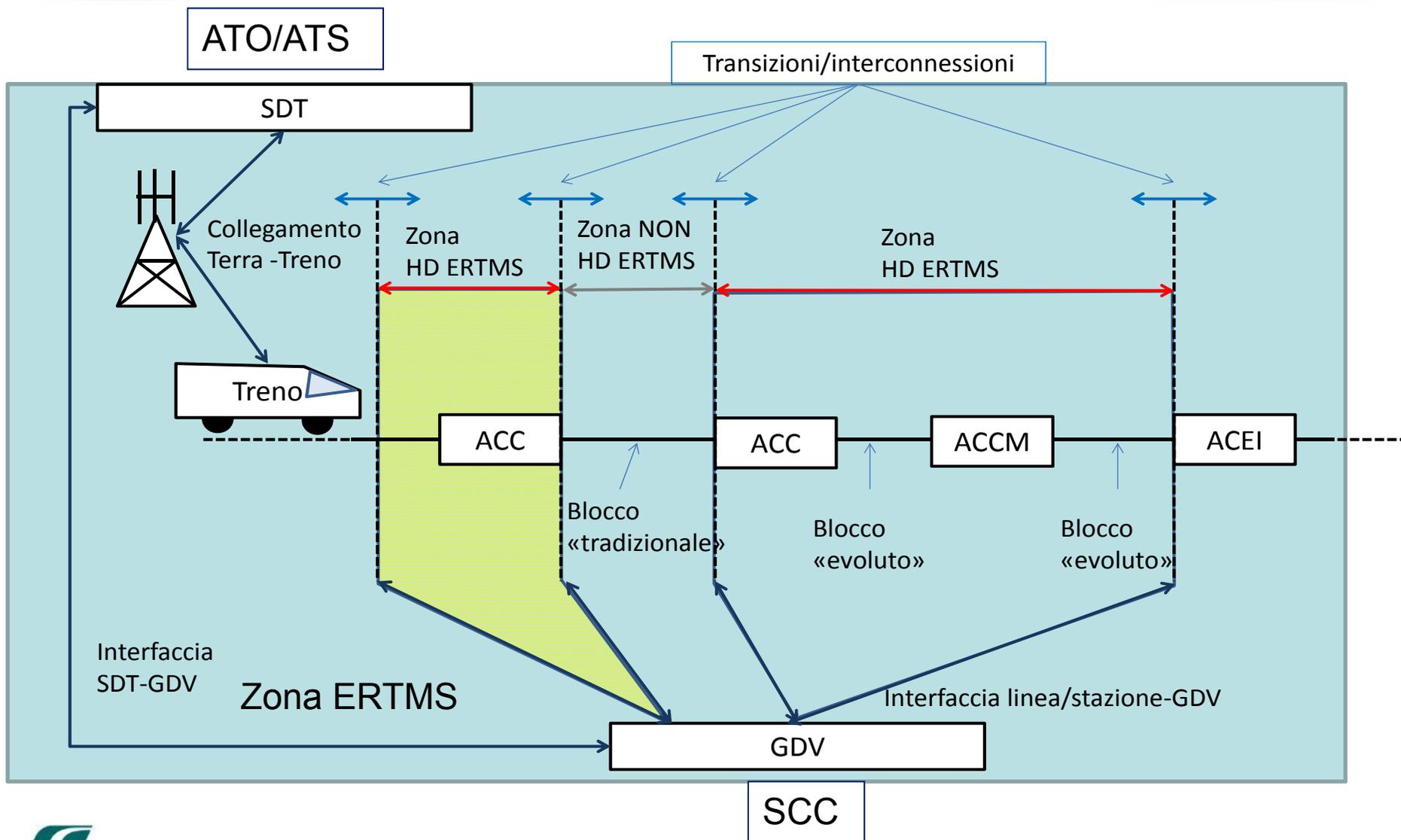
Nuove Funzionalità per ETCS per alta densità nei nodi

- Curve di frenatura ETCS BL3 treno ottimizzata con parametri inviati da terra.
- Profilo statico v_{max} delle deviate gestito in prossimità della punta scambi e non dal segnale.
- Promiscuità treni SCMT (sezioni attuali) ed ETCS (sezioni blocco radio SBR ottimizzate).
- Parametrizzazione timer ACC ed RBC per la ottimizzazione della liberazione del bloccamento in zona di uscita itinerario , massimizzando così la velocità di rilascio calcolata a bordo treno.
- Configurazione velocità di rilascio calcolata a bordo su sezioni di blocco radio: opportuna la gestione di una sezione di ricoprimento (anche virtuale) sulla sezione di Blocco Radio di valle.
- Definizione della lunghezza SBR ottimizzata per linea o stazione per massimizzare la capacità.
- Aspetto segnale luminoso dedicato per utilizzo SBR e relativa logica di annuncio e consenso.
- Definizione delle zone di ingresso/uscita per ETCS L2 massimizzando la flessibilità impiantistica.
- Gestione comandi emitinerari per i soli treni dedicati per l'alta densità.
- Potenziamento della rete GSM-R ed utilizzo del GPRS a terra e a bordo
- Liberazione sezioni con odometria tipo L3.

Migrazione di ERTMS in sovrapposizione ad SCMT: Soluzione per Corridoi e per Alta Densità nei Nodi urbani



HD ERTMS sovrapposto ad SCMT: Applicazione



Gestione della Via: Funzioni innovative per HD ERTMS

Le principali innovazioni introdotte per HD ERTMS sono:

- Gestione itinerari HD ERTMS in stazione e le sezioni HD ERTMS in linea
- Gestione del ricoprimento virtuale
- Gestione ottimizzata dei degradi in stazione e linea

Rimangono invariati i concetti di «zona d'uscita» in stazione e in linea che vengono estesi sui relativi segnali HD ERTMS.

Gli itinerari e le sezioni HD ERTMS

Sezioni HD ERTMS di linea:

- Sono ottenute, senza giunti elettromeccanici, attraverso il posizionamento di Punti Informativi ERTMS e le funzionalità di «train integrity».
- La zona d'uscita e il ricoprimento saranno entrambi «virtuali» e gestiti attraverso i riferimenti odometrici.
- L'applicazione del HD ERTMS in linea riguarderà essenzialmente le sezioni di blocco «innovativo».

Itinerari HD ERTMS di stazione:

- Gli itinerari HD ERTMS sono degli itinerari di stazione con un'estesa ridotta rispetto a quelli attuali. Con la formazione di tutti gli itinerari HD ERTMS che compongono un itinerario «tradizionale» si attivano le funzionalità proprie dell'Itinerario stesso.
- Il comando di Itinerario è effettuato su TO ACC/ACCM o da Sistema di Supervisione e Automazione attraverso lo stesso comando di itinerario già disponibile per l'itinerario tradizionale.
- La formazione del primo itinerario HD ERTMS genera la prenotazione del PF dell'itinerario tradizionale comandato, la quale verifica ed impone le incompatibilità.
- Gli itinerari HD ERTMS successivi al primo si attiveranno attraverso autocomando al seguito della formazione del primo itinerario HD ERTMS.
- L'applicazione del HD ERTMS in stazione riguarderà essenzialmente gli apparati con tecnologia a calcolatore

Gestione dell'addensamento in Linea

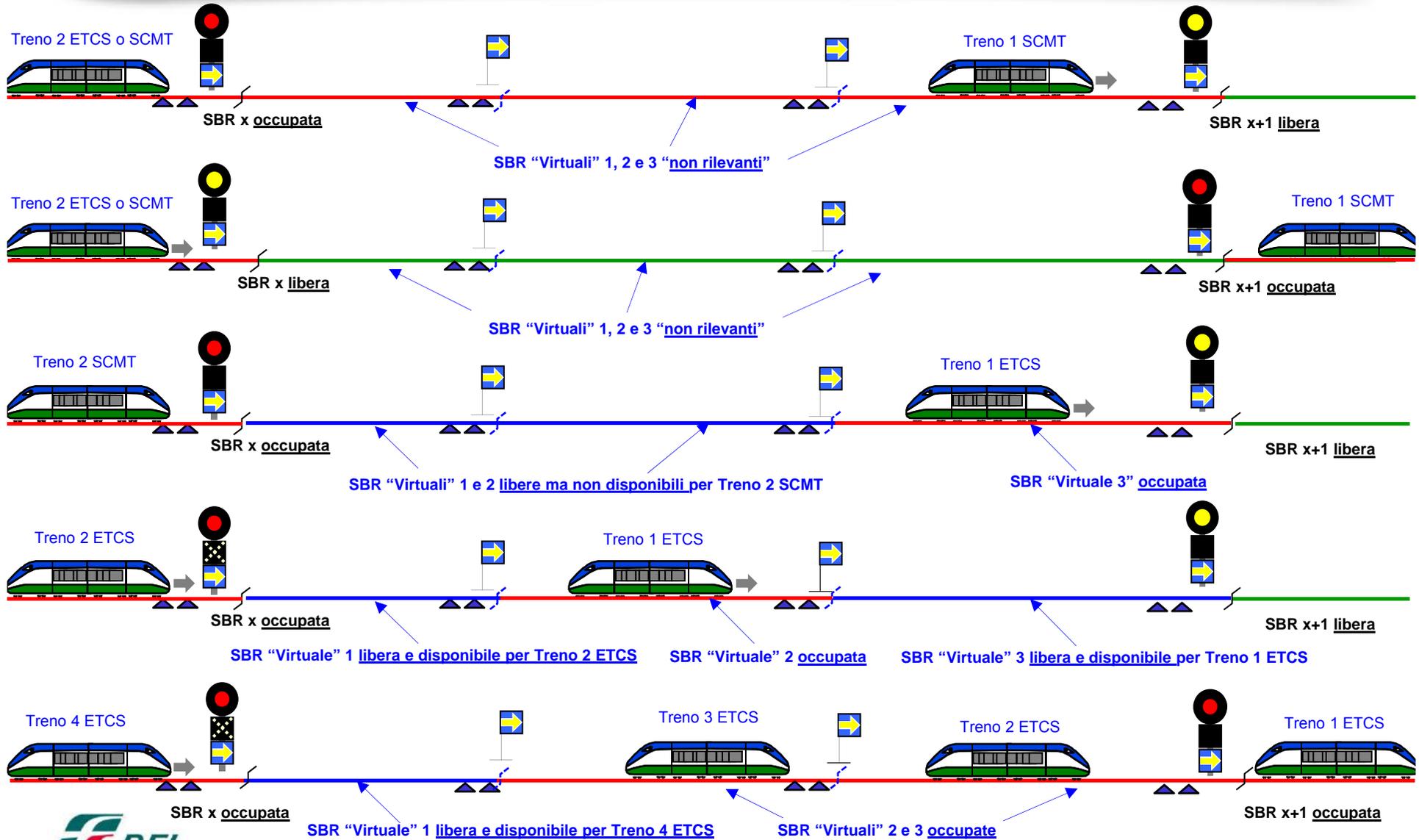


Gestione dell'addensamento in Stazione



In stazione, la presenza dei circuiti di binario permette ad un treno ETCS di occupare gli itinerari HD ERTMS liberi in presenza di itinerario impegnato da un treno SCMT, ovvero senza funzione di «train integrity»

Alta Densità: scenari funzionali ferroviari



Il ricoprimento Virtuale

Per permettere al treno di avvicinare il segnale di itinerario HD ERTMS o fine sezione HD con una velocità di rilascio, sarà configurata a partire dalla EoA, una opportuna estesa (ricoprimento) con funzionalità di overlap. La funzionalità di ricoprimento sarà gestita utilizzando la funzione di coda treno sicura da parte del SSB, quindi non essendo relativo ad un'estesa individuata fisicamente sul binario, il ricoprimento sarà gestito solo come ente logico da RBC, e pertanto è stato definito "virtuale".

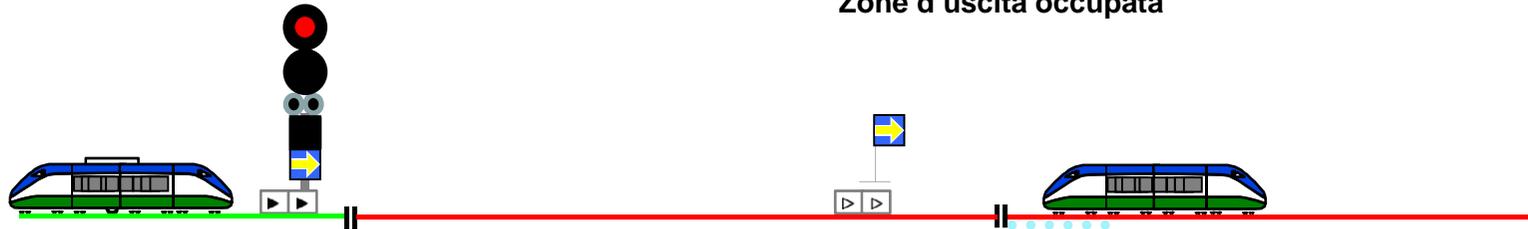
Con l'introduzione del concetto di ricoprimento virtuale, nel sistema HD ERTMS al treno è permesso l'ingresso con le seguenti regole:

- con una velocità di rilascio pari a 0 o adeguata alla zona di uscita nel caso la zona ricoprimento virtuale risulti occupata ma sia libera un'estesa minima di 20 m. (in linea) o 50 m. (in stazione), in armonia con quanto definito «Regolamento per la Circolazione Ferroviaria»;
- con velocità di rilascio diversa da 0 qualora risulti libera anche la zona di ricoprimento virtuale.

Zone d'uscita e ricoprimento virtuale



Zone d'uscita occupata



Zone d'uscita
Libera (50m)

Ricoprimento
occupato

Velocità di rilascio
pari a zero



Zone d'uscita
Libera (50m)

Ricoprimento
libero

Velocità di rilascio attiva

Gestione dei degradi

Stazione

È prevista una nuova funzione di soccorso per la gestione ottimizzata dell'occupazione indebita di un circuito di binario tradizionale in presenza di treni attrezzati HD ERTMS.

L'azionamento di tale soccorso non ha effetto sui treni tradizionali. Il segnale di avvio/avanzamento luminoso rimarrà spento.

Linea

Attraverso nuove funzionalità da parte del RBC, che verificherà la corretta sequenza di avanzamento dell'ultimo treno transitato, sarà possibile l'assegnazione di una MA in On Sight su sezioni di blocco indebitamente occupate, senza l'intervento dell'operatore.

Gestione dei degradi

Stazione



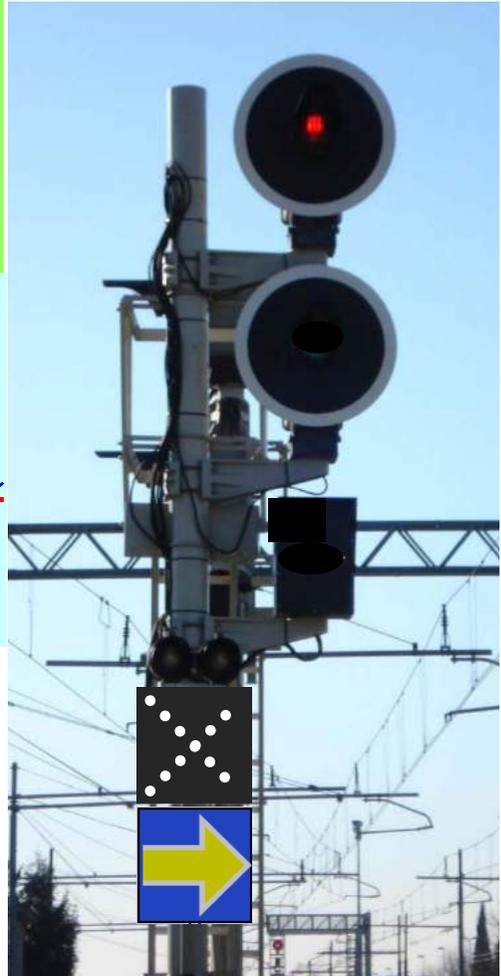
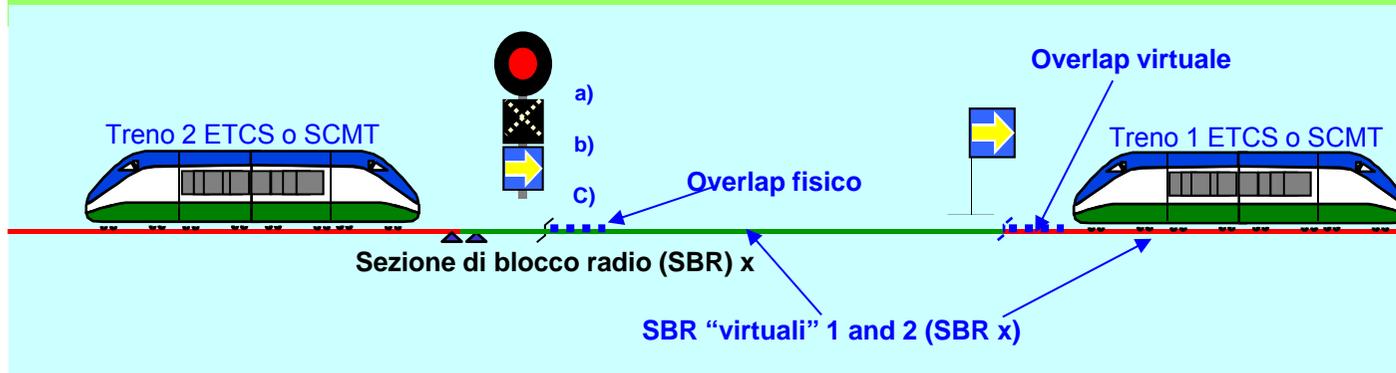
Linea



Sistema HD ERTMS – elementi di innovazione

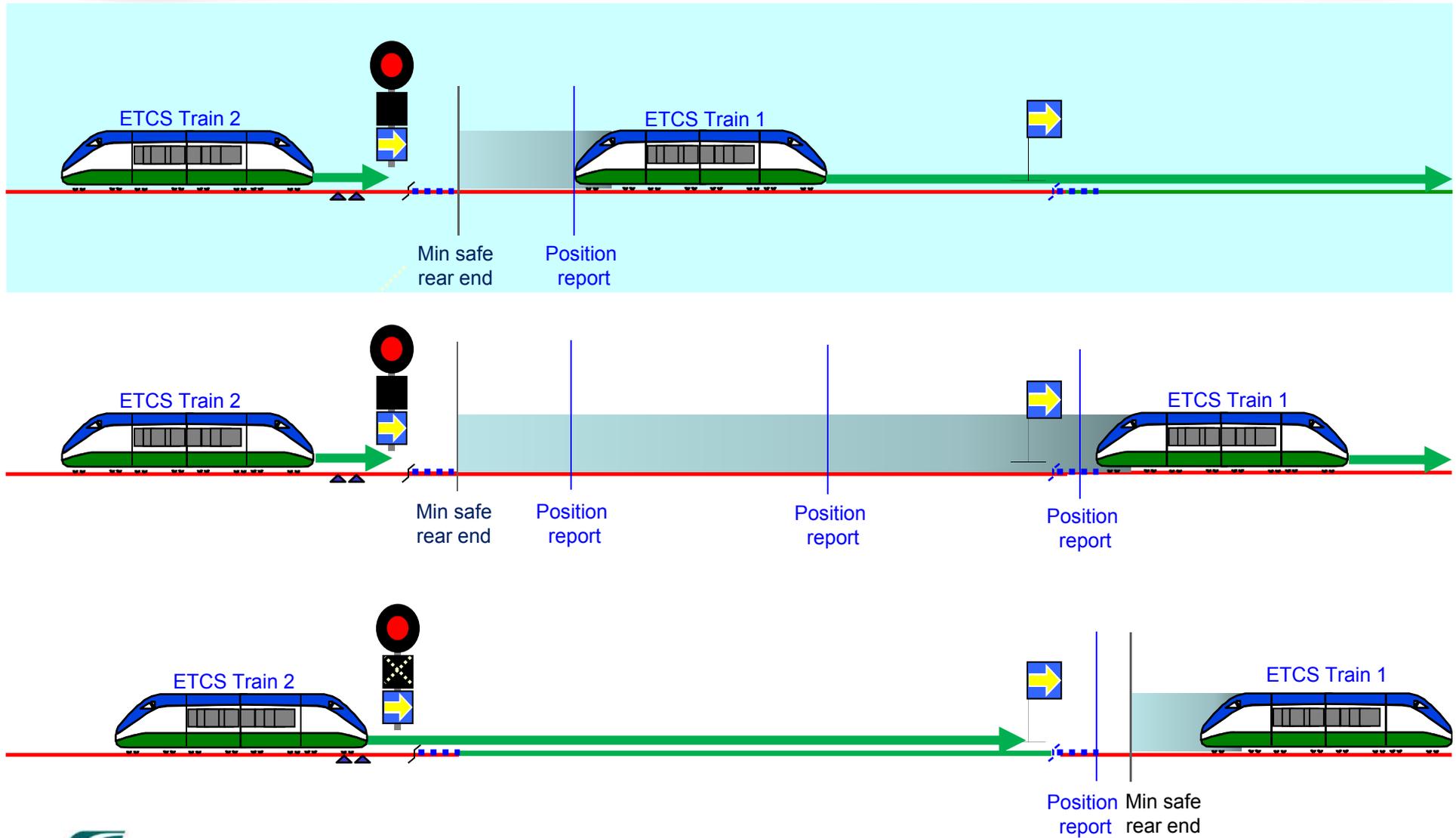
Precondizioni per la funzionalità di addensamento treni:

- ERTMS L2 Baseline 3
- Treno 1 ETCS connesso con RBC e con controllo “coda sicura” a bordo attivo
- PR valido su SBR “virtuale” inclusa conferma check su Train Integrity di bordo
- Treno 2 ETCS connesso con RBC
- Accensione della lettera luminosa (simbolo “X”) sotto la lampada di rosso



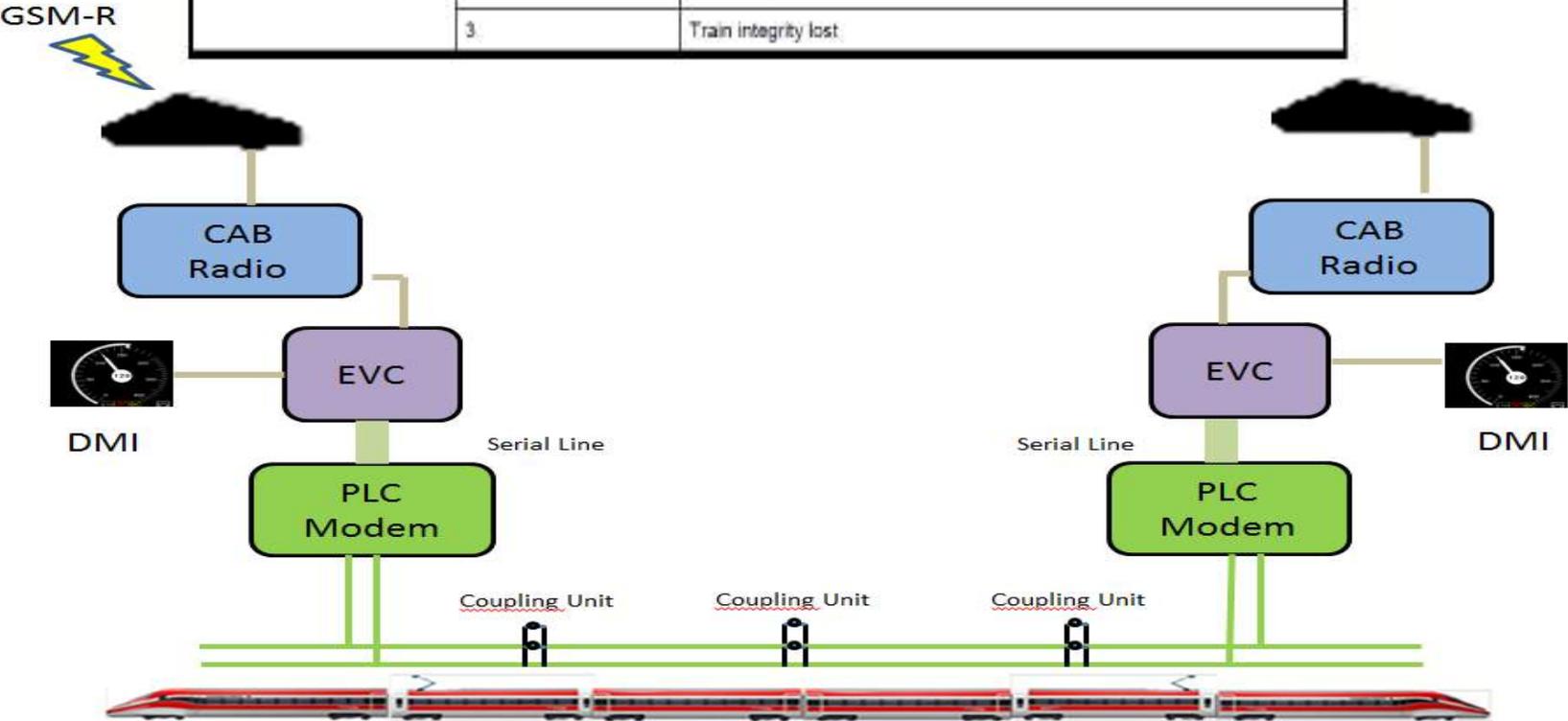
- a)  Sezione di blocco radio X occupata
- b)  Davanti al segnale a V.I. si annuncia un treno ETCS con la possibilità di aver assegnata una MA di ingresso nella SBR virtuale. PdC segue info su DMI ETCS.
- or 
- 1) Davanti al segnale a V.I. c'è un treno non ERTMS. Non è disponibile nessuna MA. PdC segue le indicazioni dei segnali luminosi
 - 2) Davanti al segnale a V.I. si annuncia un treno ETCS ma non è disponibile nessuna MA di ingresso nella SBR virtuale 1 o perchè il treno 1 SCMT sta ancora occupando la sezione X o perchè il treno 1 ETCS non ha confermato il check di Train Integrity
- c)  Segnale ETCS di stop “Stop Marker” sovrapposti al sistema di segnalamento luminoso tradizionale

Train Integrity (Funzionalità del SSB ETCS)



Gestione della «coda sicura» treno. Una possibile soluzione

| | | | |
|-------------------------|--|--|--------------------|
| Name | Qualifier for train integrity status | | |
| Description | Qualifier, identifying the train integrity information available. The related safe train length information is given by L_TRAININT | | |
| Length of variable | Minimum Value | Maximum Value | Resolution/formula |
| 2 bits | | | |
| Special/Reserved Values | 0 | No train integrity information available | |
| | 1 | Train integrity confirmed by integrity monitoring device | |
| | 2 | Train integrity confirmed by driver | |
| | 3 | Train integrity lost | |

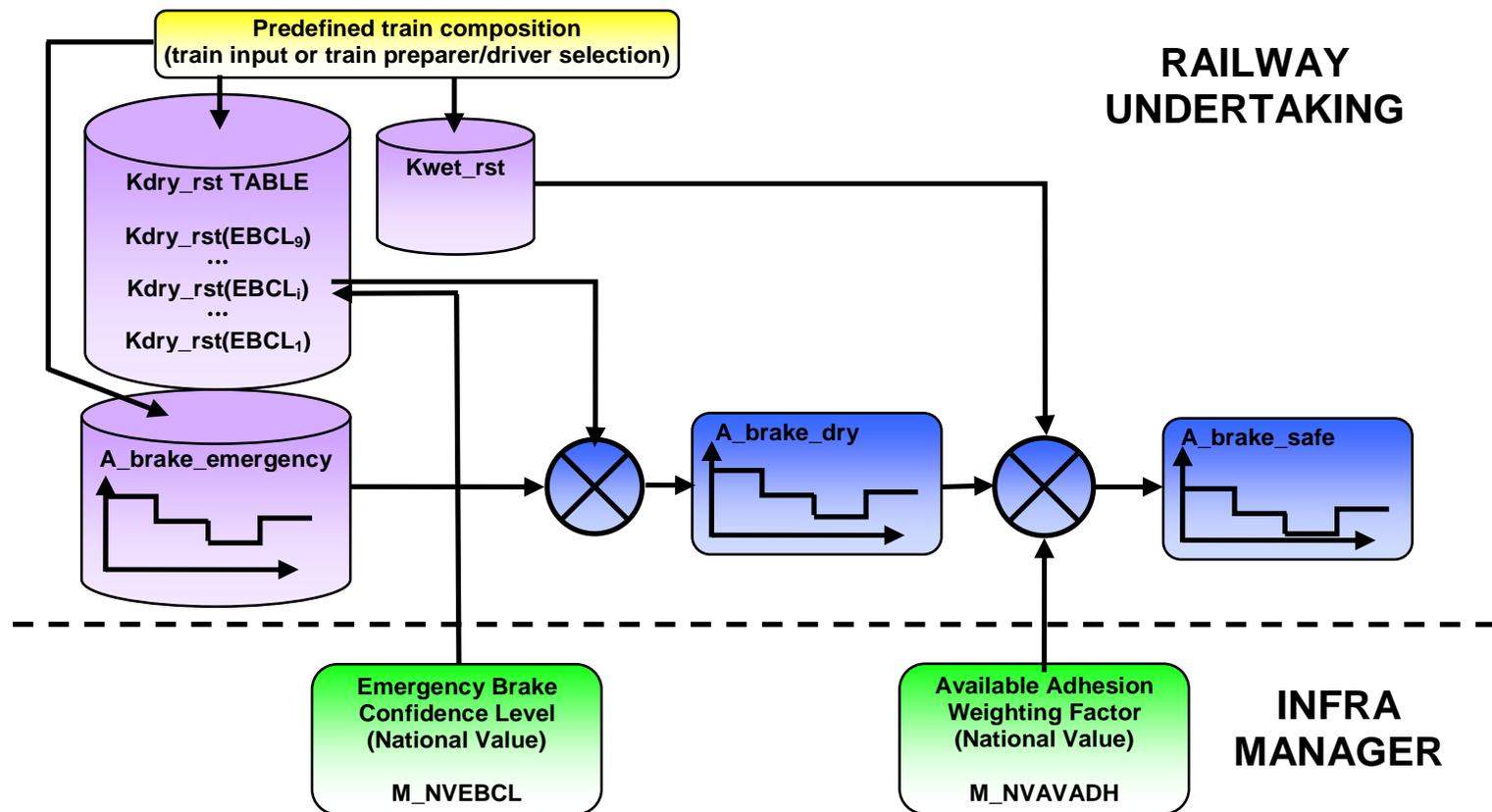


Legenda
 EVC = European Vital Computer
 DMI = Driver Machine Interface

Il Progettista del SST ottimizza le curve di frenatura del treno

Gamma trains

Treni a composizione bloccata le cui caratteristiche frenanti sono specificate in termini prestazioni e margini di sicurezza specifiche per il dato rotabile



Requisiti del sistema HD ERTMS verso i SSB ERTMS/ETCS

Il sistema HD ERTMS deve garantire il soddisfacimento dei requisiti di cadenzamento per i soli treni aventi le seguenti caratteristiche (valori di prima ipotesi):

- lunghezza fino a 200 m;
 - tempo di ritardo del sistema frenante non superiore a 4,5 s .;
 - 140% in termini di PMF;
 - decelerazione media attesa per la frenatura di emergenza nell'intervallo di velocità 0-100 km/h, pari a $1,0 \text{ m/s}^2$;
 - Il valore del parametro “rolling stock correction factors”, deve essere pari a 0,9
- La velocità di rilascio deve essere calcolata a bordo;
 - Gestione del Position Report (parametro Q_lenght) verso RBC per la verifica della integrità della “coda sicura” del treno ETCS;
 - Gestione della funzionalità “sleeping” da realizzare evitando la frenatura da parte del SSB di coda in caso di eventuale degrado al SSB o al sistema di intercomunicazione del treno;
 - L'uso della frenatura di servizio (SBI) nel controllo della velocità obiettivo deve essere disabilitata;
 - I SSB ammessi a circolare con il sistema HD ERTMS devono essere dotati di Mobile Terminal con opportuni filtri per il di reiezione alle interferenze radio.

HD ETCS BL3 - Modello di frenatura

CARATTERISTICHE DELLA SIMULAZIONE

- Freno «sicuro» pneumatico
- Gradiente nullo (linea pianeggiante)
- No aderenza ridotta (binario asciutto)
- Controllo obiettivo senza SBI
- Compensazione dell'errore odometrico sullo spazio secondo specifiche
- Sezioni lunghe 350 m
- Distanza EoA – SL pari a 50 o 100 m
- Vril calcolata a bordo
- Caratteristiche del treno
 - Treno passeggeri materiale leggero a composizione bloccata caratterizzato come «gamma train»
 - Taglio trazione interfacciato
 - Lunghezza fino a 200 m (tempo equivalente 3,5 s circa)
 - Prestazioni frenanti paragonabili ad un valore PPF pari o superiore a 140
- Fattore di protezione di bordo $K_{rst} = 0,9$ (*)
- Altri fattori di protezione neutralizzati

(*) Il valore assegnato è una ragionevole ipotesi di lavoro, ma il valore viene definito dal fornitore del freno in base al livello di confidenza circa la sicurezza della curva EBI richiesto dal gestore dell'infrastruttura.

Aumento velocità media: Emitinerario e Ricoprimento virtuale

| Numero di sezioni | Movement Authority | Distanza EoA – SL | Velocità nominale |
|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 350 m | ≥ 50 m | 30 km/h |
| | | ≥ 100 m | 40 km/h |
| 2 | 700 m | ≥ 50 m | 85 km/h |
| | | ≥ 100 m | 90 km/h |
| 3 | 1050 m | ≥ 50 m | 120 km/h |

Le immagini di queste pagine sono composte da foto scattate nel centro di Seattle da OnRequest Images e raccolte in un poster di International Sustainable Solutions



without cars



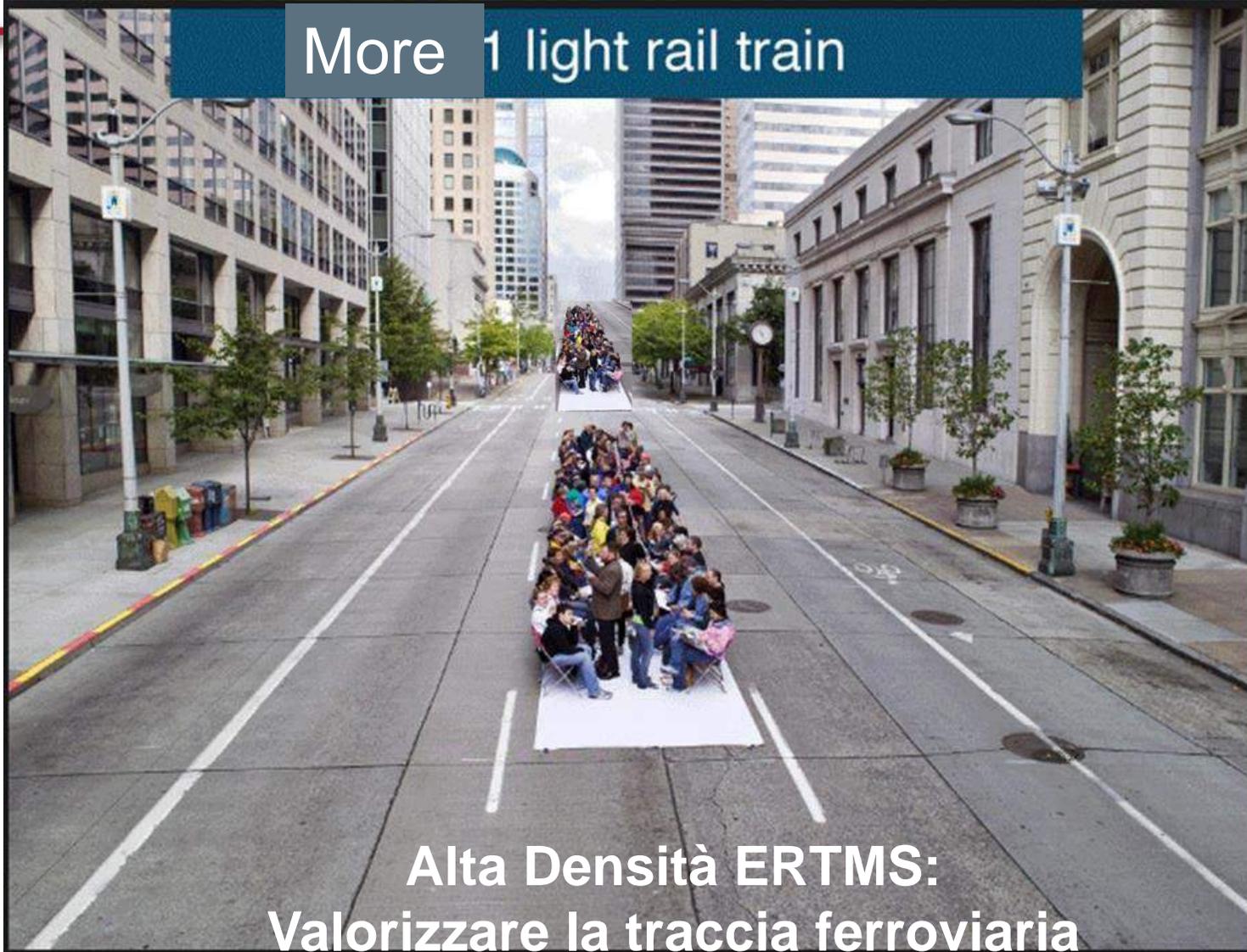
on bikes

Images of downtown
Seattle's 2nd Avenue
From the International
Sustainability Institute's
Commuter Toolkit poster

on 3 buses



More 1 light rail train



Alta Densità ERTMS:
Valorizzare la traccia ferroviaria