RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

“Tecnologie e gestione del rischio: i protagonisti della mobilità integrata”

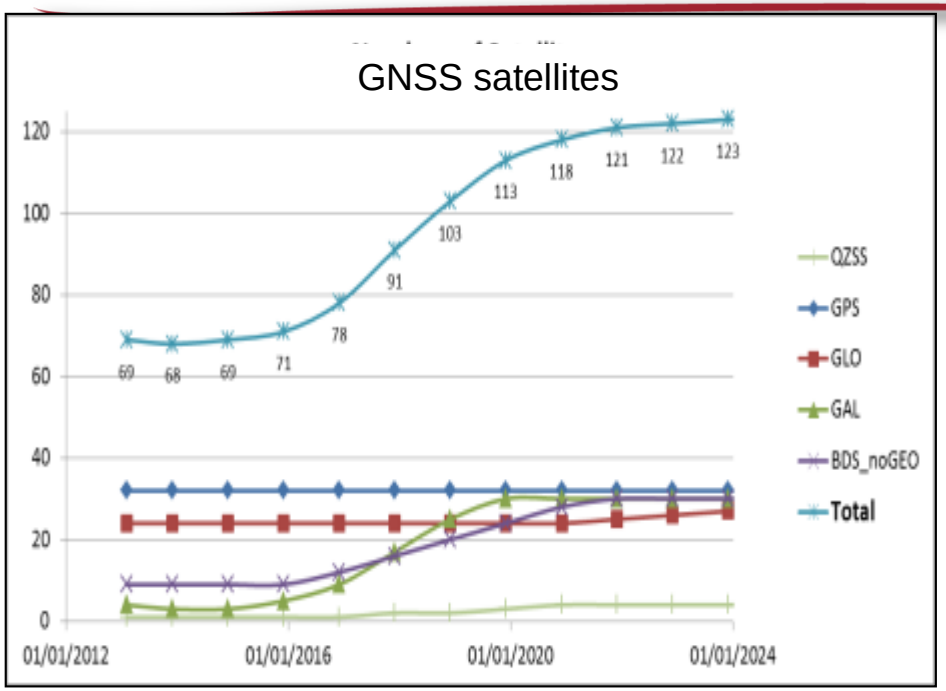
“Le tecnologie alla base delle possibili sinergie strada-ferrovia”

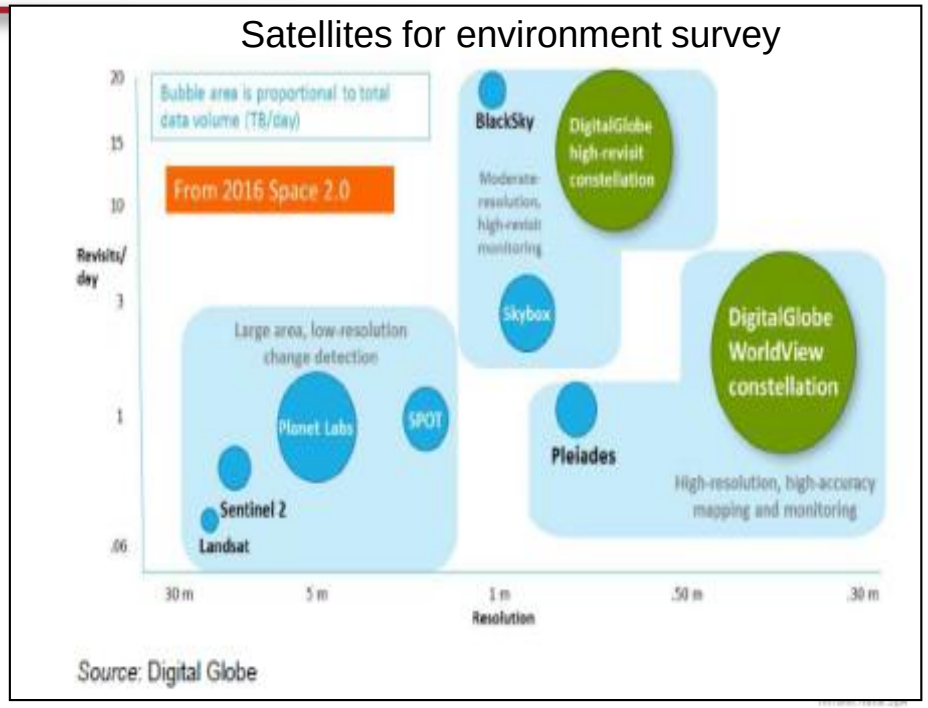
Fabio Senesi
Standard Tecnologie
Direzione Tecnica RFI

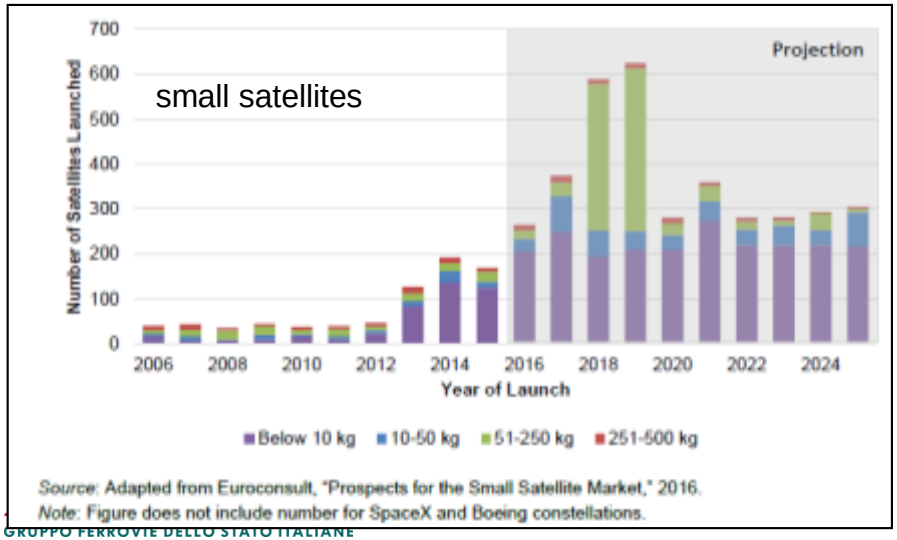
Roma 25.01.2018

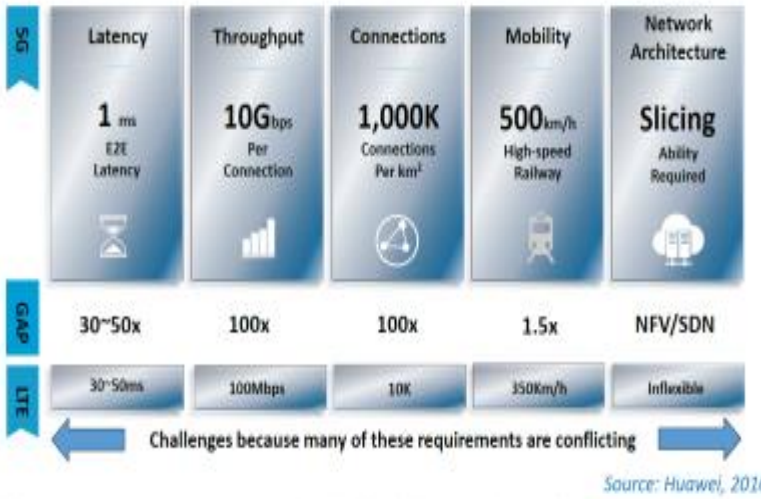
contesto

Contesto :Evolutzone Satellite & telecom technology









5G

Contesto: EGNOS e GALILEO: migliore accuratezza, ma non solo …

GPS/GLONASS: 10-20 m

+ EGNOS / WAAS: 2-5 m (EU and USA)

Uso Civile di un sistema militare: Nessuna responsabilità e garanzia ….

Sistema Civile: Controllato dagli Stati Membri, Garanzia del Servizio, Service Level Agreements

Monitoraggio prestazioni: Consapevolezza sulla qualità e validità del dato

GPS + GLONASS + Galileo: 1-2 m

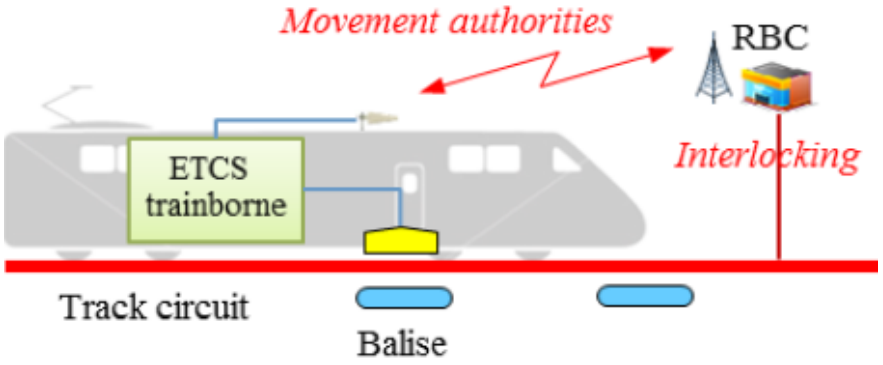
RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Sinergia Strade-Ferrovie per una smart automation

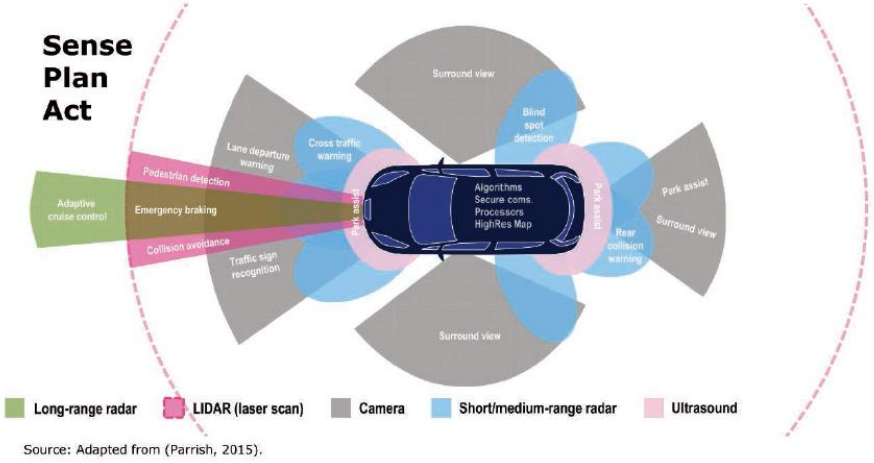
16,700 Km di linee ferroviarie

Strade e Ferrovie
possono condividere le tecnologie abilitanti per la smart mobility

26,400 Km di strade



Sistema Controllo marcia treno ATO e Driveless GoA4 Grade of Automation



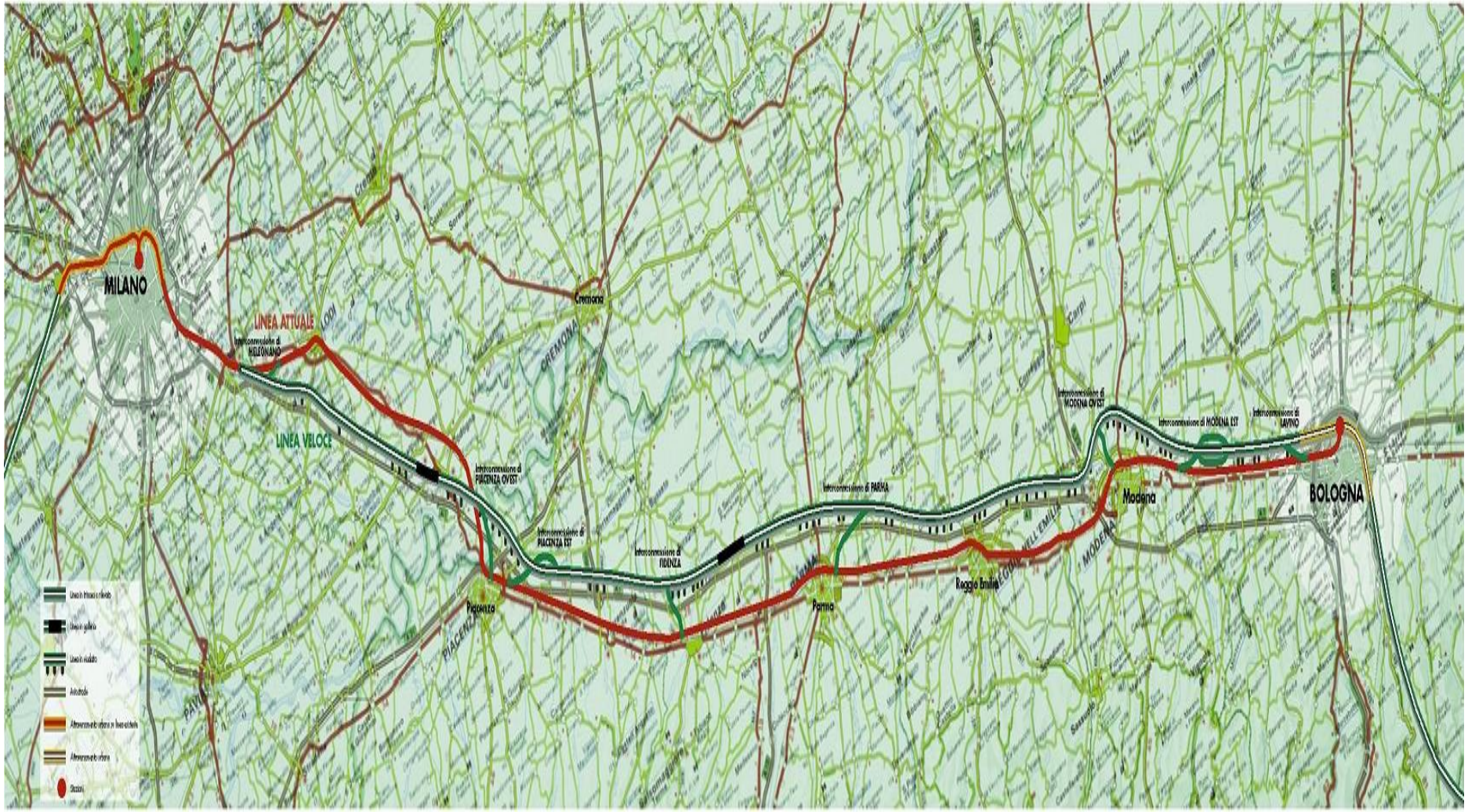
Source: Adapted from (Parrish, 2015).

Guida autonoma

10000 km di parallelismi !!!

RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Milano-Bologna

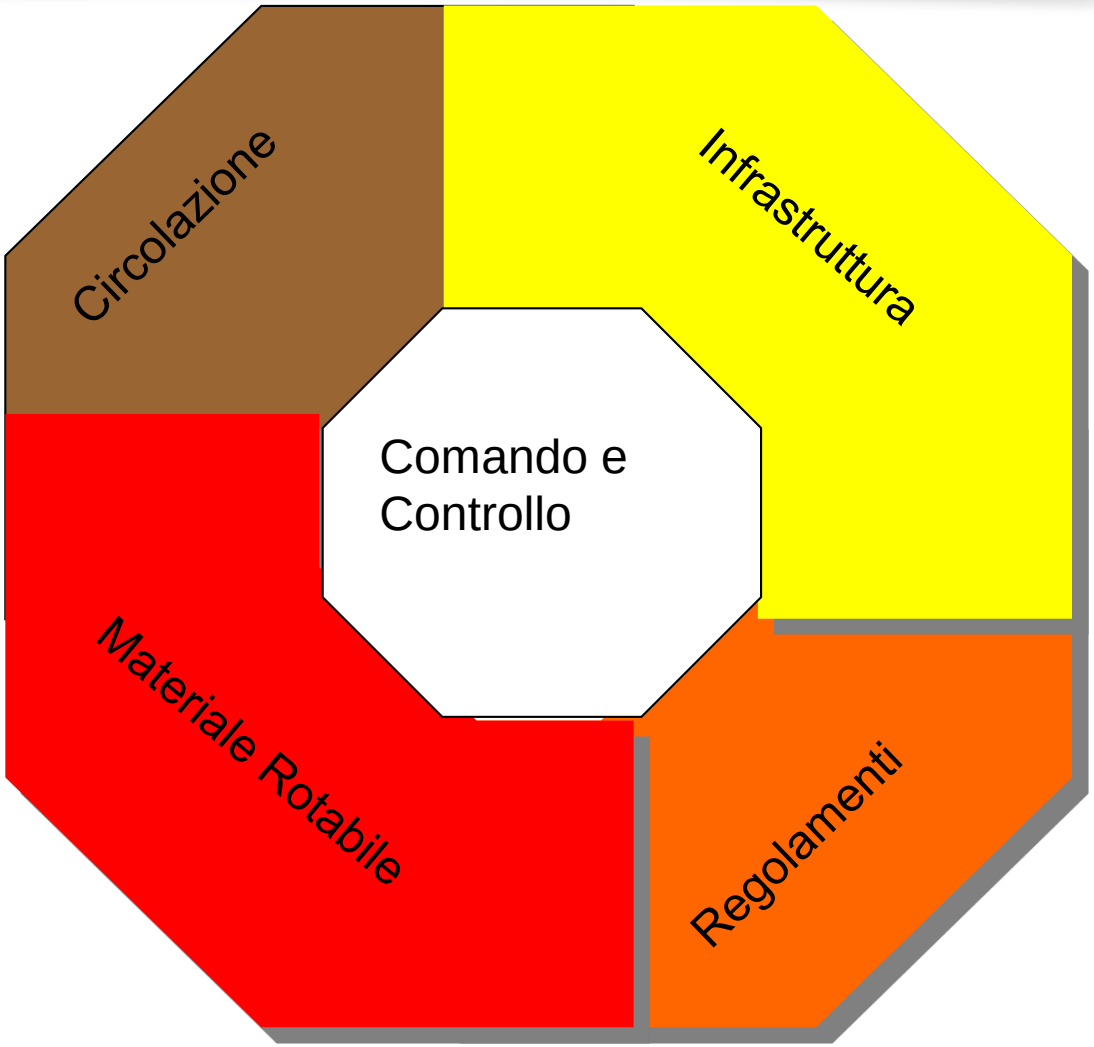


Aree di possibile sinergia (Sicurezza)

- **Comando e controllo**
- **Passaggi a Livello**
- **Monitoraggio infrastruttura**

Comando e Controllo Treni

- Sicurezza
- Disponibilità
  e Puntualità
- Capacità
  e Gestione ottimizzata
- Standards
  e Interoperabilità
- Integrazione vecchio
  e nuovo



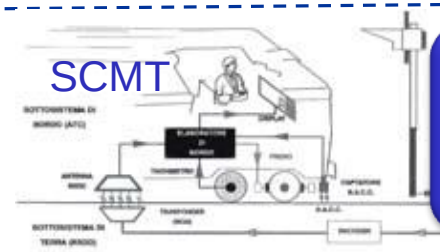
RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Railway Technology Innovation in Italy

- Command and Control
- Safety
- Developement and efficiency

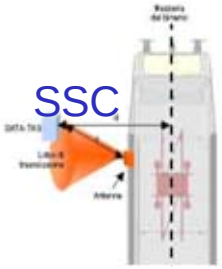
SCC
Command and Control

ACC
Distributed IXL

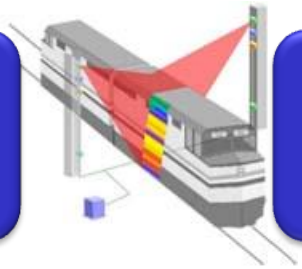


SCMT
ATP system

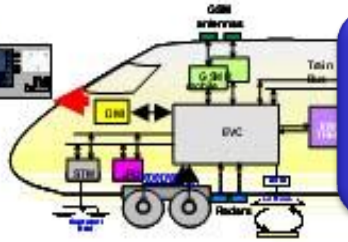
GSM-R
Global Switching Mobile - Railway



SSC
Vigilance Support ATP System



Diagnostics



ERTMS
European Railway Traffic Management System

ACC
Simple or Distrubuted Interlockings

Diagnostic Trains

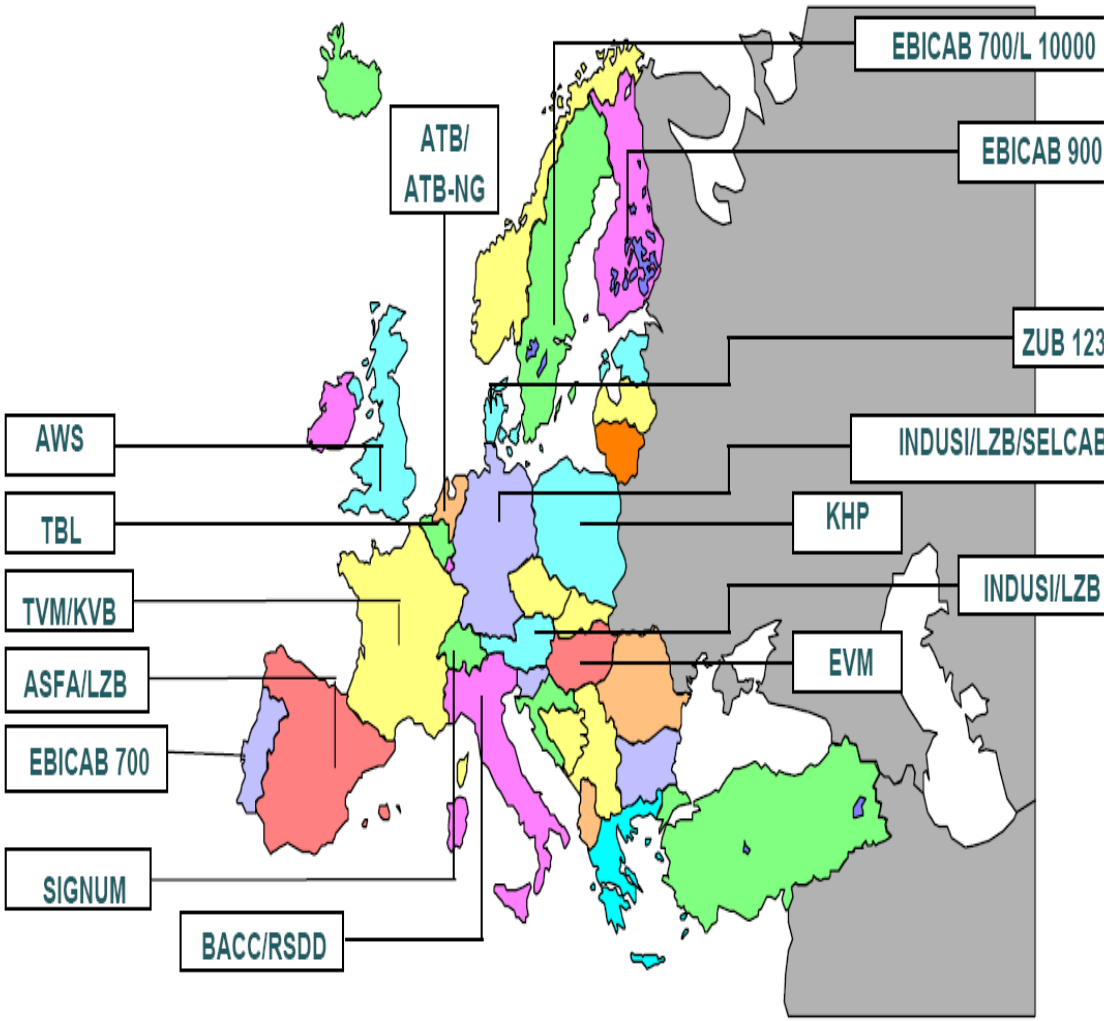
RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

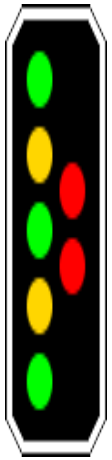
Priorità Settore Ferroviario

SAFETY

RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

I Corridoi della *Core Network* TEN-T

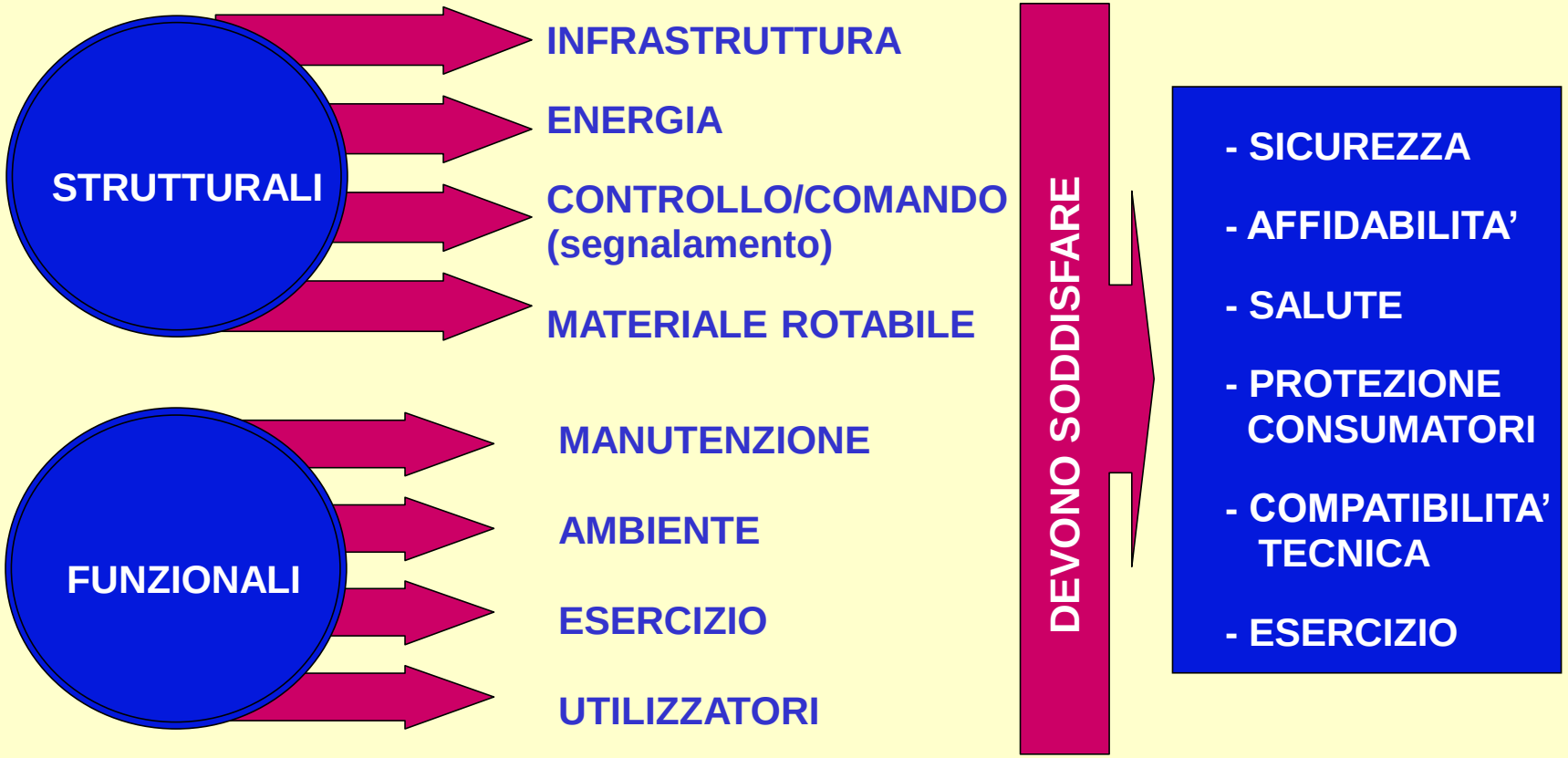

EBICAB 700/L 10000
ATB/
ATB-NG
EBICAB 900
ZUB 123
AWS
INDUSI/LZB/SELCAB
TBL
KHP
TVM/KVB
INDUSI/LZB
ASFA/LZB
EVM
EBICAB 700
SIGNUM
BACC/RSDD



Si è partiti 20 anni fa…..

DIRETTIVA UE 96/48

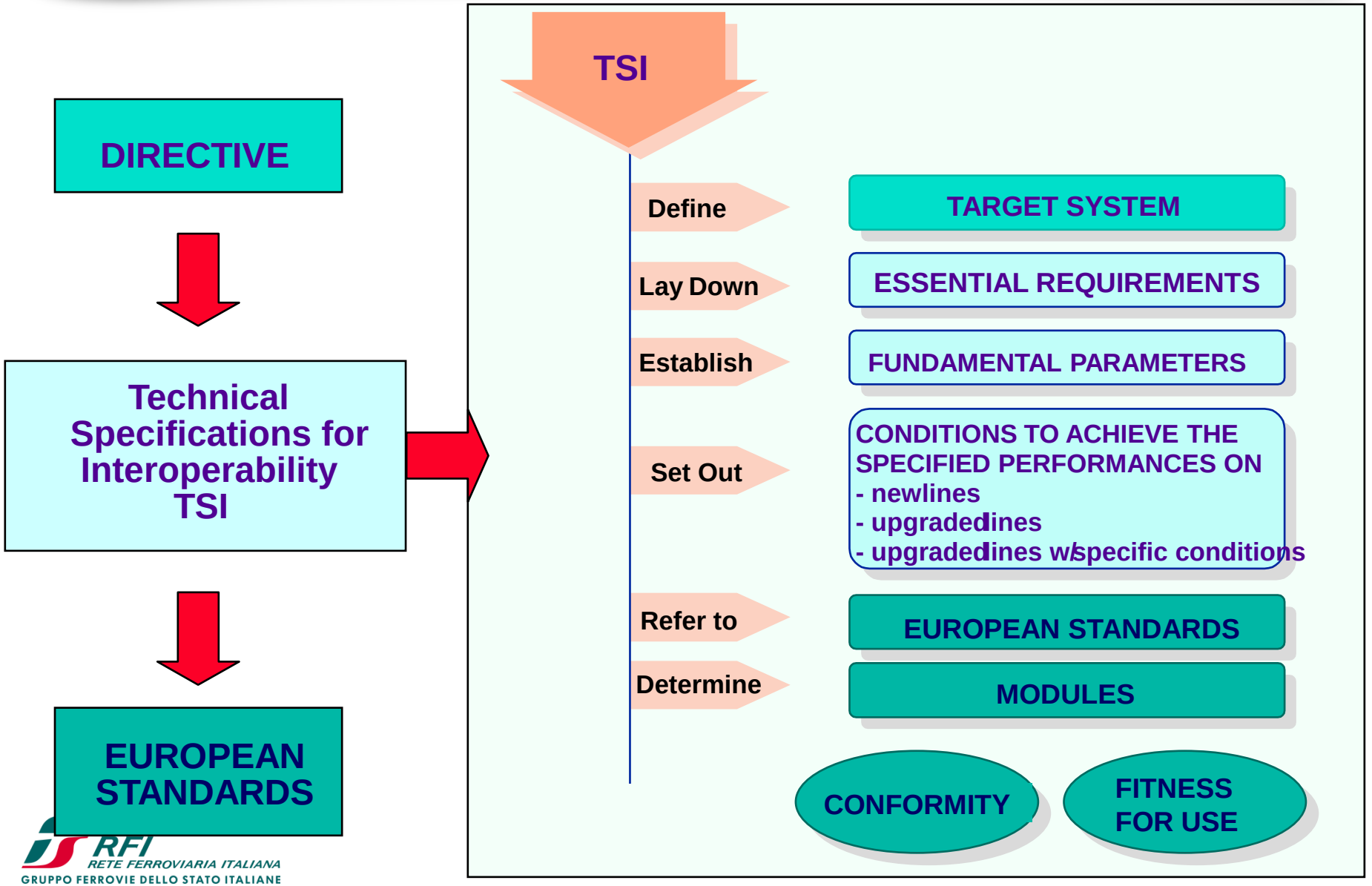
OTTO SISTEMI DI INTEROPERABILITA'



STI **(Specifications techniques Interoperabilité)**

elaborate su mandato della Commissione da esperti delle ferrovie e dell'industria

Direttive di Interoperabilità Sistema a tre 3 «strati»



RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Standard di Riferimento

LA NORMA EUROPEA

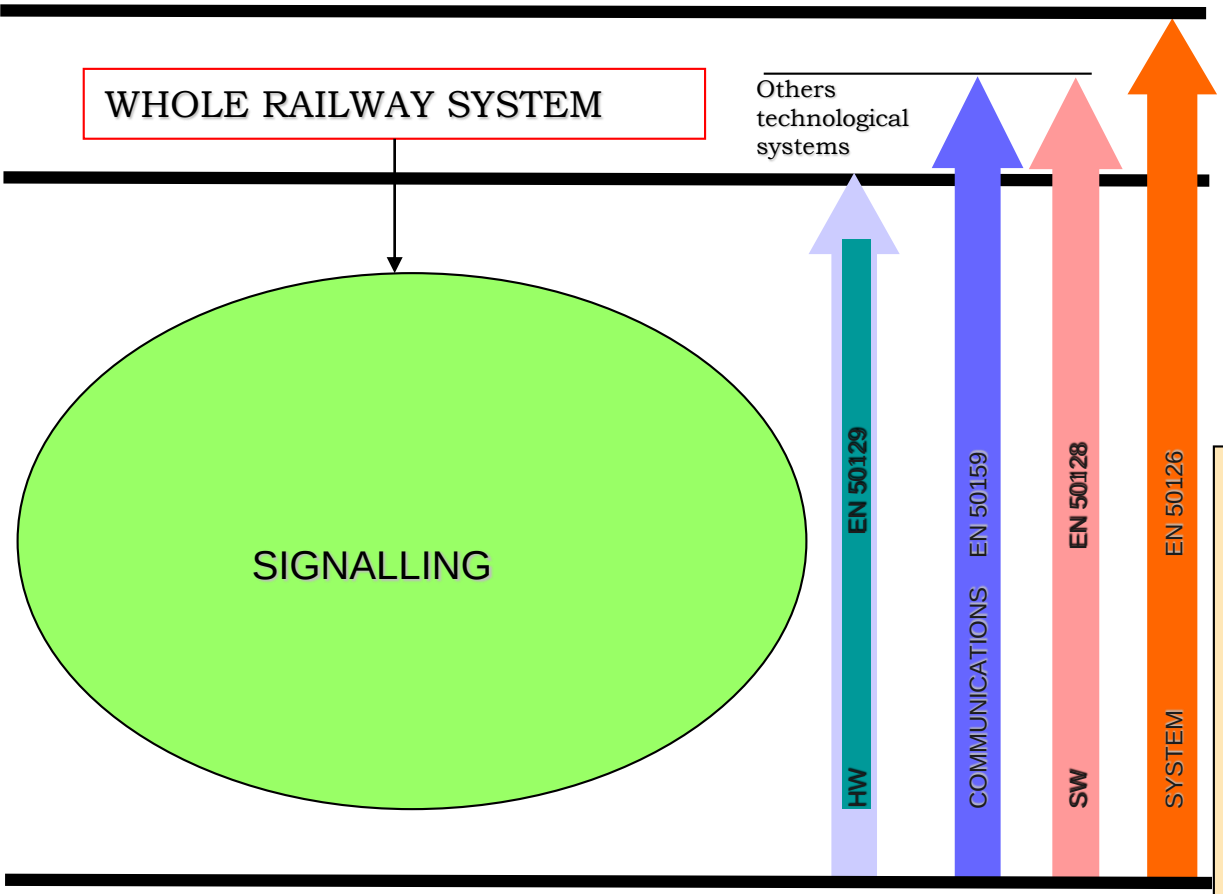
PER I COMPONENTI E LE CONDIZIONI D'INTERFACCIA

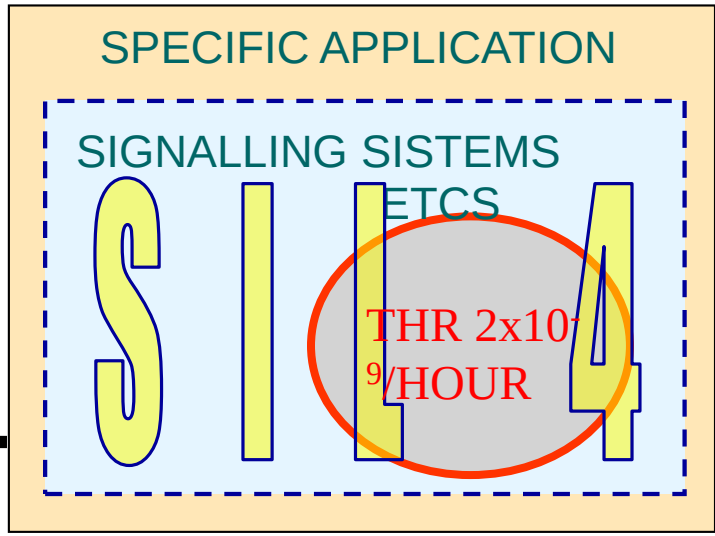
È stabilita da

CEN	**Comité européen de normalisation**
CENELEC	**Comité européen de normalisation électronique**
ETSI	**Institut européen de normalisation des télécommunications**

RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

CENELEC STANDARDS

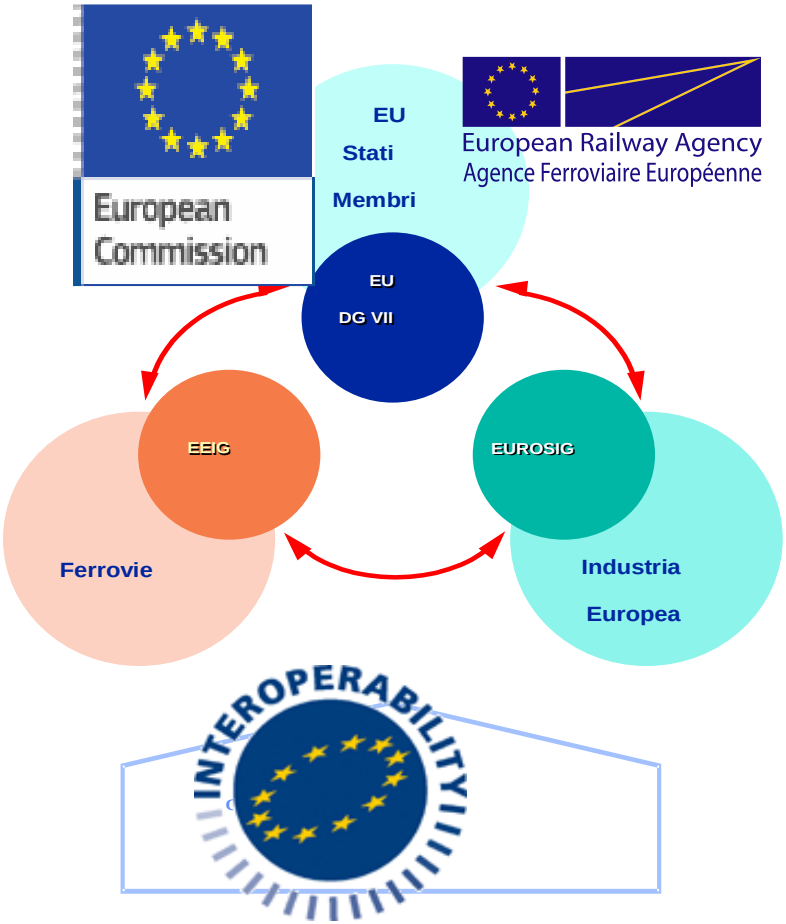




- *NO HUMAN ERROR*
- *NO SISTEMATICS FAULTS*

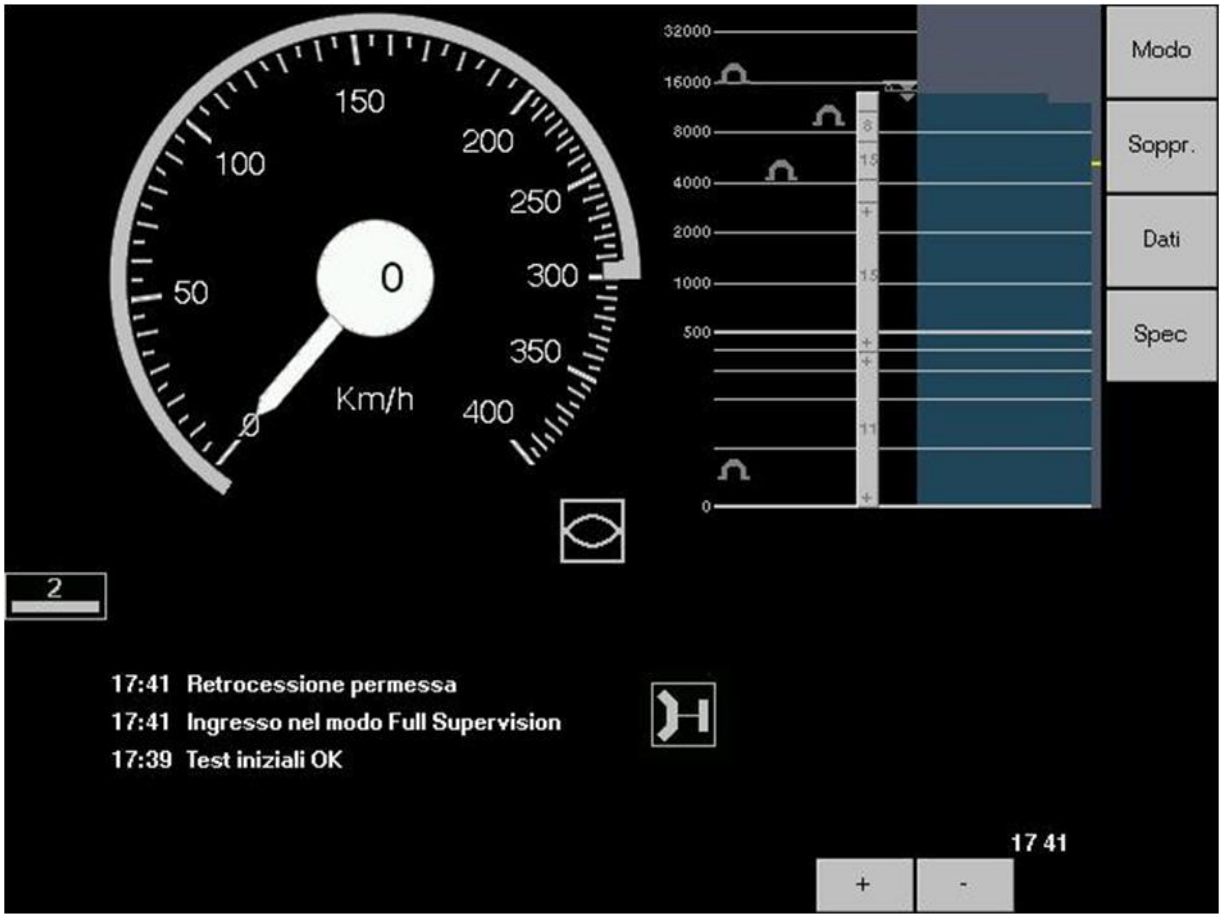
RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

ERTMS - una struttura di collaborazione

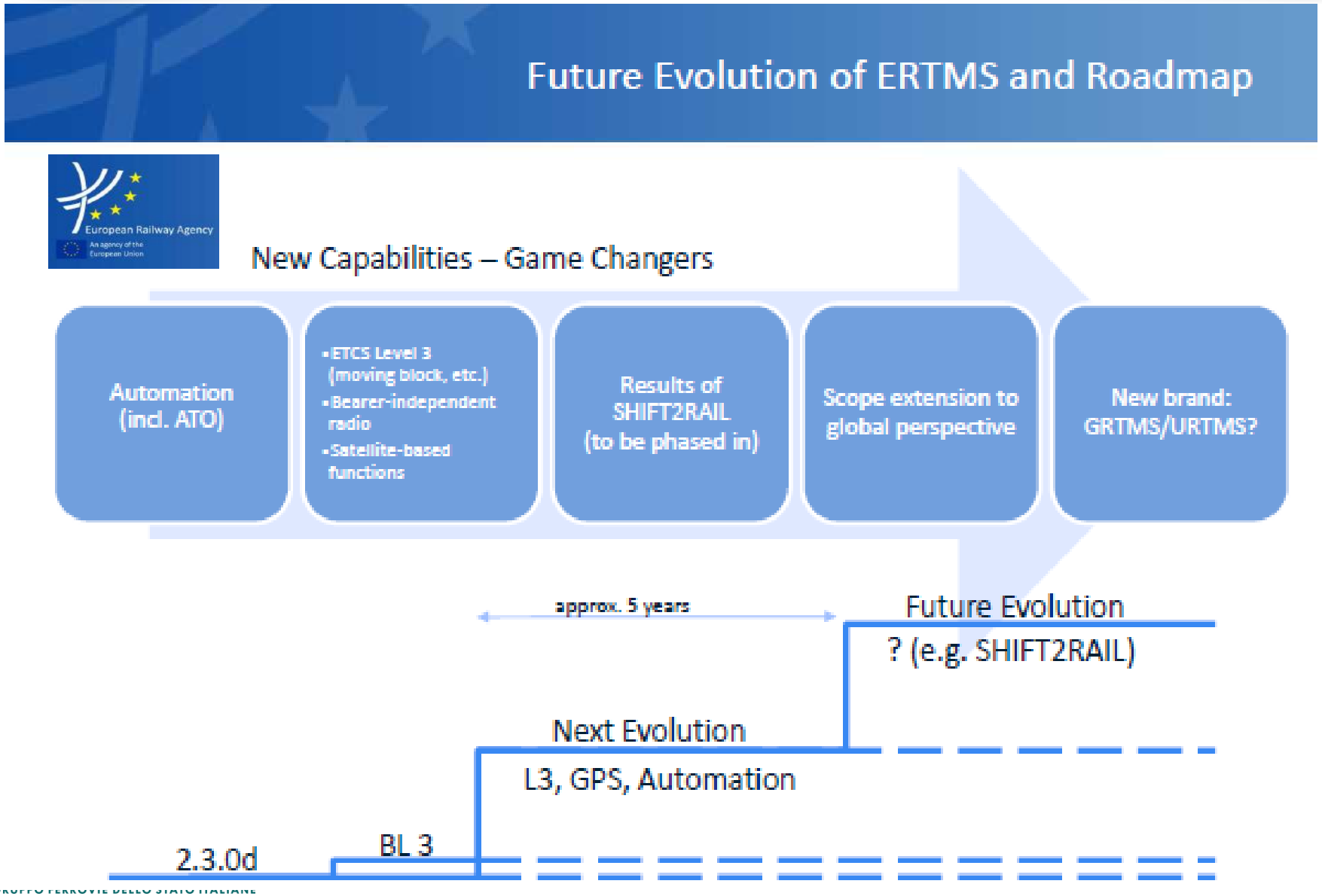


UNICO CRUSCOTTO PER I MACCHINISTI EUROPEI (e non solo…)

› ETCS Driver Machine Interface: the Ergonomic Interoperability



State of the Art – ERTMS - ETCS



RFI is the *Game Changer* for satellite integration into the ERTMS

ERTMS
A proven system, successful worldwide

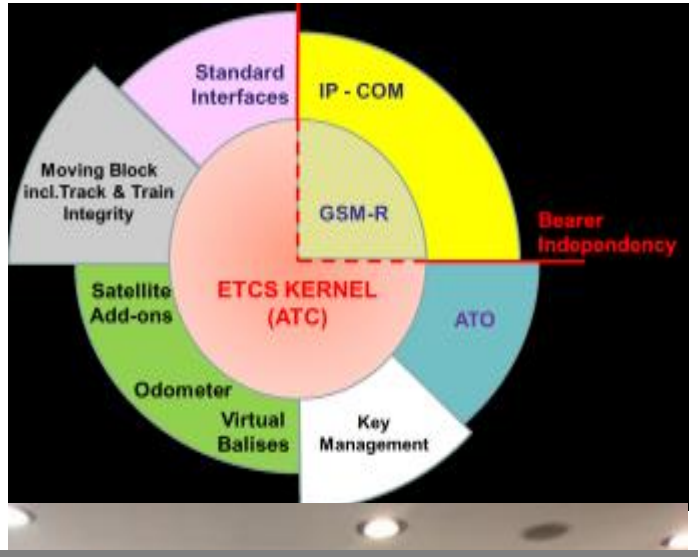
Total track > 94,000

50 Countries are using ETCS trackside

Total No vehicles >12,000

46 Countries are using ERTMS vehicles

New Technologies

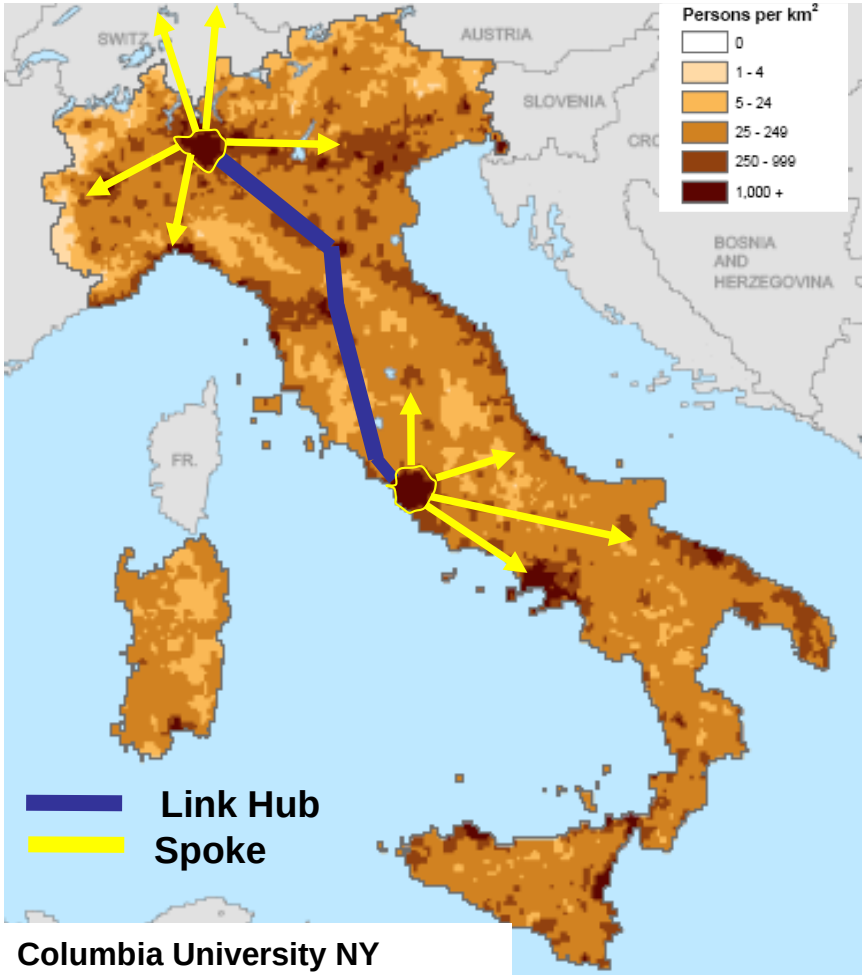


Satellite positioning & new radio are included into the ERTMS MoU

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

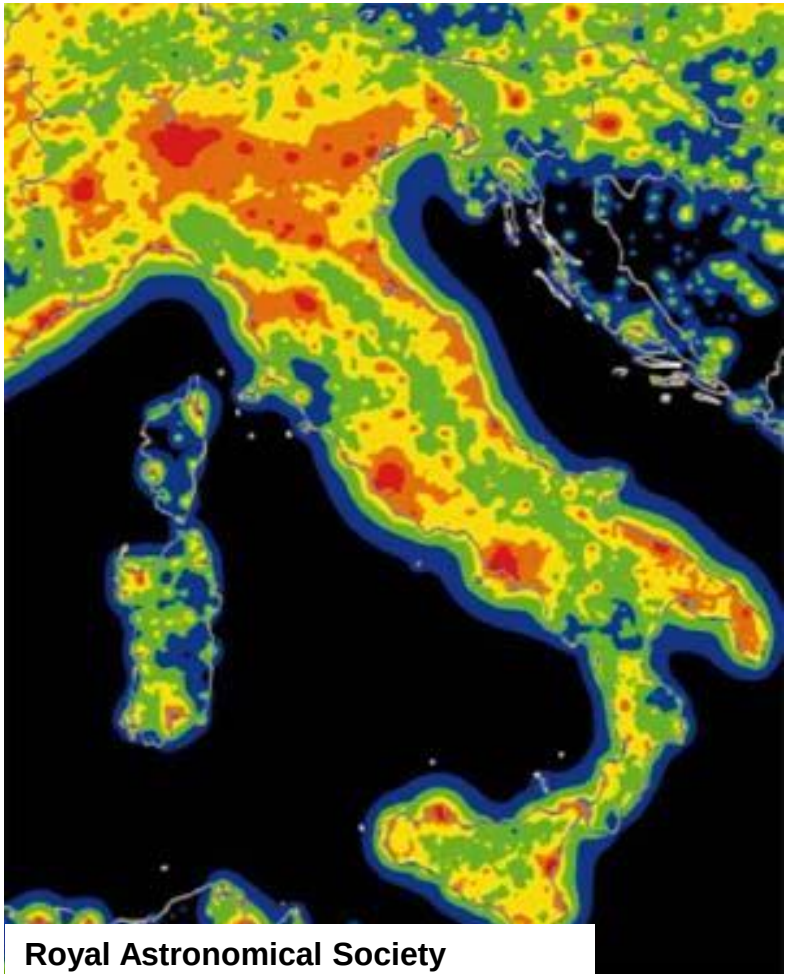
ITALIA - Hub & Spoke and mobility system

Residential density



Columbia University NY

Lighting power density



Royal Astronomical Society

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

The Italian Rail Network

Lines classification related to the traffic development

~ 1000 km (6%) — **High Speed Network**

Command Control System : ERTMS/ETCS L2
Train spacing with radio block

~ 950 km (5%) — **Metropolitan Traffic Lines**

Command Control System : CTC, SCC, SCC-M
Train spacing with short block sections (High Capacity)

~ 2.900 km (18%) — **Fast Lines**

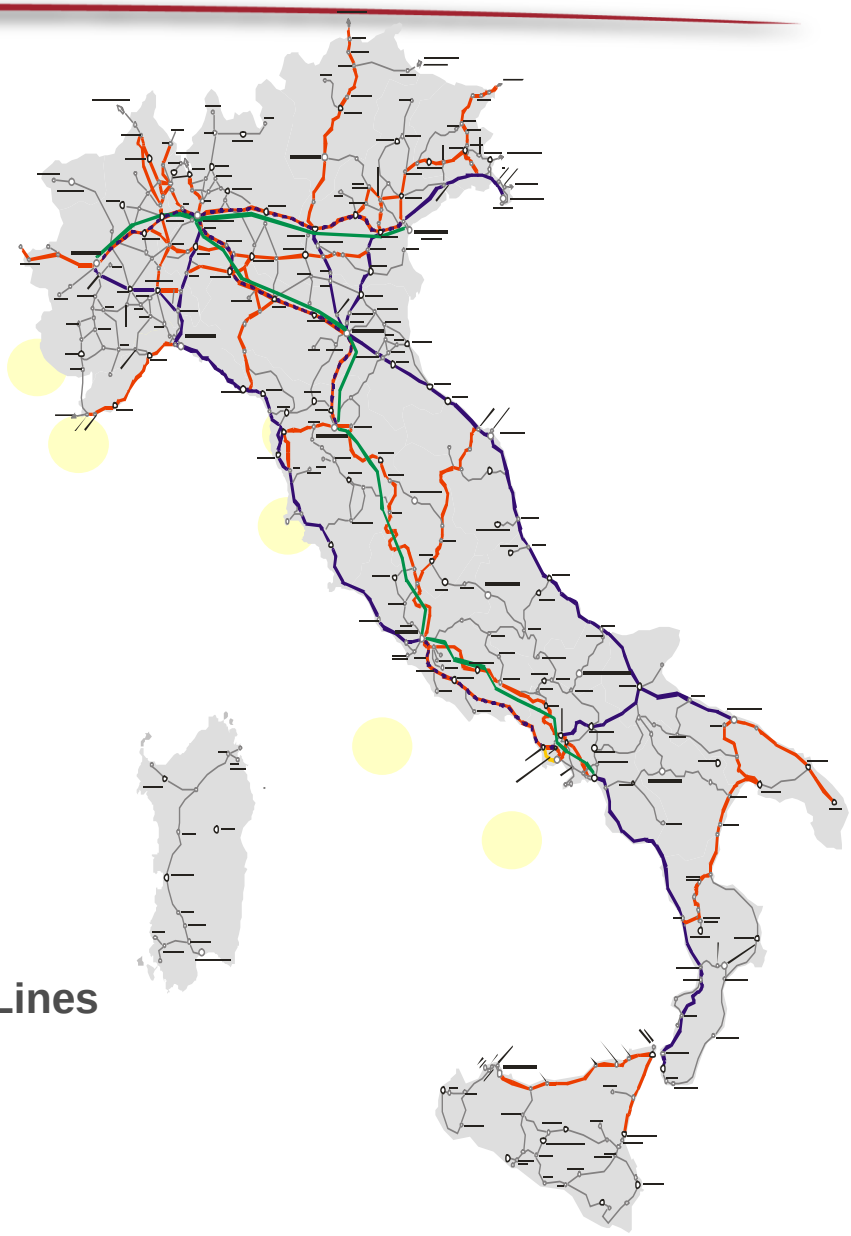
Command Control System : CTC, SCC
Train spacing with SCMT

~ 3.900 km (23%) — **Middle performances + Freight lines**

Command Control System : CTCev, SCC
Train spacing with block sections: SSC,SCMT

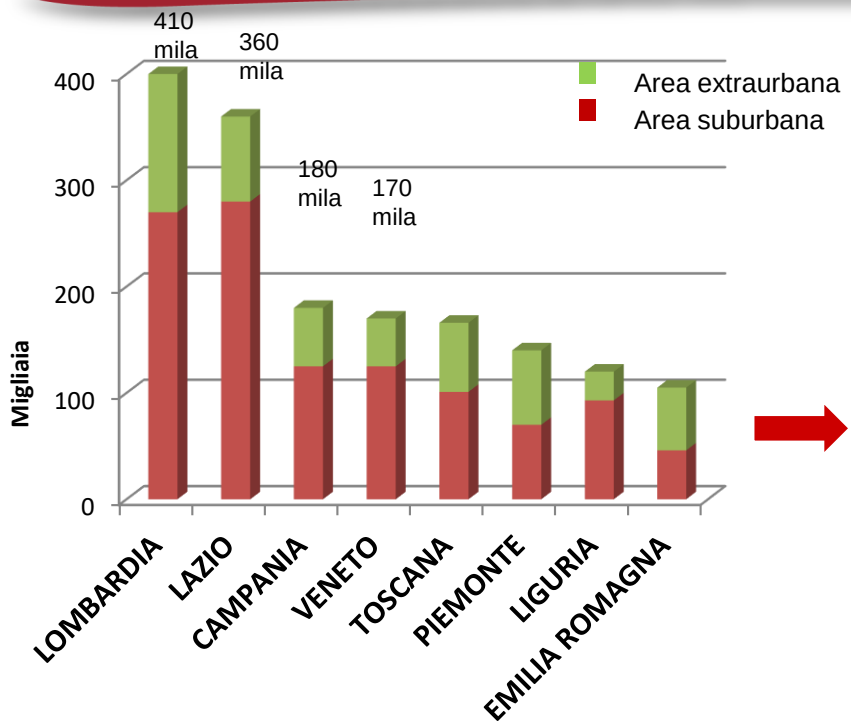
~ 7.950 km (48%) — **Subsidiary + Low Traffic Lines**

Command Control System : CTC
Train spacing with block sections: SSC

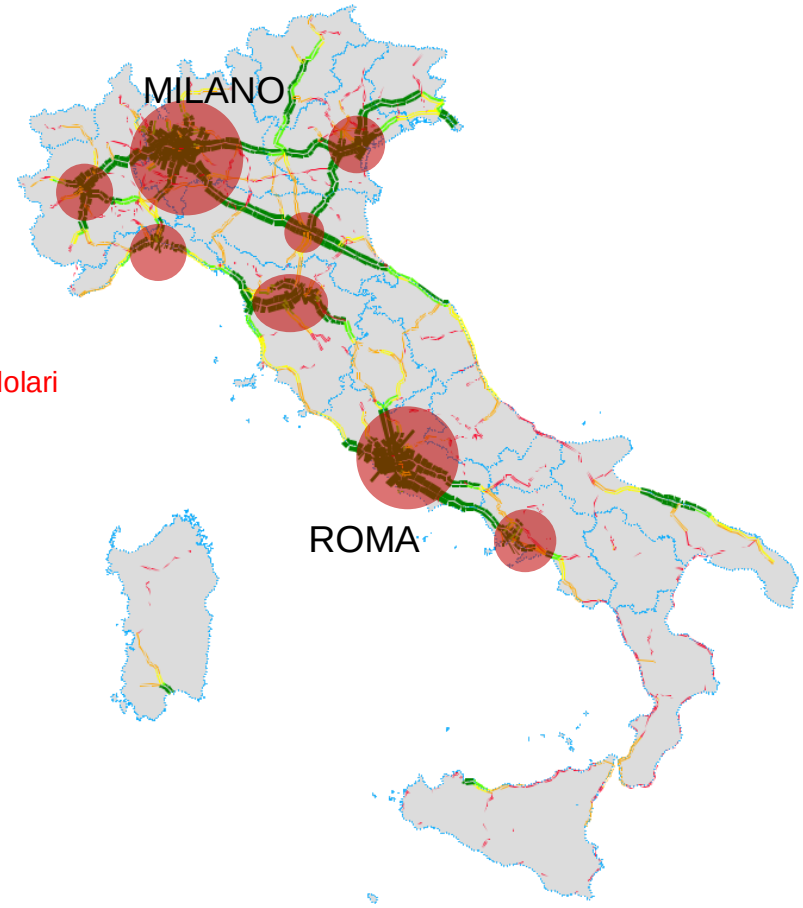


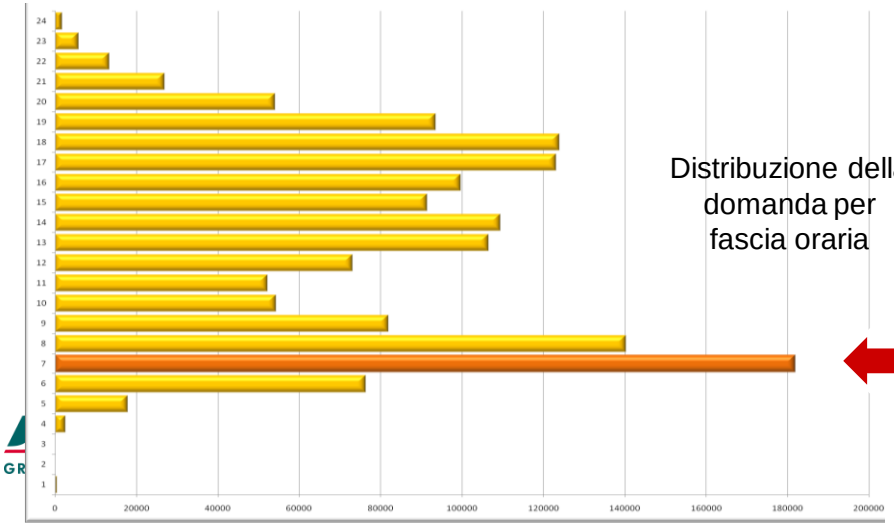
RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Sviluppo del Network – La domanda del TPL



2 mln pendolari





Distribuzione della domanda per fascia oraria

7:00 – 8:00

Overbooking

Portfolio ERTMS in RFI

ERTMS (ETCS+ GSM-R+ETML)

Upgrading GSM-R

Rete Alta Velocità

Level 2 (Baseline 2) Senza fallback

High Density Nodi Urbani

Level2 /Level 3 (Baseline 3) Sovrapposto al SCMT

Freight & Passenger Tent-T Corridors

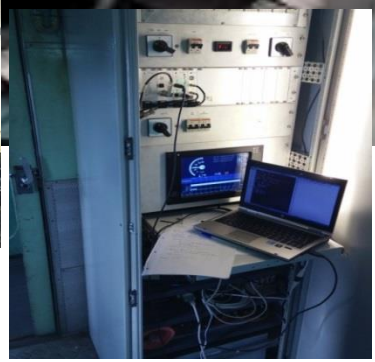
Level 1/Level 2 (Baseline 3) Sovrapposto al SCMT

Linee a scarso traffico

Level2 /Level 3 (Baseline 3) Satellite & Public Bearer

Integrazione SST / SSB

IOP Test for Safe Integration Mistral Analisi Integrata accudienze



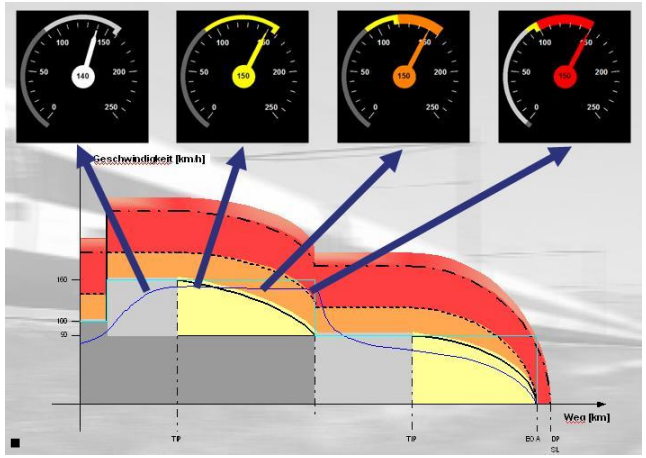
From ETCS To ERTMS

ETCS

Development 2000 → .....

Exercise 2005 → .....

Optimization2013 → .....



ATO (Train Operation)
ATS (Train Supervision)

ERSAT EAV

Reduction Total Cost of Ownership (TCO)

Adjustment indications to the driver

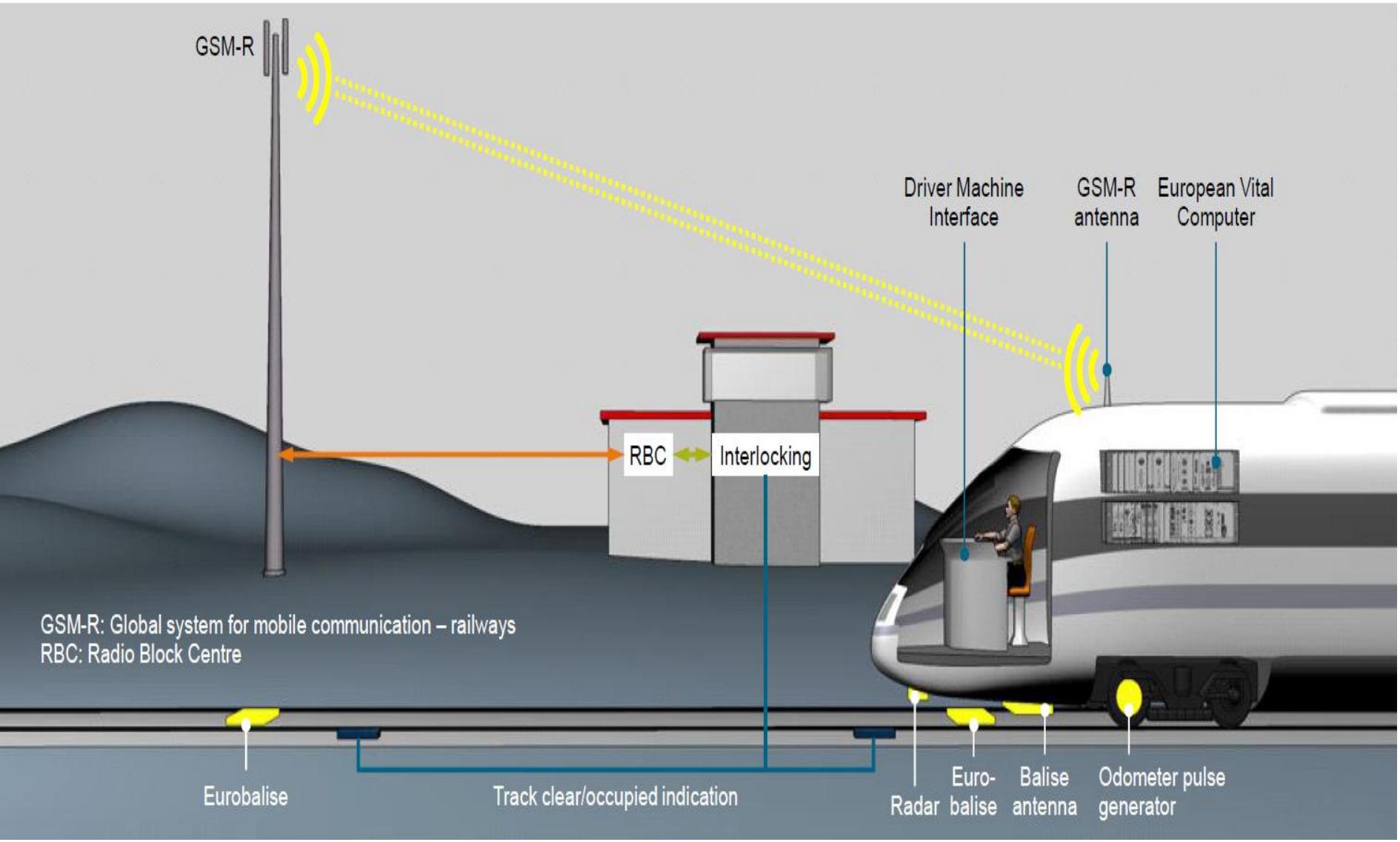
More capacity by Optimizing the lenght of the sections

Optimization of the speed profile and the track conditions

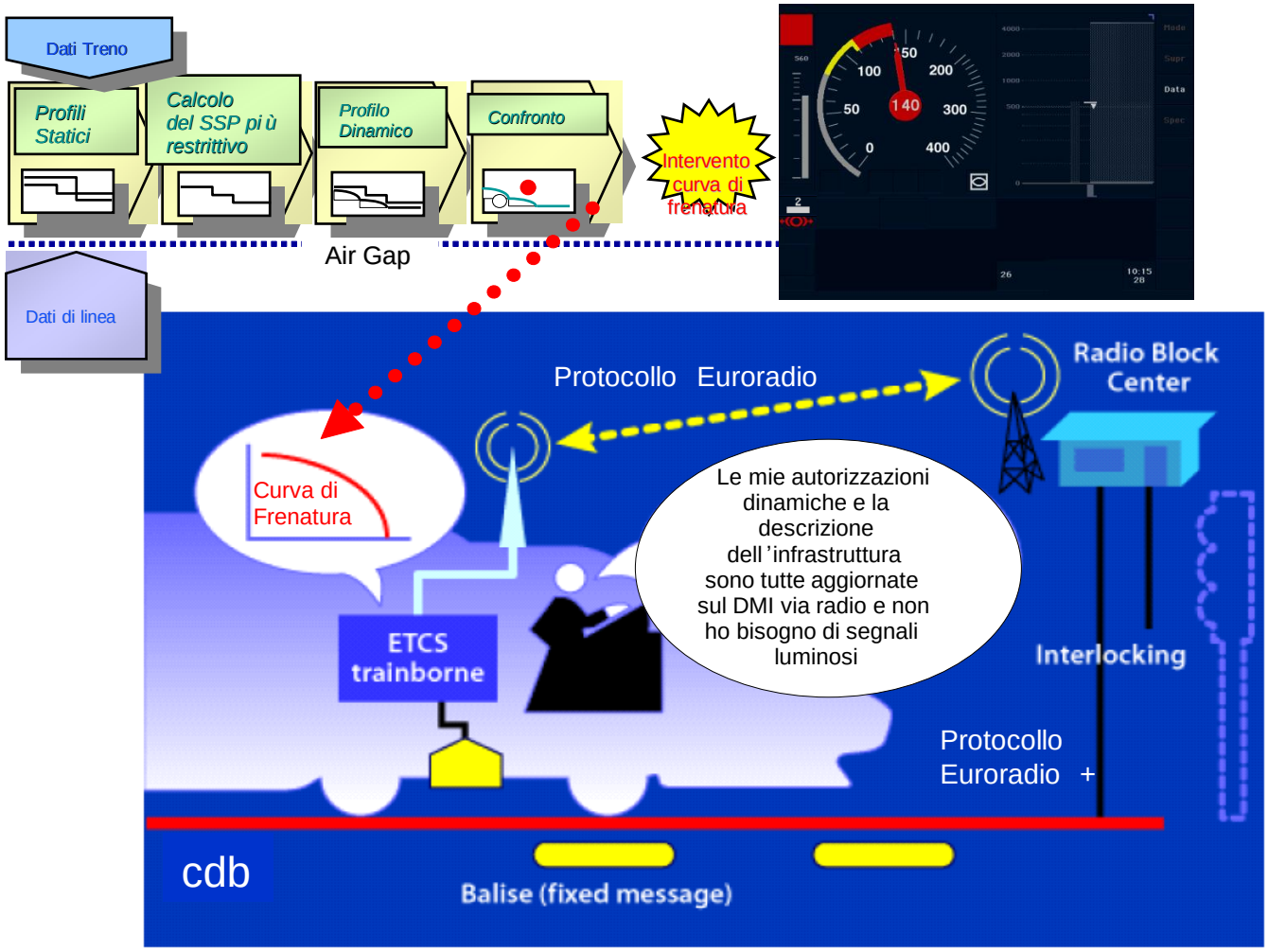
Traffic Management

RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

ETCS Livello 2 Architettura di Principio



«Sinergia Intelligente» fra Infrastruttura e Materiale Rotabile

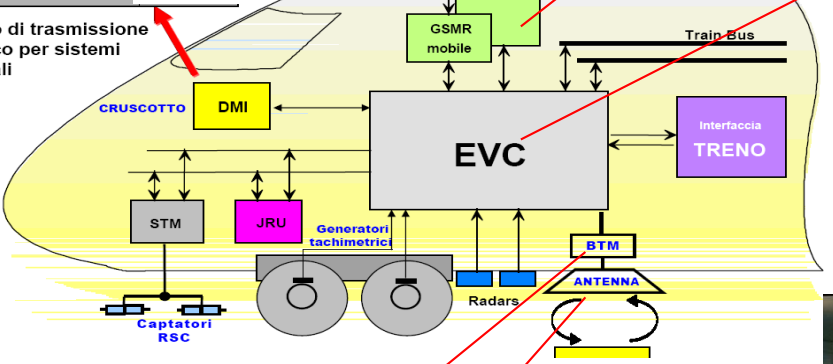


RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

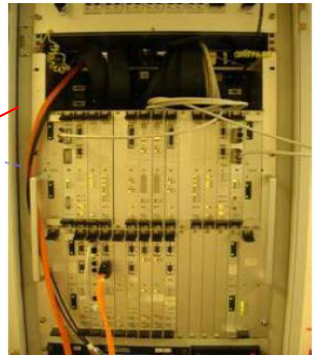
Architettura di Bordo

STM = Modulo di trasmissione specifico per sistemi nazionali

(DMI SCMT Separato in prima fase)

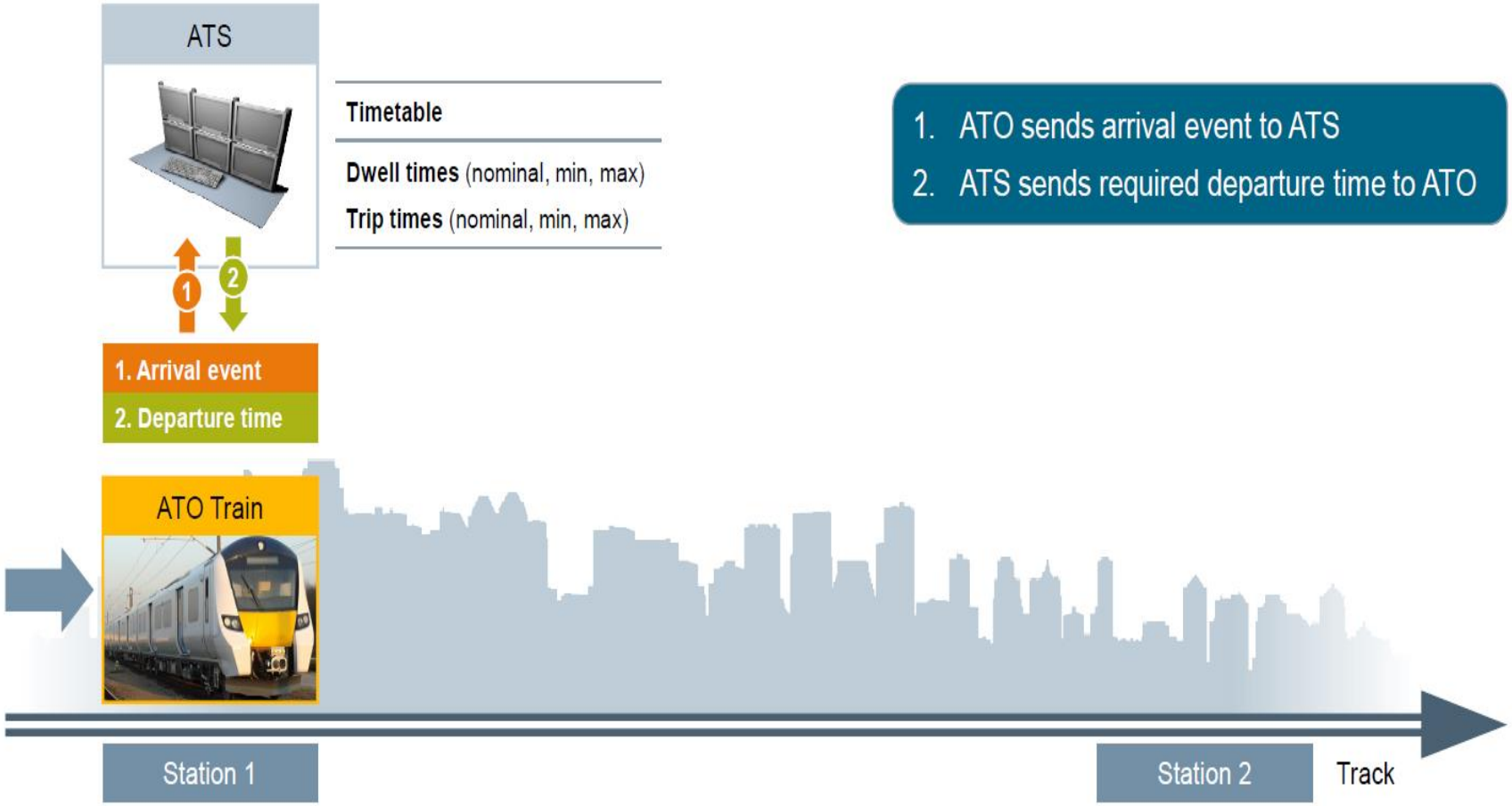


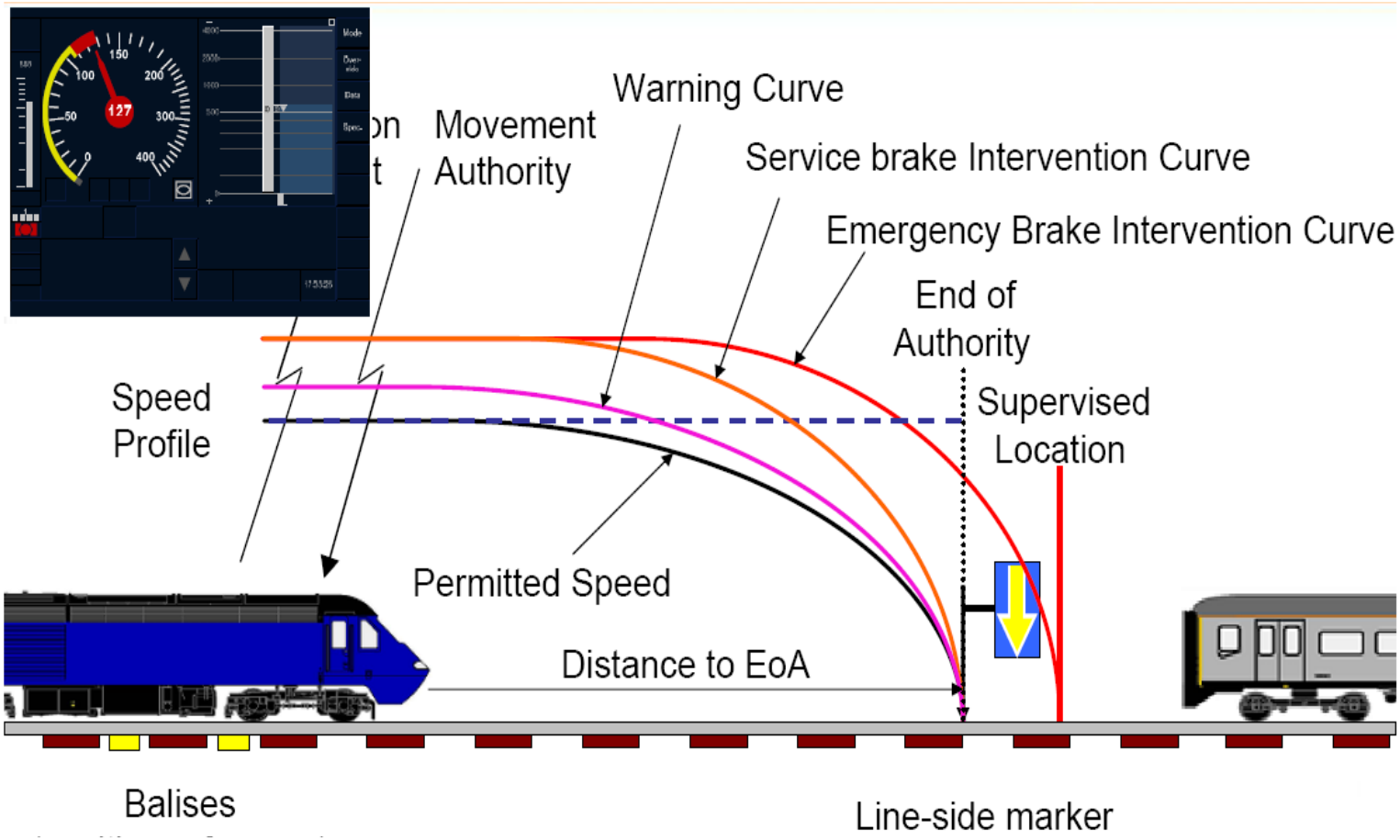
SCMT/EVC



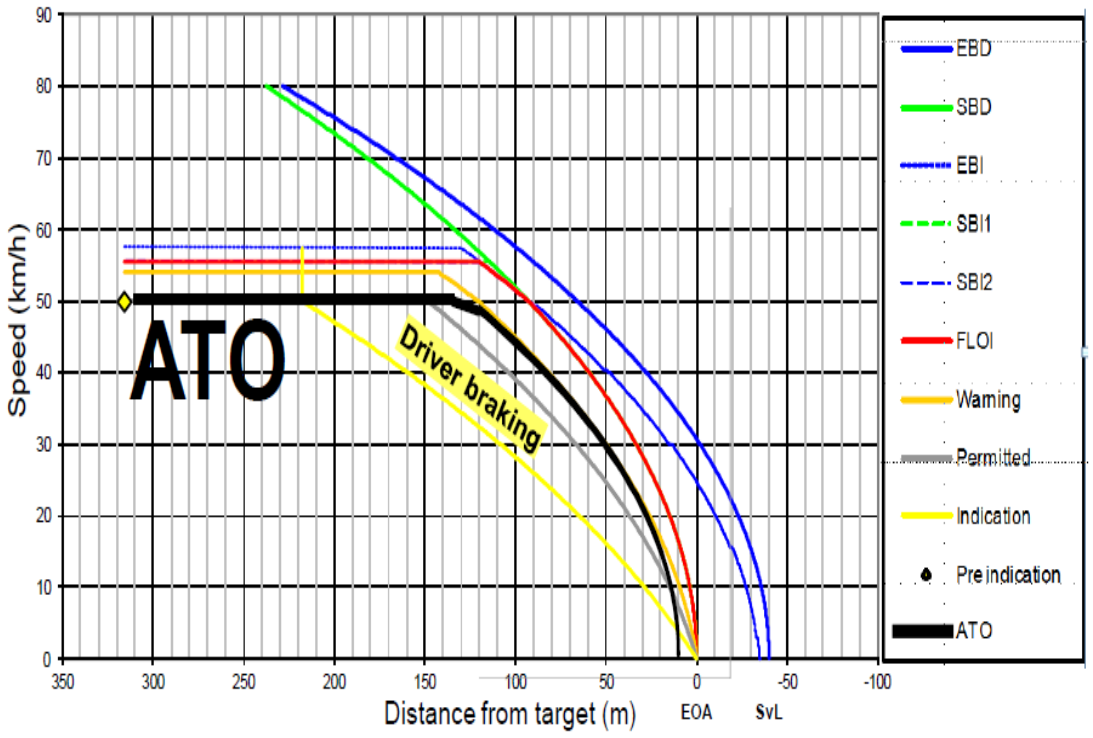
RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

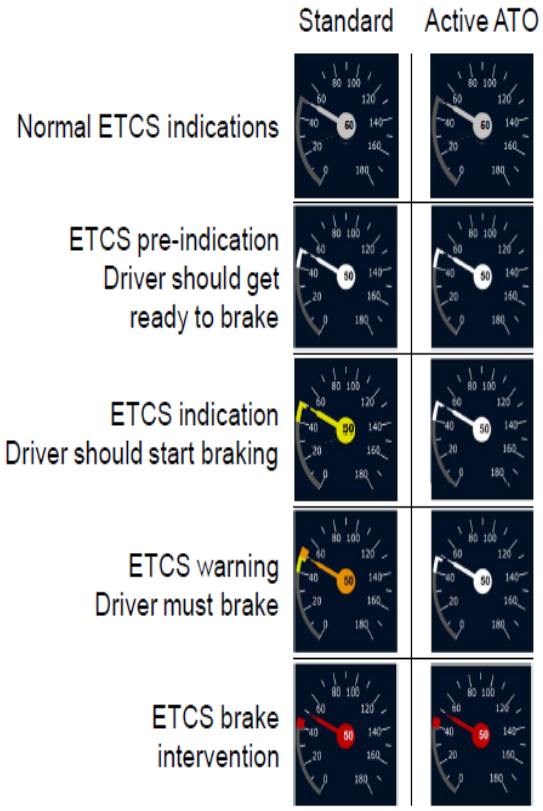
ATO e ATS lavorano insieme




Movement Authority
Warning Curve
Service brake Intervention Curve
Emergency Brake Intervention Curve
End of Authority
Supervised Location
Speed Profile
Permitted Speed
Distance to EoA
Balises
Line-side marker

ATO (Automatic Train Operation) e Curve di Frenatura

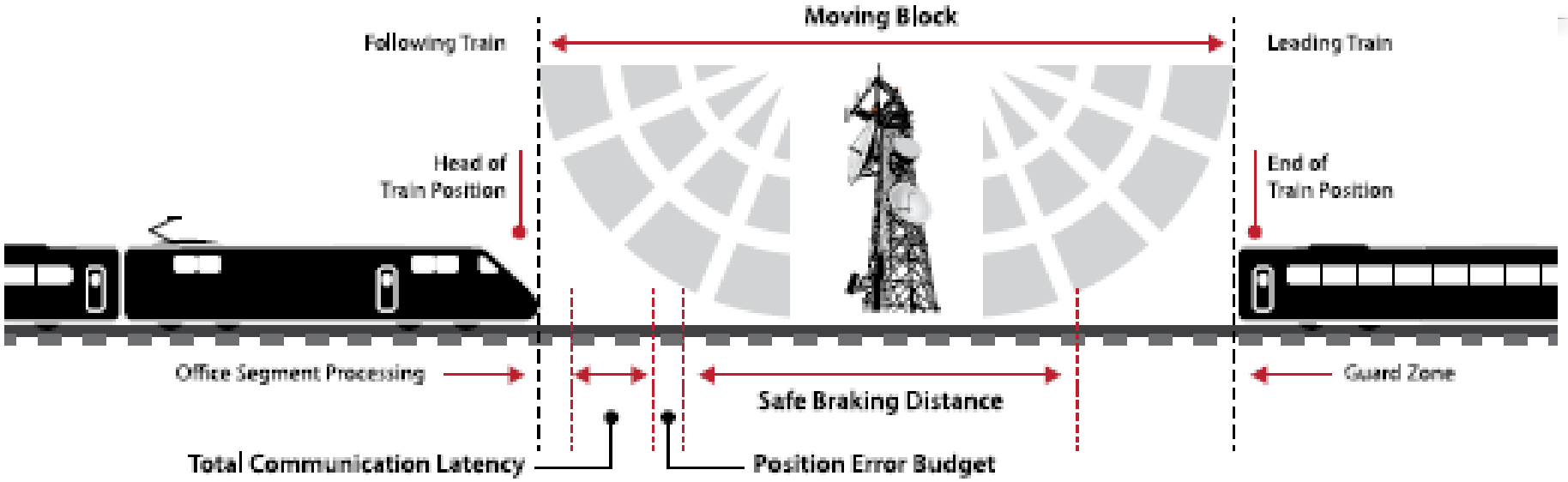




- ATO can brake later than humanly possible without causing ETCS brake interventions
- Some driver indications and warnings are suppressed to avoid irritation when ATO is active

>>> This effect also shortens headway for high speed applications

SISTEMI DI COMANDO E CONTROLLO DEI TRENI

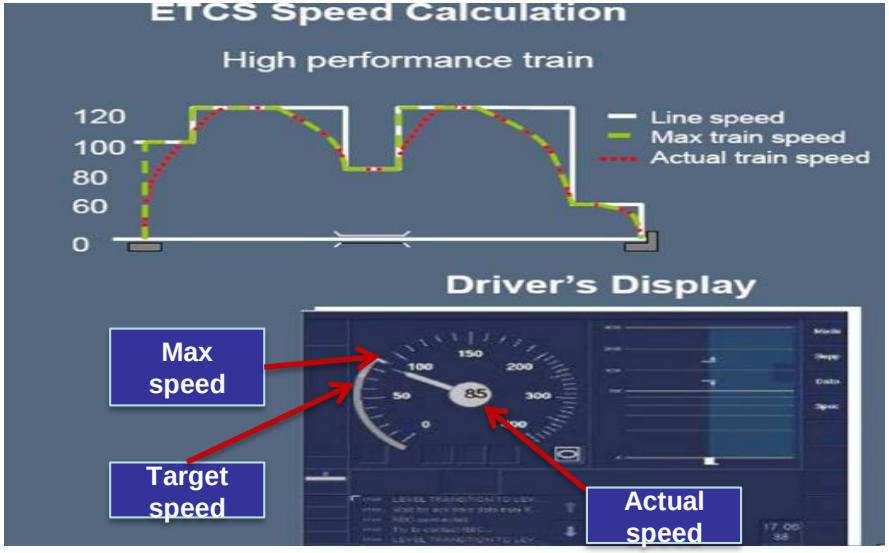


Sicurezza

Ostacolo è la coda del Treno precedente, passaggio a livello, variazione di velocità
Movement Authority da terra
Curva di frenatura a Bordo

Regolazione

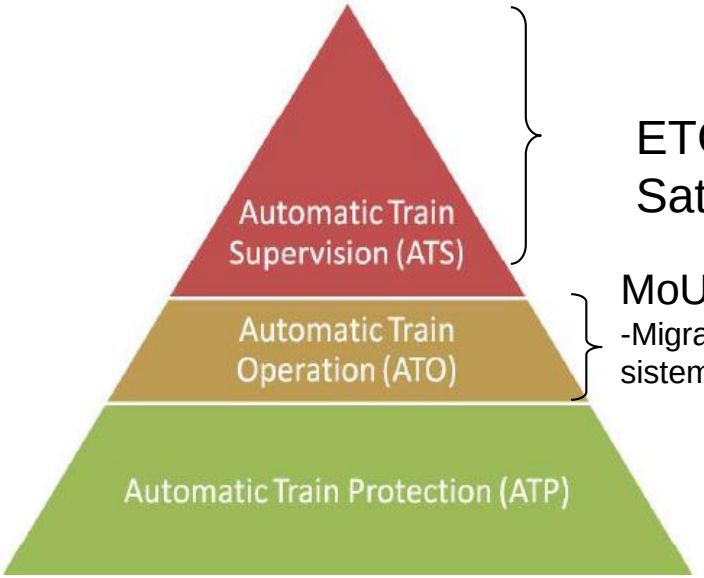
ATS a terra e ATO a Bordo



RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Metropolitane e Treni: sistemi ed esigenze simili

CBTC
Communications-Based Train Control System
Per massimizzare il ritorno negli investimenti nelle infrastrutture ferroviarie urbane:
Alta capacità e automazion.
Sistemi di telecomunicazioni aperti



ETCS Regional,
Satellite application

MoU
-Migrazione ATO, GPRS e IP per ogni sistema di comunicazione aperto

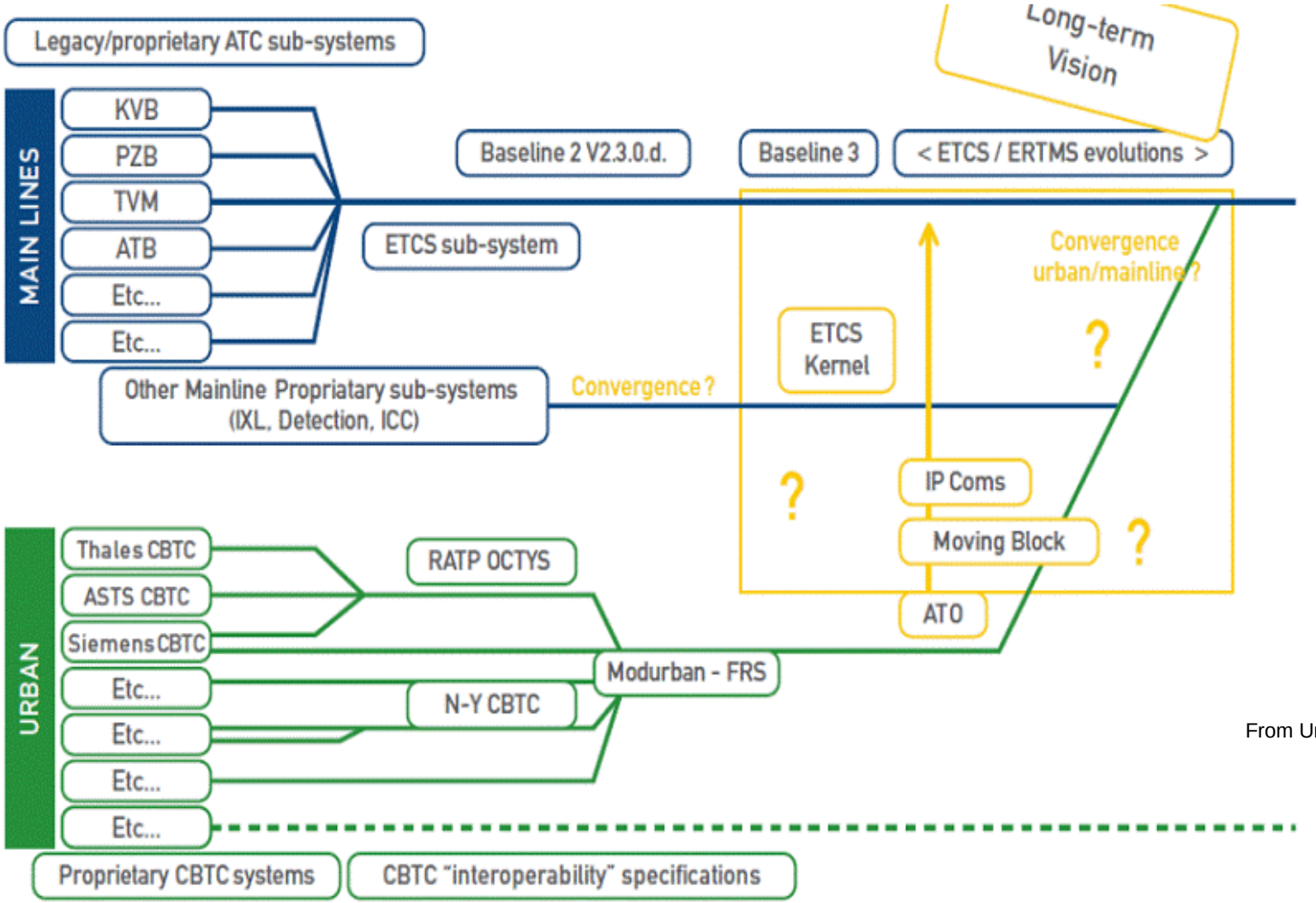
ETCS (L1,2,3)

Per creare un ATC europeo interoperabile e aumentare la competitività per le ferrovie europee per tutti i tipi di traffico ferroviario:
•Alta velocità, Alta capacità, Bassa densità
•Traffico merci, Traffico misto; coesistenza con legacy systems

- *Automatic train protection (ATP); • Automatic train operation (ATO); • Automatic train supervision (ATS)*

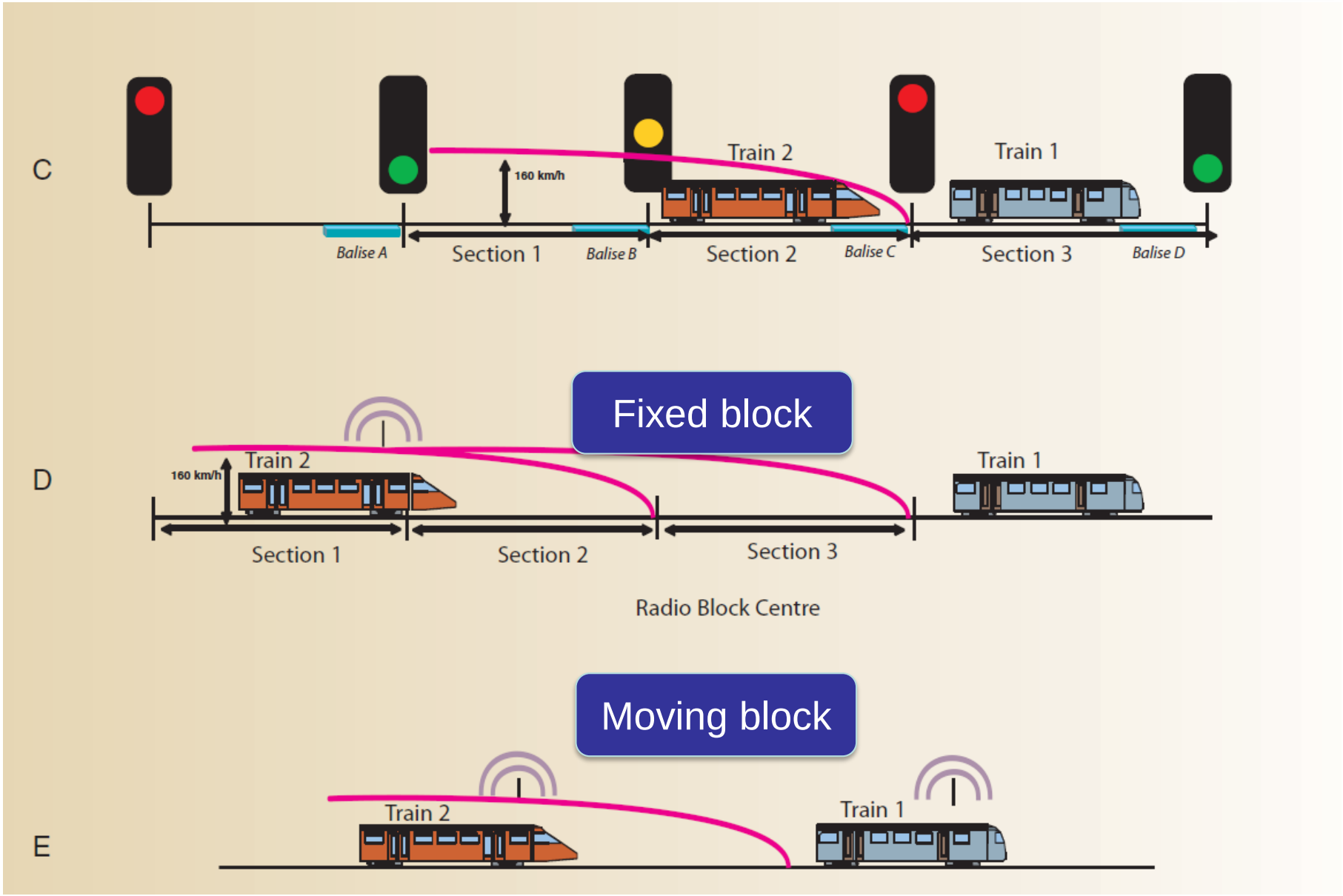
RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

ETCS e CBTC: Sistemi di Comando e Controllo Ferroviari e Metropolitani



From Unife Presentation

Sistemi di Blocco e distanziamento

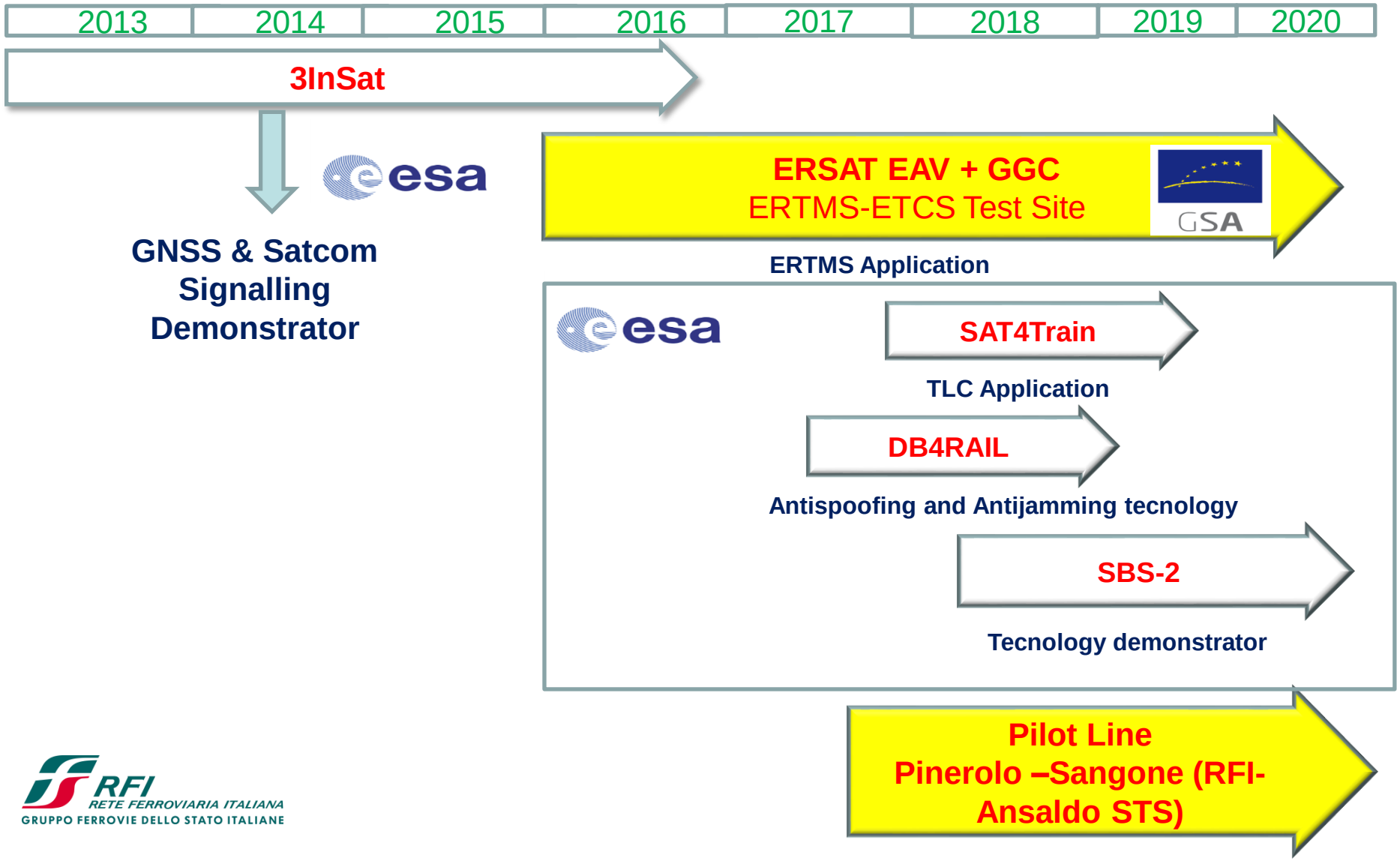


Integrating satellite assets into ERTMS/ETCS

RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

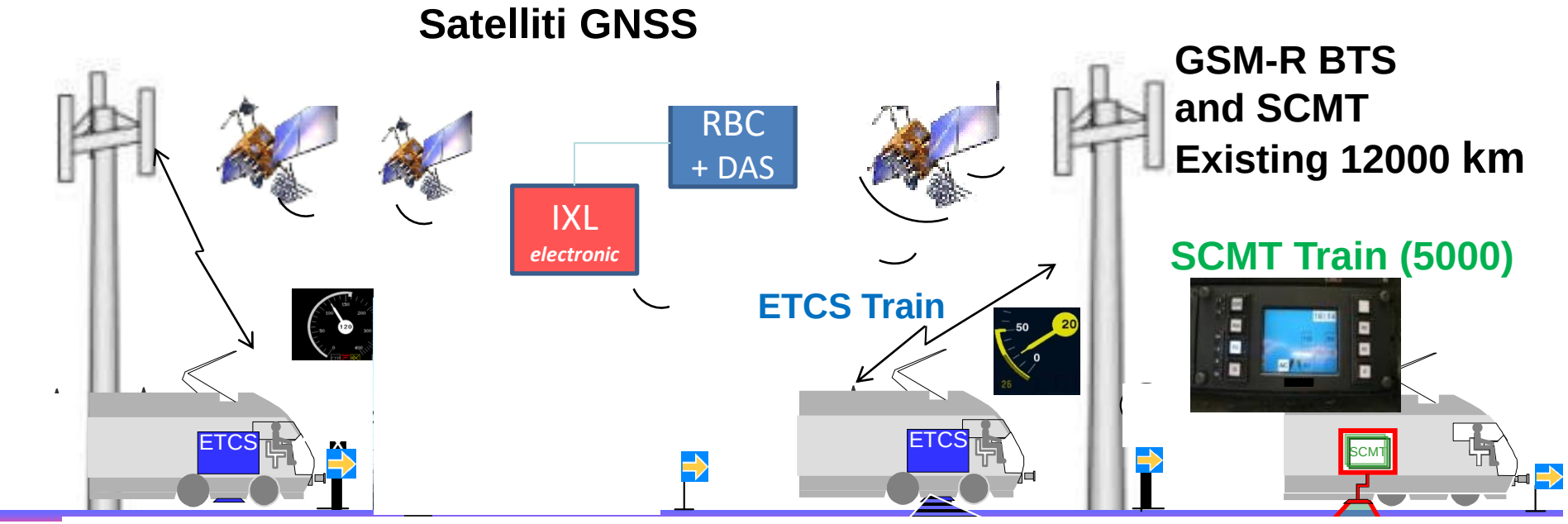
RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

ERSAT satellite projects contribution

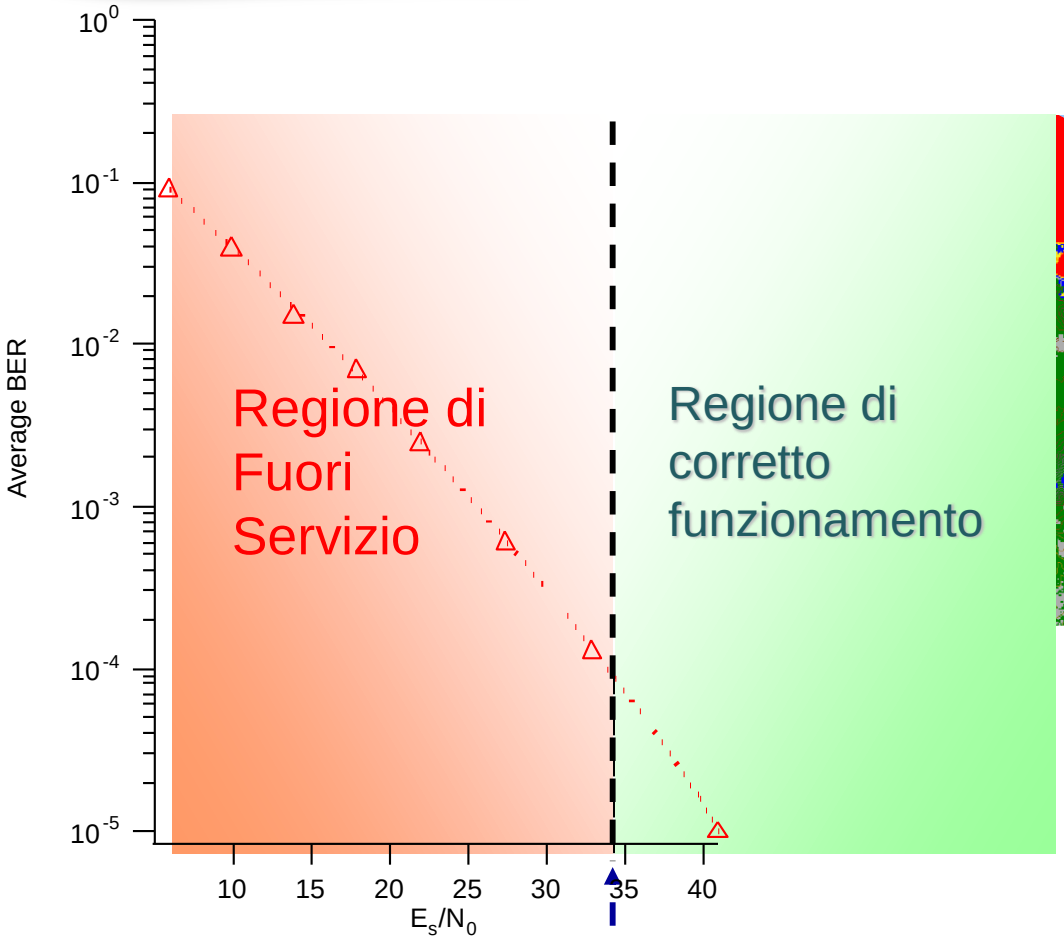


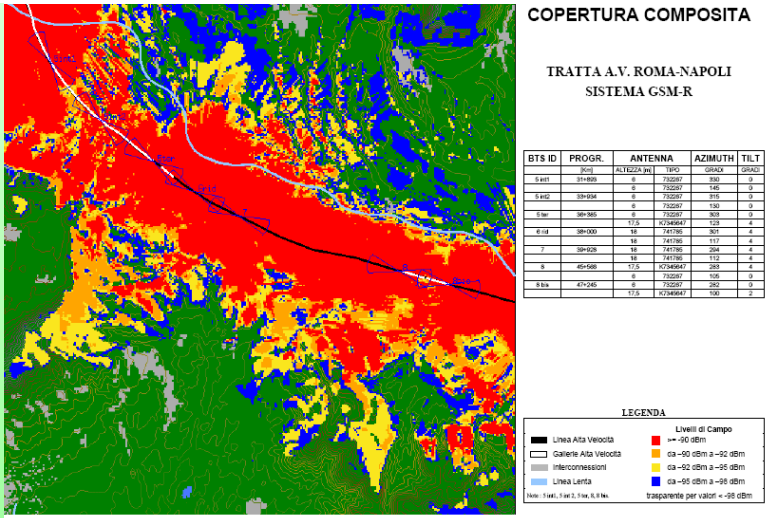
RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

ERTMS Migration with an initial overlapping of SCMT: TEN-T Corridors, HD Urban Nodes and Regional Lines



Security: interferenze e minacce di intromissione

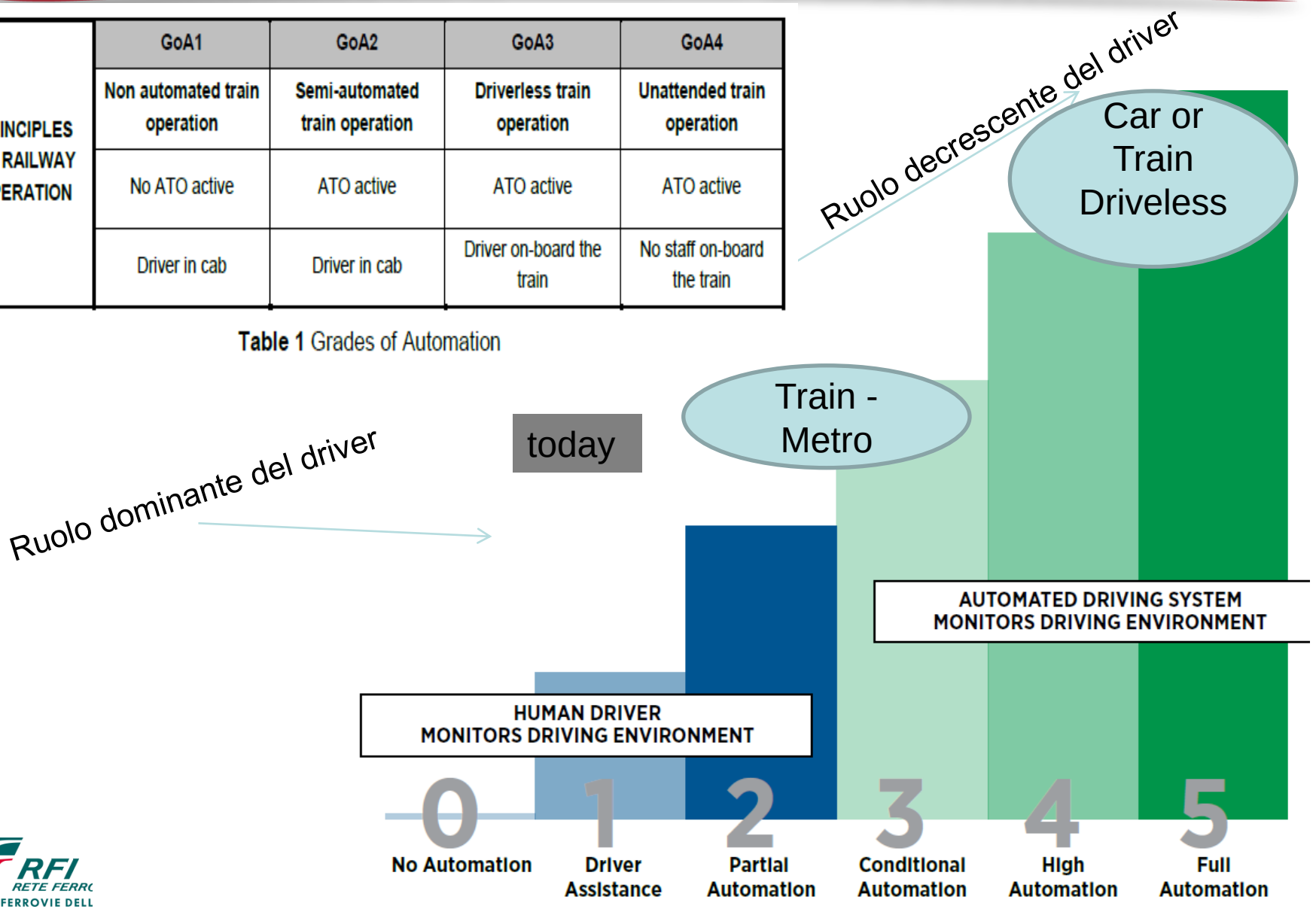




Livelli di automazione previsti

PRINCIPLES OF RAILWAY OPERATION	GoA1	GoA2	GoA3	GoA4
	Non automated train operation	Semi-automated train operation	Driverless train operation	Unattended train operation
	No ATO active	ATO active	ATO active	ATO active
	Driver in cab	Driver in cab	Driver on-board the train	No staff on-board the train

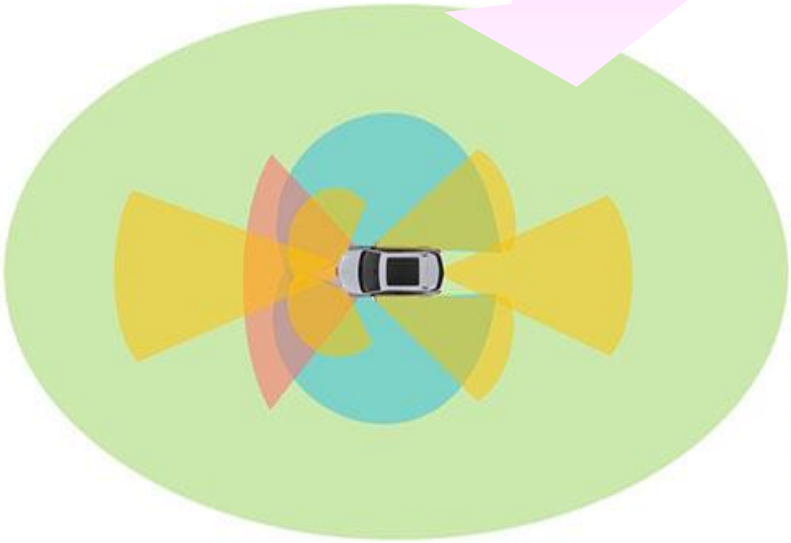
Table 1 Grades of Automation



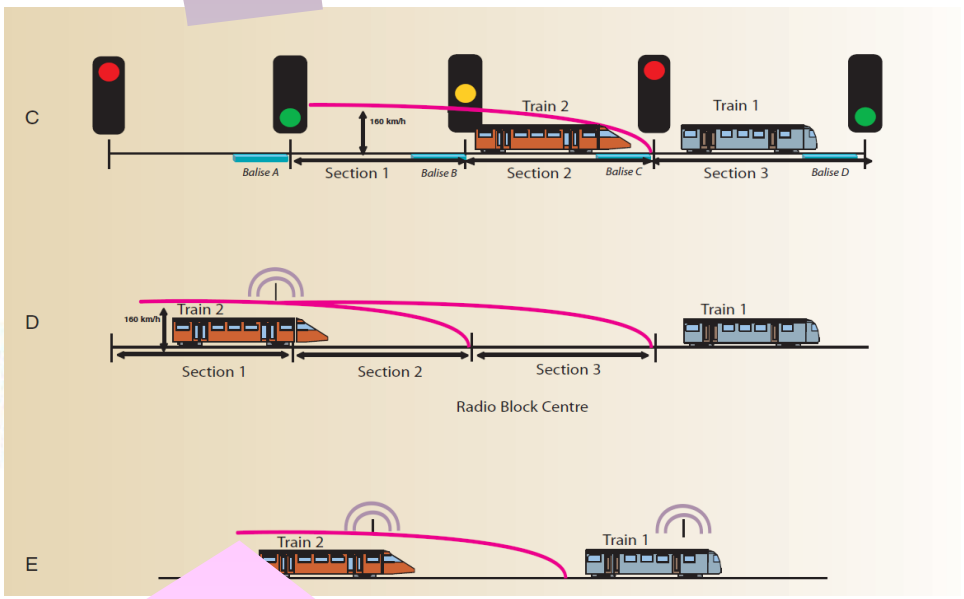
RFI RETE FERR
GRUPPO FERROVIE DELL

Sinergia Auto-Treno «catalizzatore» del veicolo autonomo in una infrastruttura intelligente

Localizzazione «precisa» in sicurezza
Reazione in tempo reale del veicolo



Controllo marcia treno automatizzato intervento centralizzato in caso di superamento limiti velocità o non rispetto dello stop al segnale



Nuovi sensori
Infrastrutture stradali informatizzate

controllo «centralizzato»
E veicolo autonomo

RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Spazi di Frenatura Strada - Ferrovia

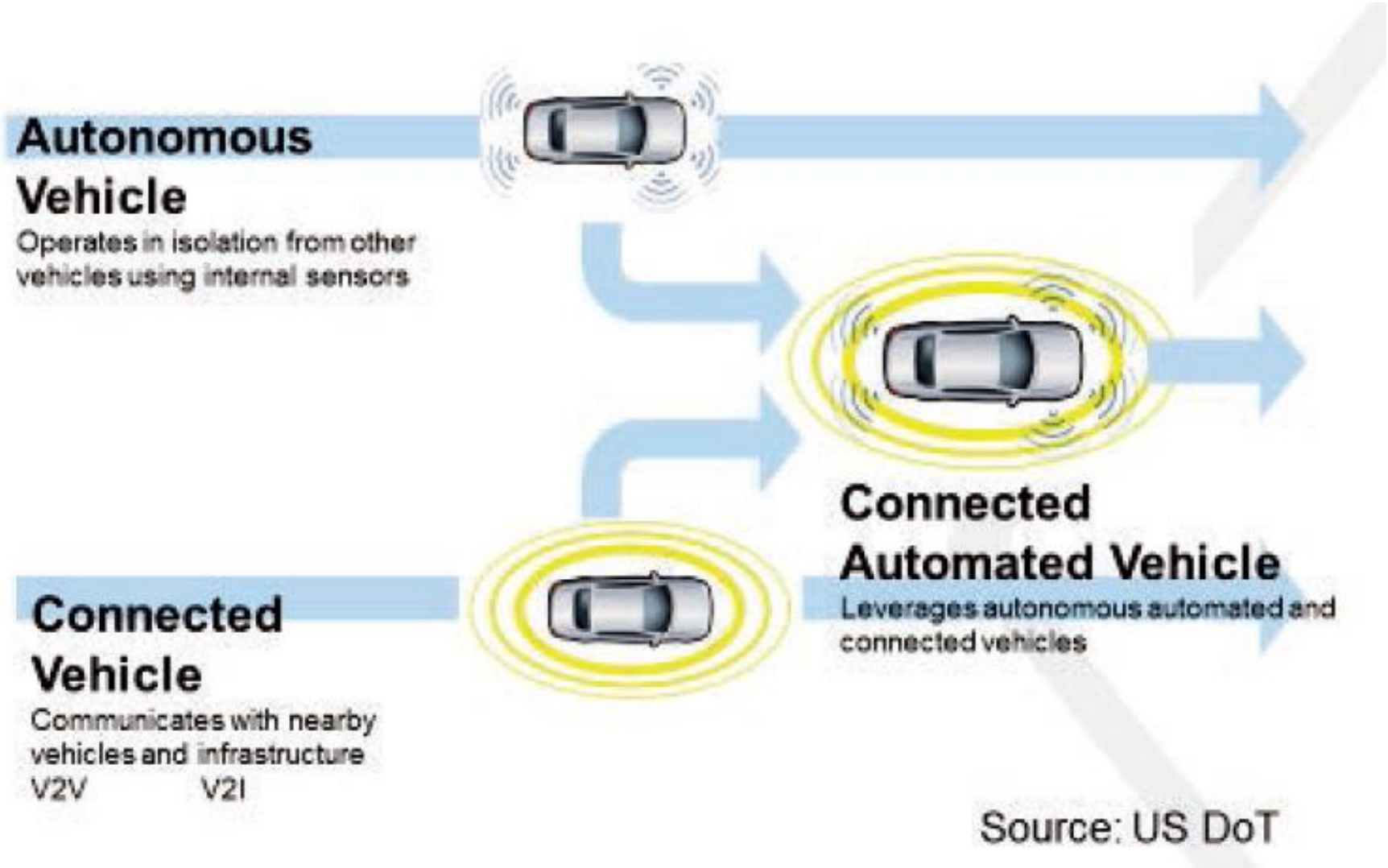
Lo Spazio di *frenatura di emergenza*
(arresto + reazione - valori medi) terreno asciutto in piano

	Autoveicolo – Strada	Treno Ferrovia (% ppf 105)
50 Km / h =	25 m	250m
100 Km / h =	100 m	1000m
300 km/h =		4000m

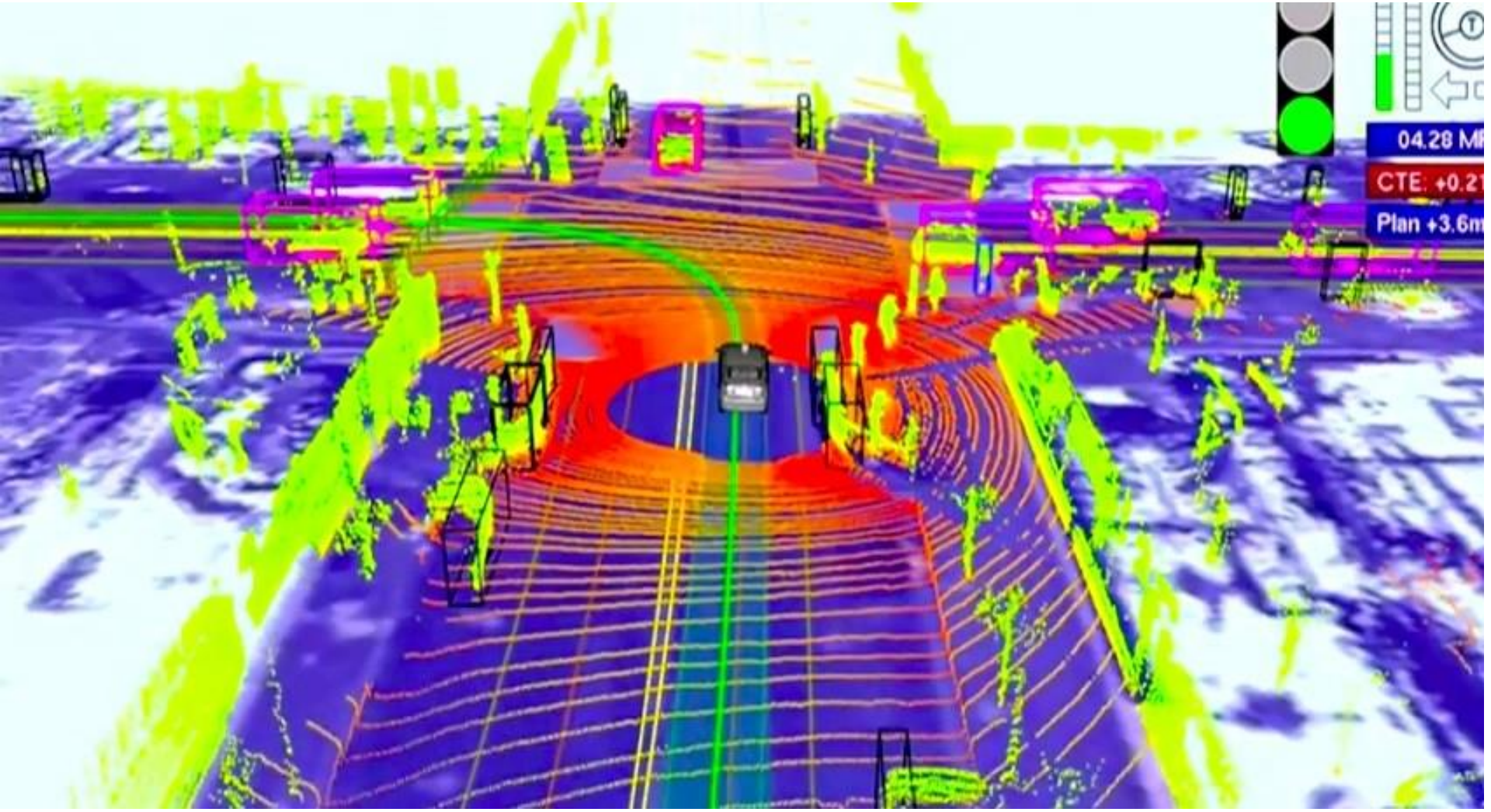
Frenatura in «Quality» serve più spazio, quindi più visibilità dei sensori rispetto alla emergenza

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Veicoli Connessi e veicoli Autonomi



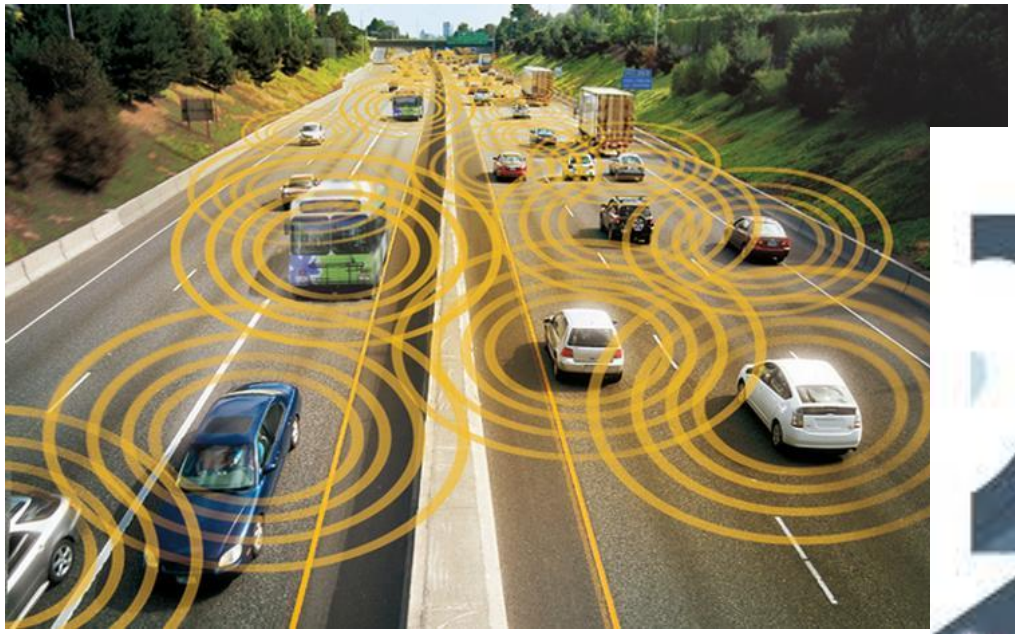
Quanti Sensori a bordo per un applicazione SIL 4?

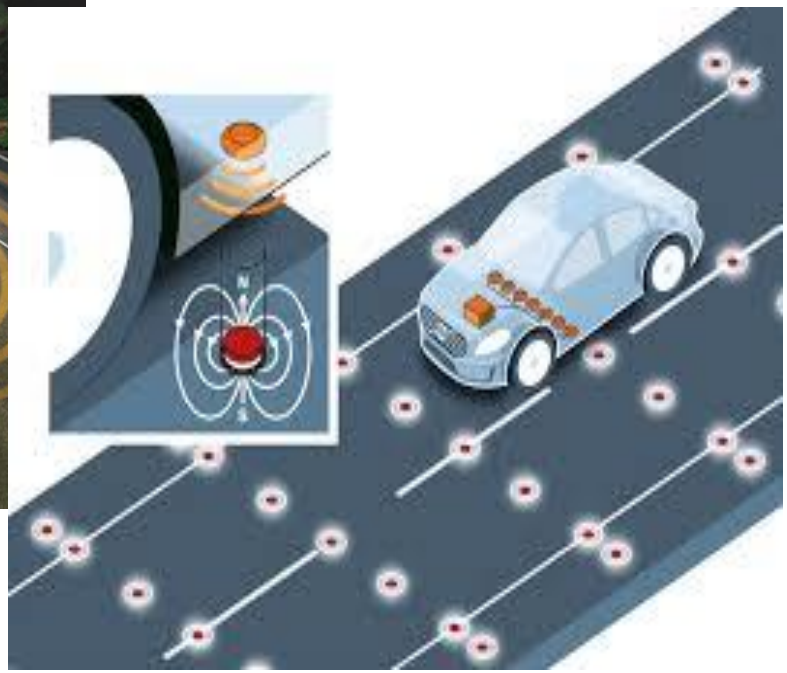


Distanza di Frenatura e velocità

La velocità dell'auto deve essere commisurata allo spazio di frenatura

Lo spazio di frenatura è funzione della «vista» dei suoi sensori (problema delle curve??)



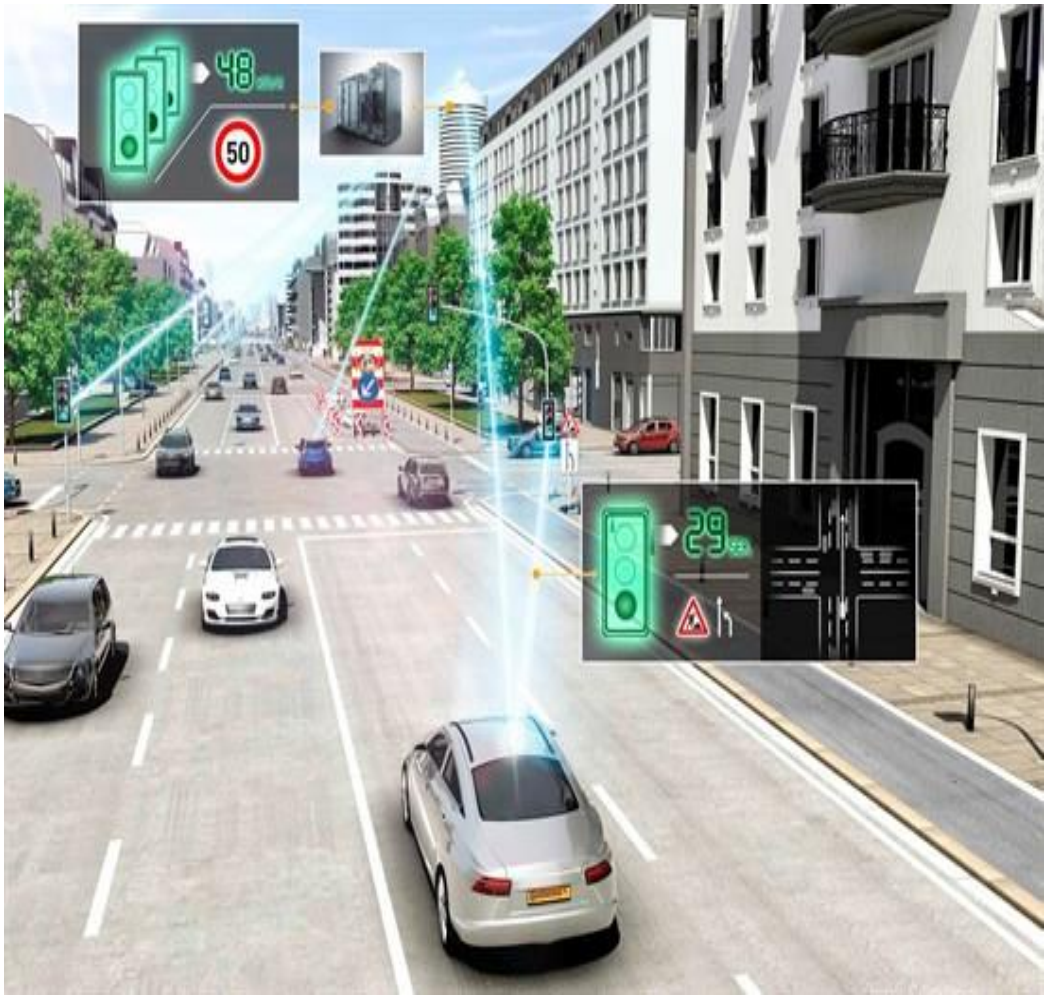


RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Infrastruttura e Macchine Intelligenti

LA LIBERTA' DELLA VIA E DISTANZA DI FRENATURA

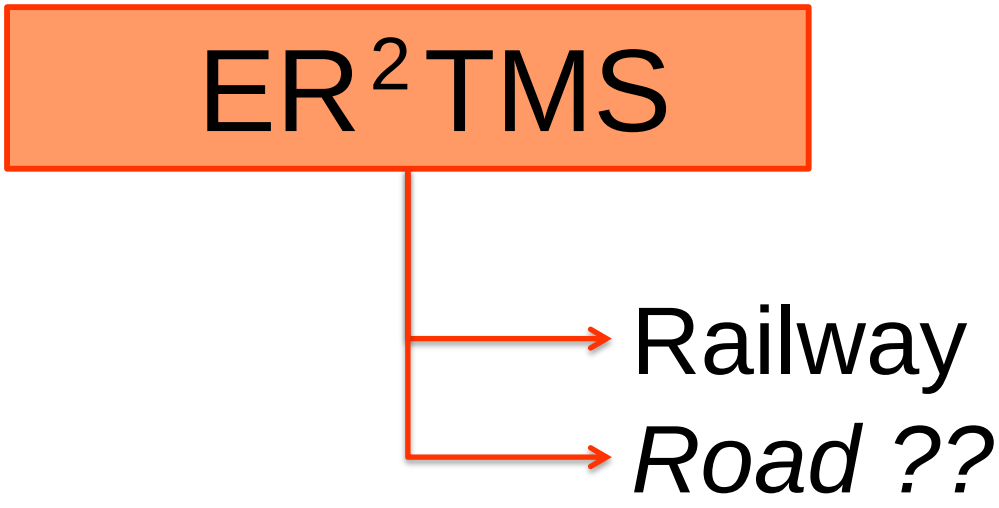
Necessità di un controllo centralizzato da terra che conosce la «libertà della via» e anticipi i movimenti reciproci di altre auto o di ostacoli



RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Driveless car: Need of Safety and Interoperability

Technological exchange Rail and Automotive
(eg.:Ferrovie dello Stato Italiane & ANAS)

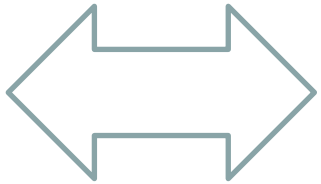


RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Priorità Settore Stradale

SAFETY & INTEROPERABILITY

A livello Mondiale



RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Passaggi a livello

Sono circa 6000

(comprese le linee regionali)

Vanno protetti lato sedime ferroviaria per indebita interferenza autoveicoli

Sinergie su Passaggi a Livello

Lato infrastruttura ferroviaria

Protezione occupazione indebita autoveicoli con sistemi di rilevazione ostacoli (PAI PL)

Quali tecnologie lato infrastruttura stradale o sulle auto:

?

RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Monitoraggio Infrastruttura

Scambio di Know How fra sistemi diagnostici e di monitoraggio dell'infrastruttura stradale e dell'infrastruttura ferroviaria

RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

L'Infrastruttura ferroviaria

Il territorio

Infrastruttura ferroviaria inserita in un contesto territoriale critico

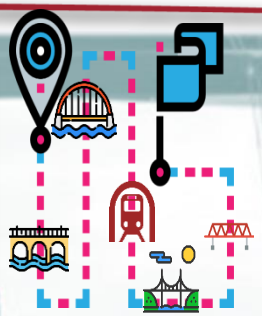
Notevole complessità orografica e geomorfologica

Elevata sismicità

Dissesto idrogeologico e idraulico

I vincoli

Vincoli territoriali che condizionano tracciati e soluzioni d'armamento



Le opere d'arte

Elevato numero di opere d'arte e in particolare ponti/viadotti e gallerie

L'infrastruttura

Infrastruttura esistente che si è sviluppata per la maggior parte in un periodo che va dalla seconda metà del secolo XIX alla prima metà del XX

Perché il miglioramento della sicurezza

RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

L'Infrastruttura Civile

La vita dell'Infrastruttura Civile

2000 | 1900 | 1800

RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

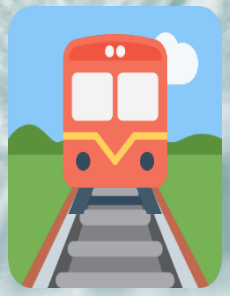
L'Infrastruttura Civile

I punti d'attenzione

I ponti

Le opere all'aperto

Le gallerie



L'armamento ed il tracciato ferroviario

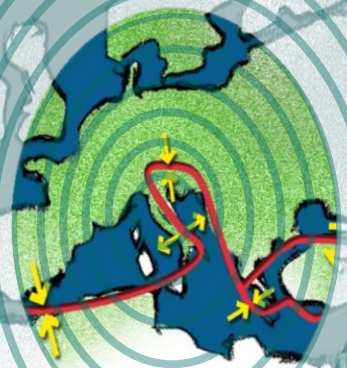
RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Il territorio - Sismicità

La sismicità

La causa principale della sismicità italiana è costituita dal reciproco avvicinamento della zolla

Earth's Tectonic Plates



placca eurasiatica

placca arabica

placca africana

placca sudamericana

Oceano Indiano

RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Il territorio - Sismicità

Oltre 2.400 scosse superiori a Mw 4

Terremoti dal 1000 – 2017

Mw 4 – 5,38	1.872
Mw 5 – 6	478
Mw 6 – 6.5	48
Mw 6.5 – 7	29
Mw 7 – 7.38	8

La sismicità

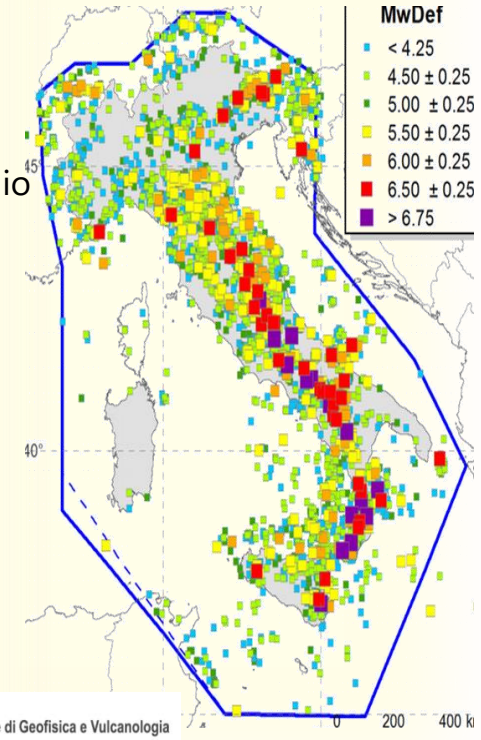
Terremoti dal 1000 – 2017 con M_w > 4.00 sulla base del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 e dei dati INGV.

I ponti

Esposizione al rischio sismico

- 27% zona 1 e 2
- 41% zona 3
- 32% zona 4

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione CPTI15 ed INGV



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI

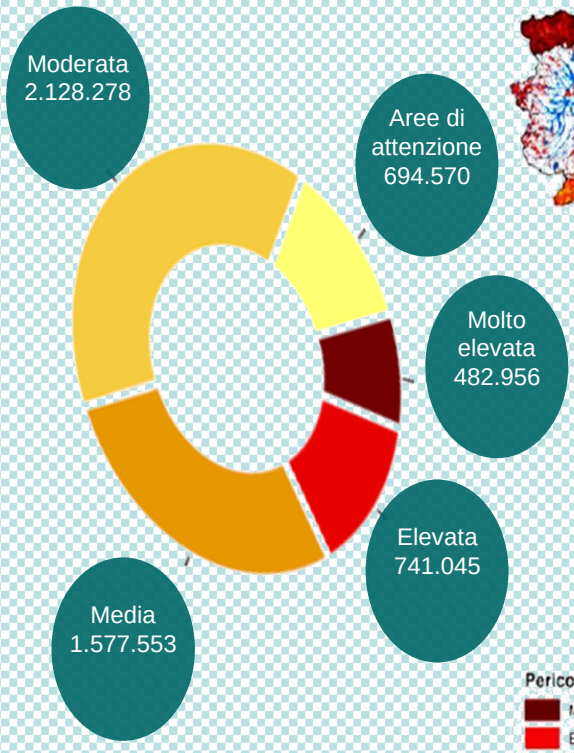
RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

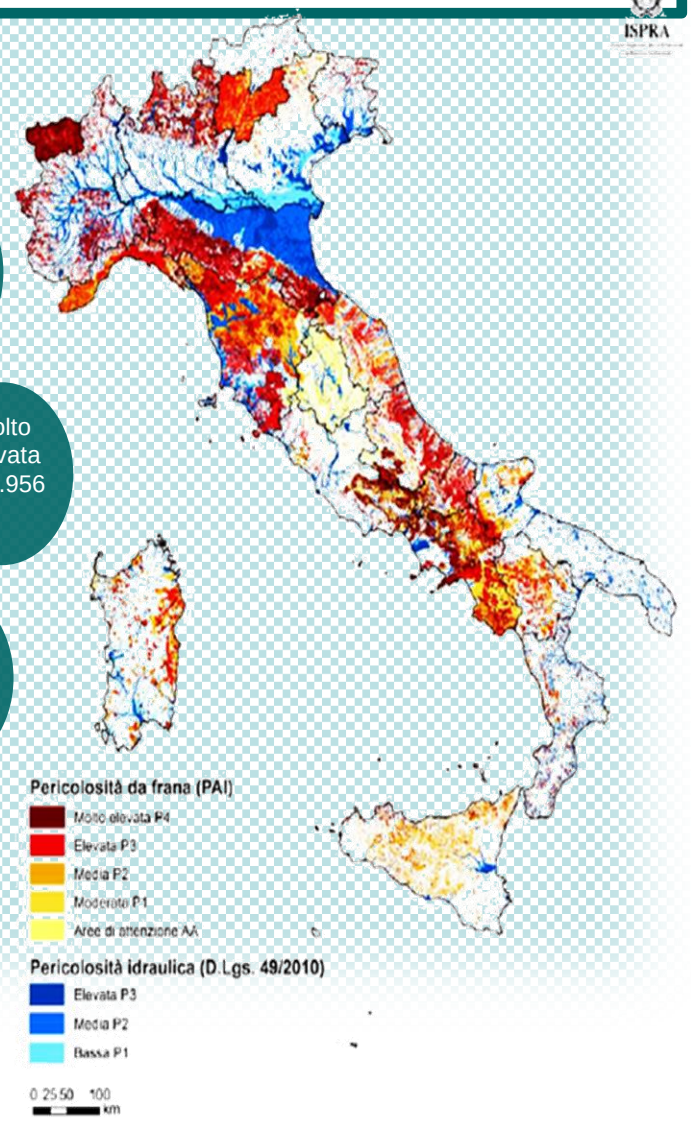
Il territorio – Dissesto idrogeologico

Estensione tratte ferroviarie in aree con

D.T.P. RFI	Alluvioni Estensione tratti (km)	Frane Estensione tratti (km)
Ancona	143	120
Bari	131	32
Bologna	332	217
Cagliari	26	20
Firenze	1018	465
Genova	115	335
Milano	322	30
Napoli	138	286
Palermo	116	61
Reggio C.	192	85
Roma	171	129
Torino	481	31
Trieste	73	13
Venezia	345	12
Verona	153	95

Popolazione a rischio frane in aree a pericolosità PAI 5.624.402, pari a circa il 10% del totale, di cui 1.200.000 nelle aree a pericolosità elevata e molto elevata(P3+P4)





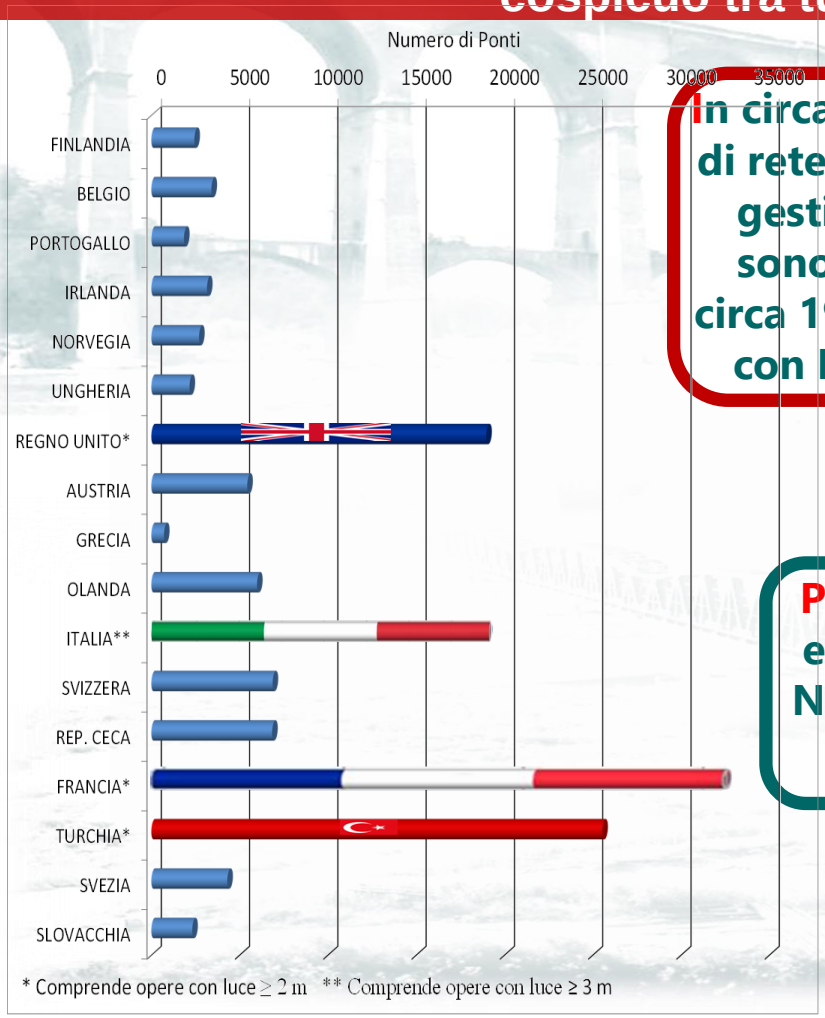
km interessati da alluvioni 3756

km interessati da frane 1951

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

L'infrastruttura Civile – I Ponti

I Ponti gestiti da RFI costituiscono uno tra i patrimoni di gran lunga più cospicuo tra tutte le nazioni europee

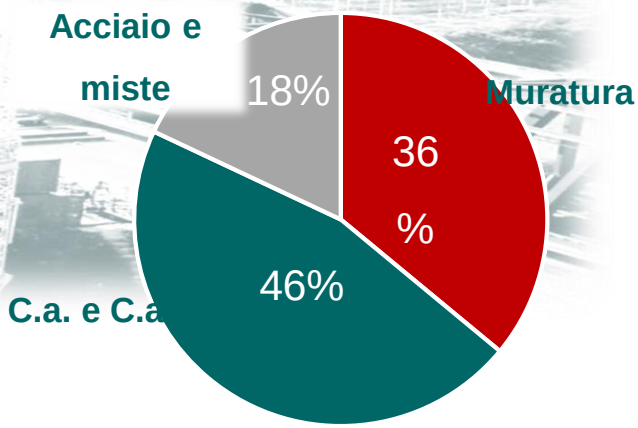


In circa 17.000 km di rete ferroviaria gestita da RFI sono presenti circa 19.000 ponti con Luce >3m

- **Viadotti** n°1.427
- **Ponti** n°7.926
- **Sottovia** n°9.671

Ponti ad arco ed impalcato N° 14.400 con Luce >3m

I materiali



Età media ~ 70 anni
Ponte più vecchio ~ 170 anni

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Sistemi di monitoraggio dei ponti

Diagnostica e Gestione della vita dell'Infrastruttura

Strategia di Azione Attuale

Ispezione visiva secondo procedure e in caso di eventi eccezionali (sisma) e monitoraggio strumentale su condizione

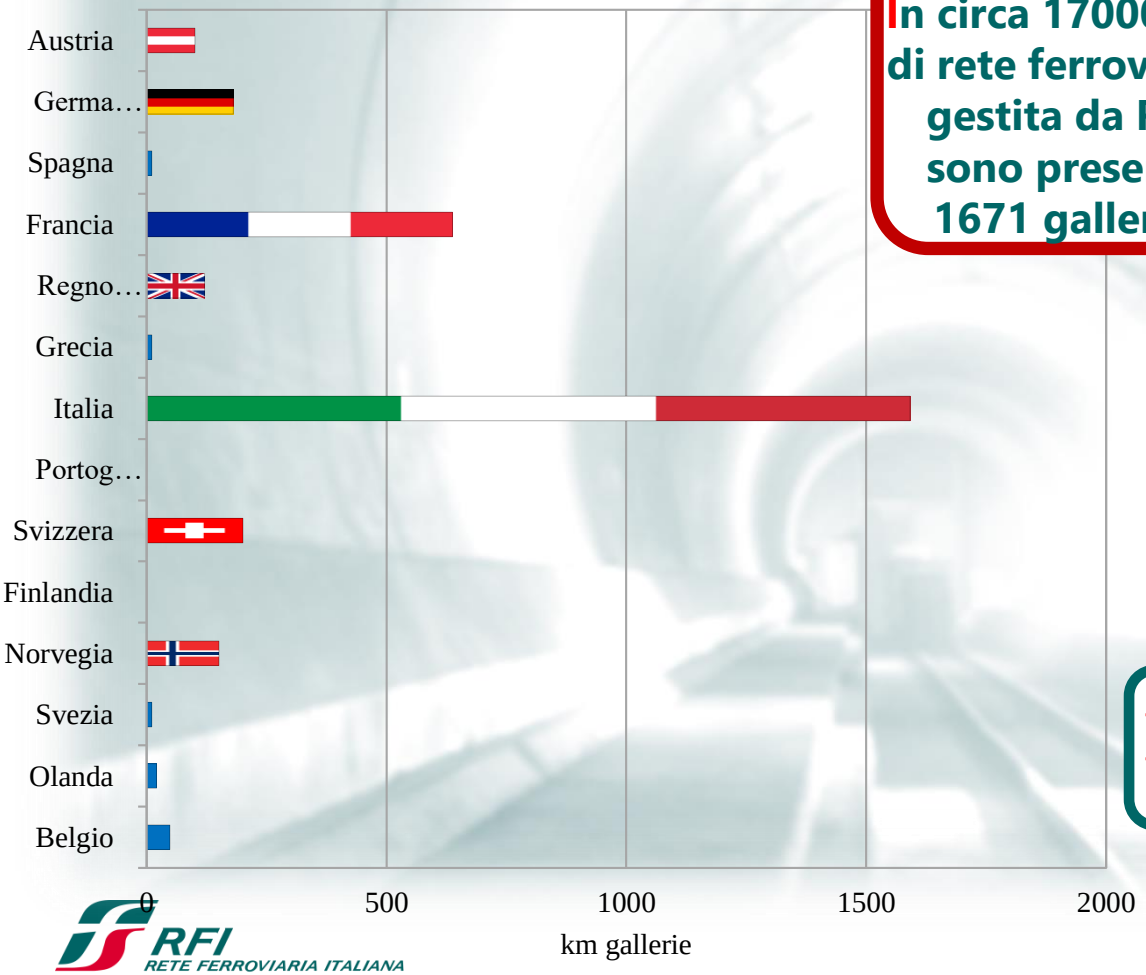
Strategia di Azione Futura

Sviluppo di sistemi innovativi di diagnostica intelligente

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

L'infrastruttura Civile – Le Gallerie

Le gallerie gestite da RFI costituiscono uno tra i patrimoni di gran lunga più cospicuo tra tutte le nazioni europee



In circa 17000 km di rete ferroviaria gestita da RFI sono presenti 1671 gallerie

Gallerie totali n°1671 Km 1592

Lung. 100-500m

- N. 1025
- Km. 246

Lung 500-1000m

- N. 309
- Km. 224

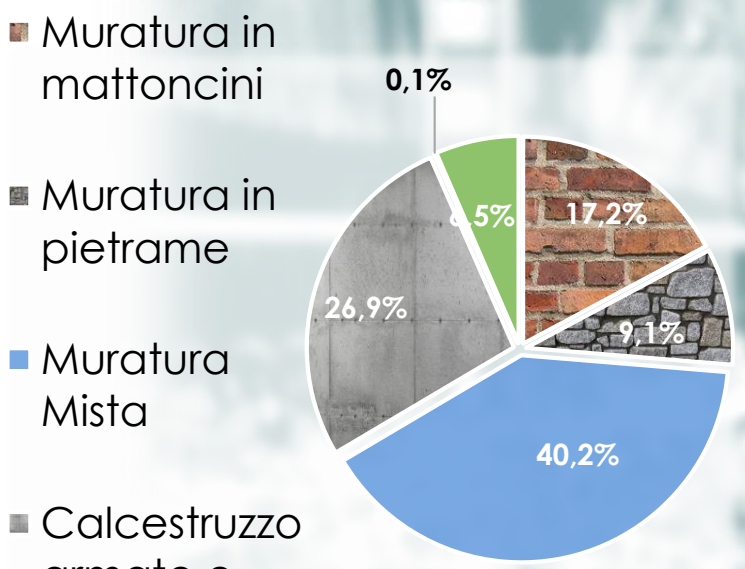
Lung. >1000m

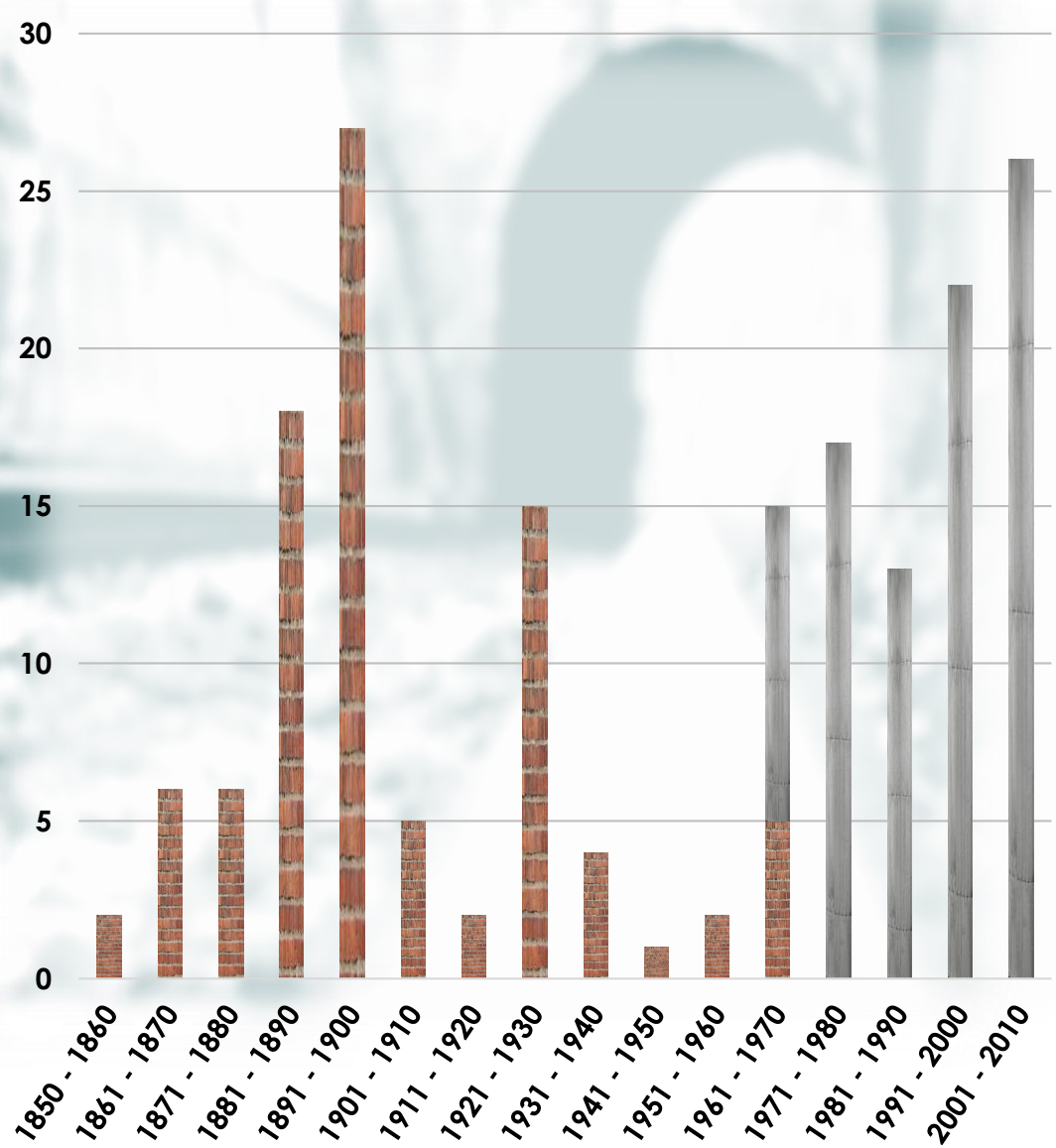
- N. 366
- Km. 1098

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

L'infrastruttura Civile – Le Gallerie

Età media ~ 70 anni
Galleria più vecchia ~ 150 anni





RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE