



Analisi e valutazione degli effetti elettromagnetici dovuti ad installazione di Boe Eurobalise su ponti metallici tipo Essen

Analysis and Evaluation of the electromagnetic effects due to the installation of Eurobalise beacons on Essen type metal bridges

Matteo MEMOLI^(*)

Sommario - L'articolo tratta un approfondimento comportamentale del Sotto Sistema di Bordo (SSB) SCMT (Sistema Controllo Marcia Treno) in presenza di Boe Eurobalise (BEB) installate su Ponti ESSEN.

Il focus è incentrato, in particolare, sull'analisi degli aspetti di natura elettromagnetica, fondamentali per la corretta comunicazione Bordo-Terra. È importante quindi individuare eventuali soluzioni, che consentano un'ideale installazione delle BEB sui Ponti ESSEN, al fine di garantire la regolarità (possibile non captazione o ricezione messaggio non decodificabile) della marcia treno.

I Ponti ESSEN, per la loro natura strutturale rilevante e metallica, potrebbero essere causa di interferenze o comunque responsabili dell'alterazione del comportamento elettromagnetico che regola l'accoppiamento tra le BEB e il Sottosistema di Bordo SCMT, compromettendo la regolarità della marcia del treno. Per i suddetti motivi sono state condotte campagne di prova in laboratorio, simulando le diverse situazioni, e direttamente sul campo per avere un ritorno del comportamento reale del Sottosistema di Bordo SCMT.

Nel corso delle campagne di prova inoltre sono state prese in considerazione diverse configurazioni geometriche dell'installazione (longitudinale/trasversale) e delle strutture ESSEN (travi larghe /strette), al fine di confrontare i diagrammi di radiazione per pervenire alle considerazioni riportate nel presente articolo circa l'installazione ottimale.

Summary - This article deals with a behavioral analysis of the On-Board Subsystem (SSB) SCMT in presence of Eurobalise beacons (BEB) installed on ESSEN Bridges

The focus is based, in particular, on the analysis of the electromagnetic aspects, which are relevant for the correct communication between SSB and Trackside Subsystem (SST). It is important to identify possible solutions that ensure the appropriate installation of BEBs on the ESSEN bridges in order to guarantee the regular train running (possible non-collection or non-decodable message receipt).

ESSEN Bridges, due to their significant structural metallic nature, could cause interference or otherwise be responsible for the alteration of the electromagnetic behavior that regulates the joining between the BEB and the SCMT On-Board Subsystem, so compromising the regular train running. For the above reasons, test campaigns were conducted both in the laboratory, simulating the different situations, and directly in the field to collect feedback of the real behavior of the SCMT on-board subsystem.

During the test campaigns, different geometrical configurations were taken into account for both the installation (longitudinal / transverse) and the ESSEN structures (wide/narrow beams), in order to compare the radiation diagrams to reach the following considerations about the optimal installation.

^(*) RFI - Direzione Tecnica-Programma Nazionale ERTMS - Genova.

Per il supporto tecnico/scientifico si ringraziano l'ing. Giovanni CANEPA e l'ing. Antonio COSTA di Ansaldo STS Hitachi Group Genova.

^(*) RFI - Technical Management-ERTMS National Program - Genoa.

For the technical/scientific support Mr. Giovanni CANEPA and Mr. Antonio COSTA, engineers of Ansaldo STS Hitachi Group Genoa are thanked so much.

Lista delle abbreviazioni

- SCMT = Sistema Comando Marcia Treno;
- SSB = Sotto-Sistema di Bordo;
- SST = Sotto-Sistema di Terra;
- BEB = Boa Eurobalise a 1023 bit;
- Tlg = Telegrammi Eurobalise a 1023 bit;
- PI = Punto informativo è l'insieme di due BEB;
- PIF = Punto Informativo Fisso è l'insieme di due BEB che contengono Tlg fissi;
- PIC = Punto Informativo Commutabile è l'insieme di due BEB che contengono Tlg variabili;
- Tlp = Telepowering -Segnale a 27 MHz trasmesso dal SSB alla BEB;
- Upl = Up link -Segnale a 4,2 MHz trasmesso dalla BEB al SSB;
- RSDD = Captazione Discontinua dei Tlg provenienti dalle BEB;
- BTM = Balise Transmission Module (generatore segnale Tlp e decodificatore Upl);
- AEB = Antenna Eurobalise collegata al BTM che trasmette il Tlp e riceve Upl;
- BTM-A = Insieme apparecchiature BTM + Antenna di SSB dedicato alla captazione RSDD;
- $\Phi_{d1} = \Phi_{d1}$ = Flusso elettromagnetico minimo per cui la BEB deve garantire l'attivazione;
- Φ_{d2} = Flusso elettromagnetico per cui la BEB deve garantire un segnale di UpL minimo I_{u2} ;
- Φ_{d4} = Flusso elettromagnetico massimo per cui la BEB deve garantire il corretto funzionamento;
- I_{u1} = Corrente min che la BEB deve garantire quando attivata da un flusso Φ_{d1} ;
- I_{u3} = Corrente max che la BEB può fornire quando attivata da un flusso compreso tra Φ_{d3} e Φ_{d4} ;
- Flux = Flusso di attivazione trasmetto dall'AEB (la linea orizzontale rappresenta Φ_{d1});
- $X_a = 0$ corrisponde al centro dell'Antenna BTM;
- ZONA di SIDE LOBE: Zona adiacente alla Zona di Contatto;
- ZONA di CROSS TALK: Zona in prossimità della BEB, esterna alla zona di Side Lobe dove non è prevista l'accensione della stessa;
- ZONA DI CONTATTO: Volume sopra la BEB dove è garantito l'accoppiamento elettromagnetico bidirezionale tra AEB/BEB.

1. Introduzione

Nell'ambito dei lavori ferroviari può nascere l'esigenza di coniugare la realizzazione di un sottopasso, quindi l'esecuzione di lavori sotto il binario che prevedono la rimozione completa della massicciata, con la necessità di mantenere in esercizio ferroviario la linea/stazione, cercando di ridurre al minimo le soggezioni all'esercizio stesso (in particolare alla velocità della linea).

List of abbreviations

- SCMT = Sistema Controllo Marcia Treno = An Italian Class B System built upon ETCS components;
- SSB = On-Board Sub-System;
- SST = Tracksides Sub-System;
- BEB = 1023-bit Eurobalise Beacon;
- Tlg = 1023-bit Eurobalise telegrams;
- PI = Information point is the set of two BEBs;
- PIF = Fixed Information Point is the set of two BEBs that contain fixed Tlg;
- PIC = Switchable Information Point is the set of two BEBs containing variable Tlg;
- Tlp = Telepowering - 27 MHz signal transmitted by the SSB to the BEB;
- Upl = Up link - 4.2 MHz signal transmitted by BEB to SSB;
- RSDD = Discontinuous Capture of Tlg from BEB;
- BTM = Balise Transmission Module (Tlp signal generator and Upl decoder);
- AEB = Eurobalise antenna connected to the BTM that transmits the Tlp and receives Upl;
- BTM-A = BTM equipment set + SSB antenna dedicated to RSDD uptake;
- $\Phi_{d1} = \Phi_{d1}$ = Minimum electromagnetic flow for which the BEB must guarantee activation;
- Φ_{d2} = Electromagnetic flow for which the BEB must guarantee a minimum I_{u2} UpL signal;
- Φ_{d4} = Maximum electromagnetic flow for which the BEB must ensure correct operation;
- I_{u1} = Min current that the BEB must guarantee when activated by a flow Φ_{d1} ;
- I_{u3} = Max current that the BEB can supply when activated by a flow between Φ_{d3} and Φ_{d4} ;
- Flux = Activation flow transmitted by the AEB (the horizontal line represents Φ_{d1});
- $X_a = 0$ corresponds to the center of the BTM Antenna;
- SIDE LOBE AREA: Zone adjacent to the Contact Zone;
- CROSS TALK AREA: Zone near the BEB, outside the Side Lobe area where it is not expected to light up;
- CONTACT ZONE: Volume above the BEB where bidirectional electromagnetic coupling between AEB / BEB is guaranteed.

1. Introduction

In the context of railway works, the need to combine the construction of an underpass and the execution of works under the track that provide for the complete removal of the ballast may arise, with the need to maintain on exercise the line/station trying to minimize the subjection to the exercise itself (in particular the speed of the line).

For this purpose, temporary metal bridges (ESSEN Bridges) are used to reinforce the structure of the rail/sleepers and to allow the circulation of the trains while maintaining a high standard of safety during the works.

Per lo scopo vengono utilizzati dei ponti metallici provvisori tipo Ponte ESSEN, che consentono di rinforzare la struttura del complesso rotaia/traversa e permettono la circolazione dei treni mantenendo un elevato standard di sicurezza durante i lavori.

In Fig. 1 troviamo un esempio di Ponte ESSEN installato in una stazione per la costruzione di un sottopasso.

Per garantire la continuità di funzionamento dell'impianto SCMT di Terra della Stazione/Linea, ed il rispetto della configurazione come da piano schematico, può nascere l'esigenza di dover installare dei Punti informativi SCMT di tipo Commutabile PIC (posti in corrispondenza di segnali) o di tipo Fisso PIF su ponti metallici tipo Ponte ESSEN in dipendenza della posizione in linea o stazione dell'intervento infrastrutturale.

Come conseguenza la rilevante struttura metallica costituente i suddetti Ponti potrebbe essere responsabile di fenomeni elettromagnetici alteranti il regolare funzionamento dei due sottosistemi, in particolare per il Sotto Sistema di:

- *Bordo SCMT* potrebbe causare:
 - a) la riflessione del segnale di Telepowering Tlp generato dal BTM (Balise Transmission Module) e l'accensione di una BEB in modo anomalo [comportando un anticipo o un ritardo nell'istante di captazione e quindi un'errata localizzazione spaziale della BEB dell'ordine di qualche decina di centimetri che è causa di un errore nel computo da parte di SSB dello spazio percorso (Odometria)].
 - b) il fallimento dei test di controllo della BTM – Antenna (BTM-A) provocando di fatto la non attivazione dell'SSB.
- *Terra SCMT* potrebbe causare ad esempio una mancata accensione della BEB.

2. Attività svolte

Sono state condotte due campagne di test in laboratorio ed in campo, che hanno visto la partecipazione congiunta di personale RFI della Direzione Tecnica, tecnici del RINA, rappresentanti delle ditte Ansaldo STS ed Alstom e rappresentanti della Società ESSEN produttrice dei ponti metallici.

2.1. Prove in laboratorio

Questa campagna di prove è stata condotta presso un laboratorio SCMT di RFI su prodotti (BEB, AEB, BTM-A) di diversi fornitori eseguendo alcuni test previsti dai Subset UNISIG applicabili al periodo di effettuazione delle prove:

- FFFIS for Eurobalise" Ref. Subset 036, Issue 2.4.1, 27/09/2007 [1];

In Fig. 1 an example of ESSEN Bridge installed in a station for the construction of an underpass is shown.

To guarantee the operational continuity of the station/line trackside subsystem SCMT and compliance with the configuration as reported in the schematic plan, the need may arise to install SCMT information points of the PIC commutable type (located at signals) or of the PIF type fixed on ESSEN metal bridges, depending on the position in line or station of the infrastructural intervention.

As a consequence, the relevant metallic structure constituting the abovementioned Bridges could be responsible for electromagnetic phenomena which may degrade the performance of the system, in particular for the on-board Subsystem:

- *SSB they could cause:*
 - a) *the reflection of the Telepowering Tlp signal generated by the BTM (Balise Transmission Module) and the activation of a BEB in an anomalous manner [causing an early or late detection and therefore an incorrect spatial location of the BEB of the order of a few tens of centimeters which is due to an error of calculation of the distance travelled (Odometry) made by SSB.*
 - b) *the failure of the BTM - Antenna (BTM-A) control tests, provoking the non-activation of the SSB.*
- *Trackside subsystem SST SCMT could cause, for example, a failure to activate the BEB.*

2. Performed activities

Two test campaigns which were conducted in the laboratory and in the field, were carried out by staff of the Technical Department of RFI, RINA technicians, representatives of the companies Ansaldo STS and Alstom and representatives of ESSEN, the company producing metal bridges.

2.1. Tests in the laboratory

This test campaign was conducted in a RFI SCMT Laboratory, on Products (BEB, AEB, BTM-A) of different sup-



Fig. 1 - Ponte ESSEN in Stazione.
Fig. 1 - ESSEN bridge in a station.

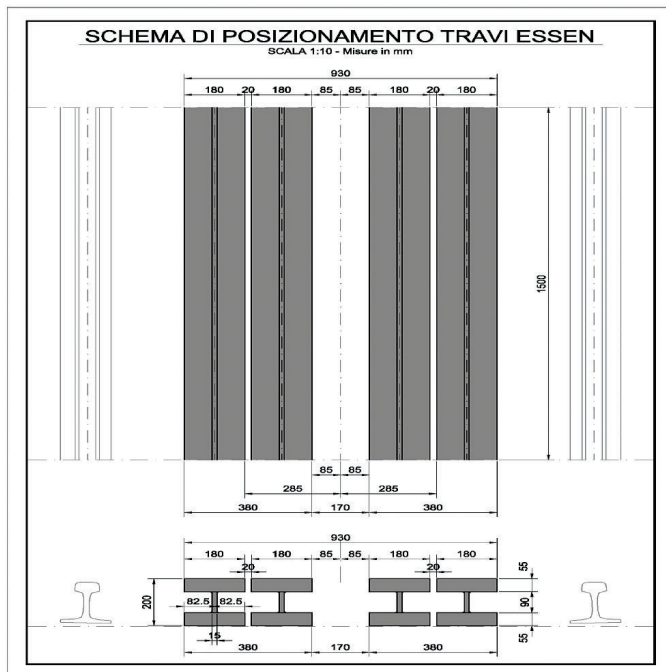


Fig. 2 - Schema dello spezzone di ponte da 1,5 m riprodotto in Laboratorio.

Fig. 2 - Diagram of the 1.5 m bridge section shown in the Laboratory

- Test Specification for Eurobalise FFFIS" Ref. Subset 085, Issue 2.2.2, 09/11/2007 [2].

Attualmente sono state emanate e quindi sono ad oggi applicabili nuove versioni di specifiche per i sistemi:

- ETCS Baseline 3 Release 1:
 - FFFIS for Eurobalise" Ref. Subset 036, Issue 3.0.0;
 - Test Specification for Eurobalise FFFIS" Ref. Subset 085, Issue 3.0.0.
- ETCS Baseline 3 Release 2:
 - FFFIS for Eurobalise" Ref. Subset 036, Issue 3.1.0;
 - Test Specification for Eurobalise FFFIS" Ref. Subset 085, Issue 3.0.0.

Per la simulazione del fenomeno in laboratorio è stato utilizzato uno spezzone di ponte ESSEN della lunghezza di 1,5 m costituito da 2 coppie di travi a doppia T in acciaio posizionate come illustrato in Fig. 2.

Come visibile in Fig. 2, la struttura realizzata comprende due tratti di rotaie e due coppie di travi poste tra le rotaie. La distanza tra le coppie di travi può variare tra un minimo di 170 mm (travi strette) a un massimo di 270 mm (travi larghe).

Nel montaggio reale le travi sono collegate tra di loro da staffe in metallo. Per simulare gli effetti di questi collegamenti in laboratorio le travi sono state connesse tra di loro come mostrato in Fig. 3. Lo stesso collegamento è ripetuto all'altra estremità delle travi.

pliers performing some tests foreseen by the UNISIG Subsets applicable to the period of carrying out the tests:

- FFFIS for Eurobalise "Ref. Subset 036, Issue 2.4.1, 27/09/2007 [1];
- Test Specification for Eurobalise FFFIS "Ref. Subset 085, Issue 2.2.2, 09/11/2007 [2].

The quoted subsets' versions are the ones valid at the time of the test campaign, nowadays new versions of specifications for the Systems are in place:



Fig. 3 - Dettaglio del collegamento elettrico effettuato tra le travi.

Fig. 3 - Detail of the electrical connection between the beams.

2.2. Prove su Boe Eurobalise

I test sono stati eseguiti analizzando il comportamento delle BEB installate in differenti configurazioni geometriche (travi larghe o strette del Ponte ESSEN).

Ai fini dell'analisi risulta significativo prendere in considerazione la caratteristica I/O della BEB (Fig. 4), ed il diagramma di radiazione del segnale di Tlp (Fig. 5), come previsto nei Subset 036 [1] e Subset 085 [2] di UNISIG.

La caratteristica di I/O di una Boa Eurobalise (Fig. 4), evidenzia il comportamento della BEB che risponde con una corrente di Up Link (Output) al variare del flusso magnetico di attivazione (Input Φ_d fornito dal sistema BTM-A. Un tipico andamento della caratteristica di I/O è la curva (a).

In funzione delle dimensioni la BEB può essere [2]:

Standard (Larghezza = 358 mm x Lunghezza = 488mm) con i seguenti valori della I/O:

$I_{u1} = 23 \text{ mA}$	$I_{u2} = 37 \text{ mA}$	$I_{u3} = 116 \text{ mA}$	$I_{u3} = 116 \text{ mA}$
$\Phi_{d1} = 7.7 \text{ nVs}$	$\Phi_{d2} = 12.2 \text{ nVs}$	$\Phi_{d3} = 9.2 \text{ nVs}$	$\Phi_{d4} = 200 \text{ nVs}$

Ridotta (Larghezza = 200 mm x Lunghezza = 390 mm)

$I_{u1} = 37 \text{ mA}$	$I_{u2} = 59 \text{ mA}$	$I_{u3} = 186 \text{ mA}$	$I_{u3} = 186 \text{ mA}$
$\Phi_{d1} = 4.9 \text{ nVs}$	$\Phi_{d2} = 7.7 \text{ nVs}$	$\Phi_{d3} = 5.8 \text{ nVs}$	$\Phi_{d4} = 130 \text{ nVs}$

Mediante l'analisi dei diagrammi generati in laboratorio, utilizzando il setup specificato dal SubSet 085 con l'AEB posizionata ad una altezza $Z = 220\text{mm}$ dal centro della BEB, è stato possibile confrontare il comportamento delle BEB in:

1. assenza dei Ponti ESSEN (Fig. 6);
2. presenza dei Ponti ESSEN:
 - sopra le travi, (Figg. 7, 8 e 9);
 - nello spazio libero tra le travi (Figg. 10, 11, 12 e 13);

verificando come questi ultimi alterino la caratteristica di Input/Output e del segnale di Upl, analizzato in frequenza, della BEB installata.

Le Figg. 8 e 9 rappresentano quanto rilevato nel dominio della frequenza con un analizzatore di spettro "Vector Signal Analyzer Agilent", modello 89600S, relativamente al segnale di Upl, con Boa installata sopra le travi.

Come si nota dalle Figg. 8 e 9 in questa configurazione si è registrato un significativo spostamento della frequenza centrale F_c del segnale di Upl, che, nel rispetto del Subset 036 §5.2.2.2.2, risulta essere $4.234 \text{ MHz} \pm 175 \text{ kHz}$, ed è diventata $F_c = 4.404 \text{ MHz}$ (rimanendo comunque nel range ammesso).

Nella Fig. 10 vediamo la stessa BEB (larga $\approx 40\text{cm}$) posta nella mezzeria dello spazio libero tra le travi allargate.

La Fig. 11 evidenzia la nuova caratteristica I/O della BEB con il segnale leggermente migliorato perché posizionata tra le travi allargate.

Come si nota dalle Figg. 12 e 13 in questa configura-

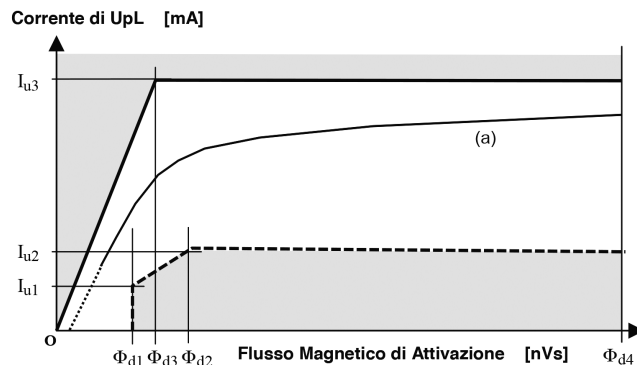


Fig. 4 - Caratteristica di Input e Output (I/O) per BEB. Φ_{d1} = Flusso elettromagnetico minimo per cui la BEB deve garantire l'attivazione; Φ_{d2} = Flusso elettromagnetico per cui la BEB deve garantire un segnale di UpL minimo I_{u2} ; Φ_{d4} = Flusso elettromagnetico massimo per cui la BEB deve garantire il corretto funzionamento; I_{u1} = Corrente minima che la BEB deve garantire quando attivata da un flusso magnetico Φ_{d1} ; I_{u3} = Corrente massima che la BEB può fornire quando attivata da un flusso magnetico compreso tra Φ_{d3} e Φ_{d4} .

Fig. 4 - Detail of the electrical connection between the beams. Φ_{d1} = Minimum electromagnetic flow for which the BEB must guarantee activation; Φ_{d2} = Electromagnetic flow for which the BEB must guarantee a minimum I_{u2} UpL signal; Φ_{d4} = Maximum electromagnetic flow for which the BEB must ensure correct operation; I_{u1} = Minimum current that the BEB must guarantee when activated by a magnetic flux Φ_{d1} ; I_{u3} = Maximum current that the BEB can supply when activated by a magnetic flux comprised between Φ_{d3} and Φ_{d4} .

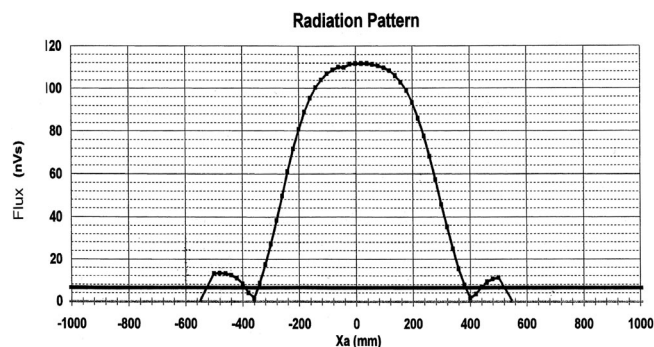


Fig. 5 - Diagramma di radiazione per SSB (Sotto Sistema di Bordo) - Telepowering. Flux = Flusso di attivazione trasmesso dall'AEB (la linea orizzontale rappresenta Φ_{d1}); $X_a = 0$ corrisponde al centro dell'AEB.

Fig. 5 - SSB Radiation Pattern-Telepowering. Flux = Activation Flux transmitted by AEB (horizontal lyne represents Φ_{d1}); $X_a = 0$ is AEB center.

zione si è registrato solo uno lieve spostamento della frequenza centrale F_c del segnale di UpL che risulta $F_c = 4.283$ MHz (rimanendo ampiamente nel range ammesso dei ± 175 kHz).

Dal punto di vista della caratteristica di I/O il confronto tra quella di Fig. 7 con quella di Fig. 11 evidenzia altresì un funzionamento migliore della BEB dal punto di vista elettromagnetico, in quanto rientrano nella zona teorica della caratteristica evidenziata in Fig. 4, un numero maggiori di punti.

2.3. Prove con applicazione di piastrelle di ferrite

E' stato verificato il comportamento elettromagnetico delle BEB di alcuni fornitori posizionate sopra le travi, in presenza di materiale assorbente la radiazione elettroma-

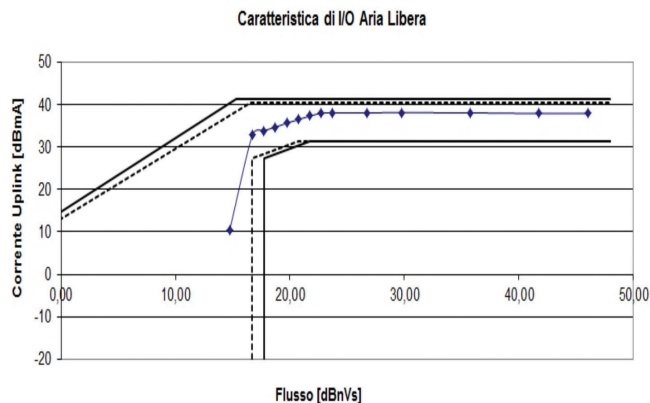


Fig. 6 - Caratteristica I/O con BEB in assenza del ponte.
Fig. 6 - I/O characteristic with BEB in the absence of the bridge.

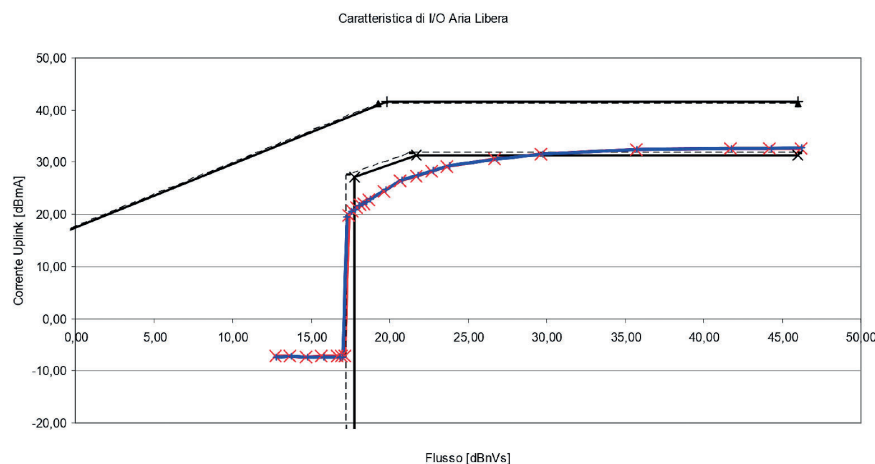


Fig. 7 - Caratteristica I/O con BEB installata sopra le travi.
Fig. 7 - I/O characteristic with BEB installed above the beams.

- ETCS Baseline 3 Release MRI/R2:
 - FFFIS for Eurobalise “Ref. Subset 036, Issue 3.0.0;
 - Test Specification for Eurobalise FFFIS “Ref. Subset 085, Issue 3.0.0;
- ETCS Baseline 3 Release 2:
 - FFFIS for Eurobalise “Ref. Subset 036, Issue 3.1.0;
 - Test Specification for Eurobalise FFFIS “Ref. Subset 085, Issue 3.0.0.

For the simulation of the phenomenon in the laboratory an ESSEN bridge section was used 1.5 m long, consisting of 2 pairs of double T steel beams positioned as shown in Fig. 2.

As shown in Fig. 2, the structure realized consists of two sections of rails and two pairs of beams placed between the rails. The distance between the pairs of beams can vary between a minimum of 170 mm (narrow beams) and a maximum of 270 mm (wide beams).

In real assembly the beams are connected to each other by metal brackets. To simulate the effects of these connections in the laboratory the beams were connected to each other as shown in Fig. 3. The same connection is repeated at the other end of the beams.

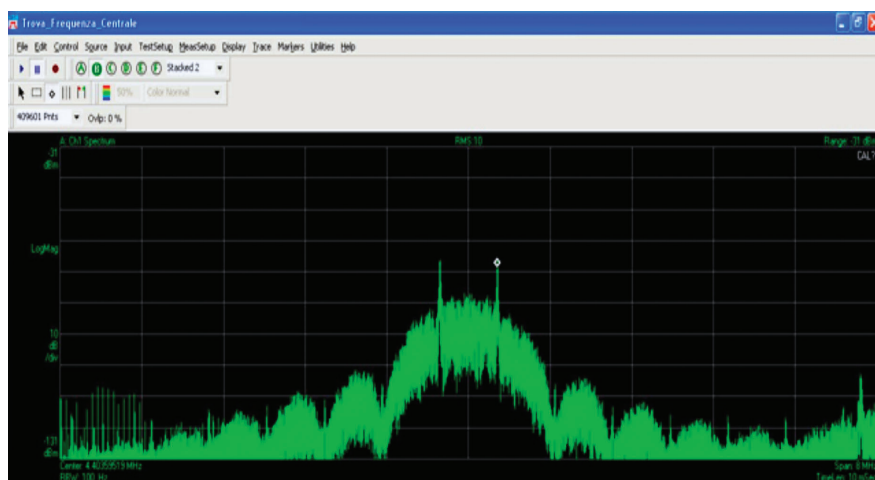


Fig. 8 - Spettro in frequenza del segnale UpL con BEB installata sopra travi.
Fig. 8 - Frequency spectrum of the UpL signal with BEB installed above beams.

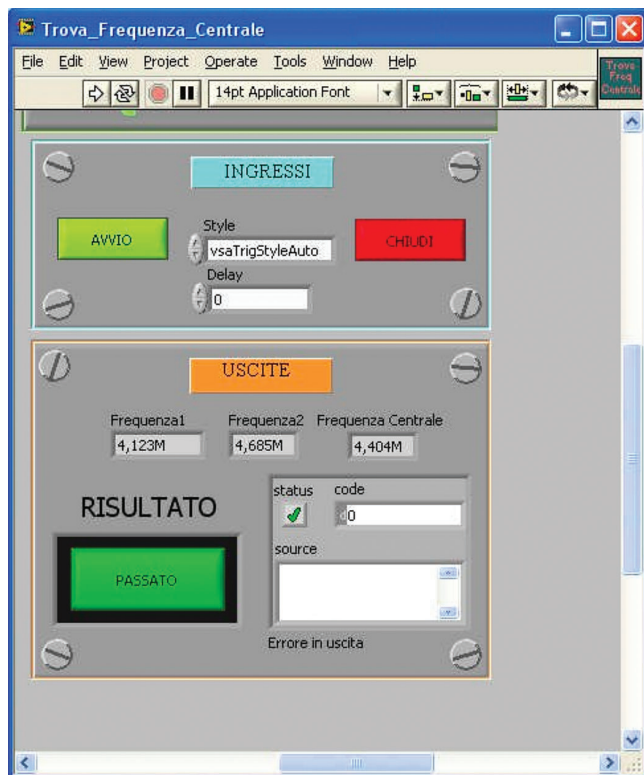


Fig. 9 - Visualizzazione delle frequenze misurate dell'analizzatore di spettro.

Fig. 9 - Display of the measured frequencies of the spectrum analyzer.

gnetica (piastrelle di ferrite), posizionato nell'area adiacente o sottostante le BEB.

Dall'analisi delle caratteristiche di I/O e dei diagrammi di radiazione generati per ogni fornitore sono emersi alcuni comportamenti anomali delle BEB rispetto ai parametri nominali previsti dai subset per il regolare funzionamento, quali ad esempio:

- spostamento della frequenza centrale di Up-Link;
- necessità di un maggiore flusso elettromagnetico di attivazione, al limite della specifica.

Per quanto riguarda l'SSB, nelle stesse condizioni suddette si è osservato che l'applicazione di piastrelle di ferrite riduce l'effetto negativo delle masse metalliche, ma in maniera non rilevante tale giustificarne un eventuale utilizzo.

Per le motivazioni suddette, l'utilizzo delle piastrelle di ferrite non è stato ritenuto sufficiente a mitigare l'impatto della massa metallica su SCMT.

2.4. Prove su BTM -Antenna

Per i vari rotabili in esercizio attrezzati con SSB SCMT, preliminarmente all'esecuzione delle prove sul BTM-A, sono state fatte alcune considerazioni sulle varie



Fig. 10 - BEB posizionata nello spazio libero tra le travi allargate, (270mm).

Fig. 10 - BEB positioned in the free space between the widened beams, (270mm).

2.2. Tests on Eurobalise Beacons

The tests were performed analyzing the behavior of BEB installed in different geometric configurations (wide or narrow beams of the ESSEN Bridge).

For the purposes of the analysis it is significant to take into account the I / O characteristic of the BEB (Fig. 4) and the radiation pattern of the Tlp signal (Fig. 5), as provided for in the Subset 036 [1] and Subset 085 [2] of UNISIG.

The I/O characteristic of a Eurobalise Beacon (Fig. 4), highlights the BEB's behavior that responds with an Up Link current (Output) as the activation magnetic flux (Input) Φ_d supplied by the BTM-A system changes. A typical trend of the I/O characteristic is the curve (a).

Depending on the size the BEB can be [2]:

Standard (Width = 358 mm x Length = 488mm) with the following I / O values:

$I_{u1} = 23 \text{ mA}$	$I_{u2} = 37 \text{ mA}$	$I_{u3} = 116 \text{ mA}$	$I_{u3} = 116 \text{ mA}$
$\Phi_{d1} = 7.7 \text{ nVs}$	$\Phi_{d2} = 12.2 \text{ nVs}$	$\Phi_{d3} = 9.2 \text{ nVs}$	$\Phi_{d4} = 200 \text{ nVs}$

Reduced (Width = 200 mm x Length = 390 mm) with the following I / O values:

$I_{u1} = 37 \text{ mA}$	$I_{u2} = 59 \text{ mA}$	$I_{u3} = 186 \text{ mA}$	$I_{u3} = 186 \text{ mA}$
$\Phi_{d1} = 4.9 \text{ nVs}$	$\Phi_{d2} = 7.7 \text{ nVs}$	$\Phi_{d3} = 5.8 \text{ nVs}$	$\Phi_{d4} = 130 \text{ nVs}$

By analyzing the diagrams generated in the laboratory, using the setup specified by the SubSet 085 with the AEB positioned at a height $Z = 220\text{mm}$ from the center of the BEB, it was possible to compare the BEB behavior in:

- absence of the ESSEN Bridges (Fig. 6);
- presence of the ESSEN Bridges:
 - above the beams, (Figs. 7, 8 and 9);
 - in the free space between the beams, (Figs. 10, 11, 12 and 13);

verifying how these last ones alter the Input/Output characteristic and the frequency Upl signal of the installed BEB.

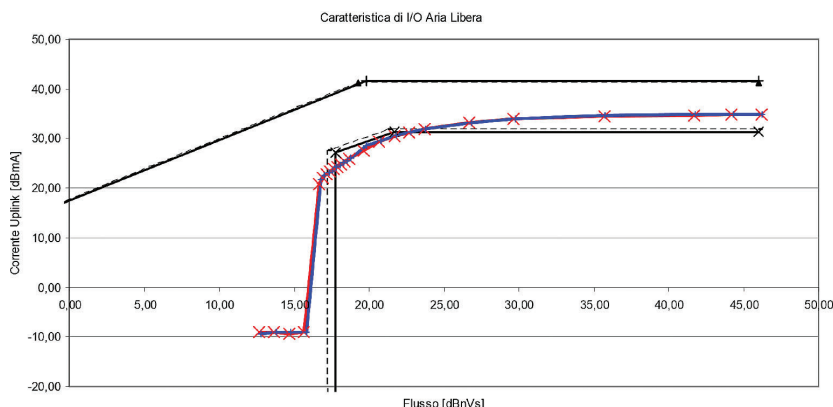


Fig. 11 - Caratteristica I/O con BEB posizionata tra le travi allargate.
Fig. 11 - Highlights the new I/O characteristic of the BEB with the signal slightly improved because it is positioned between the widened beams.

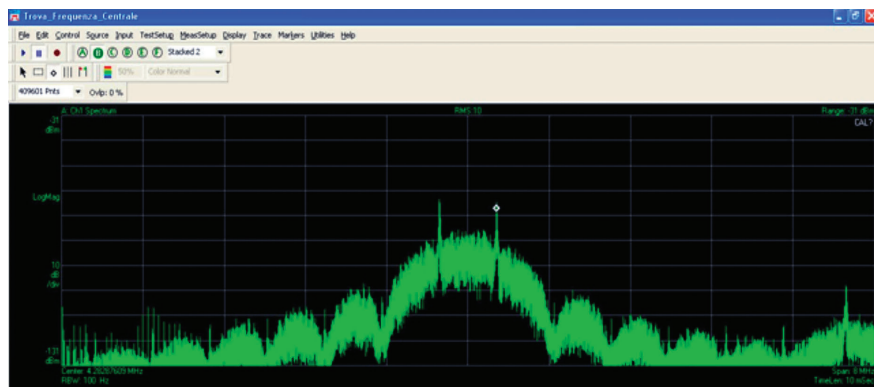


Fig. 12 - Spettro in frequenza del segnale UpL con BEB installata tra travi allargate.
Fig. 12 - Frequency spectrum of the UpL signal with BEB installed between widened beams.

tipologie di altezze di installazione su cassa/carrello delle AEB rispetto al piano del ferro⁽¹⁾ utilizzate sui treni in esercizio, tenendo conto delle specifiche di installazione indicate dai fornitori di SSB.

Si è stabilito quindi di effettuare le prove nelle seguenti condizioni dell'AEB come indicato in Fig. 14, che rappresentano una più ampia casistica delle situazioni reali di montaggio:

- Zmin = 130 mm sul piano della rotaia e spostamento laterale Y⁽²⁾ = 0 mm;
- Znom = 170 mm sul piano della rotaia e spostamento laterale Y = 180 mm.

⁽¹⁾ Il ponte ESSEN può essere installato su rotaie tipo UNI 50 (H fungo = 149mm) o UNI 60 (H fungo 172mm).

⁽²⁾ Rispetto alla mezzera del binario, che corrisponde a quella della BEB.

Figs. 8 and 9 represent what is detected in the frequency domain with a "Vector Signal Analyzer Agilent" spectrum analyzer, model 89600S, relative to the Upl signal, with Beacon installed above the beams.

As can be seen from Figs. 8 and 9, in this configuration there has been a significant displacement of the central frequency F_c of the Upl signal, which, in compliance with Subset 036 §5.2.2.2.2, is $4.234 \text{ MHz} \div 175 \text{ kHz}$, and is became $F_c = 4.404 \text{ MHz}$ (remaining in the admitted range).

In Fig. 10 we see the same BEB (large $\approx 40\text{cm}$) placed in the middle of the free space between the widened beams.

As we can see in the Figs 12 and 13 in this configuration it has been recorded only a slight shift of the central frequency F_c of the Upl signal which results $F_c = 4.283 \text{ MHz}$ (remaining widely within the admitted range of $\pm 175\text{kHz}$).

From the point of view of the I/O characteristic, the comparison between Figs. 7 and 11 also shows a better functioning of the BEB from an electromagnetic point of view, as a larger number of points fall within the theoretical area of the characteristic highlighted in Fig. 4.

2.3. Tests with application of ferrite tiles

The electromagnetic behavior of the BEBs of some suppliers positioned above the beams has been verified, in the presence of electromagnetic radiation absorbing material (ferrite tiles), positioned in the adjacent or underlying BEB area.

From the analysis of the I/O characteristics and of the Radiation Diagrams generated for each supplier, some anomalous BEB behaviors have emerged with in relation to the nominal parameters provided by the Subset for regular operation, such as for example:

- a) the move of the central frequency of U.-Link;
- b) the need for a greater electromagnetic activation flow, at the limit of the specification.

With regard to the SSB, under the same conditions mentioned above, it has been observed that the application of ferrite tiles reduces the negative effect of the metallic masses, but in a non remarkable way to be justified the possible use.

Verificando il corretto funzionamento sulla captazione discontinua con la misura di come vengano alterati i diagrammi di radiazione di Tlp (Fig. 5).

Nelle Figg. 15, 16, 17 e 18 sono riportati quattro esempi del diagramma di radiazione rappresentante la misura del flusso generato dal segnale di Tlp per altezze $Z_{min} = 130 \text{ mm}$ e 170 mm in assenza/presenza del Ponte ESSEN simulato.

Tutti i grafici presentano delle leggere alterazioni nella zona di contatto antenna-boe e nelle zone limitrofe rispetto a quello standard di Fig. 5 previsto dal Subset 036 e Subset 085 di UNISIG.

3. Considerazioni sulle prove di laboratorio

L'analisi globale dei risultati ottenuti dalle sperimentazioni in laboratorio dei prodotti BOA/BTM-Antenna dei vari fornitori e sotto diverse condizioni geometriche fornisce le seguenti considerazioni:

1. La massa metallica delle travi che costituisce il ponte ESSEN influenza le boe, modificandone il livello di attivazione; è quindi necessario che il flusso di Tlp superi in alcuni casi anche di molti decibel il valore Φ_{d1} (rif. Fig. 4) prima che la boa si accenda/fornisca il segnale atteso;
2. I diagrammi di radiazione di tutti i BTM analizzati risultano notevolmente alterati, in particolare i Side-lobe (Fig. 19) si presentano infatti con ampiezza notevole (Figg. 16 e 18), eccedendo il livello di flusso minimo di attivazione previsto, e arrivando ad avere valori paragonabili a quelli ottenuti in zona di contatto.
3. Non si sono potute effettuare misure in zona di cross-talk (Fig. 19), considerate le ridotte dimensioni del Ponte ESSEN simulato in laboratorio pari a 1,5 m, in quanto avrebbero richiesto lunghezze di Ponte maggiori.
4. Partendo dai dati registrati nei diagrammi di Tlp misurati in zona di contatto si è constatato che per le Boe installate :

- a) al di sopra delle travi (altezza massima di 10 mm al di sopra del piano della rotaia) e con il BTM-A installato sul treno ad altezza minima $Z=130\text{mm}$, il valore di flusso di Tlp può raggiungere valori superiori al valore Φ_{d4} , che rappresenta il limite massimo per il flusso di Tlp oltre il quale le Boe potrebbero danneggiarsi.
- b) in mezzo alle travi (con travi allargate) nella caratteristica I/O si raggiungono valori massimi prossimi a Φ_{d4} .

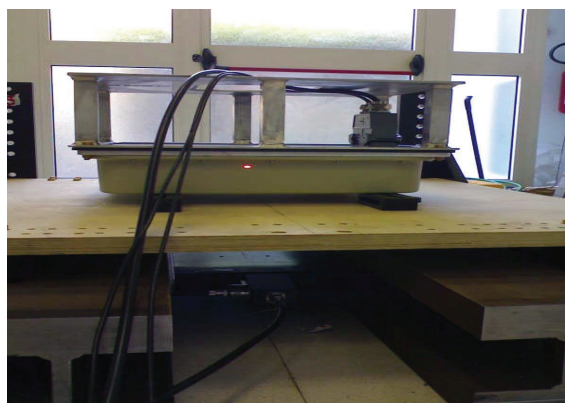


Fig. 14 - Antenna Eurobalise $Z_{min} = 130 \text{ mm}$ e $Y = 0 \text{ mm}$.
Fig. 14 - Eurobalise Antenna $Z_{min} = 130 \text{ mm}$ e $Y = 0 \text{ mm}$.

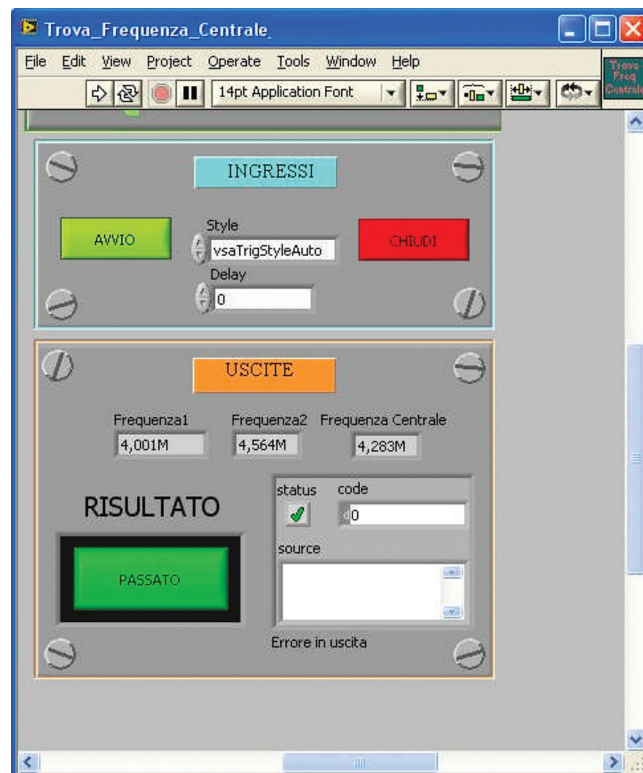
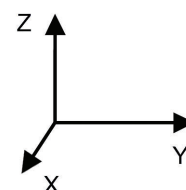


Fig.13 - Visualizzazione delle frequenze misurate dell'analizzatore di spettro.

Fig. 13 - Display of the measured frequencies of the spectrum analyzer.

For the above reasons, the use of ferrite tiles was not considered sufficient to mitigate the impact of metal mass on SCMT.

2.4. Tests on BTM -Antenna

For the various rolling stock in service equipped with SSB SCMT, before testing the BTM-A, some considera-

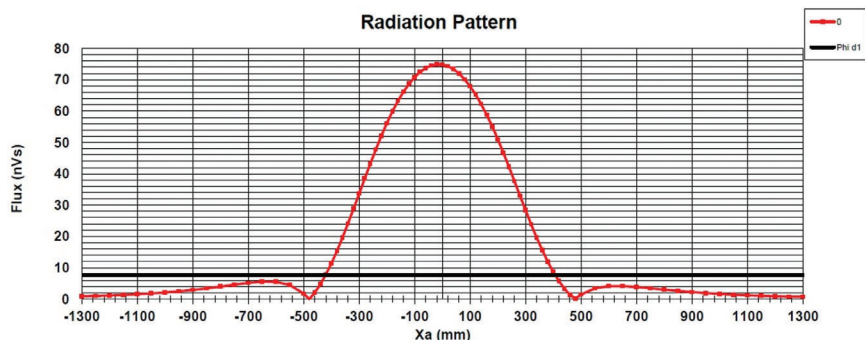


Fig. 15 - Segnale del BTM Antenna Zmin = 130 mm, Y = 0 mm, in assenza di Ponte ESSEN.

Fig. 15 - Signal of the BTM Antenna Zmin = 130 mm, Y = 0 mm, in the absence of the ESSEN Bridge.

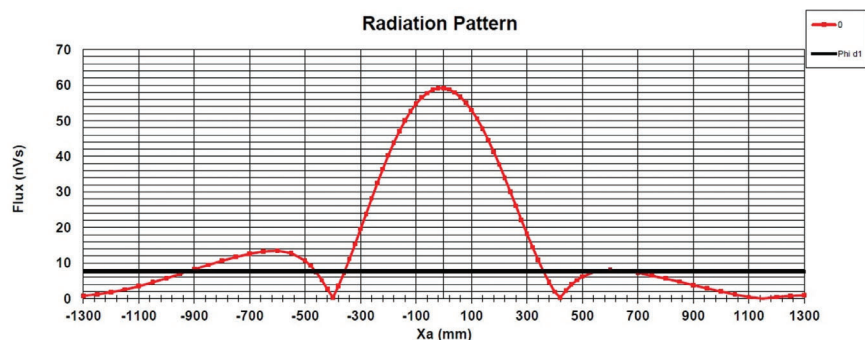


Fig. 16 - Segnale del BTM Antenna Zmin = 130 mm, Y = 0 mm in presenza del Ponte ESSEN simulato.

Fig. 16 - Signal of the BTM Antenna Zmin = 130 mm, Y = 0 mm in the presence of the simulated ESSEN Bridge.

4. Prove in campo

Le prove in campo si sono rese necessarie per la risoluzione / riduzione di alcune criticità emerse in laboratorio e la ricerca di un'adeguata soluzione installativa delle BEB sui Ponti ESSEN.

Oggetto di questa seconda campagna di prove sono stati i sottosistemi SSB SCMT sia di Ansaldo che Alstom in presenza di installazione di Boe Bombardier a 1023 Bit.

Le prove si sono svolte utilizzando un convoglio, costituito da un'Ale 601 ed una rimorchiata Le700 di Trenitalia (Fig. 20), attrezzato con bordi SCMT Ansaldo ed Alstom e spinto da un carro Colmar, fornito dal cantiere meccanizzato di RFI, in quanto sul tronchino occorreva effettuare nel breve tratto dei passaggi direzione nord-sud e viceversa a velocità ridotte comprese tra i 3 e 7 km/h.

Ogni SSB gestisce un BTM con due antenne (Fig. 21), che sono installate una all'altezza minima e una all'altezza

zioni hanno been made on the various types of heights installation on the body / bogie of the AEB compared to the iron level⁽¹⁾ used on the trains in operation, taking into account the installation specifications indicated by the SSB suppliers.

It was therefore decided to carry out the tests in the following conditions of the AEB as indicated in Fig. 14, which represent a broad range of the actual assembly situations:

- Zmin = 130 mm on the rail plane and lateral displacement $Y^{(2)}$ = 0 mm;
- Znom = 170 mm on the rail plane and lateral displacement Y = 180 mm.

Verifying the correct operation on discontinuous uptake with the measurement of how the Tlp radiation diagrams are altered (Fig. 5).

Figs. 15, 16, 17 and 18 show four examples of the radiation pattern representing the measurement of the flux generated by the Tlp signal for heights Zmin = 130 mm and 170 mm in the absence / presence of the simulated ESSEN bridge.

All the graphs show slight alterations in the antenna-beacons contact zone and in the neighboring areas compared to the standard one in Fig. 5 provided by the Subset 036 and Subset 085 of UNISIG.

3. Considerations on laboratory tests

The global analysis of the results obtained by testing in the laboratory the Beacon / BTM-Antenna Products of the various suppliers and under different geometric conditions provides the following considerations:

1. The metal mass of the beams constituting the ESSEN BRIDGE influences the beacons, modifying their level of activation; it is therefore necessary that the flow of Tlp overcomes in some cases even many decibels the value Φ_{d1} (Fig. 4) before the beacon turns on / provides the expected signal.
2. The radiation diagrams of all the analyzed BTMs are significantly altered, in particular the Side-lobe (Fig. 19)

⁽¹⁾ ESSEN bridge can be installed on rails type UNI 50 (H railhead = 149 mm) or type UNI 60 (H railhead = 172 mm).

⁽²⁾ To the centerline of the rail which corresponds with the BEB.

za massima rispetto al piano del ferro, nel rispetto delle altezze utilizzate nelle installazioni sui vari rotabili.

In una stazione della Rete Ferroviaria Italiana su un tronchino con rotaia UNI 50 è stato installato, con configurazione travi strette e travi larghe, un ponte ESSEN costituito da n. 2 travate metalliche di lunghezza rispettivamente di 12 m, come illustrato in Fig. 22 e 23.

Completano il setup di prova utilizzando quattro BEB, preliminarmente programmate dal fornitore con un telegramma Tlg scelto da un tabella dei telegrammi progettati per una reale applicazione in esercizio, ed installate secondo lo schema riportato in Fig. 24.

Le prove dinamiche eseguite, sia per il SSB Ansaldo che per il SSB Alstom, sono state le seguenti:

- verifica dei test on-line del BTM;
- verifica dei diagrammi di radiazione di Tlp;
- verifica della ricezione Upl.

Durante ogni passaggio del convoglio sopra descritto sul ponte in direzione nord-sud e viceversa a velocità compresa fra 3 e 7 km/h veniva:

- registrato il segnale di Tlp generato dai SSB Alstom e Ansaldo ed il corrispondente segnale di Upl generato dalle BEB;
- verificato se la presenza del ponte ESSEN provocava sul BTM un non corretto comportamento e/o malfunzionamenti (es. fallimento

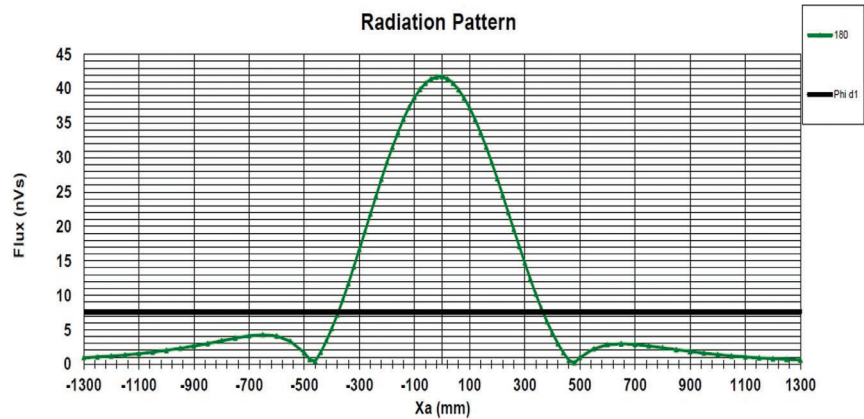


Fig. 17 - Segnale del BTM Antenna Zmax = 170 mm, Y = 180mm, in assenza di Ponte ESSEN.

Fig.17 - Signal of the BTM Antenna Zmax = 170 mm, Y = 180mm, in the absence of the ESSEN Bridge.

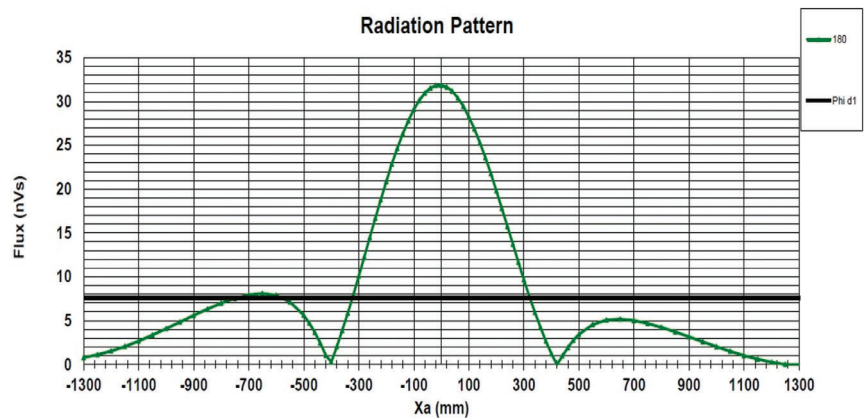


Fig. 18 - Segnale del BTM Antenna Zmax = 170 mm, Y = 180 mm, in presenza di Ponte ESSEN.

Fig. 18 - Signal of the BTM Antenna Zmax = 170 mm, Y = 180 mm, in the presence of Ponte ESSEN.

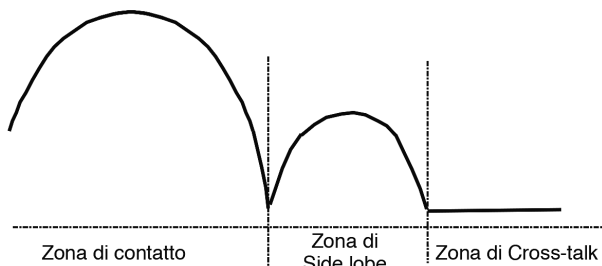


Fig. 19 - Particolare del diagramma di radiazione teorico dell'antenna BTM.

Fig. 19 - Detail of the theoretical radiation diagram of the BTM antenna.

are in fact present with considerable amplitude (Figs. 16 and 18), exceeding the minimum expected flow rate of activation, and coming to have values comparable to those obtained in the contact area.

- Measurements in the cross-talk area could not be performed (Fig. 19) considering the reduced dimensions of the 1.2-meter simulated ESSEN Bridge in the laboratory, as they would have required longer bridge lengths.
- Starting from the data recorded in the Tlp Diagrams measured in the contact area it was found that for the Beacons installed:

- above the beams (maximum height of 10 mm above the rail plane) and with the BTM-A installed on the train at minimum height $Z = 130\text{mm}$, the flow value of Tlp can reach values higher than the



Fig. 20 - Convoglio Ale 601+Le 700.

Fig. 20 - Convoy Ale 601 + Le 700.

dei test antenna, generazione Sidelobe o emissione di segnale di Tlp "più potente").

In entrambi i casi le prove sono state effettuate con l'AEB (Fig. 25), installata sia alla massima ($Z=170\text{mm}$) che alla minima ($Z=130\text{mm}$) altezza indicata dal costruttore e con le BEB inserite tra le travi strette o tra quelle larghe.

5. Sintesi dei risultati

Dall'analisi dei test sia in laboratorio che in campo si può concludere per i due Sottosistemi di Bordo Ansaldo ed Alstom quanto segue:

Configurazione Ponte travi strette:

- In alcuni casi non è stato possibile effettuare i test quando l'antenna era installata ad altezza minima poiché il SSB falliva il test antenna, a causa della presenza della rilevante massa metallica;
- Nel caso di antenna installata ad altezza massima si è osservato che le travi strette, pur non provocando il fallimento del test antenna, influenzano in qualche modo la corretta ricezione delle BEB.

Configurazione Ponte travi larghe:

- i test effettuati con antenna installata ad altezza minima hanno evidenziato, con riferimento ai diagrammi di radiazione elaborati, la presenza di un lobo secondario di lunghezza dell'ordine del metro il quale potrebbe interferire con la corretta interazione BTM-BEB, creando una condizione operativa che il BTM potrebbe non essere in grado di gestire correttamente;

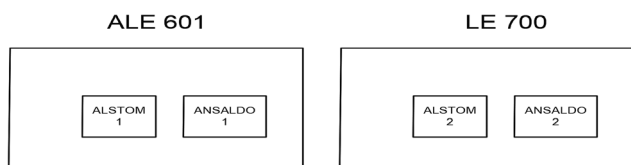


Fig. 21 - Posizionamento delle antenne sul Treno SCMT Ale601+Le700.

Fig. 21 - Position of the antennas on the SC6T Ale601 + Le700 train.

value $\Phi d4$, which represents the maximum limit for the flow of Tlp beyond which the beacons could be damaged;

- between the beams (with widened beams) in the I/O characteristic, maximum values close to $\Phi d4$ are reached.

4. Tests in the field

The field tests were necessary for the resolution / reduction of some critical issues that emerged in the laboratory and for the search for an appropriate solution for the installation of BEBs on the ESSEN Bridges.

The subject of this second campaign was the SSB SCMT subsystems of both Ansaldo and Alstom in the presence of a 1023 Bit Beacons Bombardier installation.

The tests were carried out using a Convoy, consisting of an Ale 601 and a towed Le700 of Trenitalia (Fig. 20), equipped with SCMT Ansaldo and Alstom edges and driven by a Colmar wagon, supplied by the RFI Mechanized Work-site, as on a trunking rail, in short section, a series of passages towards north-south and vice versa at reduced speeds between 3 and 7 km/h were made.

In a station of the Italian Railway Network on a trucking rail with UNI 50 rail, a ESSEN bridge consisting of 2 metal beams of 12 m length, as shown in Figs. 22 and 23, has been installed, with narrow beams and wide beams configuration.

Each SSB manages a BTM with two Fig. 21 antennas that are installed one at the minimum height and one at the maximum height with respect to the iron plane, respecting the heights used in the installations on the various rolling stock.

The test setup used is completed by four BEBs, preliminarily programmed by the supplier with a Tlg Telegram chosen from a Table of Telegrams designed for a real application in operation, and installed according to the diagram shown in Fig. 24.

The dynamic tests performed, both for the Ansaldo SSB and for the Alstom SSB, were as follows:

- verification of the BTM on-line tests;
- verification of the Tlp radiation diagrams;
- verification of the Upl reception;

During each passage of the Convoy described above on the bridge in a north - south direction and vice versa at a speed between 3 and 7 km/h it was:

- recorded the Tlp signal generated by the Alstom and Ansaldo SSBs and the corresponding UPL signal generated by the BEBs;
- verified whether the presence of the ESSEN Bridge caused an incorrect behavior and/or malfunctions on the BTM (eg failure of the antenna tests, SIDELOBE generation or "more powerful" Tlp signal output).

- in particolare si è notato che, con antenna installata ad altezza minima una stessa boa posta sulle travi larghe viene rilevata due volte consecutivamente dal BTM (fenomeno delle Boe fantasma).
- nel caso di antenna installata ad altezza massima si è osservato che le travi larghe non provocano alcun fallimento del test antenna e non influenzano la corretta ricezione delle BEB.

6. Conclusioni

Dall'analisi dei risultati di tutte le prove in campo ed in laboratorio eseguite è emerso quanto segue:

- le BEB installate direttamente al di sopra delle travate del Ponte ESSEN possono danneggiarsi per eccessivo flusso di Tlp considerata la distanza ridotta dall'AEB;

In both cases the tests were carried out with the AEB (Fig. 25) installed at both the maximum ($Z = 170\text{mm}$) and the minimum ($Z = 130\text{mm}$) height indicated by the manufacturer and with the BEB inserted between the narrow beams or between those wide.

5. Summary of results

From the analysis of the lab tests and the field tests, it can be concluded for the two Ansaldo and Alstom on-board subsystems as it follows:

Narrow beam bridge configuration:

- in some cases it was not possible to carry out the tests when the antenna was installed at minimum height because the SSB failed the antenna test, due to the presence of the relevant metal mass;

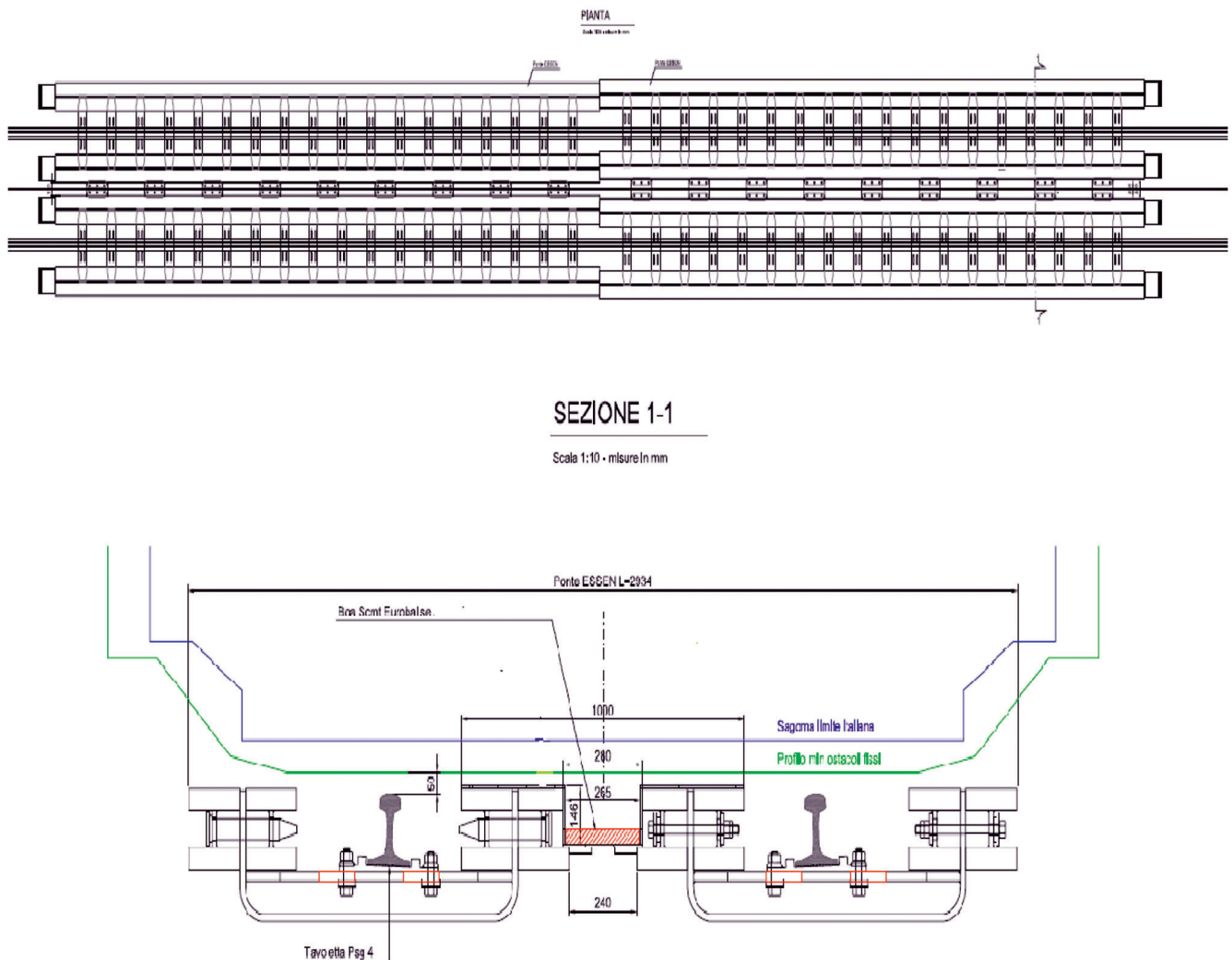


Fig. 22 - Schema del Ponte ESSEN installato presso il tronchino della Stazione.
Fig. 22 - Diagram of the ESSEN Bridge installed in the station trucking rail.



Fig. 23 - Particolare del Ponte ESSEN installato presso il tronchino della Stazione.

Fig. 23 - Detail of the ESSEN Bridge installed in the station trucking rail.

- l'applicazione di piastrelle di ferrite in presenza di BEB non è consigliata in quanto ne degrada le prestazioni (diminuzione dell'efficienza);
- il montaggio consigliato della BEB nelle due configurazioni del ponte travate strette/larghe risulta essere quello realizzato nell'intercapedine delle due travate ad L interne, tramite supporto isolante idoneo a "mantenere" la BEB equidistante dalle parti metalliche circostanti;
- le BEB devono essere installate in posizione longitudinale a causa delle dimensioni e della forma rettangolare delle stesse;
- è consigliabile, per evitare sovrapposizione del segnale Upl, nella zona di Side Lobe, realizzare il posizionamento delle BEB e/o PI ad una distanza maggiore di 3 metri.
- il funzionamento del sistema SCMT (SST + SSB) risulta essere più performante nel caso di ponti ESSEN con travate larghe pertanto è consigliabile, ove possibile, adottare questa configurazione del ponte.

Questa campagna di test ha indotto la Direzione Produzione di RFI S.p.A. a fornire alle strutture territoriali competenti, le seguenti indicazioni operative:

- le boe devono essere installate nell'intercapedine delle due travate a doppio T interne del ponte ESSEN tramite un apposito supporto isolante che mantenga la boe equidistante dalle parti metalliche circostanti;
- le boe devono essere installate in posizione longitudinale ad una distanza dall'altra maggiore di 3 metri;
- il ponte deve essere installata nella configurazione con travata allargata e con lo smussamento della parte interna delle travate.

Tali indicazioni operative dovranno essere rispettate durante le

- in the case of an antenna installed at maximum height, it has been observed that the narrow beams, while not provoking the failure of the antenna test, in any way influence the correct reception of BEB.

Wide beam bridge configuration:

- the tests carried out with the antenna installed at minimum height have highlighted, with reference to the radiation diagrams processed, the presence of a secondary lobe of length of the order of magnitude of one meter which could interfere with the correct BTM-BEB interaction, creating an operative condition that the BTM may not be able to operate properly;
- in particular, it has been noted that, with the antenna installed at minimum height, the same beacon placed on the wide beams is detected twice consecutively by the BTM (phenomenon of the Phantom Beacons);
- in the case of an antenna installed at maximum height, it has been observed that the wide beams do not cause any failure of the antenna test and do not influence the correct reception of BEB.

6. Conclusions

The analysis of the results, of all the field and laboratory tests carried out, revealed the following:

- BEB installed directly above the ESSEN Bridge girders can be damaged due to excessive Tlp flow considering the reduced distance from the AEB;
- the application of ferrite tiles in the presence of BEB is not recommended as it degrades the performance (decrease in efficiency);
- the recommended assembly of BEB in the two configurations of the narrow/wide girder bridge appears to be that made in the interspace of the two internal L-shaped beams, by means of an insulating support suitable to "keep" the BEB equidistant from the surrounding metal parts;
- BEBs must be installed in a longitudinal position due to their size and rectangular shape;
- it is advisable, to avoid overlapping the Upl signal, in the area of Side Lobe, realize the positioning of BEB and / or PI at a distance greater than 3 meters;

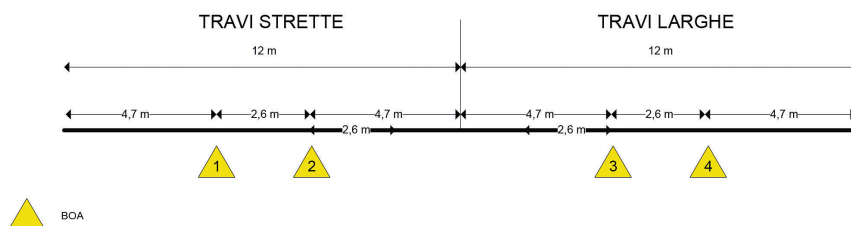


Fig. 24 - Schema di posizionamento delle BEB.

Fig. 24 - BEB positioning diagram.



Fig. 25 - Esempio installazione AEB Ansaldo sotto-cassa.
Fig. 25 - Example of the AEB Ansaldo sub-box installation.

fasi di installazione dei PI SCMT (per tutte le tipologie di BEB) su Ponti ESSEN.

- the operation of the SCMT system (SST + SSB) results to be more efficient in the case of ESSEN bridges with large girders so it is advisable, where possible, to adopt this bridge configuration.

This test campaign led the Production Department of RFI S.p.A. to provide the following operational indications to the competent territorial structures:

- the beacons must be installed in the interspace of the two internal double T-beams of ESSEN bridge through a special insulating support that keeps the beacon equidistant from the surrounding metal parts;
- the beacons must be installed in a longitudinal position at a distance of more than 3 meters from each other;
- the bridge must be installed in the configuration with an enlarged girder and with the smoothing of the internal part of the beams.

These operational indications must be respected during the installation phases of the SCMT PI (for all types of BEB) on ESSEN Bridges

BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] Subset UNISIG -FFFIS for Eurobalise” Ref. Subset 036, Issue 2.4.1, 27/09/2007.
- [2] Test Specification for Eurobalise FFFIS” Ref. Subset 085, Issue 2.2.2, 09/11/2007.