

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. TECNOLOGIE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO –
“AEROPORTO ORIO AL SERIO”

LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO – ORIO AL SERIO CON MODIFICHE
ALLA RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO

PROGETTO DI COPERTURA RETE RADIO GSM-R

SCALA:

-

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

N M 2 7 0 1 D 5 8 K T T T 0 0 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	G.Lugani	Maggio 2020	M. Ferretti	Maggio 2020	I. Legramandi	Giugno 2020	M. Gambaro – Giugno 2020



File: NT2701D58KTTT0000002A.doc

n. Elab.: 06/tlc



PROGETTO DEFINITIVO
NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO –
“AEROPORTO ORIO AL SERIO”
LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO – ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA
RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO

PROGETTO DI COPERTURA RETE RADIO GSM-R

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM27	01	D 58 KT	TT 00 00 002	A	2 di 19

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	ACRONIMI	4
1.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
1.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
2	DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI ANALISI	7
3	VERIFICA DELLA COPERTURA RADIOELETTRICA	8
3.1	METODOLOGIA DI CALCOLO.....	8
3.2	DATI RELATIVI ALLA RETE GSM-R	9
3.2.1	<i>Parametri Radio</i>	9
3.2.2	<i>Calcolo dell'EIRP</i>	13
3.2.3	<i>Link Budget</i>	14
4	SIMULAZIONI	16
4.1	OBIETTIVI	16
4.2	MAPPE DI COPERTURA RADIO.....	17

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – “AEROPORTO ORIO AL SERIO” LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO – ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO					
	PROGETTO DI COPERTURA RETE RADIO GSM-R	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 58 KT	DOCUMENTO TT 00 00 002	REV. A

1 PREMESSA

Il presente documento descrive lo studio della copertura radioelettrica per il sistema GSM-R ERTMS della tratta Bergamo – Orio al Serio.

L'analisi ha lo scopo di verificare, tramite predizioni di copertura, il dimensionamento della rete GSM-R per renderla conforme ai requisiti prestazionali EIRENE per il corretto funzionamento dei sistemi ETCS/ERTMS L2 ed ERTMS L2. Sarà quindi necessario garantire una ridondanza di copertura radio mediante l'aggiunta di nuovi Siti di Accesso Radio GSM-R. Tale adeguamento dovrà essere effettuato nell'ottica futura di dare continuità di copertura GSM-R, indipendentemente dal sistema di segnalamento implementato (Convenzionale, ERTMS/ETCS L2 ERTMS/ETCS L2 con funzionalità ERTMS) sull'intera tratta.

Lo studio della copertura è stato sviluppato secondo i seguenti criteri guida:

- Analisi dei tracciati ferroviari in funzione dell'orografia del territorio.
- Individuazione di siti collocati in proprietà RFI per evitare la necessità di espropri.
- Massimizzare, dove possibile, il riuso di infrastrutture esistenti (pali, antenne, alimentazioni, accessi), compatibilmente coi vincoli imposti dal bando di gara.
- Simulazione di copertura con il software applicativo WinRPT (Ver SW 14.0).
- Valutazione delle aree di copertura delle BTS poste nei siti previsti secondo la configurazione prevista e valutazione della copertura in condizioni di degrado di BTS.
- Ottimizzazione della copertura mediante la definizione preliminare delle caratteristiche del sistema di antenna (potenza irradiata in aria, tipo, puntamento e tilt dell'antenna).



PROGETTO DEFINITIVO
 NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO –
 “AEROPORTO ORIO AL SERIO”
 LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO – ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA
 RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO

PROGETTO DI COPERTURA RETE RADIO GSM-R

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM27	01	D 58 KT	TT 00 00 002	A	4 di 19

1.1 Acronimi

ACI	Archivio Configurazione di Impianto
ADM	Add Drop Multiplexer
AF	Alta Frequenza
ATPS	Armadio terminazioni Protezione Sezionamento cavi
AV	Alta Velocità
BCA	Telefono a Batteria Centrale Automatica
CDA	Collegamento Diretto Analogico
CM	Configuration management
CTA	Centrale Telefonica Automatica
CTM	Console Telefonica Multifunzione
DBMS	Data Base Management System
DCC	Data Communication Channels
DCN	Data Communication Network
D&M	Diagnostica e Manutenzione
DCI	Dirigente Coordinatore Infrastrutture
DCM	Dirigente Centrale Movimento
DCO	Dirigente Centrale Operativo
DMA	Dispositivo di Multiplazione Allarmi
EIRP	Effective Isotropical Radiated Power
EM	Element Manager
ETI	Elaboratore di Telecomunicazioni Integrato
FM	Fault management
F.O.	Fibra Ottica
GD/TLC	Gestione Dati sistemi Telecomunicazioni
GUI	Graphical User Interface
HW	Hardware
LAN	Local Area Network
LFM	Apparati di Luce e Forza Motrice
LD	Lunga Distanza
LMV	Linea Monte del Vesuvio
LS	Linea Storica
MOC	Modulo Ottico di Giunzione e Terminazione F.O.
MD	Mediation Device
MUX-F	MUltipleXer Flessibile
NE	Network Element



PROGETTO DEFINITIVO
NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO -
"AEROPORTO ORIO AL SERIO"
LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO - ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA
RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO

PROGETTO DI COPERTURA RETE RADIO GSM-R	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM27	01	D 58 KT	TT 00 00 002	A	5 di 19

NM	Network Manager
NZD	Fibre ottiche Not Zero Dispersion
OSI	OPDn Systems Interconnection
PC	Personal Computer
PCL	Printer Control Language Hewlett-Packard
PCS	Posto Centrale Satellite (AV)
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PM	Posto di Movimento
PPF	Posto Periferico Fisso
PRC	Primary Reference Clock
RFI	Rete Ferroviaria Italiana
RRH	Radio Remote Head (unità Radio Remota)
SASE	Stand Alone Synchronization Equipment
SCC	Sistema di Comando e Controllo della Circolazione Ferroviaria
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SGRT	Sistema Gestione Rete Telecomunicazioni
SM-R	Fibra Ottica a Singolo Modo - Ridotto
SNMP	Simple Network Management Protocol
SW	Software
ST	Sistema Telefonico
STI	Sistema Telefonico Integrato
STM	Synchronous Transfer Module
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TLC	Telecomunicazioni
WAN	Wide Area Network



PROGETTO DEFINITIVO
NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO –
“AEROPORTO ORIO AL SERIO”
LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO – ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA
RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO

PROGETTO DI COPERTURA RETE RADIO GSM-R


COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM27	01	D 58 KT	TT 00 00 002	A	6 di 19

1.2 Documenti di riferimento

Ref.	Codice	Titolo
1	NM27 01 D 58 KT RT 0000 001	Prescrizioni Tecniche rete trasmissiva
2	NM27 01 D 58 KT TT 0000 001	Prescrizioni tecniche rete GSM-R

1.3 Normativa di riferimento

Ref.	Codice	Titolo
3	NT27 01 D 58 RO TC 0000 002	Normative TLC di riferimento

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – “AEROPORTO ORIO AL SERIO” LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO – ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO					
	PROGETTO DI COPERTURA RETE RADIO GSM-R	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 58 KT	DOCUMENTO TT 00 00 002	REV. A

2 DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI ANALISI

La prima attività realizzata nel processo di pianificazione è stata l'analisi del tracciato ferroviario.

Per poter operare le previsioni di copertura è stata eseguita la georeferenziazione di tutti i siti previsti per la copertura radio delle tratte precedentemente indicate e riportati in Tabella 1. In tale tabella sono indicati i siti prescelti, le progressive chilometriche lungo linea, le coordinate geografiche previste.

SITI	PROGRESSIVA	LONGITUDINE	LATITUDINE
Bergamo GA2	-0+320	9.681899875000	45.691985788889
Bergamo – Orio al Serio Linea	2+740	9.685084869444	45.678333716667
Orio al Serio	4+576	9.685716052778	45.667701191667


Poiché si tratta di una nuova linea i siti sono tutti nuovi

Tabella 1: Siti GSM-R

A seguito di questo, per ogni BTS (considerata come punto trasmittente), sono state fissate le tipologie di antenne da utilizzare, i relativi azimuth di puntamento e i tilt corrispondenti in funzione dell'area che si voleva coprire. Generalmente gli obiettivi di copertura sono i seguenti:

- le linee ferroviarie
- le aree esterne ai fabbricati ed agli edifici di proprietà FS in ambito di stazione o lungo linea quali edifici di stazione, depositi, officine e magazzini, posti di comunicazione, posti di interconnessione.
- Le aree di manovra e di smistamento
- Le interconnessioni tra le direttrici interessate al progetto di copertura radio.
- Gli imbocchi delle gallerie e le tratte in galleria

Dopo aver fissato questi parametri era possibile realizzare la predizione di copertura lungo le tratte d'interesse. Si fa notare che il livello di campo predetto da WinRPT ha significato rispetto al livello del terreno e quindi soltanto per le zone aperte e non all'interno delle gallerie.

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – “AEROPORTO ORIO AL SERIO” LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO – ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO					
	PROGETTO DI COPERTURA RETE RADIO GSM-R	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 58 KT	DOCUMENTO TT 00 00 002	REV. A

3 VERIFICA DELLA COPERTURA RADIOELETRICA

3.1 Metodologia di Calcolo

La propagazione elettromagnetica è influenzata sia da fattori orografici (presenza di rilievi ed ostacoli) che da fattori ambientali e di uso del territorio (clima, presenza di superfici riflettenti, vegetazione, infrastrutture, densità di edificato, ecc.).

I limiti di utilizzazione e di validità dei metodi di previsione della copertura sono ampiamente descritti in letteratura e dipendono dal fatto che si utilizzano, per il calcolo, dei modelli necessariamente semplificativi delle reali condizioni al contorno relative all'ambiente di propagazione.

Lo studio teorico è stato eseguito su modelli che tengono conto di contributi sia di tipo statistico che di tipo deterministico e seguendo anche quanto indicato nelle Racc ITU-R, per tener conto nel miglior modo possibile del particolare ambiente propagativo. Per le previsioni di copertura è stato usato l'applicativo WinRPT 14.0.

Il metodo di calcolo della predizione utilizzato è di tipo statistico-deterministico ed applica la seguente formula di propagazione basata sullo Standard Propagation Model derivato dalla formula di Hata:

$$P_{RX} = P_{TX} - (K_1 + K_2 \cdot \log(d) + K_3 \cdot \log(H_{eff}) + K_4 \cdot DiffrLoss + K_5 \cdot \log(H_{eff}) \cdot \log(d) + K_6 \cdot H_{m,eff} + K_7 \cdot \log(H_{m,eff}) + K_{CLUTTER} \cdot f(clutter))$$

dove:


- P_{TX} è la potenza (EIRP) irradiata dall'antenna trasmittente,
- P_{RX} è la potenza ricevuta dal terminale mobile,
- d è la distanza dalla stazione trasmittente
- H_{eff} è l'altezza efficace dell'antenna trasmittente
- $H_{m,eff}$ è l'altezza efficace dell'antenna del terminale mobile
- $DiffrLoss$ è il contributo dovuto ai fenomeni di diffrazione elettromagnetica.
- $K_{clutter}$ è il contributo in dB dovuto alle caratteristiche del territorio.
- $f(clutter)$ la media della perdita causata dal clutter

Questo modello è stato preferito ad altri perché il percorso ferroviario è assimilato ad un'area suburbana con infrastrutture basse e rare e considera l'attenuazione dovuta alle caratteristiche del territorio. Il modello sfrutta la parametrizzazione già adottata per la progettazione delle altre tratte AV/AC.

Gli algoritmi di propagazione utilizzati nella pianificazione radio prevedono il valore di campo elettromagnetico mediano (al 50%).

Le specifiche di progetto prevedono un livello minimo di copertura a radiofrequenza:

- In condizioni di non degrado (condizioni operative nominali dell'intero sistema di comunicazione) pari a -92 dBm per il 95% dei campioni in tutti i tratti di 100 metri.

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – “AEROPORTO ORIO AL SERIO” LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO – ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO					
	PROGETTO DI COPERTURA RETE RADIO GSM-R	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 58 KT	DOCUMENTO TT 00 00 002	REV. A

- In condizioni di degrado di una BTS della rete (una BTS fuori servizio) pari a -92 dBm per il 95% dei campioni in tutti i tratti di 100 metri interessati nell'area di competenza della BTS degradata.

Dal momento che la previsione di copertura dell'area dipende direttamente da quella relativa al bordo, imporre una data probabilità di copertura sul bordo significa garantire una probabilità $X+\Delta$ di copertura dell'area. Per ottenere la previsione di copertura nei limiti di specifica al 95% dei campioni è dunque necessario introdurre il margine di predizione, denominato margine di fading.

Per il modello utilizzato è stato considerato un margine di fading di 10 dB per passare dal valore mediano (50%) al valore richiesto corrispondente al 95% dei campioni. Tale valore è stato direttamente sottratto al valore dell'EIRP di ogni singolo trasmettitore.

3.2 Dati Relativi alla Rete GSM-R

3.2.1 Parametri Radio

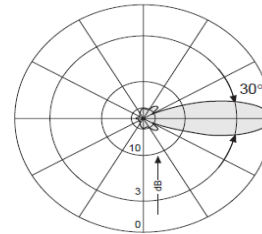
Nella tabella 2 sono riportati i parametri radio per ogni singolo sito relativi ai:

- sistema di antenne ipotizzato per ogni singolo sito (Antenna)
- quota di installazione delle antenne rispetto al suolo (Height)
- direzione di puntamento delle antenne (Azimuth)

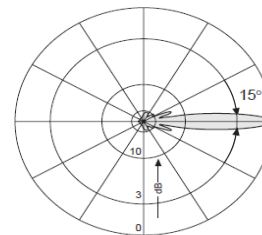
Si precisa che la tipologia delle antenne inserite in tabella e utilizzato nel tool di predizione potrà essere eventualmente sostituito con uno equivalente disponibile in fase di installazione. Per equivalente si intendono tutte quelle antenne anche di altri fornitori, che però presentino necessariamente stesse caratteristiche radio (apertura lobo orizzontale e verticale, guadagno) e dimensioni fisiche rispetto a quelle descritte in tabella. Le caratteristiche Radio delle antenne utilizzate per la simulazione di copertura sono di seguito descritte:

- Tipologia A:

Frequency range	870 – 960 MHz
VSWR	< 1.5
Gain	2 x 18.5 dBi
Impedance	50 Ω
Polarization	+45°, -45°
Front-to-back-ratio, copolar	> 30 dB
Half-power beam width	+45° polarization Horizontal: 30°, vertical: 15° -45° polarization Horizontal: 30°, vertical: 15°
Isolation	> 30 dB
Height/width/depth	1296 / 560 / 116 mm



Horizontal Pattern



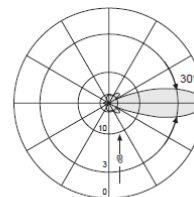
Vertical Pattern

- Tipologia B:

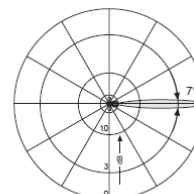
Specifications:	790–862 MHz	824–894 MHz	880–960 MHz
Average gain	20.2 dBi	20.4 dBi	20.8 dBi
Front-to-back ratio	>30 dB (co-polar)	>30 dB (co-polar)	>30 dB (co-polar)
Horizontal beamwidth	33° (half-power)	32° (half-power)	30° (half-power)
Vertical beamwidth	8.4° (half-power)	8.2° (half-power)	7.4° (half-power)
Sidelobe suppression for: First sidelobe above main beam	>15 dB	>15 dB	>15 dB
Cross polar ratio Main direction	0° 30 dB (typical)	26 dB (typical)	23 dB (typical)

- Tipologia C:

Frequency range	870 – 960 MHz
Polarization	+45°, -45°
Gain	2 x 21 dBi
Half-power beam width Copolar +45°/-45°	Horizontal: 30° Vertical: 7°
Front-to-back ratio, copolar	> 30 dB
Isolation	> 30 dB
Impedance	50 Ω
VSWR	< 1.5
Height/width/depth	2580 / 560 / 116 mm



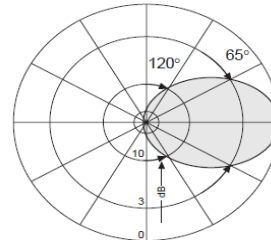
Horizontal Pattern



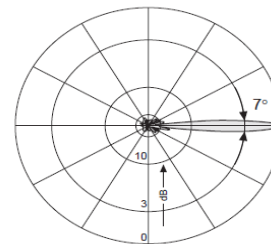
Vertical Pattern

- Tipologia D:

Input	2 x 7-16 female
Connector position	Bottom or top
Frequency range	870 – 960 MHz
VSWR	< 1.3
Gain	2 x 18 dBi
Impedance	50 Ω
Polarization	+45°, -45°
Front-to-back-ratio, copolar	> 30 dB
Half-power beam width	+45° polarization Horizontal: 65°, vertical: 7° -45° polarization Horizontal: 65°, vertical: 7°
Height/width/depth	2580 / 262 / 116 mm



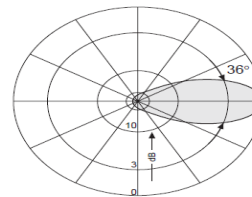
Horizontal Pattern



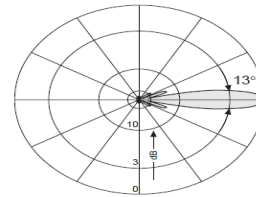
Vertical Pattern

- Tipologia E:

Input	7-16 female
Frequency range	870 – 960 MHz
VSWR	< 1.3
Gain	17.5 dBi
Impedance	50 Ω
Polarization	Vertical
Front-to-back-ratio	> 30 dB
Half-power Beam Width	H-plane: 36° / E-plane: 13°
Height/width/depth	1290 / 591 / 406 mm



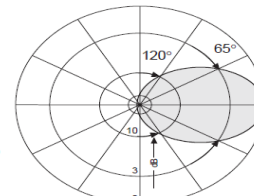
Horizontal Pattern



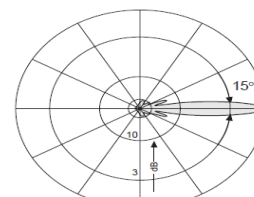
Vertical Pattern

- Tipologia F:

Input	2 x 7-16 female
Connector position	Bottom or top
Frequency range	806 – 960 MHz
VSWR	< 1.5
Gain	2 x 15.5 dBi (870 – 960 MHz) 2 x 15 dBi (806 – 870 MHz)
Impedance	50 Ω
Polarization	+45°, -45°
Front-to-back-ratio, copolar	> 30 dB
Half-power beam width	+45° polarization Horizontal: 65°, vertical: 15° -45° polarization Horizontal: 65°, vertical: 15°
Height/width/depth	1296 / 262 / 116 mm



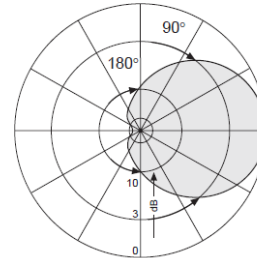
Horizontal Pattern



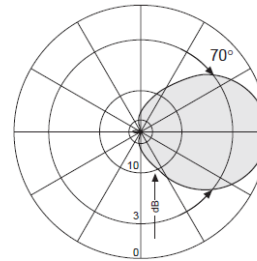
Vertical Pattern

- Tipologia G:

Input	7-16 female
Connector position	Bottom or top
Frequency range	872 – 960 MHz
VSWR	< 1.5
Gain	7.5 dBi
Impedance	50 Ω
Polarization	Vertical
Front-to-back ratio	> 20 dB
Half-power beam width H-plane: 90°/ E-plane: 70°	
Height/width/depth	262 / 155 / 49 mm



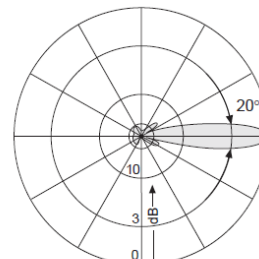
Horizontal Pattern



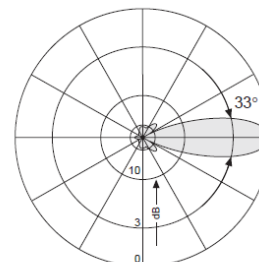
Vertical Pattern

- Tipologia H:

Input	7-16 female
Frequency range	870 – 960 MHz
VSWR	< 1.3
Gain	16.5 dBi
Impedance	50 Ω
Polarization	Vertical
Front-to-back ratio	> 24 dB
Half-power Beam Width H-plane: 20°/ E-plane: 33°	
Height/width/depth	492 / 992 / 190 mm



Horizontal Pattern

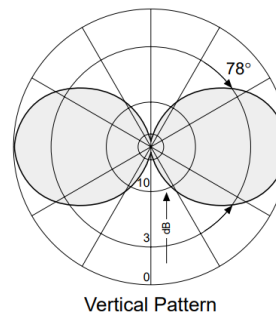


Vertical Pattern

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – “AEROPORTO ORIO AL SERIO” LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO – ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO					
	PROGETTO DI COPERTURA RETE RADIO GSM-R	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 58 KT	DOCUMENTO TT 00 00 002	REV. A

- Tipologia I:

Input	N female
Connector position	Bottom or top
Frequency range	870 – 960 MHz
VSWR	< 1.5
Gain	2 dBi
Impedance	50 Ω
Polarization	Vertical
Max. power	100 Watt (at 50 °C ambient temperature)
Weight	200 g
Radome diameter	20 mm
Height	180 mm



Sito	Tipologia Antenna	Height (m)	Azimuth (°)
Bergamo GA2	A	24	110
	A	24	290
Orio al Serio Linea	A	15	70
	A	15	260
Orio al Serio	A	15	280
	A	15	100


Tabella 2: Parametri Radio

3.2.2 Calcolo dell'EIRP

Gli EIRP specifici di ogni trasmettitore sono stati calcolati tenendo conto delle differenti caratteristiche di ognuno di essi, caratteristiche determinate da:

- Potenza disponibile al connettore della BTS
- Tipo di antenna (relativo guadagno)
- Altezza del palo (perdita dei cavi di collegamento tra antenna e BTS)
- Numero di connettori
- Tipologia di piastra di branching

Nella Tabella seguente si riporta un caso esemplificativo di calcolo dell'EIRP

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – “AEROPORTO ORIO AL SERIO” LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO – ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO					
	PROGETTO DI COPERTURA RETE RADIO GSM-R	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 58 KT	DOCUMENTO TT 00 00 002	REV. A

Sito in shelter con palo da 30m		
Potenza out BTS		+46,2
Antenna	Tipologia A	18,5
Cavi/connettori		4,6
Piastra di Branching		3,2
Potenza Ingresso Antenna (dBm)		38,4
EIRP (dBm)		56,9

Tabella 3: EIRP di un sito in spazio aperto, in shelter con antenna su palo da 30 m.

3.2.3 Link Budget

Per l'analisi del link budget sono state considerate le seguenti caratteristiche del sistema:

Apparato: BTS:

- Potenza disponibile al connettore BTS 42 W (46,2 dBm) per portante
- Sensibilità -111 dBm

Apparato: Mobile Terminal:

- Potenza disponibile 8 W (39 dBm)
- Sensibilità -104 dBm

Antenne utilizzate:

- Guadagno antenna Tipologia A 18,5 dBi

In tabella si riporta un esempio di analisi del link budget che è stato effettuato per tutti i trasmettitori riportati in Tabella 2.

Si ricorda che nel calcolo non sono state considerate le attenuazioni causate dalla cablatura interna del treno perché si ipotizza che siano compensate dal guadagno dell'antenna del treno

	Sito in shelter con palo da 30m
TRATTA BTS-MS (DOWNLINK)	
Ptx BTS [dBm]	46,2
Perdite totali [dB] (Piastra di branching, cavo, connettori, Perdite Polarizzazione)	7,8
Quad. Antenna Tx [dBi]	18,5


	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – “AEROPORTO ORIO AL SERIO” LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO – ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO					
	PROGETTO DI COPERTURA RETE RADIO GSM-R	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 58 KT	DOCUMENTO TT 00 00 002	REV. A
						Sito in shelter con palo da 30m
EIRP [dBi]						56,9
Sensibilità MS						-104
Attenuazione Max [50%]						160,9
TRATTA MS-BTS (UPLINK)						
Ptx MS						39
Guad. Antenna Rx [dBi]						18,5
Perdite totali [dB]						7,8
Sensibilità in diversità BTS [dBm]						-111
Attenuazione Max [50%]						160.7

Tabella 4: Link Budget casi esemplificativi.

Si evidenzia che i requisiti di copertura richiesti per questo progetto, ovvero il superamento per il 95% dei campioni del livello di campo di -92 dBm, impone un path loss massimo molto al di sotto della attenuazione massima sopra calcolata.

Tale path loss infatti è ricavato togliendo dalla potenza utile in aria il livello di campo desiderato, marginato dai valori di fading, eventuale perdita di polarizzazione e body loss.

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – “AEROPORTO ORIO AL SERIO” LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO – ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO					
	PROGETTO DI COPERTURA RETE RADIO GSM-R	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 58 KT	DOCUMENTO TT 00 00 002	REV. A

4 SIMULAZIONI

4.1 Obiettivi

L'obiettivo della simulazione è stato quello di verificare i livelli di copertura elettromagnetica lungo linea esclusi i tratti interni alle gallerie.

Per la simulazione si è assunto che la posizione dell'antenna dell'apparato mobile sia a 4,5 mt. di altezza sul livello del terreno (non sono stati considerati i casi migliorativi rappresentati dalla presenza di viadotti che innalzano ulteriormente la posizione del ricevitore).

Le simulazioni relative al livello di campo sono state eseguite sia in condizioni nominali di funzionamento che in condizioni di degrado al fine di verificare la ridondanza di copertura.

Scopo della simulazione è la verifica del:

- Livello di campo minimo lungo linea pari a -92 dBm per il 95% dei campioni
- Livello di campo minimo lungo linea pari a -92 dBm per il 95% dei campioni per la ridondanza di copertura.

Nelle mappe allegare viene fornita un'indicazione della copertura composita con tutti i siti accesi nella tratta oggetto di intervento. In tale simulazione sono stati considerati accesi tutti i siti. Dalle simulazioni si evidenzia che il livello di campo risulta maggiore di -92 dBm per il 95% dei campioni. Per la copertura delle gallerie ferroviarie si rimanda al paragrafo successivo.

Alcune mappe illustrano la copertura rispettivamente da parte dei siti dispari e da parte dei siti pari. Dalle simulazioni si evidenzia che il livello di campo risulta maggiore di -92 dBm per il 95% dei campioni anche nelle situazioni in cui sulla linea si verifica il fuori servizio di un sito.

La valutazione della copertura in ogni mappa deve essere fatta considerando che la predizione non tiene conto della propagazione all'interno delle gallerie, pertanto i dati riportati nei vari disegni non sono validi nei tratti di linea in galleria o nei pressi degli imbocchi qualora il degrado coinvolga il sito posizionato all'imbocco.

Si ricorda infatti che nel Tool i siti interni alla galleria non sono stati attivati per cui non viene mai calcolata la quota parte di copertura radio fornita da tali siti, né sono state inserite le antenne Phased-Array dei siti agli imbocchi predisposti per la copertura radio della galleria e delle zone antistanti gli imbocchi di uscita. Per questo motivo nelle tavole relative agli scenari di degrado possono trovarsi casi di degrado di più BTS consecutive. Per tutti questi casi, così come per la copertura delle gallerie si rimanda al paragrafo successivo.

In questo paragrafo, inoltre, sono mostrati dei grafici di copertura relativi a misure acquisite sulla tratta. Tali misure, oltre a tutte le altre a nostra disposizione, sono state analizzate e utilizzate per ricavare un modello di propagazione/previsione di copertura applicabile in gallerie e nei pressi degli imbocchi.

Tali analisi e l'esperienza maturata tramite l'acquisizione di misure di campo in ambito ferroviario lungo le tratte AV/AC ha permesso di fare delle previsioni sia sull'andamento del segnale radio all'interno delle gallerie che nei

	PROGETTO DEFINITIVO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO – “AEROPORTO ORIO AL SERIO” LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO – ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO					
	PROGETTO DI COPERTURA RETE RADIO GSM-R	COMMESSA NM27	LOTTO 01	CODIFICA D 58 KT	DOCUMENTO TT 00 00 002	REV. A

pressi degli imbocchi. Tale previsione ha guidato la pianificazione radio sia in previsione di uno scenario nominale sia in caso di degrado dovuto alla mancata funzionalità di un sito.

4.2 Mappe di copertura Radio

Le mappe di copertura composita generate con il Tool di previsione WinRPT rappresentano il livello di segnale calcolato con un'attendibilità statistica del 50%. I corrispondenti livelli al 95% di confidenza, come richiesto dai requisiti di progetto, sono i seguenti:

Colore	Livello di segnale al 50% (mappa)	Livello di segnale al 95% (requisito)
Rosso	$\geq - 52$ dBm	$\geq - 65$ dBm
Arancio	$- 62$ dBm $\leq x < - 52$ dBm	$- 75$ dBm $\leq x < - 65$ dBm
Giallo	$- 67$ dBm $\leq x < - 62$ dBm	$- 80$ dBm $\leq x < - 75$ dBm
Verde	$- 72$ dBm $\leq x < - 67$ dBm	$- 85$ dBm $\leq x < - 80$ dBm
Azzurro	$- 82$ dBm $\leq x < - 72$ dBm	$- 92$ dBm $\leq x < - 85$ dBm
Bianco	$< - 79$ dBm	$< - 92$ dBm

Le mappe di copertura sono esposte nelle figure seguenti e sono suddivise nei casi di normale utilizzo e di degrado (vedi pagina seguente):

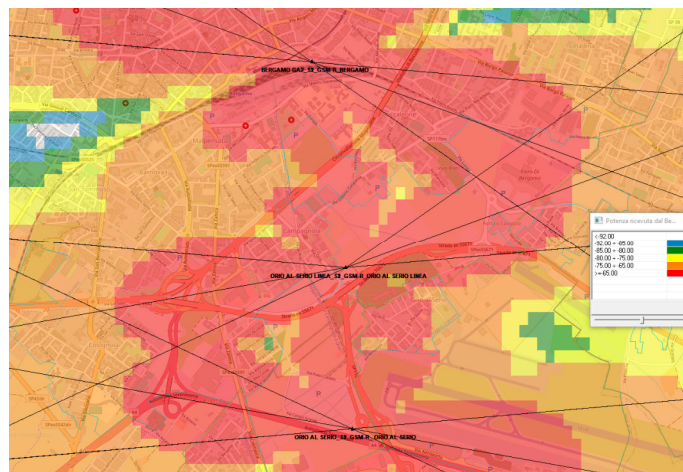


Figura 1: Simulazione di copertura Bergamo – Orio al Serio nel caso di condizioni Normali



PROGETTO DEFINITIVO

NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO –
“AEROPORTO ORIO AL SERIO”

LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO – ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA
RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO

PROGETTO DI COPERTURA RETE RADIO GSM-R

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM27	01	D 58 KT	TT 00 00 002	A	18 di 19

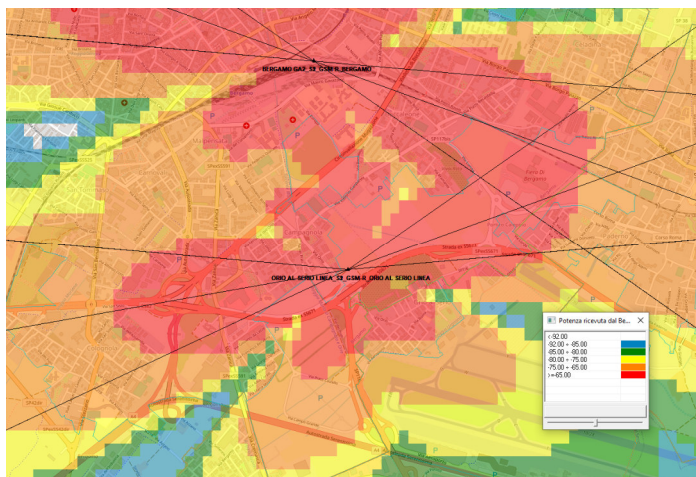
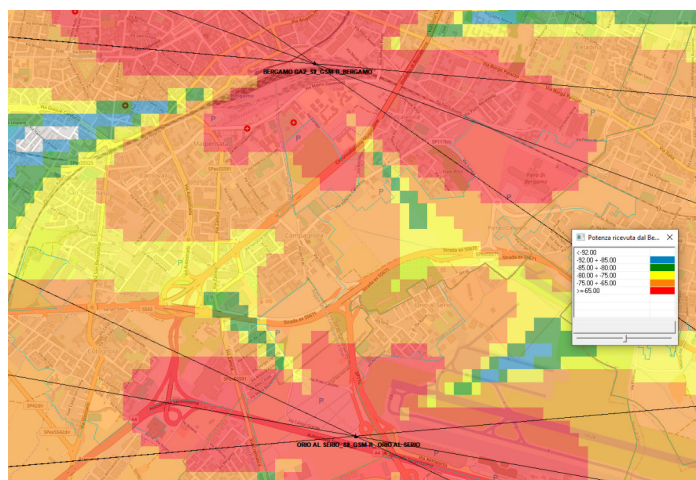


Figura 2: Simulazione di copertura Bergamo – Orio al Serio nel caso di degrado (BTS Orio al Serio fuori servizio)





PROGETTO DEFINITIVO
NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO STAZIONE DI BERGAMO –
“AEROPORTO ORIO AL SERIO”
LOTTO 1: NUOVA LINEA BERGAMO – ORIO AL SERIO CON MODIFICHE ALLA
RADICE EST DEL PRG DI BERGAMO E PRG DI ORIO AL SERIO

PROGETTO DI COPERTURA RETE RADIO GSM-R

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM27	01	D 58 KT	TT 00 00 002	A	19 di 19

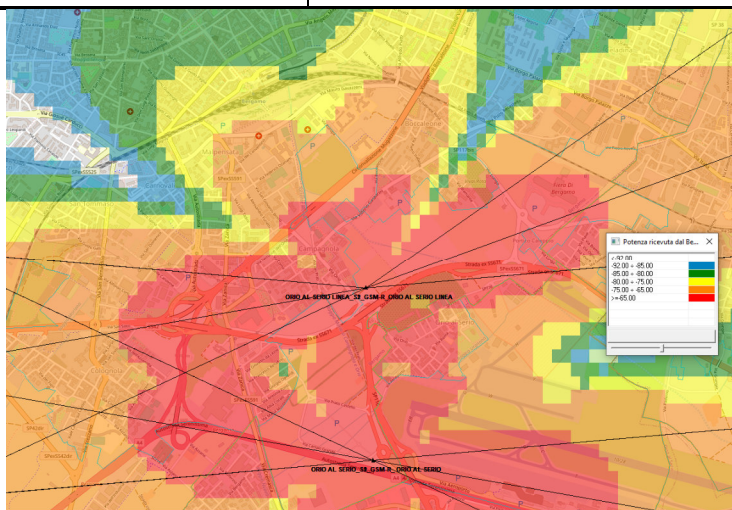


Figura 4: Simulazione di copertura Bergamo – Orio al Serio nel caso di degrado (BTS Bergamo GA2 fuori servizio)