

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

S.O. TELECOMUNICAZIONI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA

TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

Progetto di copertura rete radio GSM-R

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IV01 00 D 58 RO TT0001 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Prima emissione	N. Abrescia	Gennaio 2022	G. Lugani	Gennaio 2022	G. Fadda	Gennaio 2022	G. Clemenza Giugno 2024
B	Emissione Esecutiva	N. Abrescia <i>N. Abrescia</i>	Giugno 2024	S. Bonato <i>Stefano Bonato</i>	Giugno 2024	M. Firpo <i>M. Firpo</i>	Giugno 2024	ITALFERR Sp.A. S.O. TELECOMUNICAZIONI Ing. G. Clemenza Ordine Ingegneri provincia di Roma N° A-33478

File: IV0100D58ROTT0001001B.docx

n. Elab.: 40/TLC

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
4	DENOMINAZIONI ED ABBREVIAZIONI UTILIZZATE.....	6
5	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA GSM-R.....	9
5.1	GENERALITÀ.....	9
5.2	REQUISITI PRESTAZIONALI DEL SISTEMA GSM-R.....	9
5.3	OBIETTIVI DI COPERTURA RADIO E REQUISITI INTERFERENZIALI.....	10
5.3.1	<i>Copertura Radio.....</i>	10
5.3.2	<i>Requisiti interferenziali.....</i>	11
5.3.3	<i>Requisiti di Integrazione.....</i>	12
5.4	DIMENSIONAMENTO CANALI PER TRAFFICO.....	13
5.4.1	<i>Generalità.....</i>	13
5.4.2	<i>Requisiti sui canali.....</i>	13
5.4.3	<i>Modello di traffico deterministico.....</i>	14
5.4.4	<i>Modello di traffico statistico.....</i>	16
6	DIMENSIONAMENTO RETE RADIO GSM-R TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA.....	17
6.1	TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA.....	17
6.2	DIMENSIONAMENTO CON MODELLO DETERMINISTICO.....	17
6.3	VALUTAZIONE PROBABILITÀ DI BLOCCO TRAFFICO NON VITALE.....	18
6.4	SINTESI DELLA PROGETTAZIONE.....	18
7	CENNI ALLE SCELTE PROGETTUALI DI COPERTURA RADIO GSM-R.....	20
7.1	GENERALITÀ.....	20
7.2	ESEMPIO DI MISURE DI RADIO COPERTURA IN GALLERIA.....	20

1 INTRODUZIONE

Il presente documento definisce gli aspetti tecnici inerenti alla progettazione degli impianti per il sistema radio Terra-Treno GSM-R nella nuova tratta Finale Ligure – Andora, nell’ambito della realizzazione del raddoppio in variante.

Obiettivo principale di questo progetto sarà quello di dotare la tratta suddetta di una copertura radio GSM-R di tipo evoluto e ridonato, conforme ai requisiti dettati dalle specifiche tecniche EIRENE e dai requisiti propri del sistema di segnalamento ERTMS Livello 2.

Il presente documento definisce gli aspetti tecnici relativi al dimensionamento del sistema in termini di numero di siti radio, di loro posizione e di loro tipologia.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Rif.	Codice	Titolo
[1]	IV0I 00 D58 KT TT0001 001	Prescrizioni tecniche di progetto sistemi radio Terra-Treno (GSM-R)
[2]	IV0I 00 D58 KT RT0000 001	Prescrizioni tecniche di progetto del sistema trasmissivo

3 ***NORMATIVA DI RIFERIMENTO***

Rif.	Codice	Titolo
[3]	IV0I 00 D58 RP TC0000 001	Normativa di riferimento impianti di telecomunicazioni

4 DENOMINAZIONI ED ABBREVIAZIONI UTILIZZATE

AV/AC	Alta Velocità/Alta Capacità
ACC	Apparato centrale a calcolatore
ACCM	Apparato centrale a calcolatore Multistazione
ACEI	Apparato Centrale Elettrico a pulsanti di Itinerario
ADM	Add Drop Multiplexer
AN	Antintrusione
ATEX	ATmosphere EXplosive
ATPS	Armadio Attestazioni Telefoniche Protezione e Sezionamento
AV	Alta Velocità
CTA	Centrale Telefonica Automatica
CTC	Controllo del Traffico Centralizzato
CTM	Console Telefonica Multifunzione
CTS	Concentratore Telefonico Selettivo
D&M	Diagnostica e Manutenzione
DC	Dirigente Centrale
DCI	Dirigente Coordinatore Infrastrutture
DCM	Dirigente Centrale Movimento
DCO	Dirigente Centrale Operativo
DM	Dirigente Movimento
DS	Diffusione Sonora
EIRENE	EUROPEAN INTEGRATED RAILWAY RADIO ENHANCED NETWORK

FO	Fibra Ottica
GBE	Gigabit Ethernet
IA	Idrico Antincendio
IaP	Informazione al Pubblico
IP	Internet Protocol
LAN	Local Area Network
LFM	Luce e Forza Motrice
LC	Linea Convenzionale
LD	Lunga Distanza
LL	Linea Lenta
LS	Linea Storica
MOC	Modulo Ottico di Giunzione e Terminazione F.O.
MPLS	Multi-Protocol Label Switching
MUX-F	MUltipleXer Flessibile
PC	Posto di comunicazione Ferroviaria
PC/ACC	Posto Centrale di gestione ACC
PCS	Posto Centrale Satellite (AV)
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PM	Posto di Movimento
POE	Power Over Ethernet
PP	Posto di Passaggio semplice/doppio binario
PPF	Posto Periferico Fisso
PP/ACC	Posto Periferico ACC
PRG	Piano Regolatore Generale

RFI	Rete Ferroviaria Italiana
SCC	Sistema di Comando e Controllo
SCCM	Sistema di Comando e Controllo Multistazione
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SGRT	Sistema Gestione Rete Telecomunicazioni
SIAP	Sistema Integrato di Alimentazione e Protezione
SMR	Fibra Ottica a Singolo Modo Ridotto
SNMP	Simple Network Management Protocol
SSE	Sotto Stazione Elettrica
STI	Sistema Telefonico Integrato
STM	Synchronous Transfer Module
STSI	Sottosistema Telefonia Selettiva Integrata
STSV	Sistema Telefonia Selettiva VoIP
SW	Software
TE	Trazione Elettrica
TLC	Telecomunicazioni
VLAN	Virtual Local Area Network
WAN	Wide Area Network

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA</p>					
<p>Progetto di copertura rete radio GSM-R</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00 D 58</p>	<p>CODIFICA RO</p>	<p>DOCUMENTO TT0001 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 9 di 21</p>

5 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA GSM-R

5.1 Generalità

Come indicato nel documento di riferimento [1], la progettazione del sistema rete radio GSM-R nella tratta Finale Ligure-Andora è finalizzata all'installazione di un nuovo sottosistema di terra (BSS) atto a garantire la connettività radio GSM-R ai treni lungo la tratta ed al personale di servizio.

Le nuove BTS assicureranno ridondanza di copertura nei tratti di linea all'aperto ed in galleria, nonché nelle stazioni, fermate e piazzali di esodo: sarà garantita anche copertura semplice (non ridondata) nei by-pass tecnologici e di esodo.

Ai fini del dimensionamento della rete radio si assumeranno le seguenti considerazioni valide come dati di base:

- Copertura radio delle tratte attigue a quella in progettazione (Andora-Imperia e Savona-Finale Ligure) attiva e già adeguata a standard ERTMS L2 nell'ambito dei progetti "Piano Nazionale ERTMS";
- Apparato di gestione del blocco radio (RBC) già installato ed operativo presso il posto centrale di Genova Teglia, pertanto lungo la tratta non vi saranno Hand Over di RBC;
- Apparato BSC di controllo e gestione delle BTS già installato ed operativo presso il posto centrale di Milano Greco Pirelli fabbricato ROCC;
- Lunghezza media delle sezioni di blocco ERTMS della nuova tratta Finale-Andora pari a 1080 m.

5.2 Requisiti prestazionali del sistema GSM-R

Il GSM-R è una piattaforma di comunicazione radiomobile, dedicata alle reti ferroviarie europee e definito da parte di UIC (Progetto EIRENE) e dal Consorzio MORANE. Esso costituisce il supporto trasmissivo di tutte le comunicazioni ferroviarie terra - treno di servizio sia di tipo fonia che dati (radio segnalamento). Tutti i componenti radio del GSM-R operano nella banda di frequenza prevista per le applicazioni UIC/FS:

- 876 – 880 MHz UPLINK
- 921 – 925 MHz DOWNLINK.

Tale banda risulta assegnata a RFI da licenza del Ministero delle Comunicazioni.

	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA</p>					
<p>Progetto di copertura rete radio GSM-R</p>	<p>COMMESSA IVOI</p>	<p>LOTTO 00 D 58</p>	<p>CODIFICA RO</p>	<p>DOCUMENTO TT0001 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 10 di 21</p>

Gli impianti oggetto della presente prescrizione dovranno essere realizzati in conformità alle Normative di riferimento indicate al paragrafo 1.3.2 tra le quali in particolare le norme EIRENE e i requisiti di qualità indicati nella specifica “Subset 093” e UIC-O 2475 “ERTMS GSM-R QoS Test Specification”.

5.3 Obiettivi di copertura radio e requisiti interferenziali

Gli obiettivi di copertura della rete radio sono:

- Aree in spazio aperto delimitate dai confini di proprietà RFI (corridoio ferroviario, viadotti, trincee, ponti, scali ferroviari, etc.);
- Aree esterne ai fabbricati ed edifici di proprietà RFI realizzati in ambito di stazione o lungo linea quali, ad esempio, le stazioni, i depositi, le officine e i magazzini, i posti di comunicazione, i posti di interconnessione, etc.;
- gallerie e relativi imbocchi;
- by-pass di esodo;
- by-pass tecnologici;
- piazzali di esodo.

Non sono oggetto di copertura del progetto radio:

- Proprietà non appartenenti ad FS;
- Pertinenze di proprietà FS non situate lungo linea o in ambito di stazione.

5.3.1 Copertura Radio

La caratterizzazione della copertura radio GSM-R, che dovrà essere realizzata in fase di progettazione e attrezzata con requisiti con ERTMS/ETCS L2 sia in spazio aperto che in galleria, è di seguito indicata:

- **Classi di copertura radio**

Classe 2: apparato veicolare (EDOR, CabRadio), 8 W, dotato di antenna esterna omnidirezionale installata sull'imperiale del treno a 4,5 m dal suolo (si consideri un bilancio tra guadagno di antenna e perdite del cavo pari a zero). Sensibilità: -104 dBm.

- **Livelli di copertura radio**

- Classe 2 (Tratta Downlink): è richiesto che il livello di copertura radio in downlink, garantito al connettore di ricezione di antenna in fase di chiamata dalla cella servente, sia superiore a **-95 dBm al 95° percentile** e superiore a -83 dBm al 50° percentile, in ogni intervallo di 100 m della linea ferroviaria, sia in condizioni normali che in condizioni di degrado, cioè di indisponibilità contemporanea di più celle radio della linea, purché reciprocamente non adiacenti.
- Classe 2 (Tratta Uplink): ipotizzando che la sensibilità di una BTS sia di 5 dB migliore rispetto a quella offerta dai moduli radio di Classe 2 utilizzati per trasmissioni dati ETCS e per comunicazioni terra-treno nei Cab Radio (-104 dBm), è richiesto che il livello di copertura radio in uplink sia superiore a -100 dBm al 95° percentile e superiore a -88 dBm al 50° percentile, nelle medesime condizioni applicative utilizzate per la tratta downlink sopra indicate.

- **Copertura radio**

Realizzata mediante Siti di Accesso Radio (BTS + antenne) dedicati in spazio aperto e/o in galleria. L'utilizzo di Impianti di Radiopropagazione GSM-R non è previsto.

- **Ridondanza di copertura radio**

Prevista a standard AV/AC di RFI.

5.3.2 *Requisiti interferenziali*

Per la tratta di cui sopra, i requisiti interferenziali C/I (Carrier / Interference) co-canale e di interferenza da canale adiacente C/Ia sono da garantire come descritto nei punti di seguito:

- C/I (minimo) condizioni nominali: 25 dB;
- C/I (minimo) condizioni di degrado: 15 dB.
- C/Ia (essendo $a = +/-1$) ≥ 7 dB

In merito al grado di servizio offerto dalla rete, il valore percentuale di chiamate bloccate ammesso dovrà essere $\leq 1\%$. La rete dovrà essere realizzata con l'obiettivo di ottenere una percentuale di chiamate perse inferiore al 2%, sia in ambito di stazione che lungo linea, per le seguenti tipologie di utenze:

- Personale a bordo treno dotato di apparati veicolari con antenna esterna;
- Personale di manutenzione operante lungo linea, dotato di telefoni operazionali 2 W;
- Personale in ambito di stazione.

	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA</p>												
<p>Progetto di copertura rete radio GSM-R</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV01</td> <td>00 D 58</td> <td>RO</td> <td>TT0001 001</td> <td>B</td> <td>12 di 21</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IV01	00 D 58	RO	TT0001 001	B	12 di 21
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IV01	00 D 58	RO	TT0001 001	B	12 di 21								

Inoltre, in conformità con quanto specificato nel documento EIRENE SRS, dovranno essere rispettati i seguenti requisiti per la procedura di Handover (HO):

- HO success rate $\geq 99,5\%$;
- HO time ≤ 300 ms.

Anche i tempi di call set-up, di call success rate, come pure l'end-to-end delay time, dovranno soddisfare i requisiti descritti rispettivamente nelle specifiche EIRENE ed ERTMS.

5.3.3 Requisiti di Integrazione

Per dimensionare i canali dedicati al traffico voce e di radio segnalamento occorre tenere conto delle seguenti considerazioni:

- Numero di treni presenti contemporaneamente per Sezione di Blocco Radio (SRB) con relative utenze (ERTMS e personale di condotta);
- il personale di manutenzione deve essere considerato equamente distribuito sulle linee e stazioni della rete ferroviaria;
- devono essere considerati concentrati sulle stazioni e nodi: il personale di stazione, le squadre di manovra, gli utenti interni alla rete GSM-R che originano chiamate standard;
- nella definizione dei gruppi per le chiamate di emergenza lungo linea e in ambito di stazione, si devono considerare sempre coinvolti un dispatcher fisso ed un dispatcher mobile.

Per la stima della quantità minima di canali GSM-R occorre considerare che il numero di canali di comunicazione supportati dalla rete GSM-R in condizioni nominali deve essere tale da garantire, anche in caso di degrado di traffico e di apparato, almeno i canali per singolo treno necessari allo scambio di informazioni terra-bordo vitali e non vitali.

5.4 Dimensionamento canali per traffico

5.4.1 Generalità

Per la stima delle quantità minima di canali GSM-R si è considerato che il numero di canali di comunicazione supportati dalla rete GSM-R deve essere tale da garantire, anche in caso di degrado di traffico ferroviario (accodamento dei treni) e di apparato (guasto di singolo sito radio), le applicazioni vitali e non vitali.

In condizioni di degrado di rete, le BTS adiacenti prossime al sito guasto o fuori servizio, assicureranno la disponibilità dei canali di traffico per le applicazioni vitali e non vitali.

Ai fini della determinazione del numero di canali di traffico si sono considerati i seguenti scenari:

1. **Scenario 1:** normale funzionamento della rete GSM-R e degrado dell'esercizio ferroviario, con accodamento dei treni e presenza di un treno per ogni sezione di blocco radio su entrambe le direzioni di marcia;
2. **Scenario 2:** degrado funzionamento della rete GSM-R (un sito radio fuori servizio, siti adiacenti a quello fuori servizio regolarmente attivi) e degrado dell'esercizio ferroviario, con accodamento dei treni e presenza di un treno per ogni sezione di blocco radio su entrambe le direzioni di marcia.

Di seguito sono riportati i requisiti relativi ai canali per traffico voce\dati\segnalamento, gli scenari di accodamento dei treni da considerare, le caratteristiche di tratta e di fornitura da utilizzare per il dimensionamento della rete GSM-R e le conseguenti analisi sul traffico.

5.4.2 Requisiti sui canali

I requisiti circa i canali richiesti per ERTMS/ETCS Livello 2 sono di seguito elencati.

- Tratti di linea all'interno della zona di "Hand Over di RBC" (Area HO RBC):
 - ✓ 2 canali radio GSM-R per Treno da utilizzare in modalità Full Rate per applicazioni "vitali" (ETCS);
 - ✓ 1 canale radio GSM-R per Cella da utilizzare in modalità Full Rate per applicazioni "non vitali" (Comunicazione Terra-Treno di tipo "Chiamata di Emergenza Ferroviaria");

- ✓ $n_{disp} \geq 1$ canali radio GSM-R per Treno da utilizzare in modalità Half/Full Rate per applicazioni “non vitali” (Comunicazione Terra-Treno di tipo “Chiamata PtP”; ad esempio chiamata “Macchinista-DCO”, altro);

- Tratti di piena linea all’esterno della zona di “Hand Over di RBC” (Area LINEA):

- ✓ 1 canale radio GSM-R per Treno da utilizzare in modalità Full Rate per applicazioni “vitali” (ETCS);
- ✓ 1 canale radio GSM-R per Cella da utilizzare in modalità Full Rate per applicazioni “non vitali” (Comunicazione Terra-Treno di tipo “Chiamata di Emergenza Ferroviaria”);
- ✓ $n_{disp} \geq 1$ canali radio GSM-R per Treno da utilizzare in modalità Half/Full Rate per applicazioni “non vitali” (Comunicazione Terra-Treno di tipo “Chiamata PtP”; ad esempio chiamata “Macchinista-DCO”, altro);

- Servizi a commutazione di pacchetto GPRS:

- ✓ 1 canale radio GSM-R per Cella assegnato staticamente al GPRS al fine di garantire la disponibilità del servizio;
- ✓ n_{GPRS} canali radio GSM-R per Cella assegnati dinamicamente al GPRS secondo i criteri di progettazione in essere (n_{GPRS} pari al 70% del numero di canali radio disponibili per traffico sulla cella) al fine di assicurare una adeguata capacità di rete in termini di utenti serviti e un adeguato throughput all’utente finale in termini di kbit/s.

5.4.3 Modello di traffico deterministico

Il calcolo del numero dei canali vitali richiesti a ciascun sito radio verrà calcolato con un metodo di tipo deterministico.

Ai fini della comprensione di tale modello, si ritiene opportuno precisare la condizione operativa che viene riassunta in termini di degrado dell’esercizio ferroviario: in tale condizione, si assume che vi sia un accodamento dei treni contemporaneo su entrambi i binari con occupazione di tutte le sezioni di blocco radio utili.

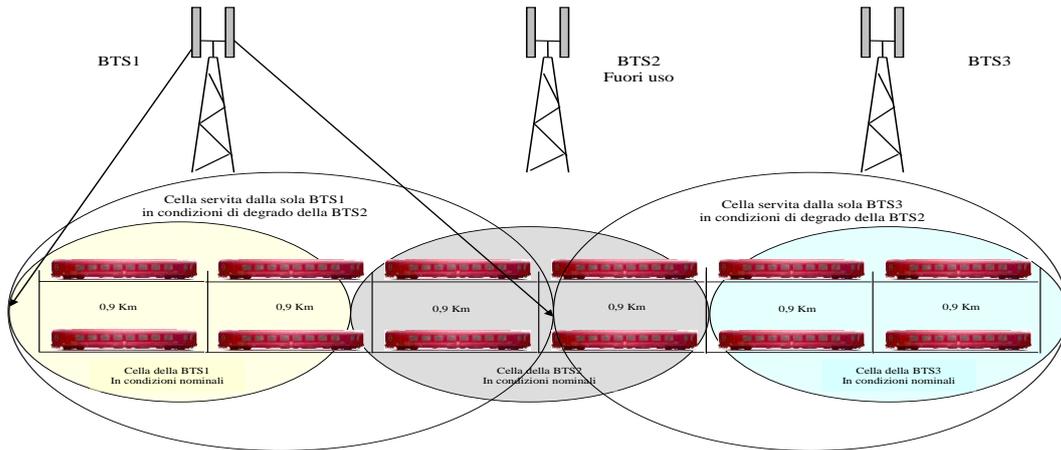


Figura 3: Accodamento contemporaneo su entrambi i binari in condizioni di degrado di traffico ferroviario

Il numero di canali vitali che ciascun sito radio dovrà rendere disponibili dipenderà quindi, innanzitutto, dall'ampiezza della cella in rapporto della lunghezza delle sezioni di blocco da essa sottese, in quanto, come indicato nei paragrafi, occorre associare ad ogni treno (e pertanto ad ogni sezione di blocco) almeno 1 canale vitale in linea e 2 canali vitali in zona di Hand Over RBC.

Pertanto, il modello di calcolo del numero dei canali vitali può essere riassunto nella seguente formula (1):

$$C_V = \left\{ \frac{\text{Lunghezza cella (in metri)}}{B} * X \right\} + Y$$

Dove:

- C_V è il numero complessivo di canali vitali richiesti per applicazioni ETCS
- B è la lunghezza in metri delle sezioni di blocco
- $X = 2$ per linea a doppio binario dove non è previsto HO RBC; 4 in caso di HO RBC
- $Y = 0$ se non è presente alcun binario oltre a quelli di corsa, $Y =$ numero binari aggiuntivi rispetto a quelli di corsa se la cella comprende stazioni/bivi/posti di movimento, in modo tale da comprendere un canale di vitale per ogni circuito di binario di stazionamento addizionale oltre a quelli dei binari di corsa
- Lunghezza cella (in metri) rappresenta la copertura della cella in esame

Il numero di canali disponibili per applicazioni non vitali sarà ricavato mediante la seguente formula (2):

$$n_{disp} = N_{TRX} - C_V - N_{Full Rate} - N_{GPRS-statico}$$

Come indicato in precedenza, il numero di canali non vitali full rate $N_{Full\ Rate}$ e GPRS statico $N_{GPRS-statico}$ è pari ad 1 in entrambi gli scenari di calcolo, mentre C_V è pari al numero di canali vitali richiesti; N_{TRX} è il numero di canali disponibili per ciascun sito radio, che è variabile a seconda del numero di portanti (TRX) utilizzate, come indicato nella seguente tabella.

TRX	Canali Disponibili
1	6
2	14
3	22
4	30

5.4.4 Modello di traffico statistico

Ai fini della valutazione del rischio di blocco di chiamate non vitali, sulla base dei canali non vitali disponibili per ciascun sito, si utilizzerà un modello di tipo statistico: tale modello si basa su un valore massimo di traffico per unità di tempo pari a 0,3 Erlang: più specificatamente, si è proceduto come di seguito indicato:

1. è stato assunto, sulla base di dati disponibili in statistica, un massimo valore di Erlang/chiamata orario, pari a 0,3 Erl;
2. è stato moltiplicato il massimo valore di Erlang/chiamata orario (assunto pari a 0,3 Erl) per il numero dei treni in transito sotto il sito/cella in esame, ipotizzando per ognuno di essi un collegamento telefonico non vitale, ricavando in questo modo il valore complessivo Erlang dei canali non vitali richiesti: il numero massimo di treni associato al sito in esame è pari al numero dei canali vitali disponibili, per i ragionamenti illustrati in precedenza;
3. è stato verificato che il numero complessivo n_{disp} di canali non vitali disponibili sia tale da non generare, almeno nello scenario 1, una probabilità di blocco superiore all'1%.

La probabilità di blocco del traffico non vitale sarà calcolata tramite la formula di ErlangB che tiene in considerazione come valori di ingresso il numero n_{disp} di canali non vitali disponibili ed il valore complessivo Erlang dei canali non vitali richiesti. La soglia di blocco di riferimento in condizioni di scenario 1 è pari all'1%; un valore superiore, nel caso di scenario 2, non implica una rimodulazione dell'analisi in quanto condotta per il caso peggiore di occupazione di canali radio e di degrado dell'esercizio ferroviario, scenario notevolmente improbabile.

Nel capitolo successivo sarà dimensionata la rete GSM-R della tratta in oggetto al fine di garantire i requisiti prestazionali indicati sopra.

	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA</p>					
<p>Progetto di copertura rete radio GSM-R</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00 D 58</p>	<p>CODIFICA RO</p>	<p>DOCUMENTO TT0001 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 17 di 21</p>

6 DIMENSIONAMENTO RETE RADIO GSM-R TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

La copertura radio GSM-R avrà la funzione di assicurare le comunicazioni ferroviarie di servizio e quelle per il controllo e protezione dei treni. Il sistema Radio Terra-Treno (GSM-R) costituisce il supporto trasmissivo del radio segnalamento ERTMS e garantisce la comunicazione tra il personale di bordo e di macchina con il personale di terra.

Il sistema GSM-R in dovrà essere realizzato nel rispetto delle specifiche EIRENE e i criteri di interoperabilità STI.

6.1 Tratta Finale Ligure – Andora

Lungo la tratta Finale-Andora saranno previsti nuovi siti radio GSM-R, dettagliatamente elencati e descritti nelle tabelle riportate ai paragrafi 6.2.1, 6.3.1 e 6.4.1 del riferimento documentale [1].

Attraverso la realizzazione di tali nuovi siti radio dovranno essere raggiunti i requisiti di copertura radio ridondata. Per l'analisi della disponibilità dei canali di traffico necessari per gestire il traffico ERTMS sono stati presi in considerazione i piani schematici ERTMS del progetto definitivo della tratta e le simulazioni di copertura radio di ciascun sito GSM-R. Ad ogni sito radio sono stati associati i circuiti di binario che ricadono sotto la propria copertura in modo che per ogni treno corrisponda un canale di traffico vitale. Di conseguenza vengono stimate le percentuali di blocco corrispondenti per ogni cella sui canali di traffico residui.

Di seguito la tabella riepilogativa con il numero di canali da utilizzare per ogni sito in esame prendendo come riferimento quanto definito sopra.

6.2 Dimensionamento con modello deterministico

Per ogni nuovo sito, si è provveduto a calcolare il numero di canali vitali richiesti C_v tramite la formula (1) richiamata al paragrafo 5.4.3 sia nel caso di scenario 1 che in quello di scenario 2: il valore di lunghezza massima delle sezioni di blocco B preso in considerazione è pari a 1080 m.

Nella località di servizio di Finale Ligure Marina (servita principalmente dalla BTS nel PGEP Finale Est) e Andora (servita principalmente dalla BTS di PGEP Alassio Ovest) si sono considerati due binari aggiuntivi rispetto a quelli di corsa occupati da un treno e pertanto il valore di Y è stato assunto pari a 2; nella località di servizio di Albenga si sono considerati 4 binari aggiuntivi rispetto a quelli di corsa, pertanto la relativa BTS (ubicata in PGEP Alassio Est) è stata associata ad un valore Y pari a 4.

Si fa notare che nel calcolo del numero dei canali richiesti è stata realizzata un'ipotesi, estremamente conservativa, che il degrado di traffico ferroviario (accodamento dei treni uno ogni 1080 m circa) avvenga contemporaneamente lungo tutta la tratta ferroviaria (scenario 2).

Ipotizzata quindi una configurazione RF per ciascun sito radio (ad esempio 2,0,0) attuale e di futura realizzazione, si è provveduto a verificare che il numero di canali totali disponibili fosse sufficiente ad assicurare i servizi vitali e non vitali richiesti.

Il numero di canali non vitali disponibili n_{disp} è stato calcolato con la formula (2) richiamata al paragrafo 5.4.3.

6.3 Valutazione probabilità di blocco traffico non vitale

A partire dal numero complessivo di canali disponibili n_{disp} e dal numero totale di canali vitali e non vitali richiesti anche in condizioni di degrado (scenario 2), si è calcolata mediante la procedura indicata al paragrafo 5.4.4 la probabilità di blocco del traffico non vitale.

Anche nel caso di scenario 2, la probabilità di blocco risulta inferiore a 1%.

6.4 Sintesi della progettazione

Il dimensionamento della rete radio GSM-R nella tratta in oggetto è riassunto nelle seguenti tabelle suddivise fra scenario 1 e scenario 2.

Tabella 1: sintesi della progettazione in caso di Scenario 1

														Scenario 1 (normale rete GSM-R e degrado esercizio ferroviario)				
Sito	ID Sito esistente	Configurazione iniziale	Configurazione Finale	HO RBC	PM	Y	Progressiva	Canali Disponibili N_{RX}	Canale radio non vitale FULL RATE $N_{Full Rate}$	Canale GPRS statico $N_{GPRS-statico}$	n_{GPRS} Dinamici	Cella (km)	Canali Vitali richiesti (ETCS) C_v	n_{disp}	Erlang canali Non vitali richiesti	Probabilità di blocco del traffico non vitale		
Finale Est	L440S021	(2,0,0)	(2,0,0)		SI	2	66,16	14	1	1	9	2,0	6	6	1,80	0%		
Finale Interno 1		(2,0,0)	(2,0,0)				67,25	14	1	1	9	1,1	4	8	1,20	0%		
Finale Interno 2		(2,0,0)	(2,0,0)				68,4	14	1	1	9	1,1	4	8	1,20	0%		
Verazzi		(2,0,0)	(2,0,0)				69,5	14	1	1	9	1,5	4	8	1,20	0%		
Castellari Est+Mareola		(2,0,0)	(2,0,0)				71,43	14	1	1	9	1,5	4	8	1,20	0%		
Castellari Interno 1		(2,0,0)	(2,0,0)				72,47	14	1	1	9	1,5	4	8	1,20	0%		
Castellari Interno 2		(2,0,0)	(2,0,0)				74,47	14	1	1	9	2,1	4	8	1,20	0%		
Pineland		(2,0,0)	(2,0,0)				76,63	14	1	1	9	1,6	4	8	1,20	0%		
Croce Est		(2,0,0)	(2,0,0)				77,73	14	1	1	9	1,1	4	8	1,20	0%		
Croce Interno 1		(2,0,0)	(2,0,0)				78,89	14	1	1	9	1,7	4	8	1,20	0%		
Croce Interno 2		(2,0,0)	(2,0,0)				81,17	14	1	1	9	1,7	4	8	1,20	0%		
Croce Ovest		(2,0,0)	(2,0,0)				82,38	14	1	1	9	1,6	4	8	1,20	0%		
Parei		(2,0,0)	(2,0,0)				84,43	14	1	1	9	1,7	4	8	1,20	0%		
Bastia		(2,0,0)	(2,0,0)				85,7	14	1	1	9	1,4	4	8	1,20	0%		
Alassio Est		(2,0,0)	(2,0,0)		SI	4	87,14	14	1	1	9	1,3	8	4	2,40	0%		
Alassio Interno 1		(2,0,0)	(2,0,0)				88,27	14	1	1	9	1,6	4	8	1,20	0%		
Alassio Interno 2		(2,0,0)	(2,0,0)				90,38	14	1	1	9	1,6	4	8	1,20	0%		
Alassio Interno 3		(2,0,0)	(2,0,0)				91,46	14	1	1	9	1,1	2	10	0,60	0%		
Alassio Interno 4		(2,0,0)	(2,0,0)				92,54	14	1	1	9	1,1	2	10	0,60	0%		
Alassio Interno 5		(2,0,0)	(2,0,0)				93,62	14	1	1	9	1,6	4	8	1,20	0%		
Alassio Interno 6		(2,0,0)	(2,0,0)				95,78	14	1	1	9	1,6	4	8	1,20	0%		
Alassio Ovest		(2,0,0)	(2,0,0)		SI	2	96,89	14	1	1	9	0,6	4	8	1,20	0%		

Tabella 2: sintesi della progettazione in caso di Scenario 2

													Scenario 2 (degrado rete GSM-R e degrado esercizio ferroviario)				
Sito	ID Sito esistente	Configurazione iniziale	Configurazione Finale	HO RBC	PM	Y	Progressiva	Canali Disponibili N _{max}	Canale radio non vitale FULL RATE Full Rate	Canale GPRS statico N _{GPRS-statico}	n _{GPRS Dinamici}	Cella (km)	Canali Vitali richiesti (ETCS) C _v	n _{disp}	Erlang canali Non vitali richiesti	Probabilità di blocco del traffico non vitale	
Finale Est	L440S021	(2,0,0)	(2,0,0)		SI	2	66,16	14	1	1	9	2,6	8	4	2,40	0%	
Finale Interno 1			(2,0,0)				67,25	14	1	1	9	1,7	6	6	1,80	0%	
Finale Interno 2			(2,0,0)				68,4	14	1	1	9	1,7	4	8	1,20	0%	
Verezzi			(2,0,0)				69,5	14	1	1	9	2,1	4	8	1,20	0%	
Castellari Est+Mareola			(2,0,0)				71,43	14	1	1	9	2,5	5	7	1,50	0%	
Castellari Interno 1			(2,0,0)				72,47	14	1	1	9	2,0	4	8	1,20	0%	
Castellari Interno 2			(2,0,0)				74,47	14	1	1	9	3,1	6	6	1,80	0%	
Pineland			(2,0,0)				76,63	14	1	1	9	2,7	6	6	1,80	0%	
Croce Est			(2,0,0)				77,73	14	1	1	9	1,7	4	8	1,20	0%	
Croce Interno 1			(2,0,0)				78,89	14	1	1	9	2,3	5	7	1,50	0%	
Croce Interno 2			(2,0,0)				81,17	14	1	1	9	2,9	6	6	1,80	0%	
Croce Ovest			(2,0,0)				82,38	14	1	1	9	2,2	5	7	1,50	0%	
Parei			(2,0,0)				84,43	14	1	1	9	2,7	5	7	1,50	0%	
Bastia			(2,0,0)				85,7	14	1	1	9	2,0	4	8	1,20	0%	
Alassio Est			(2,0,0)		SI	4	87,14	14	1	1	9	2,0	8	4	2,40	0%	
Alassio Interno 1			(2,0,0)				88,27	14	1	1	9	2,2	9	3	2,70	1%	
Alassio Interno 2			(2,0,0)				90,38	14	1	1	9	2,7	5	7	1,50	0%	
Alassio Interno 3			(2,0,0)				91,46	14	1	1	9	1,6	4	8	1,20	0%	
Alassio Interno 4			(2,0,0)				92,54	14	1	1	9	1,6	4	8	1,20	0%	
Alassio Interno 5			(2,0,0)				93,62	14	1	1	9	2,2	4	8	1,20	0%	
Alassio Interno 6			(2,0,0)				95,78	14	1	1	9	2,7	6	6	1,80	0%	
Alassio Ovest			(2,0,0)		SI	2	96,89	14	1	1	9	2,6	7	5	2,10	0%	

	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA</p>					
<p>Progetto di copertura rete radio GSM-R</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00 D 58</p>	<p>CODIFICA RO</p>	<p>DOCUMENTO TT0001 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 20 di 21</p>

7 CENNI ALLE SCELTE PROGETTUALI DI COPERTURA RADIO GSM-R

7.1 Generalità

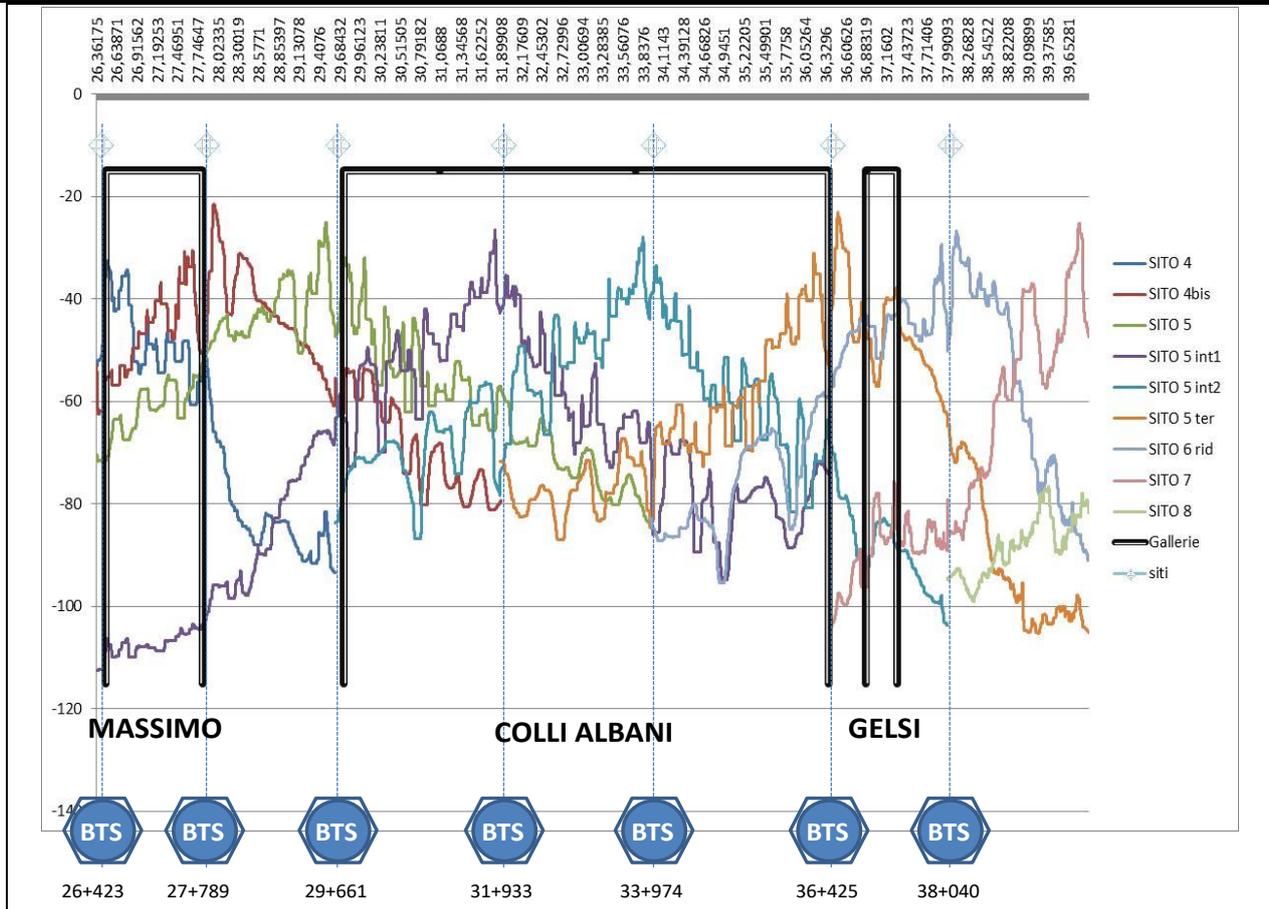
Le caratteristiche della nuova tratta in variante, il cui tracciato si sviluppa prevalentemente in galleria, non hanno reso possibile l'utilizzo di strumenti software per la generazione di simulazioni di radio copertura con modelli propagativi usualmente utilizzati.

Pertanto, il presente paragrafo fornirà esclusivamente un cenno giustificativo delle scelte progettuali adottate, rimandando al successivo Progetto Esecutivo le valutazioni e le simulazioni dettagliate circa i livelli di copertura attesi all'interno delle gallerie e nei tratti di linea all'aperto.

In particolare, l'Appaltatore dovrà produrre mappe dettagliate con i livelli di copertura minimi attesi in tutte le aree di pertinenza RFI elencate al paragrafo 5.3, sia nelle condizioni di esercizio ordinario della rete GSM-R, sia nelle condizioni di degrado (BTS di ordine pari o dispari fuori servizio).

7.2 Esempio di misure di radio copertura in galleria

In questo paragrafo è illustrato un grafico che riporta i risultati, in termini di livello di segnale misurato in dBm al 95° percentile, di una misurazione del segnale radio GSM-R eseguita nella tratta AV/AC Roma-Napoli, in particolar modo all'interno della galleria Colli Albani (lunga circa 6700 m).



Dal grafico risulta evidente che il livello di segnale prodotto dalle BTS installate agli imbocchi della galleria e da quelle all'interno della galleria risulta adeguato ai requisiti: le distanze reciproche tra le BTS consecutive sono pari rispettivamente a 2272 m, 2041 m, 2451 m.

Nel progetto della radio copertura nella tratta Finale-Andora, sono state scelte distanze tra le BTS a servizio delle gallerie comprese fra 1042 m e 2280 m: considerata la similitudine fra la galleria Colli Albani e le gallerie di nuova costruzione sulla tratta Finale-Andora, si può ipotizzare che gli interassi fra le BTS utilizzati nel progetto sono adeguati a garantire la copertura ridondata lungo la linea, tenendo anche in considerazione che per distanze dall'antenna comprese fra circa 150 m e 1500 m, all'interno di un tunnel, si può supporre che la legge propagazione delle onde sia di tipo guida d'onda, con attenuazione per metro lineare inferiore a quella che si avrebbe in spazio libero.