

# **Mappatura acustica degli assi ferroviari principali con più di 60.000 convogli all'anno ai sensi del D.Lgs. n.194 del 19/08/05**

## **Relazione tecnica**

Roma, 22 Giugno 2007

## Indice

1. Premessa	4
2. L'analisi della normativa di legge	5
3. La metodologia dello studio	7
4. Il modello di simulazione acustica "RFI-INAC"	8
5. L'analisi del traffico ferroviario	10
6. Il sistema informativo territoriale	16
7. La modalità di presentazione dei risultati	17
8. Le conclusioni	24
ALLEGATO A. "Analisi comparativa tra il modello RFI-INAC e il metodo di calcolo ufficiale dei Paesi Bassi pubblicato in «Reken-en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996» e indicato nel punto 2.1, lettera d) dell'allegato 2 del Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 194"	26
A1. Premessa	27
A1.1 Scopo del documento	27
A1.2 Struttura del documento	28
A2. Descrizione del modello "SRM II"	29
A2.1 Caratteristiche generali	29
A2.2 Modello di emissione	29
A2.2.1 Categorie dei treni	29
A2.2.2 Categorie costruttive del binario	30
A2.2.3 Condizione di transito	31
A2.2.4 Calcolo dell'emissione	31
A2.2.5 Roughness (rugosità)	32
A2.2.6 Modello di sorgente	32
A2.3 Modello di propagazione	33
A2.3.1 Attenuazione per divergenza geometrica	34
A2.3.2 Direttività della sorgente	34
A2.3.3 Attenuazione per effetti di propagazione	34
A2.3.3.1 Attenuazione atmosferica	34
A2.3.3.2 Attenuazione per effetto ground	35
A2.3.3.3 Fattore di correzione meteorologico	35
A2.3.4 Attenuazione per mascheramento	36
A2.3.5 Contributo delle riflessioni	37
A3. Descrizione del modello "RFI-INAC"	38

A3.1 Caratteristiche generali	38
A3.2 Modello di emissione	38
A3.2.1 Categorie dei treni	38
A3.2.2 Calcolo dell'emissione	39
A3.2.3 Emissione di punti singolari	39
A3.2.4 Modello di sorgente	39
A3.3 Modello di propagazione	40
A3.3.1 Direttività della sorgente	40
A3.3.2 Attenuazione per divergenza geometrica	41
A3.3.3 Attenuazione atmosferica	41
A3.3.4 Attenuazione per effetto ground	41
A3.3.5 Attenuazione per mascheramento	42
A3.3.6 Contributo delle riflessioni	44
A4. Analogie e differenze tra il modello "RFI-INAC" ed il modello "SRM II"	44
A4.1 Modello di emissione	44
A4.2 Modello di sorgente	45
A4.3 Modello di propagazione	45
A4.3.1 Direttività della sorgente	46
A4.3.2 Attenuazione per divergenza geometrica	47
A4.3.3 Attenuazione atmosferica	47
A4.3.4 Attenuazione per effetto ground	48
A4.3.5 Attenuazione per mascheramento	50
A4.3.6 Correzione meteorologica	51
A4.3.7 Riflessioni	52
A5. Confronto tra modello "RFI-INAC" e modello di calcolo "SRM II" su casi di test	53
A5.1 Set up dei casi di test	53
A5.2 Schede dei casi di test – Confronto tra misure e simulazioni	55
A5.3 Risultati del confronto tra misure e simulazioni	67
A6. Conclusioni	71
A7. Bibliografia	72
ALLEGATO B. "Analisi comparata tra la metodologia di calcolo adottata da RFI e le raccomandazioni della Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure (GPG), pubblicata dal WG-AEN il 13 gennaio 2006"	73

## 1. Premessa

Nella presente *Relazione Tecnica* viene illustrata la metodologia utilizzata nello studio eseguito da RFI, Rete Ferroviaria Italiana, la società dell'infrastruttura del gruppo Ferrovie dello Stato, per la mappatura acustica degli assi principali della propria rete infrastrutturale in esercizio su cui transitano più di 60.000 convogli l'anno.

Lo studio è stato eseguito secondo i criteri indicati nel Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 194 “Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale”.

La presente *Relazione Tecnica* è articolata nei seguenti punti :

- l'analisi della normativa di legge;
- la metodologia dello studio;
- il modello di simulazione acustica “RFI-INAC”;
- l'analisi del traffico ferroviario;
- il sistema informativo territoriale;
- la modalità di presentazione dei risultati;
- le conclusioni.

Nell'allegato A alla presente *Relazione Tecnica*, di cui costituisce parte integrante, è riportata un'analisi comparativa tra il modello di simulazione acustica “RFI-INAC” e il metodo di calcolo ufficiale dei Paesi Bassi pubblicato in «Reken-en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996» e indicato nel punto 2.1, lettera d), dell'allegato 2 del Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 194.

Come richiesto dal “Finalising the Reporting Mechanism for reporting requirements according to the Environmental Noise Directive 2002/49/EC (Volume 2. Draft Handbook)”, pubblicato sul sito della Commissione Europea nel mese di marzo del 2007, nell'allegato B alla presente *Relazione Tecnica*, di cui costituisce parte integrante, è riportata un'analisi comparata tra la metodologia di calcolo adottata e le relative raccomandazioni proposte dalla Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, nella versione pubblicata dal WG-AEN il 13 gennaio 2006.

## **2. L'analisi della normativa di legge**

Nel seguito vengono riportati i punti salienti del Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 194 “Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale”, con particolare evidenza a quanto di competenza del gestore dell'infrastruttura nei confronti degli enti interessati (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Regioni, Province Autonome).

Le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture elaborano e trasmettono, entro il 30 giugno 2007, alla regione, o alla provincia autonoma competente, e nel caso di infrastrutture che interessano più regioni anche al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, la mappatura acustica, nonché i dati di cui all'allegato 6 del citato decreto riferiti al precedente anno solare, degli assi ferroviari principali su cui transitano più di 60.000 convogli all'anno.

Per tali assi devono poi essere elaborati e trasmessi entro il 18 luglio 2008, i piani di azione. Tali piani recepiscono e aggiornano i piani di contenimento ed abbattimento del rumore prodotto per lo svolgimento dei servizi pubblici di trasporto, adottati ai sensi dell'articolo 3, comma 1, lettera i) della legge 26 ottobre 1995 n. 447.

Nel caso di infrastrutture principali ricadenti negli agglomerati (aree urbane costituite da uno o più centri abitati contigui fra loro, ai sensi dell'articolo 3 del decreto legislativo 30 aprile 1992 n. 285) con più di 250.000 abitanti, la mappatura acustica e i piani di azione devono essere trasmessi alle regioni, rispettivamente entro il 31 dicembre 2006 ed entro il 18 gennaio 2008.

Analoghe scadenze sono previste per gli assi principali su cui transitano più di 30.000 convogli all'anno, per i quali devono essere elaborati e trasmessi la mappatura acustica e i piani di azione, rispettivamente entro il 30 giugno 2012 ed entro il 18 luglio 2013; per gli assi compresi negli agglomerati con più di 100.000 abitanti, tali elaborati devono essere inviati rispettivamente entro il 31 dicembre 2011 ed entro il 18 gennaio 2013.

La mappatura acustica e i piani di azione, che vengono riesaminati e, se necessario, rielaborati ogni cinque anni, sono trasmessi dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare alla Commissione Europea. In particolare saranno trasmessi dati relativi alla caratterizzazione degli agglomerati e delle infrastrutture principali di trasporto attraverso informazioni geomorfologiche e indicatori statistici di popolazione,

superfici e abitazioni esposte al rumore, oltre che informazioni sui metodi di calcolo adottati dagli enti gestori.

Ai fini della elaborazione della mappatura acustica e dei piani di azione devono essere utilizzati i descrittori acustici  $L_{den}$  e  $L_{night}$ .

Il livello (giorno-sera-notte)  $L_{den}$  in decibel (dB), è definito dalla seguente formula:

$$L_{den} = 10 * \log \left[ \frac{1}{24} \left( 14 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 2 * 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right) \right]$$

dove:

- a)  $L_{den}$  è il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», determinato sull'insieme dei periodi giornalieri di un anno solare;
- b)  $L_{day}$  è il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi diurni di un anno solare;
- c)  $L_{evening}$  è il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi serali di un anno solare;
- d)  $L_{night}$  è il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi notturni di un anno solare.

Per tener conto delle condizioni sociologiche, climatiche ed economiche presenti sul territorio nazionale, i periodi vengono fissati in:

- 1) periodo diurno: dalle 06.00 alle 20.00;
- 2) periodo serale: dalle 20.00 alle 22.00;
- 3) periodo notturno: dalle 22.00 alle 06.00;

### 3. La metodologia dello studio

L'obiettivo del presente lavoro è quello di individuare, sia all'interno che all'esterno del territorio degli agglomerati con più di 250.000 abitanti, le tratte su cui transitano più di 60.000 convogli all'anno e di elaborarne la mappatura acustica, secondo quanto previsto dall'articolo 3 del D.Lgs. 194/05, mediante una procedura di stima dei livelli sonori.

L'obiettivo è stato conseguito mediante l'applicazione di un modello di simulazione alimentato con le banche dati relative alla emissione acustica delle diverse tipologie di treni, all'entità e composizione del traffico circolante e alla caratterizzazione del territorio circostante l'infrastruttura ferroviaria.

La metodologia utilizzata è analoga a quella implementata per la mappatura ed il piano di risanamento acustico redatti ai sensi del Decreto del Ministero dell'Ambiente del 29/11/2000, apportando le necessarie modifiche per tener conto dei nuovi criteri introdotti dal D.Lgs. 194/05 e di quanto previsto dalle linee guida emesse dalla Commissione Europea a gennaio del 2006 (Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure).

Le principali attività condotte hanno riguardato:

- la revisione e l'aggiornamento del modello di simulazione;
- l'individuazione delle tratte con più di 60.000 convogli all'anno, interne ed esterne agli agglomerati con più di 250.000 abitanti;
- l'aggiornamento del sistema informativo territoriale e l'acquisizione dei dati statistici del Censimento ISTAT 2001.

Nel seguito verranno illustrate con maggiore dettaglio le principali attività svolte.

## 4. Il modello di simulazione acustica “RFI-INAC”

Il modello di simulazione adottato è quello sviluppato per la redazione della mappatura acustica e del piano di risanamento ai sensi del DM Ambiente del 29/11/2000 e che viene correntemente utilizzato per la progettazione definitiva delle opere di mitigazione individuate nel suddetto piano di risanamento.

La descrizione di dettaglio del modello “RFI-INAC” è riportata nel documento allegato alla presente *Relazione Tecnica*, in cui è presentata anche un’analisi comparativa con il metodo di calcolo ufficiale dei Paesi Bassi pubblicato in «Reken-en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996» e indicato nel punto 2.1, lettera d) dell’allegato 2 del Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 194.

Rispetto alla versione del modello “RFI-INAC” utilizzata per la redazione del piano di risanamento ai sensi del DM Ambiente del 29/11/2000, sono state apportate alcune modifiche e integrazioni relative principalmente ai parametri utilizzati per descrivere il clima acustico, alla base temporale su cui tali descrittori vengono valutati, ai punti di calcolo da considerare e alla determinazione dei parametri descrittivi del territorio e della popolazione esposti al rumore.

I livelli acustici sono espressi mediante i nuovi parametri  $L_{den}$  e  $L_{night}$  introdotti nell’articolo 5 del D.Lgs. 194/05 e descritti nel precedente paragrafo 2. Solo per la rappresentazione del superamento dei valori limite, richiesta al punto 1, lettera d) dell’allegato 4 dello stesso decreto, sono stati utilizzati i descrittori,  $L_{eq}$  diurno e  $L_{eq}$  notturno, determinati ai sensi dell’articolo 3 della legge n. 447 del 26 ottobre 1995.

I livelli continui equivalenti a lungo termine ponderati “A” sono stati determinati secondo la ISO 1996-2: 1987, sull’insieme dei periodi temporali dell’anno solare 2005.

I punti di calcolo sono stati posizionati a 4 metri sul piano di campagna, sui vertici di un reticolo a maglia quadrata di larghezza pari a 10 metri. L’analisi è stata condotta per la fascia di territorio circostante l’infrastruttura ferroviaria, delimitata dalle curve isofoniche relative ai valori di  $L_{den}$  pari a 55 dB(A) e di  $L_{night}$  pari a 45 dB(A). Su tutti i ricettori presenti all’interno di tale fascia sono stati posizionati altri punti di calcolo, a 4 metri dal piano di campagna e alla distanza di 1 metro dalla loro facciata più esposta. Per tali



ricettori è stata anche effettuata la determinazione della facciata silenziosa ai sensi dell'allegato 6 del D.Lgs. 194/05, effettuando il calcolo dei livelli sonori a 2 metri di distanza da tutte le facciate e a 4 metri sul piano di campagna. È da sottolineare che nell'applicazione del decreto, su indicazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, per "abitazione" si è inteso "edificio abitativo".

Per la determinazione dei parametri descrittivi del territorio e della popolazione esposti al rumore sono state seguite le indicazioni dell'allegato 6. In particolare, il calcolo del numero di persone che occupano edifici abitativi esposti al rumore ed edifici abitativi dotati di facciata silenziosa, è stato effettuato moltiplicando l'area complessiva abitabile di ogni edificio abitativo considerato (pari al prodotto tra la superficie in pianta del fabbricato ed il numero di piani) per il rapporto tra i due indici statistici del censimento ISTAT 2001 relativi al numero dei residenti e alla superficie delle abitazioni occupate da residenti, riferiti alla sezione di censimento di appartenenza del fabbricato.

## 5. L'analisi del traffico ferroviario

Nel modello di simulazione adottato la sorgente ferroviaria viene caratterizzata mediante la potenza acustica per metro lineare d'infrastruttura emessa dal traffico che complessivamente la interessa in ciascuno dei periodi di riferimento diurno, serale e notturno. In particolare tale potenza acustica dipende:

- dalle potenze emesse dalle diverse tipologie di treni omogenei per emissione sonora, alla velocità di riferimento di 100 km/h (tipologie riportate nell'allegato alla presente *Relazione Tecnica*),
- dal numero di treni che circolano sul tratto di infrastruttura indagato per ognuna delle diverse tipologie,
- dalla velocità effettiva dei treni nel tratto indagato.

L'analisi del percorso di ogni treno, descritto mediante l'indicazione delle località attraversate, degli orari di ingresso e di uscita da ognuna di esse e dei chilometri percorsi tra due località successive, ha consentito di individuare, sull'intera rete in esercizio, oltre 3000 tratti di infrastruttura (di lunghezza media pari a 5 km) omogenei per condizioni di traffico, in termini di entità e composizione. Con i dati a disposizione è possibile associare ad ognuno di questi tratti il numero di treni che lo percorrono nei tre periodi di riferimento diurno, serale e notturno, distinguendoli nelle diverse tipologie di treni omogenei per emissione sonora.

Dall'analisi dei dati di traffico giornaliero circolato, dedotti dal Sistema RIACE –Reporting Informatizzato Andamento Circolazione Esercizio- è stato possibile individuare le tratte con più di 60.000 convogli all'anno ed estrarre per ognuna di esse i dati di entità e composizione del traffico per ogni giorno dell'anno solare 2005.

I dati a disposizione hanno altresì consentito di attribuire ad ognuna delle tipologie di treni la velocità media di percorrenza del tratto analizzato, valutata come media dei rapporti tra lo spazio percorso e il tempo impiegato da ogni singolo treno. Questo dato, pur essendo quello di maggior dettaglio gestibile a livello informatico sul complesso dell'intera rete ferroviaria, può introdurre un'approssimazione nella stima dei livelli sonori immessi, per la considerevole variabilità puntuale della velocità di percorrenza della linea, dovuta alle caratteristiche dell'infrastruttura, dei treni e soprattutto dei programmi di esercizio (fermate, rallentamenti, etc.).

Dall'analisi condotta è stata riscontrata la presenza di 153 tratte (74 all'interno e 79 al di fuori degli agglomerati) con più di 60.000 convogli

all'anno, per un totale di circa 810 km di infrastruttura (circa 270 km all'interno e circa 540 km al di fuori degli agglomerati), di cui si fornisce l'elenco nella seguente Tabella 1.

Codice linea tecnica	Codice tratta ferroviaria	Descrizione tratta ferroviaria	Lunghezza [km]	Traffico Annuale [n° convogli/anno]
<b>ASSI FERROVIARI PRINCIPALI CON PIU' DI 60.000 CONVOGLI ALL'ANNO COMPRESI NEGLI AGGLOMERATI CON PIU' DI 250.000 ABITANTI</b>				
<b>Agglomerato di Bologna</b>				
IT0445	3896	LAVINO-B° S. VIOLA	6,043	60.688
IT0492	4157	B° CROCIALI-BOLOGNA S. RUFFILLO	3,057	71.710
IT0492	8037	BOLOGNA S. RUFFILLO -PIANORO	9,786	69.928
IT0492	8038	PIANORO- MONZUNO	9,152	69.932
<b>Agglomerato di Firenze</b>				
IT0542	4269	FIRENZE S.M.N. - DEV. ESTE. FI C.M.(B°PEL)	2,472	71.765
IT0542	4270	DEV. ESTE. FI C.M.(B°PEL) - FIRENZE C.M.	1,735	68.097
IT0492	4431	SESTO FIORENTINO - FIRENZE CASTELLO	2,632	90.031
IT0496	4440	FIRENZE CASTELLO - FIRENZE RIFREDI (LL)	2,521	83.386
IT0492	4433	FIRENZE RIFREDI - FIRENZE S.M.N.	2,833	73.681
<b>Agglomerato di Genova</b>				
IT0241	3572	MIGNANEGO-GE S. QUIRICO	6,966	60.643
IT0241	3573	GE S. QUIRICO-B° FEGINO	4,762	60.492
IT0278	3589	GE SAMPIERDARENA-GE PIAZZA PRINCIPE	3,116	60.911
IT0440	3676	GE PRA-GE PEGLI	2,605	62.499
IT0440	3677	GE PEGLI-GE SESTRI PONENTE	2,524	62.397
IT0440	3678	GE SESTRI PONENTE-GE CORNIGLIANO	1,707	65.672
IT0440	3679	CORNIGLIANO-DEV E GE.SAMP(eX B°GE CORN.)	1,296	65.686
IT0493	3820	GE BRIGNOLE-GE STURLA	2,986	63.506
IT0493	3821	GE STURLA-GE QUARTO DEI MILLE	1,563	63.509
IT0493	3822	GE QUARTO DEI MILLE-GE QUINTO AL MARE	2,029	68.821
IT0493	3823	GE QUINTO AL MARE-GE NERVI	1,642	68.823
IT0493	3824	GE NERVI-BOGLIASCO	2,128	60.537
<b>Agglomerato di Milano</b>				
IT0107	7475	MI ROGOREDO-D°B° S. DONATO MILANESE (DD)	2,756	72.953
IT0240	7495	MILANO CERTOSA-T° B° SEVESO	5,207	64.393
IT0259	7049	RHO-MILANO CERTOSA (Varese)	7,689	71.875
IT0261	2143	SESTO S. GIOVANNI-MILANO GRECO P.(Lecco)	3,731	73.487
IT0261	2157	MILANO P.TA GARIBALDI-B° MIRABELLO	2,07	66.921
IT0292	7172	MILANO LAMBRATE-PIOLTELLO LIMITO	8,559	64.509
IT0295	7686	MILANO LANCETTI-MILANO P.TA GAR. PASS.	1,322	117.944

Codice linea tecnica	Codice tratta ferroviaria	Descrizione tratta ferroviaria	Lunghezza [km]	Traffico Annuale [n° convogli/anno]
IT0295	7687	MILANO P.TA GAR. PASS.-MILANO REP.	1,089	117.948
IT0295	7688	MILANO REPUBBLICA-MILANO P.TA VENEZIA	0,969	117.943
IT0295	3020	MILANO P.TA VENEZIA - DATEO	1,239	117.945
IT0295	0076	DATEO-MILANO P.TA VITTORIA	0,883	117.956
IT0295	7690	MILANO CERTOSA-VILLAPIZZONE	0,806	80.258
IT0445	2416	MILANO C.LE-MILANO LAMBRATE (BO)	3,805	90.903
IT0445	8703	MILANO LAMBRATE-MILANO ROGOREDO (BO)	5,767	82.590
<b>Agglomerato di Napoli</b>				
IT0544	5860	B° POGGIOREALE-NAPOLI C.LE (CA)	2,477	101.675
IT0546	6320	POZZUOLI SOLFATARE -BAGNOLI AGNANO T.	3,635	80.231
IT0546	6321	BAGNOLI AGNANO T.-CAVALLEGGERI AOSTA	1,642	80.181
IT0546	6322	CAVALLEGGERI AOSTA-NAPOLI CAMPI FLEGREI	0,835	80.253
IT0546	6323	NAPOLI CAMPI FLEGREI-NA P.ZA LEOPARDI	0,413	83.611
IT0546	6324	NA P.ZA LEOPARDI-NAPOLI MERGELLINA	2,024	83.608
IT0546	6325	NAPOLI MERGELLINA-P.ZA AMEDEO	1,651	83.605
IT0546	6326	P.ZA AMEDEO-NAPOLI MONTESANTO	1,535	83.577
IT0546	6327	NAPOLI MONTESANTO-P.ZA CAVOUR	1,328	83.576
IT0546	6328	P.ZA CAVOUR-NAPOLI P.ZA GARIBALDI	1,804	83.593
IT0546	5900	NAPOLI P.ZA GARIBALDI-NA GIANTURCO	1,12	82.169
IT0550	5859	CASORIA-B° POGGIOREALE	6,592	62.451
<b>Agglomerato di Roma</b>				
IT0541	5243	ROMA TUSCOLANA-ROMA TERMINI	3,437	60.918
IT0500	5249	PONTE GALERIA-MURATELLA	5,934	69.107
IT0500	5250	MURATELLA-MAGLIANA	1,864	69.108
IT0500	5251	MAGLIANA-VILLA BONELLI	3,327	69.109
IT0500	5252	VILLA BONELLI-ROMA TRASTEVERE	2,88	69.108
IT0500	5253	ROMA TRASTEVERE-ROMA OSTIENSE (LL)	1,485	69.077
IT0514	5463	PC CAPENA-PC SETTEBAGNI	15,728	61.052
IT0514	5464	PC SETTEBAGNI-D.B. NOMENTANO	10,031	61.052
IT0514	5465	D.B. NOMENTANO-ROMA TIBURTINA (DD)	1,746	61.052
IT0514	5466	ROMA TIBURTINA-ROMA TERMINI (DD)	4,51	67.885
IT0544	5637	ROMA CASILINA-CAPANNELLE	5,763	72.391
IT0544	5638	CAPANNELLE-CIAMPINO	3,926	70.297
IT0546	5658	ROMA TERMINI-ROMA CASILINA (FO)	4,036	67.319
IT0542	6906	ROMA TIBURTINA-ROMA TERMINI (LL)	4,426	67.885
<b>Agglomerato di Torino</b>				
IT0240	0987	P.TA SUSA-P.TA DORA	1,966	73.026
IT0240	0988	TORINO P.TA DORA-TORINO STURA	4,711	72.560

Codice linea tecnica	Codice tratta ferroviaria	Descrizione tratta ferroviaria	Lunghezza [km]	Traffico Annuale [n° convogli/anno]
IT0240	0989	TORINO STURA-SETTIMO	4,841	72.407
IT0240	0990	SETTIMO-BRANDIZZO	7,16	60.329
IT0240	0991	BRANDIZZO-CHIVASSO	4,299	60.334
IT0241	8702	TORINO P.TA NUOVA-TORINO LINGOTTO	4,16	67.131
IT0241	8310	TORINO LINGOTTO- MONCALIERI (GE)	3,713	88.041
<b>Agglomerato di Venezia</b>				
IT0290	8483	VENEZIA S. LUCIA-VENEZIA P.M.(PN)	6,147	75.808
IT0290	3052	VENEZIA P.M.-VENEZIA MESTRE (PN)	2,222	75.790
IT0290	8484	VENEZIA S. LUCIA-VENEZIA P.M. (PV)	6,16	75.812
IT0290	3038	VENEZIA P.M.-VENEZIA MESTRE (PV)	2,21	75.794
IT0290	3082	B° MIRANO-VE MESTRE CABINA B	2,296	67.505
IT0350	6824	VENEZIA MESTRE-CONFLUENZA UD-TS	0,908	66.016
<b>ASSI FERROVIARI PRINCIPALI CON PIU' DI 60.000 CONVOGLI ALL'ANNO ESTERNI AGLI AGGLOMERATI CON PIU' DI 250.000 ABITANTI</b>				
<b>Linea ferroviaria TORINO - GENOVA</b>				
IT0241	8425	ARQUATA S. - RONCO S.(VIA DIRETTA)	9,032	81.144
<b>Linea ferroviaria MILANO P.GAR. - DOMODOSSOLA</b>				
IT0259	3060	GALLARATE - B° GALLARATE	2,278	71.880
IT0259	7079	B° GALLARATE - BUSTO ARSIZIO	4,838	71.880
IT0259	7080	BUSTO ARSIZIO-LEGNANO	4,554	72.028
IT0259	7081	LEGNANO-CANEGRATE	3,009	71.947
IT0259	7082	CANEGRATE-PARABIAGO	2,424	71.955
IT0259	7083	PARABIAGO-VANZAGO POGLIANO	4,890	71.976
IT0259	8300	VANZAGO POGLIANO- RHO (V)	4,133	71.989
<b>Linea ferroviaria MILANO P.GAR. - LECCO</b>				
IT0261	2142	MONZA-SESTO S. GIOVANNI (Lecco)	4,88	73.093
<b>Linea ferroviaria ALESSANDRIA - PIACENZA</b>				
IT0281	2459	VOGHERA-PONTECURONE	7,415	66.252
IT0281	2460	PONTECURONE-TORTONA	8,752	66.217
<b>Linea ferroviaria MILANO LAMBRATE - VENEZIA</b>				
IT0290	2250	ROVATO-OSPITALETTO TRAVAGLIATO	5,824	68.055
IT0290	2251	OSPITALETTO TRAVAGLIATO-B° MELLA	8,153	67.328
IT0290	2252	B° MELLA-BRESCIA	3,036	64.136
IT0290	3078	PONTE DI BRENTA-VIGONZA PIANIGA	5,702	67.354
IT0290	3079	VIGONZA PIANIGA-DOLO	4,361	67.453
IT0290	3080	DOLO-MIRA MIRANO	3,839	67.676
IT0290	3081	MIRA MIRANO-B° MIRANO	3,355	67.562
IT0290	3090	PADOVA - CABINA C PADOVA	1,197	67.602
IT0290	3091	CABINA C PADOVA-PONTE DI BRENTA	4,226	67.602
IT0290	7173	PIOLTELLO LIMITO-VIGNATE	3,607	75.880
IT0290	7174	VIGNATE-MELZO	3,752	75.892
IT0290	7175	MELZO-TRECELLA	4,835	72.976
IT0290	7176	TRECELLA-CASSANO D'ADDA	2,568	72.983
IT0290	7177	CASSANO D'ADDA-B° BERGAMO	4,531	72.921

Codice linea tecnica	Codice tratta ferroviaria	Descrizione tratta ferroviaria	Lunghezza [km]	Traffico Annuale [n° convogli/anno]
<b>Linea ferroviaria MILANO - BOLOGNA</b>				
IT0445	2617	TAVAZZANO-LODI	7,725	73.318
IT0445	2618	LODI-SECUGNAGO	11,913	72.338
IT0445	2619	SECUGNAGO-CASALPUSTERLENGO	6,940	72.318
IT0445	2534	CASALPUSTERLENGO-CODOGNO	4,872	76.057
IT0445	2620	CODOGNO-S. STEFANO LODIGIANO	4,076	64.572
IT0445	2621	S. STEFANO LODIGIANO-PIACENZA	8,058	64.572
IT0445	3880	PIACENZA-PONTENURE	8,852	73.331
IT0445	3881	PONTENURE-CADEO	6,150	73.403
IT0445	3882	CADEO-FIORENZUOLA	6,637	73.407
IT0445	3883	FIORENZUOLA-ALSENO	7,041	74.167
IT0445	3884	ALSENO-FIDENZA	6,412	74.174
IT0445	3885	FIDENZA-C.GUELFO	9,607	74.808
IT0445	3886	C.GUELFO-PARMA	12,395	75.149
IT0445	3887	PARMA-S. ILARIO	10,869	77.525
IT0445	3888	S. ILARIO-VILLA CADE'	6,007	76.781
IT0445	3889	VILLA CADE'-R.EMILIA	11,405	76.790
IT0445	3890	R.EMILIA-RUBIERA	11,876	75.899
IT0445	3891	RUBIERA-MODENA	12,619	74.723
IT0445	3892	MODENA-C.FRANCO E.	11,950	79.231
IT0445	3893	C.FRANCO E.-SAMOGGIA	7,877	79.417
IT0445	3894	SAMOGGIA-ANZOLA	4,319	79.390
IT0445	3895	ANZOLA-LAVINO	3,279	79.383
<b>Linea ferroviaria BOLOGNA - ANCONA</b>				
IT0448	4871	FALCONARA MARITTIMA-PALOMBINA	3,020	60.347
IT0448	4872	PALOMBINA-ANCONA	5,698	60.366
<b>Linea ferroviaria BOLOGNA - FIRENZE (DD)</b>				
IT0492	8039	MONZUNO-GRIZZANA	10,151	69.495
IT0492	4164	GRIZZANA-S. BENEDETTO S.C.P.	5,002	69.487
IT0492	8040	S. BENEDETTO S.C.P.-PC PRECEDENZE	9,463	68.859
IT0492	8041	PC PRECEDENZE-VERNIO MONTEPIANO C.	9,946	68.876
IT0492	8042	VERNIO MONTEPIANO C.-VAIANO	10,372	69.810
IT0492	8043	VAIANO-PRATO	10,130	69.779
IT0492	4430	PRATO-SESTO FIORENTINO	8,423	90.173
<b>Linea ferroviaria GENOVA - PISA</b>				
IT0493	3825	BOGLIASCO-PONTETTO	0,895	60.564
IT0493	3826	PONTETTO-PIEVE LIGURE	1,269	60.568
IT0493	3827	PIEVE LIGURE-SORI	1,378	60.589
<b>Linea ferroviaria OSTIENSE - FIUMICINO</b>				
IT0500	5302	FIUMICINO AEROPORTO-B° PORTO	2,018	67.455
<b>Linea ferroviaria ROMA - FIRENZE (DD)</b>				
IT0514	5460	1°B° ORTE SUD-PC GALLESE	4,019	61.352
IT0514	5461	PC GALLESE-PM S. ORESTE	16,593	61.337
IT0514	5462	PM S. ORESTE-PC CAPENA	11,975	61.352



Codice linea tecnica	Codice tratta ferroviaria	Descrizione tratta ferroviaria	Lunghezza [km]	Traffico Annuale [n° convogli/anno]
<b>Linea ferroviaria PISA - ROMA</b>				
IT0541	4633	B° MORTELLINI-TOMBOLO	3,538	62.063
IT0541	4634	TOMBOLO-LIVORNO CALAMBRONE	6,101	62.104
IT0541	4558	LIVORNO CALAMBRONE-LIVORNO C.LE	3,240	60.956
<b>Linea ferroviaria ROMA - NAPOLI GIANTURCO</b>				
IT0546	5778	POMEZIA-CAMPOLEONE	9,567	76.342
IT0546	5779	CAMPOLEONE-CISTERNA DI LATINA	16,291	62.730
IT0546	5780	CISTERNA DI LATINA-LATINA	11,239	62.744
IT0546	5781	LATINA-SEZZE ROMANO	9,239	61.702
IT0546	5782	SEZZE ROMANO-PRIVERNO FOSSANOVA	15,181	61.672
IT0546	5848	FORMIA-MINTURNO	10,064	67.897
IT0546	5849	MINTURNO-SESSA AURUNCA	15,016	62.276
IT0546	5850	SESSA AURUNCA-FALCIANO	11,419	60.519
IT0546	5851	FALCIANO-CANCELLO ARNONE	8,280	60.174
IT0546	5852	CANCELLO ARNONE-VILLA LITERNO	7,277	60.267
<b>Linea ferroviaria VILLA LITERNO - AVERSA - NAPOLI C.LE</b>				
IT0550	5856	AVERSA-S.ANTIMO S.ARPINO	3,809	62.721
IT0550	5857	S. ANTIMO S.ARPINO-FRATTAMAGGIORE	1,710	62.751
IT0550	5858	FRATTAMAGGIORE-CASORIA	4,721	62.783

Tabella 1 – Assi ferroviari principali con più di 60.000 convogli all'anno.

## **6. Il sistema informativo territoriale**

RFI ha da tempo realizzato per le esigenze di progettazione e manutenzione delle proprie infrastrutture una cartografia in scala 1:5000 del territorio attraversato. Questa cartografia, realizzata sulla base di riprese aerofotogrammetriche degli anni '80, è stata aggiornata in occasione della redazione della mappatura acustica e del piano di risanamento ai sensi del DM Ambiente del 29/11/2000.

Ai fini del presente studio, è stato effettuato un ulteriore aggiornamento importando nel GIS di RFI un nuovo modello digitale del terreno (Digital Terrain Model) avente un passo di campionamento di 10 metri su un corridoio di 500 metri a cavallo dell'infrastruttura. Sono state inoltre aggiornate le sezioni di censimento sulla base dei dati ISTAT raccolti nel 2001.



## 7. La modalità di presentazione dei risultati

I risultati dello studio eseguito da RFI per la redazione della mappatura acustica di cui all'articolo 3 del D.Lgs.194/05, sono riportati nei seguenti documenti:

- *Mappe Acustiche* in formato grafico relative alla caratterizzazione del clima acustico in termini di  $L_{den}$  e  $L_{night}$  ed al superamento dei valori limite, espressi in livelli continui equivalenti  $L_{eq}$  diurno e  $L_{eq}$  notturno, previsti dal DPR 459/98;
- *Mappe Georeferenziate*, in formato shape file, con gli assi ferroviari principali con più di 60.000 convogli all'anno, con le curve isofoniche relative a valori di  $L_{den}$  pari a 55 dB(A), 60 dB(A), 65 dB(A), 70 dB(A), 75 dB(A) ed a valori di  $L_{night}$  pari a 45 dB(A), 50 dB(A), 55 dB(A), 60 dB(A), 65 dB(A), 70 dB(A), con i confini degli agglomerati e dei comuni che intersecano le curve isofoniche relative a valori di  $L_{den}$  pari a 55 dB(A) e 65 dB(A);
- *Livelli Acustici Georeferenzati* in termini di  $L_{den}$  ed  $L_{night}$ , nei vertici del reticolo di calcolo a maglia quadrata di larghezza pari a 10 metri, alla quota di 4 metri sul piano di campagna.
- *Reporting Questionnaire v. 5.0*, contenente tutti i dati richiesti nell'allegato 6 del D.Lgs. 194/05 per le infrastrutture ferroviarie, nel formato redatto dalla AEA Technology – Rail BV su incarico della European Environment Agency e pubblicato sul sito del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nel mese di ottobre del 2006;
- *END Reporting Mechanism Data Template - Major Rail v. 1.0* contenente i dati richiesti per le infrastrutture ferroviarie nel formato proposto dal “Finalising the Reporting Mechanism for reporting requirements according to the Environmental Noise Directive 2002/49/EC (Volume 2. Draft Handbook)”, pubblicato sul sito della Commissione Europea nel mese di marzo del 2007;
- *Metadati* relativi a ciascun documento allegato all'END Reporting Mechanism Data Template - Major Rail v. 1.0.

### *Mappe Acustiche*

Un quadro di unione (si veda la figura 1) rappresenta la porzione di territorio comunale attraversata dall'infrastruttura ferroviaria e la relativa fascia di pertinenza, ai sensi del DPR 459/98. Sul quadro di unione è evidenziata la ripartizione del territorio nelle tavole numerate utilizzate per la presentazione dei risultati.

Al quadro di unione segue la prima serie di tavole (si veda la figura 2) che riporta, mediante aree di colore diverso, la rappresentazione del livello giorno-sera-notte  $L_{den}$  - livello continuo equivalente a lungo termine ponderato "A", determinato sull'insieme dei periodi giornalieri dell'anno solare 2005 - stimato con il modello di simulazione acustica sui vertici del reticolo a maglia quadrata di larghezza pari a 10 metri, alla quota di 4 metri sul piano di campagna.

Analogamente, la seconda serie di tavole (si veda la figura 3) riporta la rappresentazione del livello notturno  $L_{night}$  - livello continuo equivalente a lungo termine ponderato "A", determinato sull'insieme dei periodi notturni dell'anno solare 2005 - stimato con il modello di simulazione acustica sui vertici del reticolo a maglia quadrata di larghezza pari a 10 metri, alla quota di 4 metri sul piano di campagna.

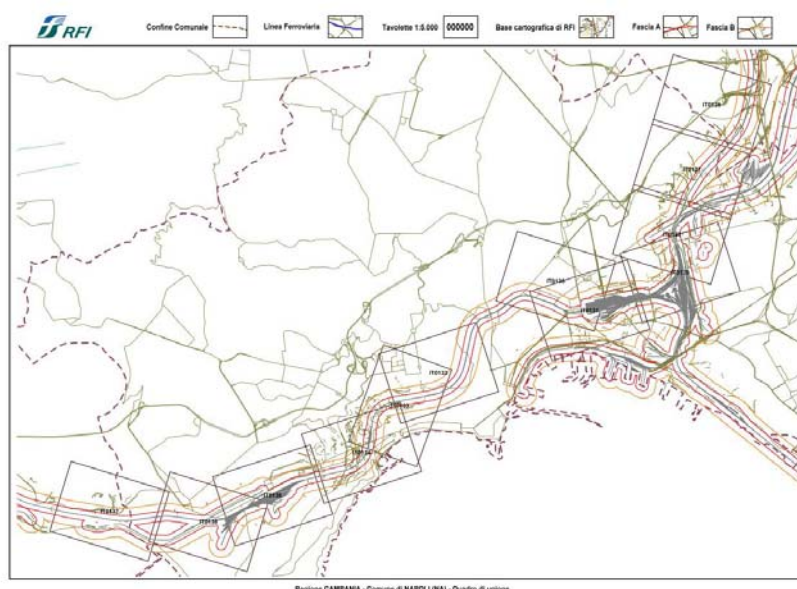


Figura 1: Quadro di unione del territorio comunale



Figura 2: Mappe acustiche  $L_{den}$

La terza serie di tavole (si veda la figura 4) evidenzia infine, mediante la colorazione delle ortofoto del territorio indagato, la rappresentazione delle aree stimate ai sensi del DM Ambiente 29/11/2000, considerando la situazione peggiore risultante dallo scenario diurno (6.00-22.00) e notturno (22.00-6.00).

Per la redazione delle suddette tavole è stata adottata la scala di rappresentazione 1:5000.



Figura 3: Mappe acustiche  $L_{night}$

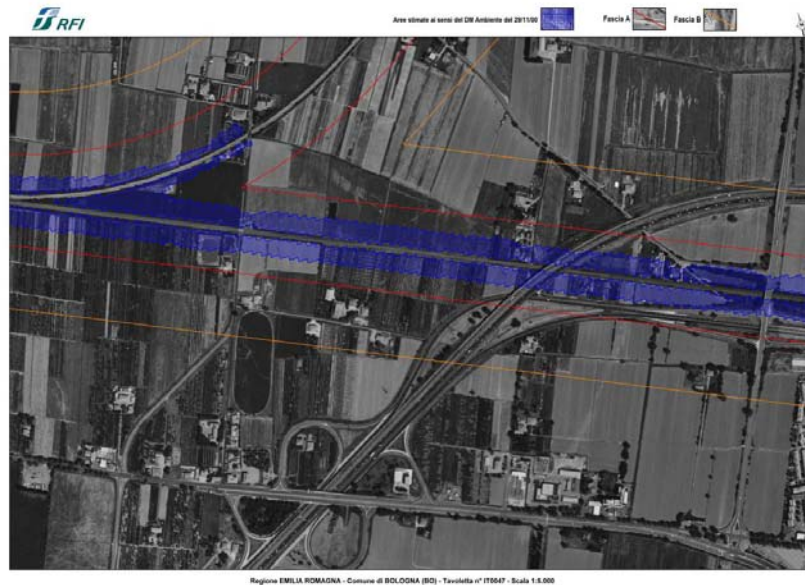


Figura 4: Aree stimate ai sensi del DM Ambiente 29/11/00

#### Mappe Georeferenziate

Le mappe acustiche georeferenziate, in formato shape file, rappresentano le geometrie in coordinate geografiche WGS84 degli assi ferroviari principali con più di 60.000 convogli all'anno, delle curve isofoniche  $L_{den}$  riferite ai valori di 55 dB(A), 60 dB(A), 65 dB(A), 70 dB(A) e 75 dB(A) e delle curve isofoniche  $L_{night}$  riferite ai valori di 45 dB(A), 50 dB(A), 55 dB(A), 60 dB(A), 65 dB(A) e 70 dB(A), dei confini degli agglomerati e dei comuni che intersecano le curve isofoniche relative a valori di  $L_{den}$  pari a 55 dB(A) e 65 dB(A).

Nei file di estensione “dbf”, associati agli shape file, sono contenuti gli attributi alfanumerici degli oggetti rappresentati nelle mappe acustiche georeferenziate. Per gli agglomerati sono riportati i seguenti attributi:

- regione di appartenenza dell'agglomerato;
- provincia di appartenenza dell'agglomerato;
- comuni compresi nell'agglomerato;
- nome dell'agglomerato;
- codice numerico adottato per l'agglomerato;
- popolazione residente totale nell'agglomerato;
- superficie totale in km<sup>2</sup> dell'agglomerato;
- superficie totale in m<sup>2</sup> delle abitazioni comprese nell'agglomerato, occupate da residenti.

Per gli assi ferroviari principali sono elencati i seguenti attributi:

- lunghezza in metri dell'asse principale;
- descrizione dell'asse principale in funzione delle località di inizio e fine;



- codice RFI dell'asse;
- codice dell'asse secondo le indicazioni del questionario;
- denominazione della linea ferroviaria di cui fa parte l'asse;
- numero totale di convogli circolati nell'anno solare 2005;
- campo NOTE.

Per le curve isofoniche  $L_{den}$  e  $L_{night}$ , è riportato un solo campo che indica il corrispondente valore numerico.

Per i confini comunali, infine, sono riportati i seguenti attributi:

- nome del comune;
- regione di appartenenza del comune;
- provincia di appartenenza del comune;
- codici degli assi ferroviari che attraversano il confine del comune.

#### *Livelli Acustici Georeferenziati*

Sono forniti, in file MS-Access, i livelli acustici georeferenziati nel sistema di coordinate piane UTM/WGS84 fuso 32, in termini di  $L_{den}$  ed  $L_{night}$ , valutati nei vertici del reticolo di calcolo a maglia quadrata di larghezza pari a 10 metri, alla quota di 4 metri sul piano di campagna.

#### *Reporting Questionnaire v. 5.0*

I dati richiesti nell'allegato 6 del D.Lgs. 194/05 per le infrastrutture ferroviarie sono riportati nel *Reporting Questionnaire v. 5.0*, redatto dalla AEA Technology su incarico della European Environment Agency.

In particolare sono stati compilati i seguenti "form":

- "Contact on Questionnaire", comprendente l'indirizzo del gestore d'infrastruttura ed i dati delle persone di riferimento;
- "0.1 coord", contenente il sistema di coordinate geografiche per la georeferenziazione dei confini degli agglomerati, dei comuni, degli assi ferroviari principali e delle curve isofoniche;
- "0.2 meta", contenente informazioni sull'origine dei dati di input e sui database utilizzati per la valutazione dei livelli sonori;
- "0.3 comp", contenente informazioni sul metodo di calcolo utilizzato;
- "0.4 limitvalues", contenente informazioni sui valori limite di rumore previsti dalla normativa nazionale in vigore;
- "1.1 Agglo", contenente informazioni sui singoli agglomerati;
- "1.5a Agglo", contenente, per ogni agglomerato, il numero stimato di persone che occupano edifici abitativi esposti al rumore ferroviario espresso in termini di  $L_{den}$ ;
- "1.5b Agglo", contenente, per ogni agglomerato, il numero stimato di persone che occupano edifici abitativi dotati di una facciata silenziosa rispetto al livello  $L_{den}$ ;

- “1.5c Agglo”, contenente le stesse informazioni del form 1.5a;
- “1.6a Agglo”, contenente, per ogni agglomerato, il numero stimato di persone che occupano edifici abitativi esposti al rumore ferroviario espresso in termini di  $L_{night}$ ;
- “1.6b Agglo”, contenente, per ogni agglomerato, il numero stimato di persone che occupano edifici abitativi dotati di una facciata silenziosa rispetto al livello  $L_{night}$ ;
- “1.6c Agglo”, contenente le stesse informazioni del form 1.6a;
- “2.1 Rail”, contenente la descrizione generale dei singoli assi ferroviari principali su cui transitano più di 60.000 convogli all'anno, sia interni che esterni agli agglomerati con più di 250.000 abitanti;
- “2.2 Rail”, contenente, per il singolo asse ferroviario considerato, la caratterizzazione del territorio circostante;
- “2.3a Rail”, contenente, per il singolo asse ferroviario considerato, informazioni sui piani di controllo del rumore già definiti e sulle misure antirumore già realizzate;
- “2.5a Rail”, contenente, per il singolo asse ferroviario considerato, al di fuori degli agglomerati, il numero stimato di persone che occupano edifici abitativi esposti al rumore ferroviario espresso in termini di  $L_{den}$ ;
- “2.5b Rail”, contenente, per il singolo asse ferroviario considerato, al di fuori degli agglomerati, il numero stimato di persone che occupano edifici abitativi dotati di una facciata silenziosa rispetto al livello  $L_{den}$ ;
- “2.6a Rail”, contenente, per il singolo asse ferroviario considerato, al di fuori degli agglomerati, il numero stimato di persone che occupano edifici abitativi esposti al rumore ferroviario espresso in termini di  $L_{night}$ ;
- “2.6b Rail”, contenente, per il singolo asse ferroviario considerato, al di fuori degli agglomerati, il numero stimato di persone che occupano edifici abitativi dotati di una facciata silenziosa rispetto al livello  $L_{night}$ ;
- “2.7 Rail”, contenente, per il singolo asse ferroviario considerato, i valori stimati dell'area totale (in  $km^2$ ), del numero totale di edifici abitativi (in centinaia), del numero totale di persone (in centinaia) esposti a valori di  $L_{den}$  maggiori di 55 dB(A), 65 dB(A) e 75 dB(A).

*END Reporting Mechanism Data Template – Major Rail v. 1.0*

I dati richiesti dal formato di trasmissione indicato nell'*END Reporting Mechanism Data Template – Major Rail v. 1.0*, redatto dalla Bureau Veritas su incarico della European Environment Agency e pubblicato sul sito della

Commissione Europea nel marzo del 2007, sono presentati attraverso i seguenti “Data Flow”:

- “DF1\_Mrail” contenente la descrizione generale dei singoli assi ferroviari principali su cui transitano più di 60.000 convogli all'anno, sia interni che esterni agli agglomerati con più di 250.000 abitanti.
- “DF2\_Map\_Mrail” contenente l'indicazione dell'autorità competente per la mappatura di ciascun asse ferroviario principale elencato nel “DF1\_Mrail”
- “DF2\_Map\_Code\_Mrail” contenente l'indirizzo del gestore d'infrastruttura ed i dati delle persone di riferimento;
- “DF4\_Mrail” contenente i dati acustici di esposizione della popolazione al rumore ferroviario, ai sensi dei commi 2.5, 2.6 e 2.7 dell'Allegato 6 del D.Lgs.194/05, aggregati a livello nazionale per tutti gli assi ferroviari principali con più di 60.000 esterni agli agglomerati.

#### *Metadati*

Sono forniti, in file MS-Excel, i metadati relativi a ciascuno dei documenti allegati all' END Reporting Mechanism Data Template – Major Rail v. 1.0.

## 8. Le conclusioni

La mappatura acustica ai sensi del D.Lgs. n.194 del 19 agosto 2005, è stata effettuata mediante l'uso del modello di simulazione "RFI-INAC", implementato, sulla base del codice di calcolo proposto nella ISO 9613-2, per la redazione del piano di risanamento acustico ai sensi del DM Ambiente del 29/11/2000.

Tale modello è stato tarato e verificato mediante i risultati di una corposa campagna di indagine strumentale dei livelli acustici effettuata tra il 2001 ed il 2002, attraverso la quale si è evidenziato che i risultati forniti dalla simulazione sono caratterizzati da un grado di approssimazione pienamente soddisfacente e comunque sempre cautelativi.

Il modello "RFI-INAC" è stato messo a confronto con il metodo di calcolo ufficiale dei Paesi Bassi pubblicato in «Reken-en Meetvoorschrift Railverkeerslawai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996» e indicato nel punto 2.1, lettera d) dell'allegato 2 del Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 194. L'analisi comparativa ha manifestato una sostanziale equivalenza dei risultati ottenuti con l'applicazione dei due metodi di calcolo.

Il modello di simulazione "RFI-INAC" è stato alimentato con i dati cartografici e di traffico aggiornati e disponibili sui sistemi informativi integrati di RFI. Sono stati predisposti pre e post-processor al modello per la valutazione dei dati richiesti nell'allegato 6 del D.Lgs.194 del 19 agosto 2005.

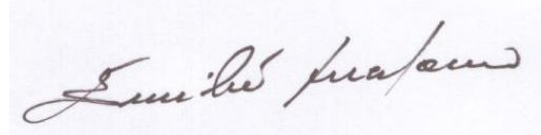
Come indicato dal "Finalising the Reporting Mechanism for reporting requirements according to the Environmental Noise Directive 2002/49/EC (Volume 2. Draft Handbook)", pubblicato sul sito della Commissione Europea nel mese di marzo del 2007, è stata effettuata un'analisi comparata della metodologia di elaborazione adottata da RFI con i criteri raccomandati dalla Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, che mostra un sostanziale soddisfacimento dei requisiti generali proposti dal WG-AEN.



La mappatura acustica è stata effettuata per uno sviluppo complessivo di circa 810 km di infrastruttura ferroviaria, corrispondente alle 153 tratte caratterizzate da volumi di traffico maggiori di 60.000 convogli all'anno.

Roma, giugno 2007

Redatto da: Ing. Emilio Lucadamo



Ing. Paola Firmi  
(Responsabile della S.O. Ingegneria Civile)



**ALLEGATO A. “Analisi comparativa tra il modello RFI-INAC e il metodo di calcolo ufficiale dei Paesi Bassi pubblicato in «Reken-en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996» e indicato nel punto 2.1, lettera d) dell'allegato 2 del Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 194”**

## A1. Premessa

### A1.1 Scopo del documento

L'obiettivo della direttiva 2002/49/CE, relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale, è quello di definire un approccio comune a tutti gli stati membri della Comunità Europea inteso ad evitare, prevenire o ridurre i disturbi e gli effetti dannosi alla salute causati dall'esposizione al rumore ambientale.

La direttiva indica le seguenti azioni da implementare:

- determinare l'esposizione al rumore ambientale (noise mapping) attraverso metodi di valutazione, basati su simulazione numerica, comuni agli stati membri;
- adottare piani di azione, basati sui risultati del noise mapping, allo scopo di prevenire e ridurre il rumore ambientale.

In accordo con il primo punto, uno degli aspetti salienti della direttiva è lo sviluppo di accurate metodologie di calcolo del rumore ambientale, con particolare riguardo al rumore prodotto da:

- strade;
- ferrovie;
- aeroporti;
- impianti industriali.

Per quanto riguarda il rumore generato da infrastrutture ferroviarie, la direttiva raccomanda, nel punto 2.2 dell'allegato II, il metodo di calcolo ufficiale dei Paesi Bassi pubblicato in «Reken-en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996».

Il presente documento riporta i risultati di uno studio comparativo tra il suddetto metodo di calcolo e il modello "RFI-INAC", sviluppato da RFI per adempiere agli obblighi imposti dalla Legge Quadro sull'inquinamento acustico n.447 del 26 ottobre 1995 e dal Decreto attuativo del Ministero dell'Ambiente del 29 novembre 2000.

In particolare, mediante il modello "RFI-INAC" sono state eseguite le seguenti attività:

- è stata redatta e trasmessa, in data 26 luglio 2002, al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, alle Regioni e ai Comuni competenti, la mappatura acustica della rete ferroviaria italiana (oltre 17.000 km di infrastruttura);

- è stato redatto e trasmesso, in data 22 dicembre 2003, al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, alle Regioni e ai Comuni competenti, il piano degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore.

Tale piano è stato approvato, limitatamente agli interventi dei primi quattro anni, dalla Conferenza Unificata Stato-Regioni nell'intesa espressa in data 1 luglio 2004.

## **A1.2 Struttura del documento**

Il capitolo A2 riporta la descrizione delle caratteristiche del metodo di calcolo ufficiale dei Paesi Bassi, per brevità denominato nel seguito "SRM II".

Il capitolo A3 riporta la descrizione delle caratteristiche del modello "RFI-INAC".

Il capitolo A4 mette in evidenza le analogie e le differenze tra i due metodi.

Il capitolo A5 riporta casi di test, in cui i risultati dei due metodi vengono confrontati tra loro e con misure sperimentali.

## **A2. Descrizione del modello “SRM II”**

### **A2.1 Caratteristiche generali**

Il modello “SRM II” è un modello di calcolo del livello continuo equivalente di pressione sonora relativamente al rumore causato dal traffico ferroviario. È un modello in banda di ottava in cui il fenomeno dell'emissione è trattato separatamente da quello della propagazione.

Le caratteristiche principali del modello sono:

- l'emissione è attribuita a due sorgenti lineari (a 0 e 0.5 metri di altezza sul piano del ferro) per treni non ad alta velocità e su quattro sorgenti lineari (a 0.5, 2, 4 e 5 metri di altezza sul piano del ferro) per treni ad alta velocità.
- L'emissione delle linee è calcolata sulla base di una banca dati ricavata da misure sperimentali (eseguite sulla rete ferroviaria olandese) e risulta funzione:
  - della categoria del treno,
  - della velocità media per categoria,
  - del numero di treni,
  - della condizione di transito (in frenatura o in marcia normale),
  - della categoria costruttiva della binario e del numero di giunzioni di rotaia.
- Le sorgenti lineari sono suddivise in segmenti (trattate come sorgenti puntiformi) che sottendono un angolo di non più di 5 gradi al ricettore.
- La propagazione dalla sorgente al ricettore tiene conto (analogamente al modello ISO9613) di:
  - attenuazione per divergenza geometrica;
  - assorbimento atmosferico;
  - effetto del ground;
  - effetto della presenza di mascheramenti (diffrazione);
  - effetto di riflessioni multiple.

### **A2.2 Modello di emissione**

#### **A2.2.1 Categorie dei treni**

Per determinare l'emissione i treni sono stati raggruppati in categorie principalmente in funzione del sistema di propulsione e del sistema di frenatura.

Le categorie sono illustrate in Tabella 1. Per una completa descrizione delle caratteristiche delle diverse categorie si rimanda ad [1].

Categoria 1 – Treni passeggeri con freni a ceppi
Categoria 2 – Treni passeggeri con freni a disco e a ceppi
Categoria 3 – Treni passeggeri con freni a disco
Categoria 4 – Treni merci con freni a ceppi
Categoria 5 – Treni diesel con freni a ceppi
Categoria 6 – Treni diesel con freni a disco
Categoria 7 – Treni comprensoriali e tranvie rapide con freni a disco
Categoria 8 – Treni interurbani e treni lenti con freni a disco
Categoria 9 – Treni ad alta velocità con freni a disco e a ceppi

*Tabella 1 – Categorie dei treni*

### A2.2.2 Categorie costruttive del binario

L'emissione è valutata in base alle tipologie costruttive del binario riportate in Tabella 2.

<b>Categoria 1</b>	Railway tracks with single block or double block (concrete) sleepers, in ballast bed. [Binari ferroviari con traverse di cemento monoblocco o biblocco in letto di pietrisco]
<b>Categoria 2</b>	Railway tracks with wooden or zigzag concrete sleepers, in ballast bed. [Binari ferroviari con traverse di legno o di cemento a zigzag, in letto di pietrisco]
<b>Categoria 3</b>	Railway tracks in ballast bed with non-welded tracks, tracks with joints or switches. [Binari ferroviari non in lunga rotaia saldata, in letto di pietrisco, binari con giunzioni o scambi]
<b>Categoria 4</b>	Railway tracks with blocks. [Binari ferroviari con blocchi]
<b>Categoria 5</b>	Railway tracks with blocks and ballast bed. [Binari ferroviari con blocchi e in letto di pietrisco]
<b>Categoria 6</b>	Railway tracks with adjustable rail fixation. [Binari ferroviari con fissaggio di rotaia regolabile]
<b>Categoria 7</b>	Railway tracks with adjustable rail fixation and ballast bed. [Binari ferroviari con fissaggio di rotaia regolabile in letto di pietrisco]
<b>Categoria 8</b>	Railway tracks with poured in railway lines. [Binari ferroviari inglobati]
<b>Categoria 9</b>	Railway tracks with level crossing. [Binari ferroviari con passaggi a livello]

*Tabella 2 – Categorie costruttive di binario*

Oltre alle categorie sopra riportate l'emissione risulta funzione anche della tipologia e della frequenza delle giunzioni (n. di giunzione nell'unità di lunghezza) di rotaia e dei deviatori.

Cat. 1	Jointless rails (fully welded tracks) with or without jointless switches or crossings [Binario in lunga rotaia saldata con o senza scambi e altri apparecchi del binario inseriti in lunga rotaia saldata]
Cat. 2	Rails with joints (= tracks with joints) or an isolated switch [Binario a giunzione o uno scambio isolato]
Cat. 3	Switches and crossings with joints, 2 per 100 meters [Scambi e altri apparecchi del binario con giunzioni (2 ogni 100 metri)]
Cat. 4	More than 2 switches per 100 meters [Più di due scambi ogni 100 metri]

Tabella 3 – Categorie costruttive di binario in base alla presenza di giunti e deviatori

### A2.2.3 Condizione di transito

Il modello tiene conto della condizione di transito dei treni. In particolare si considerano separatamente ai fini del calcolo dell'emissione i treni che passano in frenatura e quelli che passano in marcia normale.

### A2.2.4 Calcolo dell'emissione

Per il calcolo dell'emissione sono richiesti i seguenti dati di input:

- $Q_c$  numero di treni che transitano in condizioni di marcia normale (non in frenatura) per ogni categoria (Tabella 1),
- $Q_{r,c}$  numero di treni che transitano in frenatura per ogni categoria,
- $v_c$  velocità media per categoria dei treni che transitano in condizioni di non frenatura,
- $v_{r,c}$  velocità media per categoria dei treni che passano in condizione di frenatura,
- $bb$  categoria costruttiva di binario (Tabella 2),
- $m$  categoria costruttiva di binario in base alla presenza di giunti e deviatori (Tabella 3).

La legge di calcolo dell'emissione per ogni linea di sorgente e per ogni banda di ottava si riconduce indicativamente ad una somma energetica (somma logaritmica) del seguente tipo (per dettagli e maggiori precisazioni si veda [1]):

$$E_{i,c} = E_{r,i,c} \oplus E_{nr,i,c} \oplus E_{diesel,i,c} \oplus E_{motor,i,c}$$

dove i termini rappresentano nell'ordine:

- il contributo dei treni con transito in condizioni normali,
- il contributo dei treni con transito in frenatura,
- contributo aggiuntivo per motrici diesel,
- contributo del motore.

Ciascun termine della somma è rappresentato da espressioni del tipo seguente:

$$E_{i,c} = a_{i,c} + b_{i,c} \text{Log}(v_c) + 10 \text{Log}(Q_c) + C_{bb,i,m}$$

dove:

- $a_{i,c}, b_{i,c}$  sono termini che dipendono dalla categoria di treni e dalla banda di ottava,  
 $v_c$  è la velocità media per categoria,  
 $Q_c$  è il numero di transiti per ogni categoria,  
 $C_{bb,i,m}$  è un termine dipendente dalla tipologia di binario e dalla tipologia di giunzioni (per ogni banda di ottava).

### A2.2.5 Roughness (rugosità)

Nel metodo “SRM II” il calcolo è effettuato tenendo conto di un valore medio della roughness, a cui è riferita la banca dati di emissione.

La correzione dell'emissione viene associata (in termini di incremento additivo) al termine  $C_{bb,i,m}$  di cui al precedente paragrafo ed è funzione sia della roughness della rotaia che della roughness della ruota. Per maggiori chiarimenti si rimanda a [6].

### A2.2.6 Modello di sorgente

La sorgente di rumore è caratterizzata da un certo numero di sorgenti lineari poste a diverse altezze dal piano del ferro.

Per treni appartenenti alle categorie 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ed 8 (treni non ad alta velocità) la sorgente è caratterizzata da due sorgenti lineari poste rispettivamente sul piano del ferro e ad un'altezza di 0.50 metri dal piano del ferro.

Per treni ad alta velocità appartenenti alla categoria 9 l'emissione è distribuita su quattro sorgenti lineari poste rispettivamente ad altezze: 0.50, 2.0, 4.0 e 5.0 metri sul piano del ferro.

Ai fini del calcolo di propagazione le sorgenti lineari sono suddivise in segmenti (source line segment in Figura 1). Ciascun segmento è trattato come una sorgente puntiforme su cui è concentrata l'emissione dell'intero segmento.

La segmentazione della linea è effettuata in modo che tutti i punti di un segmento si trovino nelle stesse condizioni di propagazione. L'angolo di vista non deve superare i 5°.



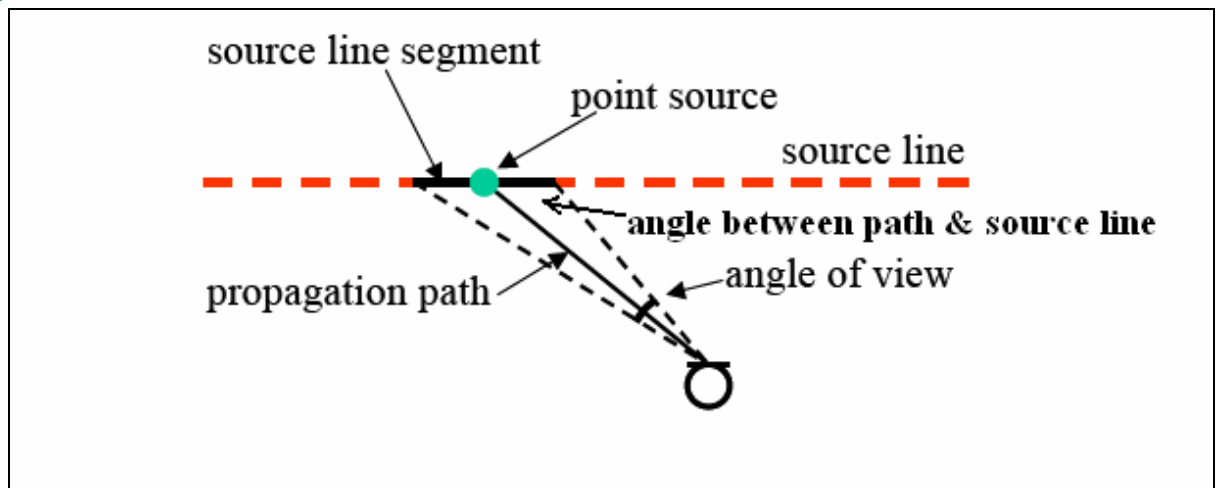


Figura 1 – Descrizione dell'angolo di vista e del segmento di linea rappresentato dalla sorgente puntiforme

### A2.3 Modello di propagazione

Il livello sonoro equivalente è calcolato secondo la seguente espressione:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left( \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N 10^{\Delta L_{eq,i,j,n}/10} \right)$$

dove  $\Delta L_{eq,i,j,n}$  specifica il contributo in banda di ottava (indice i) di un settore (indice j) e di un punto sorgente (indice n).

Il termine  $\Delta L_{eq,i,j,n}$  è calcolato come segue:

$$\Delta L_{eq,i,j,n} = L_E + \Delta L_{GU} - \Delta L_{OD} - \Delta L_{SW} - \Delta L_R - 58.6$$

dove i termini della somma hanno il seguente significato:

- $L_E$  valore di emissione in banda di ottava,
- $\Delta L_{GU}$  attenuazione per divergenza geometrica,
- $\Delta L_{OD}$  attenuazione per effetti di propagazione,
- $\Delta L_{SW}$  attenuazione per effetti di diffrazione,
- $\Delta L_R$  effetto delle riflessioni.

### A2.3.1 Attenuazione per divergenza geometrica

L'attenuazione per divergenza geometrica è calcolata come segue:

$$\Delta L_{GU} = 10 \text{Log} \left( \frac{\phi \sin \nu}{r} \right)$$

dove:

- $\phi$  è l'angolo di vista (angle of view) mostrato in Figura 1,
- $\nu$  è l'angolo formato dalla line of sight ricevitore-sorgente (propagation path) e la sorgente lineare (Figura 1),
- $r$  è la distanza tra ricevitore e sorgente.

### A2.3.2 Direttività della sorgente

La direttività della sorgente lineare sul piano orizzontale è inserita nel termine  $\Delta L_{GU}$ . La dipendenza dall'angolo di vista è implicita nel termine  $\sin \nu$ . La sorgente è considerata come un dipolo acustico. La direttività sul piano verticale non viene considerata.

### A2.3.3 Attenuazione per effetti di propagazione

L'attenuazione per effetti di propagazione è composta dalla somma dei seguenti termini:

$$\Delta L_{OD} = D_L + D_B + C_M$$

dove:

- $D_L$  attenuazione atmosferica,
- $D_B$  attenuazione per effetto ground,
- $C_M$  fattore di correzione meteorologico.

#### A2.3.3.1 Attenuazione atmosferica

Il termine di attenuazione atmosferica è calcolato nel modo seguente:

$$D_L = r \delta_{air}$$

dove:

- $r$  è la distanza sorgente ricevitore (m),
- $\delta_{air}$  è il coefficiente di assorbimento atmosferico funzione della frequenza.

Il termine  $\delta_{air}$  è calcolato secondo la seguente tabella 4:

Frequenza	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz
$\delta_{air}$	0	0	0.001	0.002	0.004	0.010	0.023	0.058

Tabella 4 – Coefficiente di assorbimento atmosferico

I coefficienti di assorbimento sono stati ricavati dalla normativa ISO-DIN 3891 “Acoustics - Procedure for describing aircraft noise heard on the ground” considerando una temperatura di 10 °C ed una umidità relativa di 80% [4].

### **A2.3.3.2 Attenuazione per effetto ground**

Il calcolo dell'attenuazione per effetto ground si basa sulla suddivisione del propagation path (percorso di propagazione) in tre zone:

- una zona vicino alla sorgente di lunghezza 15 m,
- una zona vicino al ricettore di lunghezza 70 m,
- una zona intermedia che sussiste qualora la distanza tra sorgente e ricettore sia maggiore di 85 m.

Ciascuna delle tre zone è caratterizzata da un fattore di assorbimento di ground funzione della differente composizione del terreno.

Il terreno è suddiviso in due tipologie:

- acusticamente hard (terreno pavimentato, asfalto, terreno compatto, etc.),
- acusticamente non hard (prato, terreno agricolo, terreno con vegetazione, etc).

Per le tre zone il fattore di assorbimento è pari al rapporto tra la lunghezza della sezione di zona con terreno acusticamente non hard e la lunghezza totale della zona.

La descrizione del calcolo dell'attenuazione per effetto ground può essere trovata in [1].

### **A2.3.3.3 Fattore di correzione meteorologico**

Il calcolo della propagazione è effettuato in condizioni di vento a favore (downwind propagation). Per il calcolo in situazioni medie di lungo termine si introduce il fattore di correzione meteorologico (sempre positivo) calcolato come segue:

$$C_M = 3.5 - 35 \frac{h_b + h_v}{r_0}$$

#### A2.3.4 Attenuazione per mascheramento

Qualora nel propagation path si incontri un ostacolo, nel calcolo del livello di intensità acustica sul ricettore si introduce il fattore di attenuazione per mascheramento  $\Delta L_{sw}$ .

Il calcolo dell'attenuazione viene effettuato considerando un ostacolo ideale equivalente (barriera sottile) della stessa altezza dell'oggetto mascherante. Qualora più oggetti mascheranti si interpongano sul *propagation path* tra sorgente e ricettore si considera solo l'ostacolo più critico.

Qualora il profilo dell'oggetto schermante devii da quello schematizzato idealmente con la barriera sottile, si introduce il fattore di correzione riportato in Tabella 5.

La formula per il calcolo dell'attenuazione dovuta al mascheramento è calcolata come segue:

$$\Delta L_{sw} = H \cdot F(N_f) - C_p$$

dove:

- $H$  è il fattore di *screening performance*,
- $F(N_f)$  è una funzione del numero di Fresnel  $N_f$ ,
- $C_p$  è un fattore di correzione funzione del tipo di profilo dello schermo calcolato secondo quanto riportato in Tabella 5.

Per i dettagli del calcolo si rimanda a [1].

$C_p$	Object (T = top angle in degrees)
0 dB	<ul style="list-style-type: none"> <li>thin wall with a vertical angle <math>\leq 20^\circ</math></li> <li>Ground elevations where <math>0^\circ \leq T \leq 70^\circ</math></li> <li>all ground elevations with thin walls, if the total height is less than twice the wall height</li> <li>all buildings</li> </ul>
2 dB	<ul style="list-style-type: none"> <li>edge of a filled land site</li> <li>ground elevation where <math>70^\circ \leq T \leq 165^\circ</math></li> <li>all ground elevations with thin walls, if the total height is more than twice the wall height</li> <li>noise absorbing edge of the railway side of a platform</li> <li>edge of the platform not facing the railway track</li> <li>edge of a railway line situated on a viaduct or bridge, except U-type bridge or M-track</li> <li>noise absorbing edge of a U-type bridge facing the railway line</li> <li>edge of a U-type bridge not facing the railway line</li> <li>absorbing edge of a M-track facing the railway line</li> <li>edge of a M-track not facing the railway line</li> </ul>
5 dB	<ul style="list-style-type: none"> <li>edge (non-absorbing<sup>4</sup>) of the side of a platform facing the railway line</li> <li>edge (non-absorbing<sup>1</sup>) of the side of a platform facing the railway line U-type bridge</li> <li>edge (non-absorbing<sup>1</sup>) of the side of the M-track facing the railway line</li> </ul>

Tabella 5 – Fattore di correzione funzione del profilo dello schermo

### A2.3.5 Contributo delle riflessioni

Il contributo delle riflessioni viene calcolato utilizzando la tecnica della sorgente immagine.

Per gli edifici è assunto un coefficiente di riflessione pari a 0.8.

Sono considerate riflessioni multiple su un propagation path fino ad un massimo di 3.

Per il calcolo del livello di rumore su un edificio riceettore non si considerano le riflessioni che si hanno sulla facciata dell'edificio stesso.

## **A3. Descrizione del modello “RFI-INAC”**

### **A3.1 Caratteristiche generali**

Il modello “RFI-INAC” è un modello di calcolo del livello continuo equivalente di pressione sonora relativamente al rumore causato da traffico ferroviario. E' un modello in banda di ottava in cui il fenomeno della emissione è trattato separatamente da quello della propagazione.

Le caratteristiche principali del modello sono:

- la sorgente è schematizzata da una sorgente lineare (posta a 0.8 metri di altezza sul piano del ferro).
- L'emissione delle linee è calcolata sulla base di una banca dati ricavata da misure sperimentali. L'emissione risulta funzione:
  - della categoria del treno,
  - della velocità media per categoria,
  - del numero di treni per categoria.
- L'emissione viene maggiorata in base alla presenza di ponti in ferro o zone con deviatoi.
- Per il fenomeno della propagazione la sorgente lineare viene suddivisa in segmenti (trattate come sorgenti puntiformi) di lunghezza non superiore a 10 m.
- La propagazione dalla sorgente al ricettore è descritta tramite il modello ISO9613 e tiene perciò conto di:
  - attenuazione per divergenza geometrica,
  - assorbimento atmosferico,
  - effetto del round,
  - effetto della presenza di mascheramenti (diffrazione),
  - effetto di riflessioni multiple.

### **A3.2 Modello di emissione**

#### **A3.2.1 Categorie dei treni**

Sulla base dell'analisi dei dati acustici in possesso di RFI è possibile raggruppare le tipologie commerciali di treni in classi di treni omogenei per emissione sonora.

Nella tabella 6 sono riportati, per ognuna delle classi di treni omogenei per emissione acustica utilizzate nella presente analisi, i livelli di potenza sonora per metro lineare di infrastruttura normalizzati alla velocità di riferimento di

100 km/h ed espressi in dB(A)/m, sia in termini globali che in spettri di bande d'ottava:

Classi acustiche di treni	Livelli globali	Livelli in bande d'ottava							
		63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1K Hz	2K Hz	4K Hz	8K Hz
1 DIRETTI / INTERREGIONALI	66.3	33.4	39.1	51.2	55.5	60.3	62.6	57.1	47.8
2 ESPRESSI / EURONIGHT	70.1	37.0	49.3	58.3	63.9	64.2	64.4	61.0	52.0
3 EUROSTAR	62.5	29.7	33.7	44.2	48.6	53.7	60.3	54.3	43.7
4 INTERCITY	66.9	33.3	37.6	48.5	52.7	59.4	64.4	58.2	48.1
5 REGIONALI	64.4	33.5	39.7	51.0	55.5	58.0	59.9	55.8	47.7
6 REGIONALI - METROPOLITANI	60.2	28.4	37.0	46.4	52.3	54.6	54.2	52.0	45.8
7 MERCI	75.6	40.2	50.2	60.3	68.5	70.5	69.6	65.6	56.0

Tabella 6: Livelli globali e in bande d'ottava della potenza sonora emessa per metro lineare di infrastruttura [ $L_w/m$  in dB(A)/m] da un treno alla velocità di 100 km/h

### A3.2.2 Calcolo dell'emissione

Il calcolo dell'emissione viene effettuato mediante la seguente espressione in funzione della banda di ottava, della velocità del treno e della sua categoria:

$$L_{w,i,c} = a_{i,c} + 20\text{Log}(v_c / 100) + 10\text{Log}(N_c)$$

dove:

$L_{w,i,c}$  è l'emissione per unità di lunghezza di linea per banda di ottava e categoria di treno,

$a_{i,c}$  valore di emissione del singolo treno per banda di ottava e per categoria alla velocità di riferimento di 100 km/h,

$v_c$  velocità media per categoria di treno,

$N_c$  numero di treni per categoria nel periodo di riferimento.

### A3.2.3 Emissione di punti singolari

Nella mappatura il modello tiene conto di eventuali punti singolari sulla tratta che possono aumentare l'emissione. In particolare si aumenta l'emissione in corrispondenza di ponti in ferro e deviatoi, di valore  $\Delta L_w$  riportato nella Tabella 7.

	62.5 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz
Ponte in ferro	11.1	15.5	17.2	13.7	10.5	8.0	7.5	7.7
Deviatoio	7.6	8.4	10.0	7.1	5.1	3.0	2.8	2.6

Tabella 7 – Correzione dell'emissione per presenza di punti singolari  
(dB per metro di linea)

### A3.2.4 Modello di sorgente

La sorgente di rumore lineare è posizionata a 0.8 metri dal piano del ferro per tutte le categorie di treni considerate.

Ai fini del calcolo di propagazione la sorgente lineare è suddivisa in segmenti di lunghezza non superiore a 10 m. Ciascun segmento è trattato come una sorgente puntiforme su cui è concentrata l'emissione dell'intero segmento.

### A3.3 Modello di propagazione

Il livello sonoro equivalente è calcolato secondo la seguente espressione:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left( \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^J 10^{\Delta L_{eq,i,j}/10} \right)$$

dove  $\Delta L_{eq,i,j,n}$  specifica il contributo in banda di ottava (indice i) di ciascun segmento in cui risulta suddivisa la linea (indice j).

Il termine  $\Delta L_{eq,i,j}$  è calcolato come segue:

$$\Delta L_{eq,i,j} = L_{w,i} + 10 \log(\Delta l) + D_{c,i,j} - A_{div,j} - A_{atm,i,j} - A_{gr,i,j} - A_{bar,i,j} + A_{rfl,i,j}$$

dove i termini della somma hanno il seguente significato:

$L_{w,i}$  valore di emissione per metro di linea in banda di ottava,

$\Delta l$  lunghezza del segmento (m),

$D_{c,i,j}$  direttività della sorgente in banda di ottava,

$A_{div,j}$  attenuazione per divergenza geometrica,

$A_{atm,i,j}$  attenuazione per assorbimento atmosferico,

$A_{gr,i,j}$  attenuazione per effetto ground,

$A_{bar,i,j}$  attenuazione per mascheramento geometrico,

$A_{rfl,i,j}$  effetto delle riflessioni multiple.

#### A3.3.1 Direttività della sorgente

Il termine di direttività della sorgente segue il modello francese NMBP-FER che utilizza il modello ingegneristico MITHRA-FER sviluppato dal CSTB.

La direttività è costituita da due termini (la direttività orizzontale e quella verticale).

$$D_{c,i,j} = D_{vert,i,j} + D_{hor,j}$$

La direttività orizzontale si calcola con la seguente espressione:

$$D_{hor,j} = 10 \log \left[ \cos(\vartheta) \cdot \frac{4}{\pi} \right]$$

La direttività verticale si calcola con la seguente espressione:

$$D_{vert,i,j} = \frac{40}{3} \left[ \frac{2}{3} \sin(2\varphi) - \sin(\varphi) \right] \log \left[ \frac{f + 600}{200} \right]$$

Dove  $\varphi$  e  $\vartheta$  sono gli angoli riportati in Figura 2.



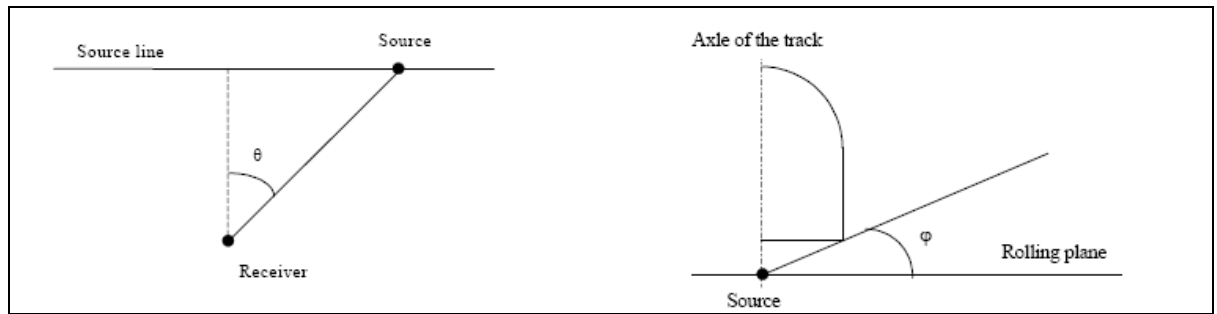


Figura 2 – Angoli della direzione sorgente ricevitore per il calcolo della direttività

### A3.3.2 Attenuazione per divergenza geometrica

In accordo con il codice ISO9613 [2] l'attenuazione per divergenza geometrica viene calcolata mediante la seguente espressione:

$$A_{div,j} = 20\text{Log}(r_j) + 11$$

Dove  $r_j$  è la distanza tra la j-esima sorgente ed il ricettore

### A3.3.3 Attenuazione atmosferica

L'attenuazione atmosferica è calcolata in funzione della temperatura dell'aria e della umidità relativa per ogni banda di ottava secondo la formulazione riportata in [3].

Per la mappatura acustica è stata considerata una temperatura dell'aria pari a 15° centigradi e un'umidità relativa pari al 60%.

Analogamente al modello olandese l'attenuazione atmosferica è proporzionale alla distanza sorgente-ricettore:

$$A_{atm,i,j} = r_j \delta_{air,i}$$

dove:

$r_j$  è la distanza sorgente-ricettore (m);

$\delta_{air,i}$  è il coefficiente di assorbimento atmosferico in banda di ottava, funzione della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria.

### A3.3.4 Attenuazione per effetto ground

Il calcolo dell'attenuazione per effetto ground si basa sulla suddivisione del propagation path in tre zone:

- una fascia vicino alla sorgente di estensione pari a  $30h_s$ , dove  $h_s$  è l'altezza della sorgente (considerando 0.8 metri l'altezza della sorgente, l'estensione della fascia risulta 24 m),

- una fascia vicino al ricettore di larghezza  $30h_r$ , dove  $h_r$  è l'altezza del ricettore,
- una fascia intermedia che sussiste qualora la distanza tra sorgente e ricettore sia maggiore della somma tra la larghezza delle fasce adiacenti alla sorgente e al ricettore.

Ciascuna delle tre zone è caratterizzata da un fattore di assorbimento di ground funzione della differente composizione del terreno.

Il terreno è suddiviso in due tipologie:

- acusticamente hard (terreno pavimentato, asfalto, terreno compatto, etc.)
- acusticamente non hard (prato, terreno agricolo, terreno con vegetazione, etc).

Per ciascuna delle tre fasce, il fattore di assorbimento è pari al rapporto tra la larghezza della frazione con terreno acusticamente non hard e la larghezza totale della fascia.

La descrizione del calcolo dell'attenuazione per effetto ground può essere trovata in [2].

### **A3.3.5 Attenuazione per mascheramento**

L'attenuazione per mascheramento è causata dall'interposizione di un ostacolo (edificio, barriera, etc.) sulla linea ideale che congiunge sorgente e ricettore (linea di vista).

Per produrre l'attenuazione, le dimensioni dell'oggetto schermante, proiettate ortogonalmente alla retta congiungente sorgente e ricettore, devono essere maggiori della lunghezza d'onda per la banda di ottava considerata.

Il modello ISO9613 tratta sia il caso di singola diffrazione, in cui un solo bordo di diffrazione si interpone alla direttrice sorgente-ricevitore (Figura 3), sia il caso di doppia diffrazione, in cui due bordi di diffrazione si interpongono sulla linea (Figura 4).

Qualora sulla linea di vista siano presenti più di due oggetti schermanti l'attenuazione viene calcolata considerando i due ostacoli più significativi.

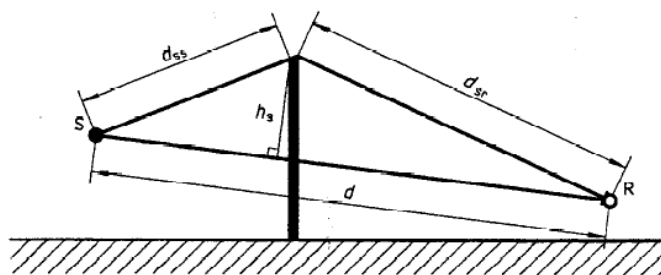


Figura 3 – Geometria della diffrazione singola

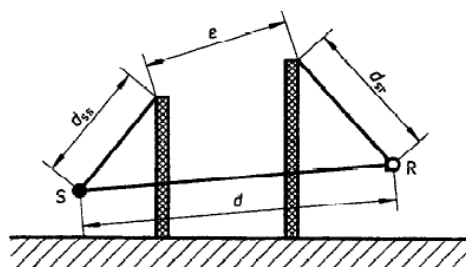
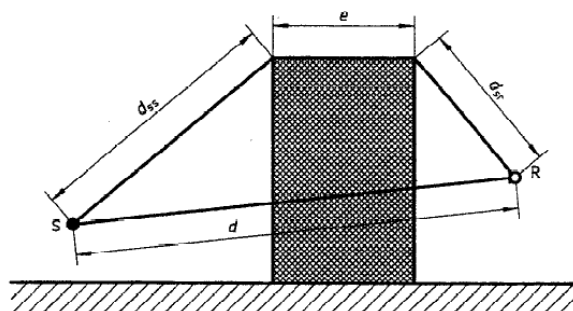


Figura 4 – Geometria della diffrazione doppia

L'attenuazione per mascheramento (screening) è calcolata mediante la seguente formula:

$$A_{Bar} = 10 \cdot \text{Log} \left[ 3 + (C_2 / \lambda) C_3 \cdot z \cdot K_{met} \right]$$

dove:

$$C_2 = 20,$$

$$C_3 = 1$$

per singola diffrazione,

$C_3 = \left[ 1 + (5\lambda / e)^2 \right] / \left[ \frac{1}{3} \cdot (5\lambda / e)^2 \right]$  in caso di diffrazione doppia con  $e$  pari alla distanza tra i due edge di diffrazione proiettata lungo la congiungente sorgente-ricevitore (Figura 4),

$\lambda$  è la lunghezza d'onda,

$z$  è la differenza tra il cammino diffratto e quello diretto,

$K_{met}$  è il fattore di correzione meteorologico [2].

### **A3.3.6 Contributo delle riflessioni**

Il contributo delle riflessioni viene calcolato utilizzando la tecnica della sorgente immagine.

Per gli edifici è assunto un coefficiente di riflessione pari a 0.8.

Sono considerate riflessioni multiple su un propagation path fino ad un massimo di 3.

Per il calcolo del livello di rumore su un edificio riceettore non si considerano le riflessioni che si hanno sulla facciata dell'edificio stesso.

## **A4. Analogie e differenze tra il modello "RFI-INAC" ed il modello "SRM II"**

### **A4.1 Modello di emissione**

Il modello "SRM II" utilizza per l'emissione una banca dati ottenuta da misurazioni effettuate su materiale rotabile in esercizio sulla rete ferroviaria olandese ed è strettamente associato alla tipologia ed allo stato di manutenzione dei rotabili e dei binari dell'infrastruttura ferroviaria olandese.

La banca dati contiene un set di parametri mediante i quali viene calcolata l'emissione dei singoli transiti in funzione dei seguenti dati di input:

- tipologia del convoglio (selezionata tra le categorie riportate in tabella 2),
- tipologia costruttiva del binario su cui si ha il transito (selezionata tra le tipologie riportate in tabella 2),
- frequenza delle eventuali giunzioni presenti sulle rotaie (n. di giunzioni ogni 100 metri di binario),
- condizione di transito del treno (in marcia normale o in frenatura),
- velocità del transito.

Analogamente al modello "SRM II", per il calcolo dell'emissione, il modello "RFI-INAC" utilizza una banca dati ottenuta da una campagna di misurazioni effettuate su materiale rotabile in esercizio e quindi strettamente associata alla tipologia ed allo stato di manutenzione del materiale rotabile e dei binari della rete ferroviaria italiana.

L'emissione viene calcolata in funzione dei seguenti dati di input:

- tipologia del convoglio (selezionata tra le categorie, tipiche dei treni in esercizio sulla rete ferroviaria italiana, riportate nella tabella 6),
- presenza di deviatori (tabella 7),
- presenza di ponti in ferro (tabella 7),
- velocità del transito.

Nel modello “RFI-INAC” non si tiene conto della tipologia costruttiva dei binari in quanto essa è generalmente omogenea su tutto il territorio nazionale (ballast e traverse in cemento).

Analogamente al modello olandese, l'emissione viene calcolata dal modello “RFI-INAC” sulla base di una banca dati costruita su misure effettuate a campione su diversi siti [7], rappresentativa di una condizione media di rugosità del materiale rotabile e dell'infrastruttura ferroviaria.

Il dato relativo alle condizioni di transito (frenatura e marcia normale), richiesto in input dal modello olandese, è assente nel modello “RFI-INAC”, in quanto non è disponibile per effettuare una mappatura acustica su larga scala, per la quale viene utilizzato il parametro della velocità media sulla tratta.

## **A4.2 Modello di sorgente**

Il modello “SRM II” distribuisce l'emissione su diverse sorgenti lineari posizionate nel seguente modo:

- per treni non ad alta velocità l'emissione è ripartita tra due sorgenti lineari poste rispettivamente sul piano del ferro e ad un'altezza di 0.50 metri da esso,
- per treni ad alta velocità l'emissione è distribuita su quattro sorgenti lineari poste rispettivamente ad altezze 0.50, 2.0, 4.0 e 5.0 metri sul piano del ferro.

Il modello “RFI-INAC” distribuisce l'emissione su una unica sorgente lineare posta a 0.80 metri dal piano del ferro. Tale assunzione è certamente cautelativa per le attuali condizioni di percorrenza delle tratte ferroviarie considerate nel presente studio, caratterizzate da velocità di esercizio contenute nel campo di valori per il quale la sorgente primaria del rumore ferroviario si localizza nella zona di contatto ruota-rotaia (rumore di rotolamento).

## **A4.3 Modello di propagazione**

Per la simulazione della propagazione acustica, entrambi i modelli adottano metodi a raggi, basati sull'acustica geometrica, che prevedono:

- la suddivisione delle sorgenti lineari in una successione di segmenti,
- il posizionamento, al centro di ogni segmento, di una sorgente puntiforme nella quale è concentrata l'emissione associata a tutto il segmento,
- l'individuazione, per ogni sorgente, dei percorsi di propagazione (raggi) tra la sorgente stessa e il ricettore,

- il calcolo del livello di rumore al ricettore come somma dei contributi di rumore portati da ciascun raggio per ogni banda di ottava.

Il contributo di ogni raggio per entrambi i metodi viene calcolato sottraendo all'emissione della sorgente, pesata per il coefficiente di direttività nella direzione del raggio, tutti i contributi di attenuazione che si riscontrano sul percorso di propagazione.

$$\text{ContributoRaggio} = \text{EmissioneSorgente} + \text{DirettivitàSorgente} - \sum \text{Attenuazioni}$$

Entrambi i metodi, come già detto, considerano le stesse tipologie di attenuazione:

- attenuazione per divergenza geometrica,
- assorbimento atmosferico,
- effetto del ground,
- effetto della presenza di mascheramenti (diffrazione),
- correzione meteorologica.

Nei successivi paragrafi vengono messe a confronto le diverse formulazioni usate nei due metodi, per il calcolo della direttività della sorgente e delle diverse tipologie di attenuazione.

#### **A4.3.1 Direttività della sorgente**

Il metodo “RFI-INAC” introduce nel calcolo sia la direttività sul piano orizzontale sia la direttività sul piano verticale. Le formulazioni adottate sono quelle del modello MITHRA sviluppato dal CSTB francese per il rumore ferroviario. In particolare la direttività sul piano verticale è stata introdotta per tener conto del mascheramento che la struttura del treno produce sulle sorgenti di rumore localizzate in corrispondenza dell'asse della ruota e sul punto di contatto ruota rotaia.

Il metodo “SRM II” considera solo la direttività sul piano orizzontale e trascura la direttività verticale. La direttività orizzontale non compare esplicitamente nella formulazione ma risulta inclusa nel termine relativo all'attenuazione per divergenza geometrica  $\Delta L_{GU}$  (come descritto nei paragrafi A2.3.1 e A2.3.2). Il coefficiente di direttività utilizzato è equivalente a quello del dipolo acustico.

In Figura 5 si riporta il confronto tra i due coefficienti di direttività adottati nei due metodi.

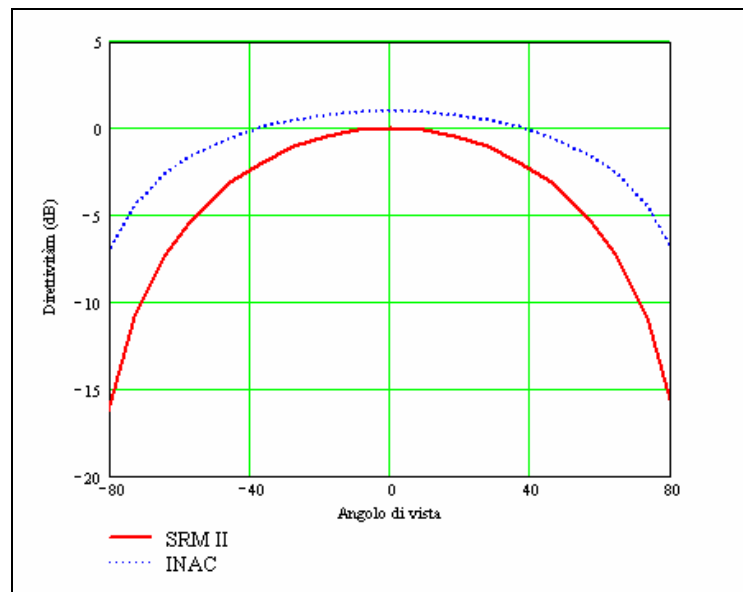


Figura 5 – Confronto tra i coefficienti di direttività sul piano orizzontale adottati nei modelli “RFI-INAC” ed “SRM II”

#### A4.3.2 Attenuazione per divergenza geometrica

L’attenuazione per divergenza geometrica è trattata in modo identico nei due metodi mediante la formulazione:

$$A = 10 \cdot \text{Log} (4 \cdot \pi \cdot d^2)$$

Tale formulazione non risulta esplicita nel metodo “SRM II” ma è inclusa nel termine  $\Delta L_{GU}$  insieme al fattore di direttività orizzontale.

#### A4.3.3 Attenuazione atmosferica

In entrambi i metodi l’attenuazione per assorbimento atmosferico viene calcolata per ogni banda di ottava come:

$$A_{atm}(\lambda) = r \cdot \delta_{air}(\lambda)$$

Cambia tuttavia il metodo di calcolo del coefficiente di assorbimento atmosferico  $\delta_{air}$ .

Il metodo “RFI-INAC” adotta la formulazione ISO9613 – 1 [3] ed il calcolo viene eseguito considerando una temperatura di 15°C ed una umidità relativa del 60%.



Il metodo “SRM II” adotta la formulazione ISO-DIN 3891 “Acoustics - Procedure for describing aircraft noise heard on the ground” considerando una temperatura di 10 °C ed una umidità relativa di 80% [4].

I valori dei coefficiente di assorbimento per banda di ottava sono riportati in Tabella 8:

	62.5 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
SRM II	0	0	1	2	4	10	23	58
RFI-INAC	0.1	0.4	1.2	2.3	4.1	9.5	30.6	109.8

Tabella 8 – Coefficienti di assorbimento per km

I valori sono molto simili alle basse e medie frequenze e soprattutto alle frequenze dove si ha il picco dello spettro di emissione del rumore ferroviario (500-1000Hz), mentre si discostano per le frequenze più elevate.

I valori utilizzati dal metodo “RFI-INAC” sono stati calcolati nelle condizioni meteorologiche medie della realtà italiana e quindi, per tale ambito, risultano più adeguati.

Si sottolinea che nel documento AR-INTERIM-CM [7] commissionato dalla Commissione Europea – DG Environment, dove si suggeriscono modifiche al metodo olandese per il suo utilizzo per la mappatura strategica ai sensi della direttiva 2002/49/EC, si consiglia di utilizzare i coefficienti del metodo ISO9613 calcolati nelle reali condizioni di temperatura ed umidità in luogo dei coefficienti del metodo “SRM II”.

#### A4.3.4 Attenuazione per effetto ground

Le formulazioni dell'attenuazione per effetto ground sono molto simili.

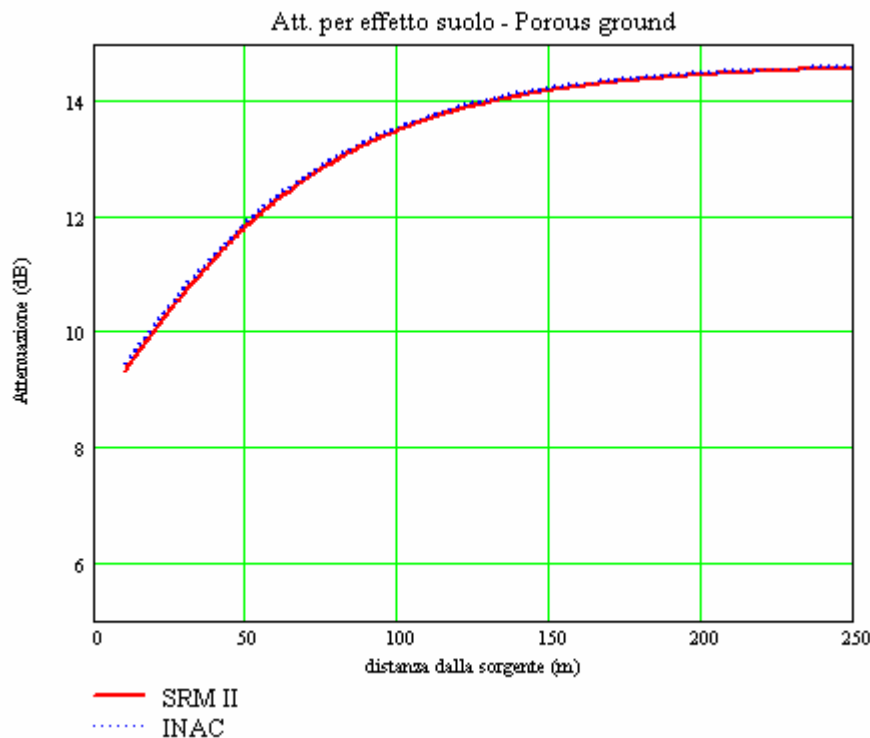
Per entrambi i metodi l'attenuazione risulta dalla somma di tre termini:

- un termine rappresentativo della tipologia di terreno nella zona della sorgente;
- un termine rappresentativo della tipologia di terreno nella zona del ricettore;
- un termine rappresentativo della tipologia di terreno nella zona intermedia.

Il terreno può assumere due caratteristiche:

- acusticamente riflettente (hard ground),
- acusticamente assorbente (porous ground).

In Figura 6 ed in Figura 7 si riportano gli andamenti dell'attenuazione per effetto ground fornite dai due metodi in funzione della distanza dalla sorgente. Nei grafici è stato riportato il valore dell'attenuazione mediato sulle bande di ottava. In Figura 6 è riportato il caso di porous ground ed in Figura 7 il caso di hard ground.



*Figura 6 – Confronto tra le attenuazioni per effetto ground nei due metodi – Valori mediati sulle bande di ottava – Porous ground*

Come si vede in Figura 6, in caso di terreno di tipo assorbente le formulazioni sono identiche. L'unica differenza riscontrata è in corrispondenza di 63.5 Hz dove il modello "RFI-INAC" prevede un'attenuazione di 3 dB mentre il modello "SRM II" prevede un'attenuazione di 6 dB.

In caso di terreno di tipo hard, lo scarto tra i due metodi si mantiene mediamente inferiore a 1 dB. Il metodo "RFI-INAC" è comunque più conservativo poiché fornisce un'attenuazione minore.

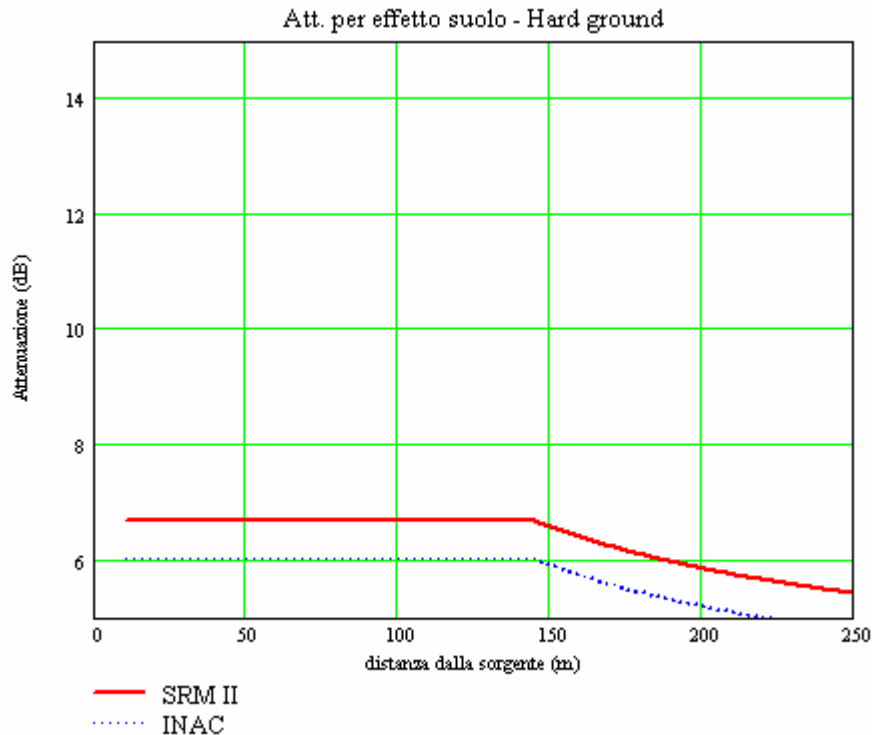


Figura 7 – Confronto tra le attenuazioni per effetto ground nei due metodi – Valori mediati sulle bande di ottava – Hard ground

#### A4.3.5 Attenuazione per mascheramento

Nel calcolo dell'attenuazione per ostacoli le formulazioni dei due metodi sono diverse. Il metodo "RFI-INAC" si basa sulla formulazione ISO9613. Il metodo "SRM II" si basa sulla teoria di Maekawa (come riportato in [4]).

Il metodo "RFI-INAC" tratta il caso di presenza di diffrazione doppia (ovvero il caso in cui due ostacoli intercettano la linea di vista) mentre il metodo "SRM II", in caso di diffrazione multipla si riconduce al caso di una diffrazione singola equivalente considerando solo l'ostacolo più critico.

Per confrontare i due diversi approcci è stato calcolato il valore dell'attenuazione nel caso di test riportato in Figura 8.

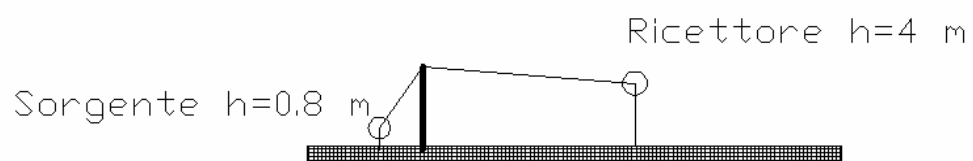


Figura 8 – Geometria del caso di test

Le caratteristiche geometriche del caso di test scelto sono di seguito riportate:

- altezza sorgente 0.8 metri,
- altezza ricettore 4 metri,
- distanza ricettore dalla sorgente 25 metri,
- distanza ostacolo dalla sorgente 3.5 metri,
- altezza dell'ostacolo: variabile da 3 ad 8 metri,

In Figura 9 si riportano i risultati ottenuti con i due metodi. Il valore dell'attenuazione riportato nel grafico è mediato sulle bande di ottava.

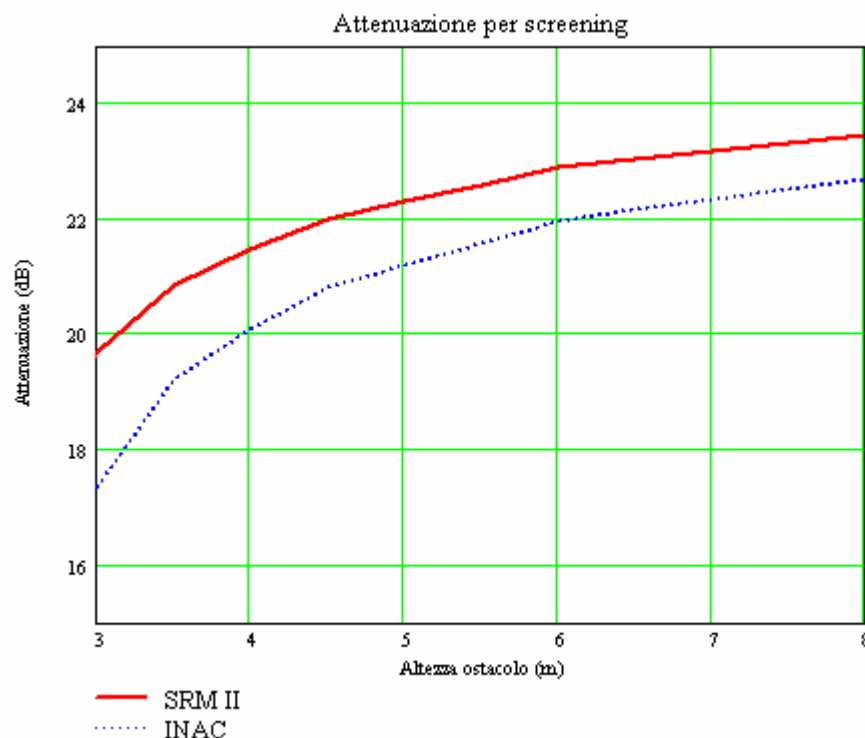


Figura 9 – Attenuazione per screening in funzione dell'altezza dell'ostacolo

Dagli andamenti riportati, si nota uno scostamento medio di circa 1-1.5 dB tra metodo “RFI-INAC” e metodo “SRM II” al variare dell'altezza dell'ostacolo. Il metodo “RFI-INAC” è comunque più conservativo poiché fornisce un'attenuazione minore.

#### A4.3.6 Correzione meteorologica

La formulazione relativa alla correzione meteorologica è la stessa per i due metodi ed è data dall'espressione:

$$C_M = C_0 \left( 1 - 10 \frac{h_b + h_v}{r_0} \right)$$

Nel metodo ISO9613, adottato nel modello “RFI-INAC”, il coefficiente  $C_0$  è lasciato libero. Nel metodo “SRM II” il coefficiente  $C_0$  è scelto pari a 3.5 dB che corrisponde ad avere una percentuale di tempo in cui sussistono condizioni meteo favorevoli alla propagazione pari approssimativamente al 45% [4].

#### **A4.3.7 Riflessioni**

Le riflessioni sulle pareti degli edifici vengono trattate allo stesso modo dal metodo “RFI-INAC” e dal metodo “SRM II”. Per entrambi i metodi, infatti, si verificano le seguenti condizioni:

- il contributo delle riflessioni viene calcolato utilizzando la tecnica della sorgente immagine;
- per gli edifici è assunto un coefficiente di riflessione pari a 0.8;
- sono considerate riflessioni multiple su un propagation path fino ad un massimo di 3.

Come previsto in [8], nella mappatura acustica, il calcolo del livello di rumore su un edificio riceettore viene effettuato escludendo le riflessioni prodotte dalla facciata dell'edificio.

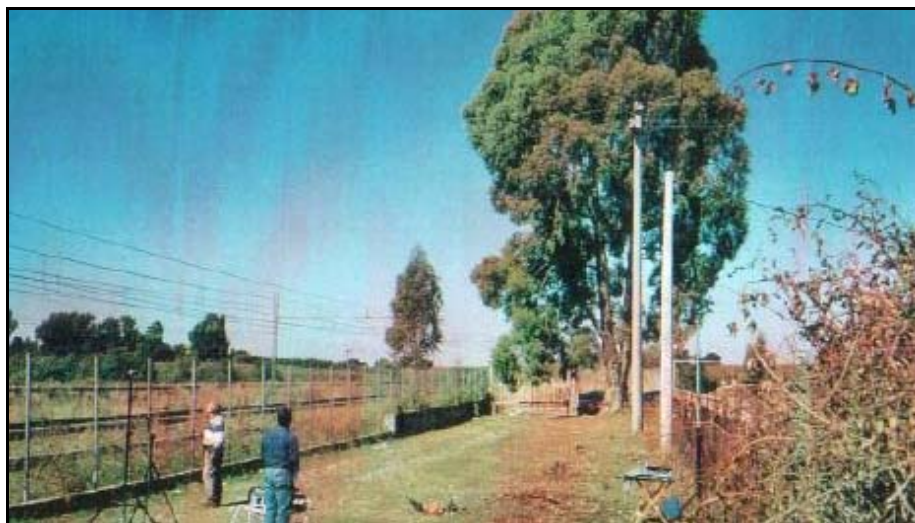
## A5. Confronto tra modello “RFI-INAC” e modello di calcolo “SRM II” su casi di test

### A5.1 Set up dei casi di test

Allo scopo di valutare l'efficacia dei due metodi, “RFI-INAC” ed “SRM II”, nel calcolo dei livelli di rumore generati dal traffico ferroviario nella realtà italiana, sono stati confrontati i risultati delle simulazioni prodotte con i due diversi metodi, con i risultati della campagna di misurazione sperimentale, effettuata tra il 2001 ed il 2002, per la redazione della mappatura acustica e del piano di risanamento ai sensi del DM Ambiente 29/11/2000.

Il confronto con le misure sperimentali è volto soprattutto a comparare i due metodi nella stima dell'emissione sonora generata dall'insieme di infrastruttura e materiale rotabile italiani, visto che l'analisi teorica ha dimostrato una sostanziale equivalenza tra i due metodi per quanto riguarda il modello di propagazione del rumore.

A tale fine sono stati considerati siti di misura caratterizzati da una infrastruttura rettilinea e un terreno pianeggiante, come rappresentato nell'esempio di Figura 10. La tipologia di terreno è di tipo “porous ground”.



*Figura 10 – Esempio di sito di misura*

Allo scopo di rappresentare la realtà media italiana, sono state considerate misure effettuate su siti in prossimità di diverse linee ferroviarie:

- Linea 1 Roma-Orte-Firenze (linea direttissima)
- Linea 2 Roma-Orte-Firenze (linea lenta)
- Linea 3 Roma-Civitavecchia- Livorno-Pisa
- Linea 4 Roma-Formia-Napoli

- Linea 5      Avezzano-Roccasecca

Per la descrizione di dettaglio dei siti di misura si rimanda al documento “Stima dei livelli di misura ai sensi del DM Ambiente 29/11/00 – Rapporto delle misure” [7].

In ognuno dei siti di misura è stato misurato il livello equivalente di pressione sonora in due punti di misura:

- postazione #1: microfono posto a 7.5 metri dal binario più vicino e ad un'altezza compresa tra 1.2 e 1.8 metri dal piano del ferro.
- postazione #2: microfono posto a 25 metri dal binario più vicino e ad un'altezza compresa tra 3 e 3.5 metri dal piano del ferro.

In ciascun sito sono stati misurati per ogni transito registrato nel periodo di misura (24 ore):

- la time history del livello sonoro,
- il valore del SEL,
- il tempo di transito,
- la tipologia del treno,
- la velocità del convoglio.

Ogni transito misurato, infine, è stato riprodotto in simulazione sia con il modello “RFI-INAC” che con il modello “SRM II” (implementato nel software commerciale “Soundplan”) e sono stati valutati gli scarti dei valori di SEL misurati con quelli simulati nei due casi.

Le misure considerate ed i relativi risultati di simulazione per ogni sito di misura sono riportati nelle schede riassuntive raccolte nel successivo paragrafo, in cui si riportano anche i valori delle differenze tra misure e simulazioni.



## A5.2 Schede dei casi di test – Confronto tra misure e simulazioni

### Linea 1 Roma-Orte-Firenze (linea direttissima) Sito di misura Capena - S.Oreste

Linea: Roma – Orte – Firenze (direttissima)												
Tratta: Capena S.Oreste												
Progressiva chilometrica: 32.220												
Postazione di misura #1: 7.5 m distanza mezzera binario vicino; 1.3 m altezza sul piano del ferro												
Postazione di misura #2: 25 m distanza mezzera binario vicino; 3.0 m altezza sul piano del ferro												
Tipologia	Durata (s)	Velocità Km/h	SEL misurato dB(A)		SEL predetto INAC dB(A)		Scostamento INAC dB(A)		SEL predetto SRM II dB(A)		Scostamento SRM II dB(A)	
			Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2
ETR500	5.7	205.1	102.7	99.2	99.8	95.6	-2.9	-3.6	97.7	93.2	-5.0	-6.0
IC/EC	7.5	174.3	104.4	101.1	102.7	98.5	-1.7	-2.6	105.8	101.4	1.4	0.3
ETR500	6.1	191.8	100.6	97.4	99.3	95.0	-1.3	-2.4	97.2	92.7	-3.4	-4.7
ETR500	4.2	203.7	102.8	99.0	102.1	96.4	-0.7	-2.6	99.9	94.1	-2.9	-4.9
ETR500	5.8	202.3	102.6	98.9	102.0	96.3	-0.6	-2.6	99.8	94.0	-2.8	-4.9
R	5.0	133.9	98.1	94.7	97.6	93.2	-0.5	-1.5	102.1	97.6	4.0	2.9
ETR500	4.0	213.8	100.6	97.6	100.2	95.9	-0.4	-1.7	98.0	93.5	-2.6	-4.1
ETR500	5.8	203.4	102.4	98.7	102.1	96.4	-0.3	-2.3	99.9	94.1	-2.5	-4.6
ETR500	6.0	195.9	102.0	98.6	101.8	96.0	-0.2	-2.6	99.6	93.8	-2.4	-4.8
ETR500	6.0	195.9	99.5	96.4	99.4	95.2	-0.1	-1.2	97.4	92.9	-2.1	-3.5
IC/EC	7.4	162.4	101.7	98.3	102.1	97.9	0.4	-0.4	104.8	100.3	3.1	2.0
ETR500	6.0	195.9	100.8	97.3	101.8	96.0	1.0	-1.3	99.6	93.8	-1.2	-3.5
IC/EC	4.7	194.2	104.8	100.9	106.0	100.3	1.2	-0.6	109.6	103.9	4.8	3.0
D	5.8	124.7	96.4	93.1	99.0	94.7	2.6	1.6	101.2	96.7	4.8	3.6
IR	5.2	140.1	99.4	95.4	102.4	96.6	3.0	1.2	105.0	99.1	5.6	3.7
D	5.4	135.1	99.0	94.9	102.1	96.3	3.1	1.4	104.5	98.7	5.5	3.8
D	5.4	135.6	103.6	101.6	98.0	95.4	-5.6	-6.2	100.5	97.8	-3.1	-3.8
IC/EC	6.6	196.2	107.0	105.4	103.6	100.4	-3.4	-5.0	107.3	104.0	0.3	-1.4
IC/EC	7.8	165.6	103.5	102.3	100.6	98.0	-2.9	-4.3	103.3	100.6	-0.2	-1.7
IC/EC	6.5	198.9	106.2	104.7	103.7	100.5	-2.5	-4.2	107.5	104.2	1.3	-0.5
ETR500	5.5	216.1	102.4	98.7	100.1	96.9	-2.3	-1.8	97.9	94.5	-4.5	-4.2
ETR500	7.5	157.4	98.0	96.3	95.8	93.3	-2.2	-3.0	93.8	91.3	-4.2	-5.0
IC/EC	7.7	169.5	102.8	101.7	100.8	98.2	-2.0	-3.5	103.6	101.0	0.8	-0.7
ETR500	5.8	204.4	100.1	98.8	98.1	95.5	-2.0	-3.3	95.7	93.2	-4.4	-5.6
IC/EC	6.7	193.5	104.9	103.1	103.5	100.3	-1.4	-2.8	107.1	103.8	2.2	0.7
R	6.1	138.4	99.1	97.3	97.7	94.4	-1.4	-2.9	102.4	99.0	3.3	1.7
ETR500	5.5	214.1	101.4	100.0	100.0	96.8	-1.4	-3.2	97.8	94.4	-3.6	-5.6
IR	7.2	140.9	99.6	98.0	98.3	95.8	-1.3	-2.2	101.0	98.3	1.4	0.3
D	6.5	141.9	101.1	99.1	100.0	96.7	-1.1	-2.4	102.7	99.3	1.6	0.2
ETR500	6.0	197.9	98.8	97.1	97.8	95.3	-1.0	-1.8	95.5	92.9	-3.3	-4.2
IC/EC	6.5	184.6	104.0	102.4	103.0	99.8	-1.0	-2.6	106.4	103.1	2.4	0.7
ETR500	5.4	220.1	101.2	99.9	100.2	97.0	-1.0	-2.9	98.0	94.6	-3.2	-5.3
ETR500	6.0	197.6	98.7	97.5	97.8	95.2	-0.9	-2.3	95.5	92.9	-3.2	-4.6
ETR500	5.3	224.3	101.2	99.7	100.4	97.2	-0.8	-2.5	98.1	94.8	-3.1	-4.9
ETR500	4.1	208.0	99.0	97.2	98.2	95.7	-0.8	-1.5	95.9	93.3	-3.1	-3.9
ETR500	6.0	197.2	100.0	98.6	99.3	96.1	-0.7	-2.5	97.2	93.8	-2.8	-4.8
ETR500	7.1	165.4	96.6	95.4	96.2	93.7	-0.4	-1.7	94.2	91.6	-2.4	-3.8
ETR500	4.1	206.0	98.5	97.1	98.1	95.6	-0.4	-1.5	95.8	93.2	-2.7	-3.9
ETR500	4.8	176.6	97.1	95.4	96.8	94.3	-0.3	-1.1	94.7	92.1	-2.4	-3.3
ETR500	5.4	218.9	100.4	99.1	100.2	97.0	-0.2	-2.1	98.0	94.6	-2.4	-4.5
IC/EC	7.3	216.9	104.6	103.1	104.4	101.2	-0.2	-1.9	108.9	105.6	4.3	2.5
ETR500	6.0	197.2	97.9	96.8	97.8	95.2	-0.1	-1.6	95.5	92.9	-2.4	-3.9
ETR500	3.7	225.8	100.5	99.0	100.5	97.3	0.0	-1.7	98.2	94.8	-2.3	-4.2
ETR500	6.8	174.5	96.6	95.2	96.7	94.2	0.1	-1.0	94.6	92.0	-2.0	-3.2
ETR500	4.4	191.1	97.2	95.7	97.5	95.0	0.3	-0.7	95.3	92.7	-1.9	-3.0
ETR500	6.6	177.6	96.5	95.0	96.9	94.3	0.4	-0.7	94.7	92.2	-1.8	-2.8
IC/EC	7.8	154.5	98.9	97.7	100.0	97.4	1.1	-0.3	102.3	99.6	3.4	1.9
IR	6.2	147.2	97.5	96.7	98.7	96.2	1.2	-0.5	101.6	98.9	4.1	2.2
D	5.1	143.4	96.6	95.3	98.5	95.9	1.9	0.6	101.2	98.6	4.6	3.3
D	5.3	137.9	96.8	95.3	99.7	96.5	2.9	1.2	102.3	98.9	5.5	3.6
IC/EC	6.8	205.8	98.4	97.1	102.5	99.9	4.1	2.8	106.5	103.9	8.1	6.8
D	3.8	142.8	91.8	90.6	98.5	95.9	6.7	5.3	101.2	98.5	9.4	7.9

**Linea 1 Roma-Orte-Firenze (linea direttissima)**  
**Sito di misura Gallese - S.Oreste**

Linea: Roma – Orte – Firenze (direttissima)												
Tratta: Gallese S.Oreste												
Progressiva chilometrica: 59.840												
Postazione di misura #1: 10 m distanza mezzera binario vicino; 1.6 m altezza sul piano del ferro												
Postazione di misura #2: 20 m distanza mezzera binario vicino; 3.2 m altezza sul piano del ferro												
Tipologia	Durata (s)	Velocità Km/h	SEL misurato dB(A)		SEL predetto INAC dB(A)		Scostamento INAC dB(A)		SEL predetto SRM II dB(A)		Scostamento SRM II dB(A)	
			Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2
D	4.8	150.5	106.0	102.2	99.6	97.3	-6.4	-4.9	102.7	100.2	-3.3	-2.0
IR	8.3	122.1	102.2	99.2	97.8	95.5	-4.4	-3.7	99.9	97.4	-2.3	-1.8
ETR500	13.9	84.9	94.4	91.2	91.2	88.8	-3.2	-2.4	90.2	87.9	-4.2	-3.3
D	5.8	124.7	100.9	98.5	98.0	95.7	-2.9	-2.8	100.2	97.7	-0.7	-0.8
ETR500	5.6	211.0	103.6	100.3	100.9	97.8	-2.7	-2.5	98.8	95.5	-4.8	-4.8
ETR500	5.0	237.9	102.7	98.8	100.1	97.8	-2.6	-1.0	97.7	95.3	-5.0	-3.5
D	4.9	149.5	103.9	103.9	101.4	98.3	-2.5	-5.6	104.5	101.2	0.6	-2.7
ETR500	5.6	211.4	101.3	97.7	99.1	96.8	-2.2	-0.9	96.8	94.4	-4.5	-3.3
D	6.2	118.0	101.5	95.7	99.4	96.2	-2.1	0.5	101.4	98.1	-0.1	2.4
R	6.5	129.9	100.2	96.5	98.2	95.0	-2.0	-1.5	102.6	99.3	2.4	2.8
ETR500	3.7	227.6	101.7	98.6	99.7	97.4	-2.0	-1.2	97.3	95.0	-4.4	-3.6
IC/EC	6.7	194.1	104.2	101.3	102.7	100.3	-1.5	-1.0	106.4	103.9	2.2	2.6
ETR500	5.0	237.9	103.3	100.0	102.0	98.8	-1.3	-1.2	99.7	96.4	-3.6	-3.6
R	5.1	130.0	99.3	97.0	98.2	95.0	-1.1	-2.0	102.6	99.3	3.3	2.3
ETR500	5.7	206.2	101.6	97.9	100.7	97.6	-0.9	-0.3	98.6	95.3	-3.0	-2.6
ETR500	8.4	141.0	96.3	93.4	95.6	93.2	-0.7	-0.2	93.9	91.5	-2.4	-1.9
IC/EC	7.7	192.6	103.3	100.2	102.6	100.3	-0.7	0.1	106.3	103.8	3.0	3.6
ETR500	4.2	202.7	100.8	97.6	100.6	97.4	-0.2	-0.2	98.5	95.2	-2.3	-2.4
IC/EC	6.9	188.5	102.5	99.3	102.4	100.1	-0.1	0.8	105.9	103.5	3.4	4.2
D	3.5	152.5	99.5	96.2	99.8	97.4	0.3	1.2	102.9	100.4	3.4	4.2
ETR500	6.2	189.6	99.7	96.5	100.0	96.9	0.3	0.4	98.0	94.7	-1.7	-1.8
IC/EC	8.9	145.4	101.7	100.6	102.0	98.9	0.3	-1.7	104.1	100.8	2.4	0.2
ETR500	6.1	194.6	99.8	97.1	100.2	97.1	0.4	0.0	98.2	94.9	-1.6	-2.2
ETR500	4.4	192.4	97.8	94.8	98.3	95.9	0.5	1.1	96.1	93.7	-1.7	-1.1
ETR500	5.5	213.7	98.7	95.7	99.2	96.9	0.5	1.2	96.9	94.5	-1.8	-1.2
ETR500	5.5	216.1	100.5	97.6	101.1	98.0	0.6	0.4	98.9	95.7	-1.6	-1.9
ETR500	5.6	210.7	98.3	95.5	99.1	96.7	0.8	1.2	96.8	94.4	-1.5	-1.1
R	2.8	114.5	96.3	92.4	97.1	93.9	0.8	1.5	96.6	93.2	0.3	0.8
ETR500	4.8	175.6	98.1	94.7	99.3	96.2	1.2	1.5	97.4	94.1	-0.7	-0.6
ETR500	4.3	199.4	97.2	94.1	98.6	96.3	1.4	2.2	96.4	94.0	-0.8	-0.1
IC/EC	7.6	171.8	100.2	97.3	101.6	99.3	1.4	2.0	104.6	102.1	4.4	4.8
ETR500	4.4	194.2	96.8	93.6	98.4	96.0	1.6	2.4	96.2	93.8	-0.6	0.2
IC/EC	8.6	151.5	100.6	96.9	102.4	99.2	1.8	2.3	104.7	101.4	4.1	4.5
ETR500	5.2	226.5	97.9	95.0	99.7	97.4	1.8	2.4	97.3	94.9	-0.6	-0.1
IR	6.3	145.3	99.2	96.2	101.2	98.1	2.0	1.9	104.1	100.8	4.9	4.6
IR	6.5	142.4	97.0	93.9	99.2	96.8	2.2	2.9	101.9	99.5	4.9	5.6
IC/EC	6.7	179.1	99.2	96.2	102.0	99.6	2.8	3.4	105.2	102.7	6.0	6.5
ETR500	6.4	185.4	94.9	92.1	98.0	95.6	3.1	3.5	95.8	93.5	0.9	1.4
IC/EC	7.9	165.0	99.6	95.9	103.1	100.0	3.5	4.1	105.9	102.6	6.3	6.7
ETR500	6.1	193.0	96.6	93.5	100.1	97.0	3.5	3.5	98.1	94.8	1.5	1.3
ETR500	4.2	200.6	95.1	92.2	98.6	96.3	3.5	4.1	96.4	94.0	1.3	1.8
R	4.8	139.5	93.2	90.4	96.9	94.5	3.7	4.1	101.6	99.2	8.4	8.8
ETR500	5.9	201.3	93.6	90.8	100.5	97.4	6.9	6.6	98.4	95.1	4.8	4.3
IC/EC	8.1	160.1	95.9	92.5	102.8	99.7	6.9	7.2	105.4	102.1	9.5	9.6
ETR500	6.2	190.2	89.9	86.9	100.0	96.9	10.1	10.0	98.0	94.7	8.1	7.8
IC/EC	6.7	195.0	90.1	87.0	104.5	101.4	14.4	14.4	108.3	105.0	18.2	18.0
ETR500	6.9	169.7	81.1	78.6	97.2	94.9	16.1	16.3	95.2	92.8	14.1	14.2

**Linea 2 Roma-Orte-Firenze (linea lenta)**  
**Sito di misura Settebagni - Monterotondo**

Linea: Roma – Orte – Firenze (lenta)												
Tratta: Settebagni - Monterotondo												
Progressiva chilometrica: 23.710												
Postazione di misura #1: 7.5 m distanza mezzera binario vicino; 1.2 m altezza sul piano del ferro												
Postazione di misura #2: 25 m distanza mezzera binario vicino; 3.5 m altezza sul piano del ferro												
Tipologia	Durata (s)	Velocità Km/h	SEL misurato dB(A)		SEL predetto INAC dB(A)		Scostamento INAC dB(A)		SEL predetto SRM II dB(A)		Scostamento SRM II dB(A)	
			Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2
MERCI	17.4	37.7	112.6	106.4	99.7	94.1	-12.9	-12.3	96.1	89.9	-16.5	-16.5
MERCI	22.4	36.0	106.1	99.8	99.2	93.7	-6.9	-6.1	95.9	89.6	-10.2	-10.2
MERCI	21.7	81.1	109.2	104.4	104.3	100.0	-4.9	-4.4	99.9	95.4	-9.3	-9.0
R	3.4	93.6	97.4	91.1	96.6	91.0	-0.8	-0.1	95.4	89.6	-2.0	-1.5
R	3.7	86.0	96.6	90.0	95.8	90.3	-0.8	0.3	94.4	88.6	-2.2	-1.4
R	3.9	82.7	96.1	89.5	95.5	89.9	-0.6	0.4	93.9	88.1	-2.2	-1.4
R	3.9	81.0	95.4	88.7	95.3	89.7	-0.1	1.0	93.7	87.8	-1.7	-0.9
R	3.6	88.9	94.1	83.8	94.2	89.8	0.1	6.0	92.8	88.2	-1.3	4.4
R	3.6	87.7	95.4	89.2	96.0	90.4	0.6	1.2	94.6	88.8	-0.8	-0.4
R	3.9	81.6	94.7	87.3	95.4	89.8	0.7	2.5	93.8	87.9	-0.9	0.6
MERCI	7.1	92.2	106.5	101.5	107.4	101.8	0.9	0.3	103.3	97.4	-3.2	-4.1
R	3.8	83.3	94.6	90.2	95.6	90.0	1.0	-0.2	94.0	88.2	-0.6	-2.0
R	3.7	87.2	94.5	94.5	95.9	90.4	1.4	-4.1	94.6	88.7	0.1	-5.8
R	4.0	79.6	93.3	86.9	95.2	89.6	1.9	2.7	93.5	87.6	0.2	0.7
R	3.7	86.2	94.0	87.6	95.9	90.3	1.9	2.7	94.4	88.6	0.4	1.0
R	3.7	85.5	93.9	87.4	95.8	90.2	1.9	2.8	94.3	88.5	0.4	1.1
R	3.7	85.5	93.2	87.0	95.8	90.2	2.6	3.2	94.3	88.5	1.1	1.5
R	3.6	87.7	93.3	86.8	96.0	90.4	2.7	3.6	94.6	88.8	1.3	2.0
R	4.0	80.2	92.4	86.0	95.2	89.7	2.8	3.7	93.6	87.7	1.2	1.7
R	3.8	82.9	92.6	86.3	95.5	89.9	2.9	3.6	94.0	88.1	1.4	1.8
R	3.7	85.8	90.9	85.5	93.9	89.5	3.0	4.0	92.4	87.8	1.5	2.3
R	3.7	87.0	90.9	85.2	94.0	89.6	3.1	4.4	92.5	87.9	1.6	2.7
R	3.7	86.2	90.8	86.1	93.9	89.6	3.1	3.5	92.4	87.8	1.6	1.7
R	3.9	81.8	90.2	85.2	93.4	89.1	3.2	3.9	91.8	87.2	1.6	2.0
R	3.7	85.1	90.4	87.4	93.8	89.5	3.4	2.1	92.3	87.7	1.9	0.3
R	4.1	77.2	89.4	84.6	92.9	88.6	3.5	4.0	91.1	86.5	1.7	1.9
R	3.5	89.9	90.7	85.9	94.3	89.9	3.6	4.0	92.9	88.4	2.2	2.5
R	3.8	84.4	89.9	85.1	93.7	89.4	3.8	4.3	92.2	87.6	2.3	2.5
R	4.8	67.0	87.5	82.4	91.7	87.4	4.2	5.0	89.4	84.8	1.9	2.4
R	3.9	81.8	89.2	83.8	93.4	89.1	4.2	5.3	91.8	87.2	2.6	3.4
R	3.6	88.9	89.8	85.4	94.2	89.8	4.4	4.4	92.8	88.2	3.0	2.8
R	3.7	86.0	89.4	84.4	93.9	89.5	4.5	5.1	92.4	87.8	3.0	3.4
R	3.6	87.9	91.2	85.0	96.0	90.5	4.8	5.5	94.7	88.8	3.5	3.8
R	3.9	81.0	90.1	84.4	95.3	89.7	5.2	5.3	93.7	87.8	3.6	3.4
R	3.7	85.8	88.5	83.4	93.9	89.5	5.4	6.1	92.4	87.8	3.9	4.4
R	3.6	87.4	88.3	83.3	94.0	89.7	5.7	6.4	92.6	88.0	4.3	4.7
R	3.9	81.6	87.6	82.7	93.4	89.1	5.8	6.4	91.8	87.2	4.2	4.5
R	3.9	82.7	87.4	83.8	93.5	89.2	6.1	5.4	91.9	87.3	4.5	3.5
R	3.8	83.5	87.3	82.3	93.6	89.3	6.3	7.0	92.0	87.5	4.7	5.2
R	3.9	81.8	86.0	81.2	93.4	89.1	7.4	7.9	91.8	87.2	5.8	6.0

**Linea 2 Roma-Orte-Firenze (linea lenta)**  
**Sito di misura Pianabella - Fara Sabina**

Linea: Roma – Orte – Firenze (lenta)												
Tratta: Pianabella - Fara Sabina												
Progressiva chilometrica: 33.790												
Postazione di misura #1: 12.5 m distanza mezzzeria binario vicino; 1.8 m altezza sul piano del ferro												
Postazione di misura #2: 25 m distanza mezzzeria binario vicino; 3.5 m altezza sul piano del ferro												
Tipologia	Durata (s)	Velocità Km/h	SEL misurato dB(A)		SEL predetto INAC dB(A)		Scostamento INAC dB(A)		SEL predetto SRM II dB(A)		Scostamento SRM II dB(A)	
			Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2
R	3.4	94.4	99.2	95.6	93.1	90.4	-6.1	-5.2	91.8	89.0	-7.4	-6.6
R	3.8	83.1	98.7	95.4	93.2	90.0	-5.5	-5.4	91.6	88.1	-7.1	-7.3
R	3.4	93.3	98.4	94.7	93.0	90.3	-5.4	-4.4	91.7	88.8	-6.7	-5.9
R	3.8	83.7	94.5	90.5	93.3	90.0	-1.2	-0.5	91.7	88.2	-2.8	-2.3
R	4.3	74.9	93.2	89.5	92.3	89.1	-0.9	-0.4	90.3	86.9	-2.9	-2.6
R	3.6	87.4	94.2	90.4	93.7	90.4	-0.5	0.0	92.2	88.8	-2.0	-1.6
R	3.4	92.8	94.6	90.9	94.2	90.9	-0.4	0.0	92.9	89.5	-1.7	-1.4
R	3.3	95.3	93.4	89.8	93.1	90.4	-0.3	0.6	91.9	89.1	-1.5	-0.7
R	3.7	85.3	91.8	88.1	92.2	89.5	0.4	1.4	90.6	87.7	-1.2	-0.4
R	3.5	92.0	92.9	89.0	94.1	90.9	1.2	1.9	92.8	89.4	-0.1	0.4
R	3.8	83.3	91.5	88.0	93.3	90.0	1.8	2.0	91.6	88.2	0.1	0.2
R	3.2	98.5	92.8	89.4	94.7	91.5	1.9	2.1	93.7	90.2	0.9	0.8
MERCI	13.9	83.5	102.3	98.8	104.3	101.0	2.0	2.2	99.9	96.4	-2.4	-2.4
R	3.5	92.0	92.0	88.7	94.1	90.9	2.1	2.2	92.8	89.4	0.8	0.7
R	4.2	76.7	90.3	86.7	92.5	89.3	2.2	2.6	90.6	87.2	0.3	0.5
R	3.5	90.4	91.6	88.1	94.0	90.7	2.4	2.6	92.6	89.2	1.0	1.1
R	3.4	93.6	91.8	88.1	94.3	91.0	2.5	2.9	93.0	89.6	1.2	1.5
MERCI	16.2	74.6	100.7	97.2	103.3	100.0	2.6	2.8	98.8	95.3	-1.9	-1.9
R	3.4	93.3	91.4	87.9	94.3	91.0	2.9	3.1	93.0	89.6	1.6	1.7
R	3.8	83.3	88.7	85.4	92.0	89.3	3.3	3.9	90.3	87.4	1.6	2.0
R	3.4	92.5	89.6	86.4	92.9	90.2	3.3	3.8	91.5	88.7	1.9	2.3
R	3.8	84.9	90.1	86.8	93.4	90.2	3.3	3.4	91.8	88.4	1.7	1.6
R	3.3	97.0	91.0	87.4	94.6	91.3	3.6	3.9	93.5	90.0	2.5	2.6
R	3.7	86.0	89.8	86.5	93.5	90.3	3.7	3.8	92.0	88.6	2.2	2.1
R	3.7	86.0	89.6	85.8	93.5	90.3	3.9	4.5	92.0	88.6	2.4	2.8
R	3.7	85.1	88.2	85.3	92.2	89.5	4.0	4.2	90.5	87.7	2.3	2.4
MERCI	26.4	63.1	97.8	94.2	101.8	98.5	4.0	4.3	97.3	93.8	-0.5	-0.4
R	3.4	93.1	88.9	85.2	92.9	90.2	4.0	5.0	91.6	88.8	2.7	3.6
MERCI	14.9	77.9	98.3	95.6	102.3	99.6	4.0	4.0	97.8	95.0	-0.5	-0.6
MERCI	8.0	95.0	100.0	96.9	104.1	101.4	4.1	4.5	99.8	97.0	-0.2	0.1
R	3.4	92.8	89.7	86.0	94.2	90.9	4.5	4.9	92.9	89.5	3.2	3.5
R	3.7	85.5	87.6	84.1	92.2	89.5	4.6	5.4	90.6	87.7	3.0	3.6
R	3.5	92.0	88.0	84.6	92.8	90.1	4.8	5.5	91.5	88.6	3.5	4.0
R	3.6	88.2	86.6	84.1	92.5	89.8	5.9	5.7	91.0	88.1	4.4	4.0
R	3.7	85.1	85.9	82.7	92.2	89.5	6.3	6.8	90.5	87.7	4.6	5.0
R	3.6	88.6	86.2	82.6	92.5	89.8	6.3	7.2	91.0	88.2	4.8	5.6
R	3.4	93.3	86.3	83.0	93.0	90.3	6.7	7.3	91.7	88.8	5.4	5.8
R	3.8	83.1	86.4	82.6	93.2	90.0	6.8	7.4	91.6	88.1	5.2	5.5
R	3.6	89.6	87.0	83.4	93.9	90.6	6.9	7.2	92.5	89.1	5.5	5.7
R	3.7	86.7	85.2	82.4	92.3	89.6	7.1	7.2	90.8	87.9	5.6	5.5
R	3.5	90.2	86.5	83.0	94.0	90.7	7.5	7.7	92.6	89.1	6.1	6.1
R	4.0	80.6	85.5	81.7	93.0	89.7	7.5	8.0	91.2	87.8	5.7	6.1
R	3.4	93.1	85.4	81.9	92.9	90.2	7.5	8.3	91.6	88.8	6.2	6.9
R	3.5	91.4	85.1	82.1	92.8	90.1	7.7	8.0	91.4	88.6	6.3	6.5
R	3.7	86.0	82.6	79.4	92.2	89.5	9.6	10.1	90.7	87.8	8.1	8.4
MERCI	18.9	72.1	91.3	88.0	101.7	99.0	10.4	11.0	97.1	94.2	5.8	6.2

**Linea 2 Roma-Orte-Firenze (linea lenta)**  
**Sito di misura Fara Sabina - Poggio Mirteto**

Linea: Roma – Orte – Firenze (lenta)												
Tratta: Fara Sabina - Poggio Mirteto												
Progressiva chilometrica: 47.390												
Postazione di misura #1: 7.5 m distanza mezzera binario vicino; 1.2 m altezza sul piano del ferro												
Postazione di misura #2: 25 m distanza mezzera binario vicino; 3.5 m altezza sul piano del ferro												
Tipologia	Durata (s)	Velocità Km/h	SEL misurato dB(A)		SEL predetto INAC dB(A)		Scostamento INAC dB(A)		SEL predetto SRM II dB(A)		Scostamento SRM II dB(A)	
			Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2
MERCI	16.2	68.4	107.4	101.1	104.8	99.2	-2.6	-1.9	100.5	94.5	-6.9	-6.6
MERCI	23.1	59.0	103.2	98.1	101.5	97.2	-1.7	-0.9	97.1	92.4	-6.1	-5.7
MERCI	27.8	36.3	100.8	94.7	99.3	93.7	-1.5	-1.0	95.9	89.7	-4.9	-5.0
E/EN	13.5	63.0	98.8	92.6	98.9	93.3	0.1	0.7	96.9	90.7	-1.9	-1.9
MERCI	19.8	84.1	106.4	99.9	106.6	101.0	0.2	1.1	102.4	96.5	-4.0	-3.4
MERCI	21.5	51.6	99.9	94.7	100.4	96.1	0.5	1.4	96.0	91.3	-3.9	-3.4
MERCI	32.7	46.2	99.7	93.7	101.4	95.8	1.7	2.1	97.4	91.3	-2.3	-2.4
R	4.0	79.0	90.1	83.6	93.1	88.8	3.0	5.2	91.4	86.8	1.3	3.2
R	4.8	66.3	87.9	82.3	91.6	87.3	3.7	5.0	89.3	84.6	1.4	2.3
R	3.7	87.0	92.0	85.5	95.9	90.4	3.9	4.9	94.5	88.7	2.5	3.2
R	3.9	82.7	91.5	85.1	95.5	89.9	4.0	4.8	93.9	88.1	2.4	3.0
R	4.6	68.9	89.4	83.0	93.9	88.3	4.5	5.3	91.7	85.9	2.3	2.9
R	4.2	75.8	90.2	83.7	94.7	89.2	4.5	5.5	92.9	87.0	2.7	3.3
R	4.1	77.2	87.1	81.7	92.9	88.6	5.8	6.9	91.1	86.5	4.0	4.8
R	3.8	83.5	89.0	82.8	95.6	90.0	6.6	7.2	94.1	88.2	5.1	5.4
R	3.9	81.8	88.4	82.0	95.4	89.8	7.0	7.8	93.8	87.9	5.4	5.9
R	3.9	82.2	86.4	81.0	93.5	89.2	7.1	8.2	91.9	87.3	5.5	6.3
R	4.2	76.7	84.9	79.7	92.9	88.5	8.0	8.8	91.0	86.4	6.1	6.7
R	5.3	59.9	84.2	78.2	92.7	87.1	8.5	8.9	90.1	84.2	5.9	6.0
R	4.0	79.6	83.8	79.1	93.2	88.9	9.4	9.8	91.5	86.9	7.7	7.8
R	3.8	82.9	71.2	66.3	93.6	89.2	22.4	22.9	92.0	87.4	20.8	21.1

**Linea 3 Roma-Civitavecchia-Livorno-Pisa**  
**Sito di misura Torre in Pietra – Maccarese**

Linea: Roma – Civitavecchia - Livorno - Pisa												
Tratta: Torre in Pietra - Maccarese												
Progressiva chilometrica: 37.200												
Postazione di misura #1: 7.5 m distanza mezzera binario vicino; 1.2 m altezza sul piano del ferro												
Postazione di misura #2: 20 m distanza mezzera binario vicino; 3.0 m altezza sul piano del ferro												
Tipologia	Durata (s)	Velocità Km/h	SEL misurato dB(A)		SEL predetto INAC dB(A)		Scostamento INAC dB(A)		SEL predetto SRM II dB(A)		Scostamento SRM II dB(A)	
			Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2
IC/EC	7.2	141.5	114.4	110.5	103.0	98.6	-11.4	-11.9	105.1	100.4	-9.3	-10.1
IC/EC	6.9	146.2	110.2	107.2	101.4	98.1	-8.8	-9.1	103.5	100.0	-6.7	-7.2
IC/EC	7.6	157.9	108.6	105.8	102.0	98.7	-6.6	-7.1	104.6	101.1	-4.0	-4.7
IC/EC	6.5	157.1	106.8	104.1	102.0	98.7	-4.8	-5.4	104.5	101.0	-2.3	-3.1
IC/EC	8.9	136.0	107.1	103.4	102.6	98.3	-4.5	-5.1	104.5	99.9	-2.6	-3.5
R	7.9	107.1	99.3	97.7	95.8	92.4	-3.5	-5.3	99.6	96.0	0.3	-1.7
D	6.9	132.7	104.5	101.0	101.6	97.2	-2.9	-3.8	104.2	99.6	-0.3	-1.4
R	8.3	102.2	97.8	95.8	97.3	92.9	-0.5	-2.9	101.1	96.4	3.3	0.6
IC/EC	7.8	141.4	100.7	98.6	101.1	97.8	0.4	-0.8	103.1	99.5	2.4	0.9
R	7.8	108.0	96.9	94.5	97.8	93.4	0.9	-1.1	101.7	97.0	4.8	2.5
R	7.1	119.4	95.1	94.2	96.7	93.4	1.6	-0.8	100.9	97.3	5.8	3.1
D	5.6	146.5	100.8	98.1	102.5	98.1	1.7	0.0	105.5	100.9	4.7	2.8
MERCI	8.4	83.8	102.8	99.4	104.6	101.2	1.8	1.8	100.3	96.7	-2.5	-2.7
D	5.9	138.8	99.6	96.0	102.0	97.6	2.4	1.6	104.8	100.2	5.2	4.2
D	6.0	137.4	96.2	94.7	100.0	96.7	3.8	2.0	102.7	99.2	6.5	4.5
IC/EC	6.8	150.1	99.2	96.3	103.5	99.1	4.3	2.8	105.9	101.2	6.7	4.9
IC/EC	7.4	124.1	97.0	94.0	101.8	97.5	4.8	3.5	103.4	98.7	6.4	4.7
R	2.7	118.3	91.5	88.7	96.7	93.3	5.2	4.6	96.3	92.8	4.8	4.1
R	3.0	105.0	92.2	85.8	97.6	93.1	5.4	7.3	96.9	92.2	4.7	6.4
R	2.6	123.8	93.1	89.0	99.0	94.6	5.9	5.6	98.9	94.2	5.8	5.2
R	3.4	93.9	86.7	83.9	94.6	91.3	7.9	7.4	93.5	89.9	6.8	6.0
R	3.0	106.1	85.3	82.3	95.7	92.3	10.4	10.0	95.0	91.4	9.7	9.1
D	5.2	159.6	90.9	91.2	101.3	98.0	10.4	6.8	104.7	101.2	13.8	10.0
R	2.9	109.4	87.5	83.1	97.9	93.5	10.4	10.4	97.4	92.7	9.9	9.6
R	2.8	113.3	87.2	83.2	98.2	93.8	11.0	10.6	97.8	93.1	10.6	9.9
R	2.8	112.5	87.1	83.7	98.2	93.7	11.1	10.0	97.7	93.0	10.6	9.3
R	4.1	78.0	81.3	82.2	93.0	89.7	11.7	7.5	91.2	87.6	9.9	5.4
R	2.8	115.3	82.9	83.1	96.4	93.1	13.5	10.0	96.0	92.4	13.1	9.3
R	2.9	109.4	81.8	81.9	96.0	92.6	14.2	10.7	95.4	91.8	13.6	9.9
R	3.0	106.4	81.3	81.9	95.7	92.4	14.4	10.5	95.0	91.4	13.7	9.5
R	2.7	117.4	82.9	82.8	98.5	94.1	15.6	11.3	98.2	93.6	15.3	10.8



**Linea 3 Roma-Civitavecchia-Livorno-Pisa**  
**Sito di misura M.Cerveteri – Ladispoli**

Linea: Roma – Civitavecchia - Livorno - Pisa												
Tratta: M.Cerveteri - Ladispoli												
Progressiva chilometrica: 52.700												
Postazione di misura #1: 7.5 m distanza mezzera binario vicino; 1.2 m altezza sul piano del ferro												
Postazione di misura #2: 25 m distanza mezzera binario vicino; 3.5 m altezza sul piano del ferro												
Tipologia	Durata (s)	Velocità Km/h	SEL misurato dB(A)		SEL predetto INAC dB(A)		Scostamento INAC dB(A)		SEL predetto SRM II dB(A)		Scostamento SRM II dB(A)	
			Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2
D	7.9	116.1	111.3	105.6	100.5	95.0	-10.8	-10.6	102.6	96.7	-8.7	-8.9
R	3.1	104.3	106.4	97.2	97.5	91.9	-8.9	-5.3	96.8	90.9	-9.6	-6.3
MERCI	21.5	79.6	113.5	107.2	106.1	100.6	-7.4	-6.6	101.9	95.9	-11.6	-11.3
D	7.9	104.6	104.5	100.8	97.6	93.4	-6.9	-7.4	99.3	94.7	-5.2	-6.1
MERCI	15.5	65.1	109.2	104.4	102.4	98.1	-6.8	-6.3	97.9	93.3	-11.3	-11.1
R	3.6	88.4	102.7	92.6	96.1	90.5	-6.6	-2.1	94.7	88.9	-8.0	-3.7
IC/EC	8.1	124.8	108.3	103.2	101.9	96.4	-6.4	-6.8	103.5	97.6	-4.8	-5.6
D	7.0	103.7	103.9	100.6	97.6	93.3	-6.3	-7.3	99.2	94.6	-4.7	-6.0
IC/EC	8.3	144.6	108.9	104.1	103.2	97.7	-5.7	-6.4	105.4	99.6	-3.5	-4.5
IC/EC	7.8	153.9	108.4	103.4	103.7	98.3	-4.7	-5.1	106.2	100.5	-2.2	-2.9
IC/EC	6.6	153.8	107.8	103.1	103.7	98.3	-4.1	-4.8	106.2	100.4	-1.6	-2.7
MERCI	12.2	57.9	104.9	100.2	101.4	97.1	-3.5	-3.1	96.9	92.2	-8.0	-8.0
D	6.6	111.2	101.4	98.4	98.2	93.9	-3.2	-4.5	100.0	95.4	-1.4	-3.0
IC/EC	6.8	150.1	106.3	101.1	103.5	98.0	-2.8	-3.1	105.9	100.1	-0.4	-1.0
R	3.2	99.5	97.9	92.3	95.1	90.8	-2.8	-1.5	94.2	89.6	-3.7	-2.7
R	3.2	99.5	97.9	92.3	95.1	90.8	-2.8	-1.5	94.2	89.6	-3.7	-2.7
R	9.0	93.9	99.0	93.9	96.6	91.0	-2.4	-2.9	100.2	94.3	1.2	0.4
R	9.7	87.3	96.4	93.1	94.0	89.7	-2.4	-3.4	97.4	92.7	1.0	-0.4
R	2.7	117.4	100.6	91.8	98.5	93.0	-2.1	1.2	98.2	92.4	-2.4	0.6
IC/EC	6.2	162.7	104.1	100.4	102.3	98.0	-1.8	-2.4	105.0	100.5	0.9	0.1
R	3.2	100.7	96.8	90.3	95.3	90.9	-1.5	0.6	94.3	89.8	-2.5	-0.5
D	7.9	104.3	100.5	95.4	99.5	94.0	-1.0	-1.4	101.4	95.4	0.9	0.0
R	2.7	116.1	97.0	90.0	96.5	92.2	-0.5	2.2	96.1	91.5	-0.9	1.5
R	10.3	73.7	92.9	90.4	92.5	88.2	-0.4	-2.2	95.9	91.2	3.0	0.8
ETR500	4.3	196.1	100.8	95.5	101.5	96.0	0.7	0.5	99.6	93.8	-1.2	-1.7
R	2.7	119.6	97.8	89.7	98.7	93.1	0.9	3.4	98.5	92.6	0.7	2.9
IC/EC	7.2	140.9	99.0	95.4	101.1	96.8	2.1	1.4	103.0	98.5	4.0	3.1
R	10.0	84.1	91.0	88.1	93.7	89.4	2.7	1.3	97.1	92.4	6.1	4.3
IC/EC	7.0	145.2	98.3	95.8	101.3	97.1	3.0	1.3	103.4	98.9	5.1	3.1
R	8.9	95.3	93.7	89.0	96.7	91.2	3.0	2.2	100.4	94.4	6.7	5.4
IC/EC	7.2	167.2	98.4	94.5	102.5	98.3	4.1	3.8	105.4	100.9	7.0	6.4
D	8.1	90.4	93.9	88.8	98.3	92.8	4.4	4.0	99.9	93.9	6.0	5.1
R	3.2	98.5	90.5	84.6	95.1	90.7	4.6	6.1	94.1	89.5	3.6	4.9
R	2.8	114.5	90.7	84.2	96.4	92.0	5.7	7.8	95.9	91.4	5.2	7.2
D	7.7	106.9	93.4	88.5	99.8	94.3	6.4	5.8	101.6	95.7	8.2	7.2
R	3.1	104.3	89.8	81.7	97.5	91.9	7.7	10.2	96.8	90.9	7.0	9.2
E/EN	7.4	149.4	96.6	91.3	104.4	100.0	7.8	8.7	103.8	99.3	7.2	8.0
R	3.3	97.6	87.7	79.2	96.9	91.4	9.2	12.2	96.0	90.1	8.3	10.9
R	3.1	102.3	81.9	76.6	95.4	91.1	13.5	14.5	94.5	90.0	12.6	13.4
R	2.8	113.7	82.1	77.1	96.3	92.0	14.2	14.9	95.8	91.3	13.7	14.2



**Linea 4 Roma-Formia-Napoli**  
**Sito di misura Torricola – RM Casilina**

Linea: Roma – Formia - Napoli													
Tratta: Roma Casilina - Torricola													
Progressiva chilometrica: 9.500													
Postazione di misura #1: 7.5 m distanza mezzera binario vicino; 1.2 m altezza sul piano del ferro													
Postazione di misura #2: 25 m distanza mezzera binario vicino; 3.5 m altezza sul piano del ferro													
Tipologia	Durata (s)	Velocità Km/h	SEL misurato dB(A)		SEL predetto INAC dB(A)		Scostamento INAC dB(A)		SEL predetto SRM II dB(A)		Scostamento SRM II dB(A)		
			Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	
R	9.3	52.9	107.1	101.7	89.7	85.3	-17.4	-16.4	93.6	88.8	-13.5	-12.9	
R	4.6	126.2	107.7	101.0	97.2	92.9	-10.5	-8.1	101.6	97.0	-6.1	-4.0	
ETR500	5.7	177.8	110.9	101.2	100.6	95.2	-10.3	-6.0	98.8	93.1	-12.1	-8.1	
IC/EC	3.7	145.1	110.2	104.3	101.3	97.0	-8.9	-7.3	103.4	98.9	-6.8	-5.4	
R	3.6	138.5	107.9	98.9	100.0	94.4	-7.9	-4.5	104.8	99.0	-3.1	0.1	
R	5.7	133.5	105.3	99.7	97.7	93.4	-7.6	-6.3	102.3	97.8	-3.0	-1.9	
D	10.4	125.0	106.1	99.9	99.2	94.9	-6.9	-5.0	101.5	96.9	-4.6	-3.0	
ETR500	6.6	177.0	107.1	98.9	100.6	95.2	-6.5	-3.7	98.8	93.1	-8.3	-5.8	
ETR500	7.3	116.4	103.3	94.8	97.0	91.5	-6.3	-3.3	95.8	90.0	-7.5	-4.8	
ETR500	14.1	60.3	95.7	90.4	89.4	85.1	-6.3	-5.3	89.1	84.7	-6.6	-5.7	
R	6.7	86.2	100.2	94.6	93.9	89.6	-6.3	-5.0	97.3	92.6	-2.9	-2.0	
D	6.4	58.3	100.4	92.2	94.5	89.0	-5.9	-3.2	96.4	90.2	-4.0	-2.0	
IC/EC	8.6	161.3	109.4	100.9	104.1	98.7	-5.3	-2.2	106.8	101.1	-2.6	0.2	
MERCI	7.3	41.5	105.4	96.9	100.5	94.9	-4.9	-2.0	96.7	90.5	-8.7	-6.4	
R	9.8	130.3	104.3	96.4	99.4	93.9	-4.9	-2.5	104.0	98.2	-0.3	1.8	
IC/EC	7.8	141.4	105.8	99.7	101.1	96.8	-4.7	-2.9	103.1	98.6	-2.7	-1.1	
IC/EC	9.4	117.9	105.5	97.4	101.4	95.9	-4.1	-1.5	102.8	96.9	-2.7	-0.5	
D	6.6	153.3	104.1	96.3	101.0	96.7	-3.1	0.4	104.2	99.7	0.1	3.4	
IC/EC	8.9	146.6	106.3	97.6	103.3	97.8	-3.0	0.2	105.5	99.8	-0.8	2.2	
R	7.0	145.4	102.9	95.2	100.4	94.8	-2.5	-0.4	105.4	99.7	2.5	4.5	
IC/EC	9.4	127.9	102.5	96.4	100.2	96.0	-2.3	-0.4	101.8	97.2	-0.7	0.8	
MERCI	12.7	71.7	107.0	98.0	105.2	99.6	-1.8	1.6	100.9	94.9	-6.1	-3.1	
ETR500	8.4	101.4	95.3	89.7	93.9	89.6	-1.4	-0.1	92.7	88.3	-2.6	-1.4	
ETR500	7.8	149.7	98.5	92.8	97.3	93.0	-1.2	0.2	95.5	91.1	-3.0	-1.7	
ETR500	8.9	131.3	96.9	92.6	96.1	91.9	-0.8	-0.7	94.6	90.2	-2.3	-2.4	
ETR500	8.8	133.4	98.9	91.3	98.1	92.7	-0.8	1.4	96.8	91.0	-2.1	-0.3	
ETR500	5.9	143.5	99.2	94.1	98.8	93.3	-0.4	-0.8	97.3	91.5	-1.9	-2.6	
R	4.4	130.8	99.2	90.5	99.5	93.9	0.3	3.4	104.0	98.2	4.8	7.7	
R	5.3	108.9	95.3	88.8	95.9	91.6	0.6	2.8	99.8	95.2	4.5	6.4	
R	3.4	144.6	99.7	90.6	100.3	94.8	0.6	4.2	105.4	99.6	5.7	9.0	
R	5.3	108.9	94.8	88.5	95.9	91.6	1.1	3.1	99.8	95.2	5.0	6.7	
IC/EC	7.1	169.7	100.7	94.6	102.7	98.4	2.0	3.8	105.6	101.2	4.9	6.6	
IC/EC	4.5	142.3	99.0	92.8	101.1	96.9	2.1	4.1	103.2	98.6	4.2	5.8	
D	7.9	140.0	99.9	90.9	102.1	96.6	2.2	5.7	104.9	99.1	5.0	8.2	
D	7.7	144.0	98.2	91.6	100.4	96.1	2.2	4.5	103.3	98.8	5.1	7.2	
ETR500	5.0	168.6	95.9	90.9	98.3	94.0	2.4	3.1	96.4	92.0	0.5	1.1	
R	4.3	136.0	96.6	88.1	99.8	94.3	3.2	6.2	104.5	98.8	7.9	10.7	
D	7.1	128.8	98.1	89.8	101.4	95.9	3.3	6.1	103.8	98.0	5.7	8.2	
R	4.2	138.9	96.7	88.1	100.0	94.4	3.3	6.3	104.8	99.0	8.1	10.9	
ETR500	6.3	134.2	92.7	86.8	96.3	92.0	3.6	5.2	94.7	90.3	2.0	3.5	
ETR500	9.4	125.0	93.8	87.1	97.6	92.1	3.8	5.0	96.3	90.6	2.5	3.5	
MERCI	7.8	90.1	101.4	95.6	105.2	100.9	3.8	5.3	101.0	96.4	-0.4	0.8	
ETR500	5.6	152.8	93.5	88.1	97.4	93.2	3.9	5.1	95.7	91.3	2.2	3.2	
D	7.7	132.3	95.6	89.9	99.7	95.4	4.1	5.5	102.2	97.7	6.6	7.8	
D	5.7	160.6	97.2	91.3	101.4	97.1	4.2	5.8	104.8	100.3	7.6	9.0	
MERCI	14.2	81.4	102.1	93.1	106.3	100.7	4.2	7.6	102.1	96.2	0.0	3.1	
R	4.3	134.7	92.5	86.9	97.8	93.4	5.3	6.5	102.4	97.9	9.9	11.0	
IC/EC	10.8	129.6	94.9	88.9	100.3	96.1	5.4	7.2	101.9	97.4	7.0	8.5	
D	7.4	149.0	97.1	89.4	102.6	97.1	5.5	7.7	105.8	100.0	8.7	10.6	
ETR500	6.0	140.7	91.4	85.7	98.6	93.2	7.2	7.5	97.1	91.4	5.7	5.7	

**Linea 4 Roma-Formia-Napoli**  
**Sito di misura Torricola – Pomezia**

Linea: Roma – Formia - Napoli												
Tratta: Torricola - Pomezia												
Progressiva chilometrica: 20.550												
Postazione di misura #1: 12.5 m distanza mezzera binario vicino; 1.8 m altezza sul piano del ferro												
Postazione di misura #2: 25 m distanza mezzera binario vicino; 3.5 m altezza sul piano del ferro												
Tipologia	Durata (s)	Velocità Km/h	SEL misurato dB(A)		SEL predetto INAC dB(A)		Scostamento INAC dB(A)		SEL predetto SRM II dB(A)		Scostamento SRM II dB(A)	
			Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2
IC/EC	8.0	126.4	109.5	108.0	99.7	96.5	-9.8	-11.5	101.2	97.8	-8.3	-10.2
ETR500	19.3	61.1	97.0	96.1	87.9	85.2	-9.1	-10.9	87.5	84.8	-9.5	-11.3
ETR500	5.5	154.4	105.7	104.1	97.2	94.0	-8.5	-10.1	95.4	92.1	-10.3	-12.0
MERCI	26.1	19.3	98.7	95.8	90.2	87.5	-8.5	-8.3	89.0	86.0	-9.7	-9.8
D	5.5	149.7	108.3	106.9	100.4	97.2	-7.9	-9.7	103.4	100.1	-4.9	-6.8
ETR500	30.3	38.8	89.5	89.0	83.9	81.3	-5.6	-7.7	84.3	81.6	-5.2	-7.4
ETR500	5.1	165.5	102.3	100.9	97.8	94.6	-4.5	-6.3	95.9	92.6	-6.4	-8.3
IC/EC	7.7	156.7	105.9	104.1	101.6	98.4	-4.3	-5.7	104.1	100.7	-1.8	-3.4
D	7.1	143.3	102.7	101.8	98.8	96.1	-3.9	-5.7	101.5	98.7	-1.2	-3.1
R	4.4	131.1	99.1	98.2	95.9	93.2	-3.2	-5.0	100.3	97.5	1.2	-0.7
ETR500	13.0	65.1	91.5	90.6	88.4	85.8	-3.1	-4.8	87.9	85.2	-3.6	-5.4
MERCI	18.1	50.0	101.4	99.1	98.5	95.8	-2.9	-3.3	94.0	91.1	-7.4	-8.0
R	5.3	93.8	95.5	94.9	93.0	90.3	-2.5	-4.6	96.4	93.5	0.9	-1.4
R	3.7	134.0	98.1	97.3	96.1	93.4	-2.0	-3.9	100.6	97.8	2.5	0.5
D	9.7	95.1	98.4	97.1	96.5	93.2	-1.9	-3.9	97.9	94.4	-0.5	-2.7
ETR500	9.0	131.3	97.4	96.1	95.8	92.6	-1.6	-3.5	94.3	90.9	-3.1	-5.2
D	6.8	149.9	101.9	100.6	100.4	97.2	-1.5	-3.4	103.5	100.1	1.6	-0.5
MERCI	11.8	77.1	103.6	101.0	102.2	99.5	-1.4	-1.5	97.7	94.9	-5.9	-6.1
ETR500	12.1	70.1	90.2	89.2	89.1	86.4	-1.1	-2.8	88.4	85.7	-1.8	-3.5
R	3.7	132.9	98.1	97.2	97.3	94.1	-0.8	-3.1	101.8	98.4	3.7	1.2
D	7.4	123.9	97.7	96.6	97.5	94.8	-0.2	-1.8	99.6	96.8	1.9	0.2
ETR500	7.1	167.0	97.5	96.3	97.8	94.7	0.3	-1.6	96.0	92.6	-1.5	-3.7
IC/EC	8.8	147.1	99.9	98.5	101.1	97.9	1.2	-0.6	103.2	99.8	3.3	1.3
R	4.9	118.5	95.1	94.5	96.3	93.1	1.2	-1.4	100.4	97.0	5.3	2.5
D	5.3	155.3	98.1	96.5	99.5	96.8	1.4	0.3	102.6	99.9	4.5	3.4
IC/EC	8.0	163.1	98.8	97.3	100.7	98.1	1.9	0.8	103.3	100.6	4.5	3.3
ETR500	8.0	146.8	94.4	93.3	96.7	93.5	2.3	0.2	95.1	91.7	0.7	-1.6
R	3.9	126.1	92.8	92.1	95.6	92.9	2.8	0.8	99.8	97.0	7.0	4.9
MERCI	11.4	93.0	100.4	98.0	103.9	101.2	3.5	3.2	99.6	96.7	-0.8	-1.3
IC/EC	7.4	137.1	95.7	94.3	99.2	96.6	3.5	2.3	100.9	98.1	5.2	3.8
IC/EC	7.7	155.7	97.7	96.4	101.6	98.4	3.9	2.0	104.0	100.6	6.3	4.2
MERCI	15.0	67.1	97.0	94.7	101.0	98.3	4.0	3.6	96.4	93.5	-0.6	-1.2
R	3.6	137.0	93.5	92.6	97.6	94.3	4.1	1.7	102.2	98.8	8.7	6.2
IR	6.6	152.6	94.6	92.9	99.3	96.6	4.7	3.7	102.4	99.6	7.8	6.7
D	7.2	141.5	95.0	93.8	99.9	96.7	4.9	2.9	102.7	99.3	7.7	5.5
ETR500	5.0	168.8	92.6	91.3	97.9	94.7	5.3	3.4	96.1	92.7	3.5	1.4
R	3.8	129.8	91.7	91.0	97.1	93.8	5.4	2.8	101.5	98.1	9.8	7.1
D	4.7	156.3	93.8	92.9	99.5	96.8	5.7	3.9	102.7	100.0	8.9	7.1
R	4.0	123.3	90.5	89.7	96.7	93.4	6.2	3.7	100.9	97.5	10.4	7.8
MERCI	19.0	50.5	92.0	89.8	98.6	95.9	6.6	6.1	94.0	91.1	2.0	1.3
MERCI	10.7	84.8	96.2	93.7	103.1	100.4	6.9	6.7	98.6	95.8	2.4	2.1
R	3.9	128.1	88.2	87.6	95.7	93.0	7.5	5.4	100.0	97.2	11.8	9.6
MERCI	4.0	88.2	92.5	90.2	103.4	100.7	10.9	10.5	99.0	96.2	6.5	6.0
MERCI	5.4	93.2	91.5	89.3	103.9	101.2	12.4	11.9	99.6	96.8	8.1	7.5

**Linea 4 Roma-Formia-Napoli**  
**Sito di misura Cisterna di Latina – Campoleone**

Linea: Roma – Formia - Napoli												
Tratta: Cisterna di Latina - Campoleone												
Progressiva chilometrica: 39.800												
Postazione di misura #1: 10.0 m distanza mezzzeria binario vicino; 1.6 m altezza sul piano del ferro												
Postazione di misura #2: 20 m distanza mezzzeria binario vicino; 3.0 m altezza sul piano del ferro												
Tipologia	Durata (s)	Velocità Km/h	SEL misurato dB(A)		SEL predetto INAC dB(A)		Scostamento INAC dB(A)		SEL predetto SRM II dB(A)		Scostamento SRM II dB(A)	
			Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2
ETR500	4.9	174.0	108.7	107.0	97.7	95.2	-11.0	-11.8	95.8	93.2	-12.9	-13.8
IC/EC	6.2	164.0	111.2	108.3	103.0	99.9	-8.2	-8.4	105.8	102.5	-5.4	-5.8
IC/EC	8.5	164.1	111.0	108.4	103.1	99.9	-7.9	-8.5	105.8	102.5	-5.2	-5.9
IC/EC	8.1	148.9	110.0	107.4	102.2	99.1	-7.8	-8.3	104.4	101.1	-5.6	-6.3
IC/EC	9.8	142.8	107.8	106.3	100.3	97.8	-7.5	-8.5	102.3	99.7	-5.5	-6.6
MERCI	13.6	74.1	111.2	107.5	104.3	101.1	-6.9	-6.4	99.8	96.4	-11.4	-11.1
ETR500	5.1	165.2	105.6	102.7	98.8	95.6	-6.8	-7.1	97.0	93.7	-8.6	-9.0
D	7.0	144.6	107.7	105.0	101.2	98.0	-6.5	-7.0	104.0	100.7	-3.7	-4.3
ETR500	7.7	153.9	103.1	101.7	96.7	94.2	-6.4	-7.5	94.9	92.3	-8.2	-9.4
IC/EC	8.1	160.3	107.7	106.0	101.3	98.9	-6.4	-7.1	103.9	101.3	-3.8	-4.7
ETR500	6.6	179.0	103.6	101.9	98.0	95.5	-5.6	-6.4	96.0	93.4	-7.6	-8.5
ETR500	6.9	169.9	104.2	102.4	99.0	95.9	-5.2	-6.5	97.2	93.9	-7.0	-8.5
D	6.9	161.6	105.7	104.2	100.6	98.1	-5.1	-6.1	104.0	101.4	-1.7	-2.8
IC/EC	8.3	157.4	107.5	104.8	102.7	99.5	-4.8	-5.3	105.2	101.9	-2.3	-2.9
D	5.2	140.3	105.7	103.3	100.9	97.7	-4.8	-5.6	103.6	100.3	-2.1	-3.0
ETR500	6.7	175.8	103.3	100.9	99.3	96.2	-4.0	-4.7	97.4	94.1	-5.9	-6.8
ETR500	4.9	174.1	101.7	99.8	97.7	95.2	-4.0	-4.6	95.8	93.2	-5.9	-6.6
ETR500	5.0	169.5	102.9	99.9	99.0	95.9	-3.9	-4.0	97.2	93.9	-5.7	-6.0
ETR500	8.6	99.2	96.6	95.5	92.8	90.4	-3.8	-5.1	91.7	89.1	-4.9	-6.4
ETR500	5.0	170.9	101.0	99.1	97.6	95.1	-3.4	-4.0	95.6	93.0	-5.4	-6.1
D	6.7	136.5	102.3	100.7	99.1	96.6	-3.2	-4.1	101.7	99.1	-0.6	-1.6
ETR500	4.9	174.7	101.9	99.2	99.3	96.1	-2.6	-3.1	97.4	94.1	-4.5	-5.1
ETR500	6.8	173.2	99.9	98.7	97.7	95.2	-2.2	-3.5	95.7	93.1	-4.2	-5.6
MERCI	19.9	83.7	107.3	103.7	105.3	102.1	-2.0	-1.6	101.0	97.6	-6.3	-6.1
D	6.3	146.0	101.6	100.1	99.7	97.2	-1.9	-2.9	102.6	100.0	1.0	-0.1
D	5.9	171.8	104.5	101.8	102.6	99.5	-1.9	-2.3	106.4	103.1	1.9	1.3
D	6.3	145.5	102.8	99.8	101.2	98.0	-1.6	-1.8	104.1	100.8	1.3	1.0
ETR500	5.2	164.3	99.8	96.6	98.7	95.6	-1.1	-1.0	96.9	93.6	-2.9	-3.0
ETR500	5.0	168.9	100.0	97.5	99.0	95.8	-1.0	-1.7	97.2	93.8	-2.8	-3.7
IC/EC	7.3	164.6	103.9	101.0	103.1	99.9	-0.8	-1.1	105.8	102.5	1.9	1.5
D	6.0	153.8	100.9	99.0	100.2	97.7	-0.7	-1.3	103.3	100.7	2.4	1.7
IC/EC	7.5	160.9	102.0	100.4	101.4	98.9	-0.6	-1.5	104.0	101.3	2.0	0.9
IC/EC	7.4	136.9	100.6	98.7	100.0	97.5	-0.6	-1.2	101.7	99.1	1.1	0.4
D	6.4	158.6	102.4	99.4	102.0	98.8	-0.4	-0.6	105.3	102.0	2.9	2.6
R	6.8	136.7	99.0	97.2	98.6	95.4	-0.4	-1.8	103.3	99.9	4.3	2.7
MERCI	11.2	85.7	104.2	101.5	104.0	101.4	-0.2	-0.1	99.6	96.9	-4.6	-4.6
IR	5.1	161.4	102.1	98.8	102.1	98.9	0.0	0.1	105.5	102.2	3.4	3.4
ETR500	6.5	181.2	99.2	96.9	99.6	96.4	0.4	-0.5	97.7	94.4	-1.5	-2.5
E/EN	9.5	106.7	101.7	97.3	102.2	99.0	0.5	1.7	100.3	96.9	-1.4	-0.4
IC/EC	6.4	144.2	100.7	99.1	101.9	98.8	1.2	-0.3	104.0	100.7	3.3	1.6
IC/EC	8.7	138.6	98.3	96.8	100.1	97.6	1.8	0.8	101.9	99.3	3.6	2.5
IC/EC	5.3	156.2	100.7	98.2	102.6	99.5	1.9	1.3	105.1	101.8	4.4	3.6
IC/EC	5.4	153.9	98.4	96.7	101.0	98.5	2.6	1.8	103.3	100.7	4.9	4.0
D	8.4	131.3	96.0	93.6	100.3	97.1	4.3	3.5	102.8	99.4	6.8	5.8
IC/EC	9.0	144.1	96.0	94.3	100.4	97.9	4.4	3.6	102.4	99.8	6.4	5.5
MERCI	5.4	84.3	99.1	96.6	103.8	101.3	4.7	4.7	99.4	96.8	0.3	0.2
D	8.9	114.4	92.8	91.6	97.6	95.1	4.8	3.5	99.5	96.8	6.7	5.2
D	5.9	139.1	94.4	92.6	99.3	96.8	4.9	4.2	102.0	99.3	7.6	6.7
MERCI	1.7	86.9	92.9	88.8	105.7	102.4	12.8	13.6	101.4	98.0	8.5	9.2

**Linea 4 Roma-Formia-Napoli**  
**Sito di misura Latina – Sezze R.**

Linea: Roma – Formia - Napoli												
Tratta: Sezze - Latina Scalo												
Progressiva chilometrica: 63.100												
Postazione di misura #1: 12.5 m distanza mezzera binario vicino; 1.8 m altezza sul piano del ferro												
Postazione di misura #2: 25 m distanza mezzera binario vicino; 3.5 m altezza sul piano del ferro												
Tipologia	Durata (s)	Velocità Km/h	SEL misurato dB(A)		SEL predetto INAC dB(A)		Scostamento INAC dB(A)		SEL predetto SRM II dB(A)		Scostamento SRM II dB(A)	
			Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2
D	10.5	87.4	106.6	105.2	94.5	91.8	-12.1	-13.4	95.6	92.8	-11.0	-12.4
ETR500	5.4	157.3	107.0	104.7	97.3	94.1	-9.7	-10.6	95.6	92.2	-11.4	-12.5
ETR500	7.6	111.6	103.0	101.1	94.3	91.1	-8.7	-10.0	93.1	89.7	-9.9	-11.4
ETR500	7.4	115.4	101.9	100.5	93.4	90.7	-8.5	-9.8	92.0	89.2	-9.9	-11.3
IC/EC	15.5	139.0	108.8	106.6	100.6	97.4	-8.2	-9.2	102.4	99.1	-6.4	-7.5
D	12.5	81.1	103.0	100.9	95.1	91.9	-7.9	-9.0	96.4	92.8	-6.6	-8.1
IC/EC	12.7	101.9	105.5	103.2	97.9	94.7	-7.6	-8.5	98.6	95.2	-6.9	-8.0
IC/EC	12.8	93.9	104.5	103.2	97.2	94.0	-7.3	-9.2	97.8	94.3	-6.7	-8.9
D	7.6	121.2	105.9	103.8	98.6	95.3	-7.3	-8.5	100.7	97.2	-5.2	-6.6
R	12.1	77.2	99.9	98.2	92.6	89.3	-7.3	-8.9	95.9	92.4	-4.0	-5.8
ETR500	5.6	152.7	104.0	102.1	97.1	93.9	-6.9	-8.2	95.3	92.0	-8.7	-10.1
MERCI	18.4	49.3	106.6	103.1	99.7	96.4	-6.9	-6.7	95.3	91.8	-11.3	-11.3
ETR500	7.7	152.5	103.5	101.3	97.1	93.9	-6.4	-7.4	95.3	92.0	-8.2	-9.3
R	9.5	98.5	101.0	99.4	94.7	91.4	-6.3	-8.0	98.3	94.8	-2.7	-4.6
IC/EC	13.8	101.1	102.3	100.9	96.6	93.9	-5.7	-7.0	97.2	94.3	-5.1	-6.6
IC/EC	8.9	135.2	105.8	103.7	100.3	97.1	-5.5	-6.6	102.1	98.7	-3.7	-5.0
ETR500	11.1	76.6	94.9	93.5	89.8	87.2	-5.1	-6.3	89.0	86.3	-5.9	-7.2
IC/EC	12.5	111.7	103.2	101.2	98.7	95.5	-4.5	-5.7	99.7	96.2	-3.5	-5.0
R	5.8	99.4	98.6	97.2	94.8	91.5	-3.8	-5.7	98.4	94.9	-0.2	-2.3
ETR500	8.1	146.3	100.3	98.3	96.7	93.5	-3.6	-4.8	95.0	91.7	-5.3	-6.6
ETR500	5.6	151.7	99.7	97.7	97.0	93.8	-2.7	-3.9	95.3	91.9	-4.4	-5.8
IC/EC	10.1	100.0	100.3	98.2	97.7	94.5	-2.6	-3.7	98.4	95.0	-1.9	-3.2
IC/EC	5.7	176.6	104.9	103.0	102.7	99.5	-2.2	-3.5	105.8	102.4	0.9	-0.6
IR	9.3	118.9	100.6	98.1	98.4	95.2	-2.2	-2.9	100.4	97.0	-0.2	-1.1
D	13.0	78.1	95.5	94.2	93.5	90.8	-2.0	-3.4	94.6	91.7	-0.9	-2.5
D	5.5	115.1	99.9	97.8	98.1	94.9	-1.8	-2.9	100.0	96.6	0.1	-1.2
D	8.2	123.9	100.5	98.5	98.8	95.5	-1.7	-3.0	100.9	97.5	0.4	-1.0
ETR500	7.4	159.1	98.9	97.0	97.4	94.2	-1.5	-2.8	95.6	92.3	-3.3	-4.7
IC/EC	14.1	91.9	97.0	95.4	95.7	93.1	-1.3	-2.3	96.2	93.3	-0.8	-2.1
D	10.0	101.3	97.6	95.8	97.0	93.8	-0.6	-2.0	98.6	95.1	1.0	-0.7
MERCI	6.4	47.5	98.4	95.7	98.0	95.3	-0.4	-0.4	93.6	90.7	-4.8	-5.0
ETR500	8.4	140.4	95.4	94.4	95.1	92.4	-0.3	-2.0	93.4	90.6	-2.0	-3.8
IC/EC	9.6	106.0	97.0	95.7	97.0	94.3	0.0	-1.4	97.7	94.9	0.7	-0.8
IC/EC	6.9	134.1	98.9	97.6	99.0	96.4	0.1	-1.2	100.6	97.8	1.7	0.2
D	8.9	113.4	96.2	95.0	96.7	94.0	0.5	-1.0	98.5	95.7	2.3	0.7
D	8.0	126.2	96.7	95.7	97.7	95.0	1.0	-0.7	99.8	97.0	3.1	1.3
ETR500	8.4	139.7	93.9	93.1	95.0	92.4	1.1	-0.7	93.3	90.6	-0.6	-2.5
IC/EC	9.4	138.9	98.1	97.0	99.3	96.7	1.2	-0.3	101.1	98.3	3.0	1.3
D	8.9	114.5	94.8	93.6	96.8	94.1	2.0	0.5	98.6	95.8	3.8	2.2
ETR500	5.3	161.1	93.4	92.1	96.3	93.6	2.9	1.5	94.4	91.6	1.0	-0.5

**Linea 5 Avezzano-Roccasecca**  
**Sito di misura S. Vincenzo - Collepiano**

Linea: Avezzano - Roccasecca												
Tratta: San Vincenzo - Collepiano												
Progressiva chilometrica: 36.150												
Postazione di misura #1: 10.0 m distanza mezzera binario vicino; 1.6 m altezza sul piano del ferro												
Postazione di misura #2: 25 m distanza mezzera binario vicino; 3.5 m altezza sul piano del ferro												
Tipologia	Durata (s)	Velocità Km/h	SEL misurato dB(A)		SEL predetto INAC dB(A)		Scostamento INAC dB(A)		SEL predetto SRM II dB(A)		Scostamento SRM II dB(A)	
			Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2
R	3.4	71.2	92.9	89.0	93.0	88.6	0.1	-0.4	84.9	80.3	-8.0	-8.7
R	3.0	78.5	92.4	87.8	93.8	89.5	1.4	1.7	85.6	81.1	-6.8	-6.7
R	2.4	65.8	89.6	85.6	92.3	87.9	2.7	2.3	84.2	79.7	-5.4	-5.9
R	3.5	68.8	89.3	86.5	92.7	88.3	3.4	1.8	84.6	80.0	-4.7	-6.5
R	2.2	73.7	89.8	85.7	93.3	88.9	3.5	3.2	85.1	80.6	-4.7	-5.1
R	3.2	74.1	89.8	85.8	93.3	89.0	3.5	3.2	85.2	80.6	-4.6	-5.2
R	2.5	63.6	88.3	85.1	92.0	87.7	3.7	2.6	84.0	79.4	-4.3	-5.7
R	1.4	58.1	84.9	80.6	91.2	86.9	6.3	6.3	83.3	78.7	-1.6	-1.9

**Linea 5 Avezzano-Roccasecca**  
**Sito di misura Arce – Colfelice**

Linea: Avezzano - Roccasecca												
Tratta: Arce - Colfelice												
Progressiva chilometrica: 7.740												
Postazione di misura #1: 7.5 m distanza mezzera binario vicino; 1.2 m altezza sul piano del ferro												
Postazione di misura #2: 25 m distanza mezzera binario vicino; 3.5 m altezza sul piano del ferro												
Tipologia	Durata (s)	Velocità Km/h	SEL misurato dB(A)		SEL predetto INAC dB(A)		Scostamento INAC dB(A)		SEL predetto SRM II dB(A)		Scostamento SRM II dB(A)	
			Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2
R	3.7	64.3	94.5	88.2	93.3	87.7	-1.2	-0.5	85.4	79.5	-9.1	-8.7
R	3.3	72.3	95.2	88.5	94.3	88.8	-0.9	0.3	86.4	80.4	-8.8	-8.1
R	3.3	72.3	94.9	88.5	94.3	88.8	-0.6	0.3	86.4	80.4	-8.5	-8.1
R	3.5	68.6	94.4	88.2	93.9	88.3	-0.5	0.1	85.9	80.0	-8.5	-8.2
R	3.7	65.0	93.4	87.0	93.4	87.8	0.0	0.8	85.5	79.6	-7.9	-7.4
R	2.6	60.7	91.7	85.4	92.8	87.2	1.1	1.8	85.0	79.1	-6.7	-6.3
R	2.5	63.6	91.7	85.3	93.2	87.7	1.5	2.4	85.4	79.4	-6.3	-5.9
R	2.4	65.8	91.6	85.0	93.5	87.9	1.9	2.9	85.6	79.7	-6.0	-5.3
R	2.4	66.3	91.6	85.2	93.6	88.0	2.0	2.8	85.7	79.8	-5.9	-5.4
R	2.7	58.5	90.5	83.8	92.5	86.9	2.0	3.1	84.7	78.8	-5.8	-5.0
R	2.3	69.2	91.6	85.4	93.9	88.4	2.3	3.0	86.0	80.1	-5.6	-5.3
R	2.6	61.0	90.4	84.1	92.8	87.3	2.4	3.2	85.0	79.1	-5.4	-5.0
R	1.1	72.3	88.1	81.2	94.3	88.8	6.2	7.6	86.4	80.4	-1.7	-0.8

**Linea 5 Avezzano-Roccasecca**  
**Sito di misura Capistrello - Avezzano**

Linea: Avezzano - Roccasecca												
Tratta: Capistrello - Avezzano												
Progressiva chilometrica: 72.100												
Postazione di misura #1: 7.5 m distanza mezzera binario vicino; 1.2 m altezza sul piano del ferro												
Postazione di misura #2: 25 m distanza mezzera binario vicino; 3.5 m altezza sul piano del ferro												
Tipologia	Durata (s)	Velocità Km/h	SEL misurato dB(A)		SEL predetto INAC dB(A)		Scostamento INAC dB(A)		SEL predetto SRM II dB(A)		Scostamento SRM II dB(A)	
			Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2	Pos. #1	Pos. #2
R	2.2	73.3	100.9	101.6	94.4	88.9	-6.5	-12.7	86.5	80.6	-14.4	-21.0
R	3.3	47.6	91.4	86.6	90.7	85.1	-0.7	-1.5	83.7	77.7	-7.7	-8.9
R	2.5	63.9	93.9	90.6	93.3	87.7	-0.6	-2.9	85.4	79.5	-8.5	-11.1
R	3.0	79.8	95.6	90.4	95.2	89.6	-0.4	-0.8	87.1	81.2	-8.5	-9.2
R	2.2	71.7	94.5	89.1	94.2	88.7	-0.3	-0.4	86.3	80.4	-8.2	-8.7
R	3.2	73.9	94.7	89.6	94.5	89.0	-0.2	-0.6	86.5	80.6	-8.2	-9.0
R	3.3	72.3	93.8	88.8	94.3	88.8	0.5	0.0	86.4	80.4	-7.4	-8.4
R	2.2	74.0	93.9	88.8	94.5	89.0	0.6	0.2	86.5	80.6	-7.4	-8.2
R	2.4	65.2	91.8	87.4	93.4	87.9	1.6	0.5	85.6	79.6	-6.2	-7.8
R	1.0	81.2	93.3	88.0	95.3	89.8	2.0	1.8	87.3	81.4	-6.0	-6.6
R	1.0	78.0	91.1	94.9	95.0	89.4	3.9	-5.5	87.0	81.1	-4.1	-13.8
R	1.2	65.8	88.8	83.3	93.5	87.9	4.7	4.6	85.6	79.7	-3.2	-3.6
R	1.1	72.3	89.4	84.0	94.3	88.8	4.9	4.8	86.4	80.4	-3.0	-3.6

### A5.3 Risultati del confronto tra misure e simulazioni

A riepilogo dei risultati ottenuti, si riporta in questo paragrafo l'analisi degli scostamenti tra i valori dei SEL calcolati e dei SEL misurati sui singoli transiti.

Le valutazioni sono state effettuate considerando i transiti rilevati su tutti i siti di misura, trattando separatamente i dati rilevati nella postazione microfonica vicina #1 (@7.5m) e in quella lontana #2 (@25m).

Nei grafici riportati nelle seguenti figure 11, 12, 13 e 14, sono rappresentati gli istogrammi delle differenze tra i SEL calcolati e i SEL misurati sulle due postazioni microfoniche.

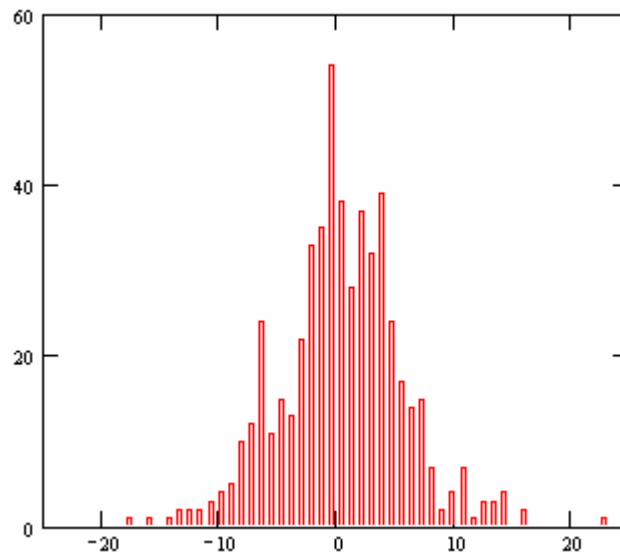


Figura 11 – Istogramma degli scostamenti tra modello “RFI-INAC” e misura  
Postazione vicina (#1)

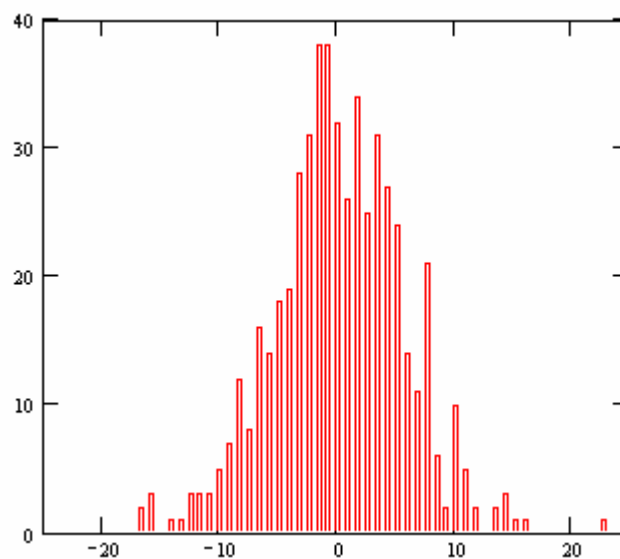


Figura 12 – Istogramma degli scostamenti tra modello “RFI-INAC” e misura  
Postazione lontana (#2)



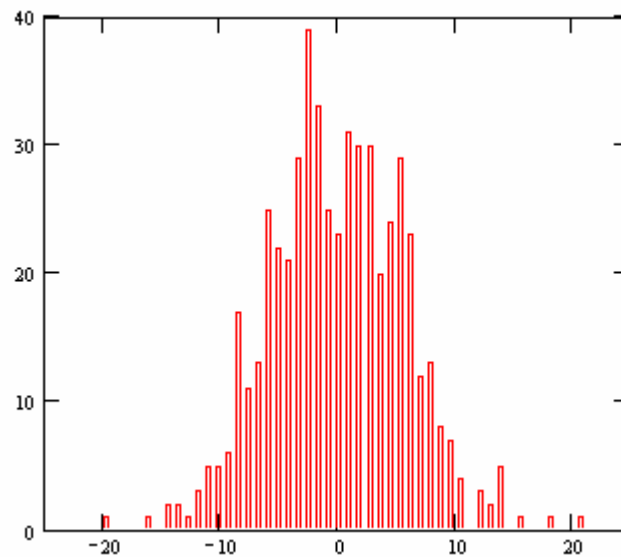


Figura 13 – Istogramma degli scostamenti tra modello “SRM II” e misura  
Postazione vicina (#1)

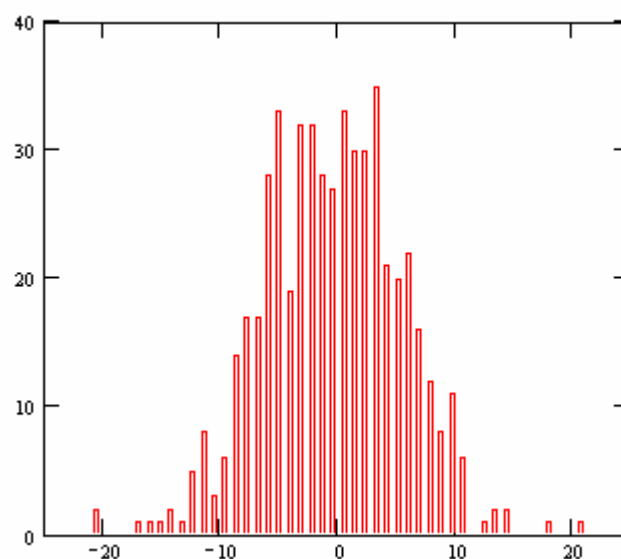


Figura 14 – Istogramma degli scostamenti tra modello “SRM II” e misura  
Postazione lontana (#2)

In Tabella si riportano i valori medi e le deviazioni standard degli scostamenti tra i SEL calcolati con i due modelli “RFI-INAC” e “SRM II” e i SEL misurati.

	differenza tra SEL calcolati e SEL misurati			
	Metodo RFI-INAC		Metodo SRM II	
	Valore medio (dB)	Dev. Standard (dB)	Valore medio (dB)	Dev. Standard (dB)
Postazione #1	0.3	5.3	-0.1	5.7
Postazione #2	0.2	5.6	-0.5	5.9

*Tabella 9 – Valore medio e deviazione standard degli scostamenti tra SEL calcolati e SEL misurati*

Si nota:

- per entrambi i metodi di simulazione, un valore medio dello scostamento tra valori calcolati e valori misurati, estremamente contenuto.
- Il metodo “SRM II” tende a sottostimare leggermente.
- Il metodo INAC tende a sovrastimare leggermente.
- La deviazione standard degli scostamenti riscontrati con il modello INAC è leggermente più contenuta di quella relativa al modello “SRM II”.

## A6. Conclusioni

Dallo studio comparativo effettuato tra il modello “RFI-INAC”, sviluppato da RFI per la redazione della mappatura acustica e del piano di risanamento ai sensi del DM Ambiente del 29/11/2000 e il metodo di calcolo ufficiale dei Paesi Bassi, pubblicato in «Reken-en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996» e indicato nel punto 2.1, lettera d), dell'allegato 2 del Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 194 “Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale”, si possono trarre le seguenti conclusioni.

L'analisi teorica, riportata nei paragrafi A2, A3 e A4 del presente documento, ha dimostrato una sostanziale equivalenza tra i due metodi per quanto riguarda il modello di propagazione del rumore.

I confronti effettuati con le misure sperimentali, riportati nel paragrafo A5 del presente documento, volti soprattutto a comparare i due metodi nella stima dell'emissione sonora generata dall'insieme di infrastruttura ferroviaria e materiale rotabile italiani, hanno mostrato una sostanziale equivalenza dei due metodi, giustificata dai seguenti risultati:

- un valore medio delle differenze tra valori stimati e valori misurati, praticamente nullo per entrambi i metodi, con una leggera tendenza alla sottostima da parte del modello “SRM II” e alla sovrastima del modello “RFI-INAC”,
- una deviazione standard delle differenze tra valori stimati e valori misurati, praticamente identica per entrambi i metodi (leggermente maggiore di circa 0.5 dB quella del modello “SRM II”).

## A7. Bibliografia

- [1] AR-INTERIM-CM Report “Calculation and measurement guidelines for rail transport noise 1996 - translation”.
- [2] ISO 9613-2 “Attenuation of sound during propagation outdoors – part 2”
- [3] ISO 9613-1 “Attenuation of sound during propagation outdoors - part 1”
- [4] AR-INTERIM-CM Report “Similarities & differences of ORM with END and use of ORM for strategic noise mapping”.
- [5] Mithra 5.0 Technical Manual.
- [6] AR-INTERIM-CM Report “Calculation and measurement guidelines for rail transport noise 1996 (adapted to END) – Proposed computation method for strategic noise mapping”.
- [7] Stima dei livelli sonori ai sensi del DM Ambiente 29/11/00 – Luglio 2002. Piano degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore ai sensi del DM Ambiente 29/11/00 – Dicembre 2003.
- [8] Decreto Legislativo 19/08/05 n.194 “Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale”

**ALLEGATO B. “Analisi comparata tra la metodologia di calcolo adottata da RFI e le raccomandazioni della Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure (GPG), pubblicata dal WG-AEN il 13 gennaio 2006”**

Come previsto dal “Finalising the Reporting Mechanism for reporting requirements according to the Environmental Noise Directive 2002/49/EC (Volume 2. Draft Handbook)”, pubblicato sul sito della Commissione Europea nel mese di marzo del 2007, è stato effettuato un confronto tra la metodologia di calcolo adottata e le raccomandazioni della Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure (GPG) che ha tenuto conto di tutti gli aspetti, tra quelli trattati dalle linee guida pubblicate dal WG-AEN, applicabili al caso specifico.

Nella tabella 1 sono descritti i dettagli dell'analisi. In particolare nella prima colonna si ritrova il riferimento al corrispondente paragrafo della GPG che descrive l'argomento trattato. Nella seconda colonna è indicato il riferimento al corrispondente Toolkit della GPG, laddove applicabile. Nella terza colonna si ritrova una breve sintesi delle raccomandazioni fornite dalla GPG. Nella quarta colonna sono descritte brevemente le modalità di elaborazione adottate da RFI. Nella quinta colonna viene riportata la stima, qualitativa o quantitativa, dell'accuratezza del criterio di calcolo adottato, sulla base delle indicazioni della GPG, laddove disponibili.

La simbologia, utilizzata dalle linee guida per descrivere il livello di accuratezza qualitativa e quantitativa dei Tool applicati, viene riportata nelle seguenti legende:

Codici per la stima quantitativa dell'accuratezza	
Accuratezza	Codice
bassa	> 5 dB
.	4 dB
.	3 dB
.	2 dB
.	1 dB
alta	< 0.5 dB







Codici per la stima qualitativa dell'accuratezza	
Accuratezza	Codice
bassa	
.	
.	
alta	


Tabella 1 - Confronto tra la metodologia di calcolo adottata da RFI e le raccomandazioni della Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure (GPG).

GPG			RFI	
Rif. § GPG	Toolkit	Raccomandazioni	Metodologia	Accuratezza
2.04 Area da mappare	1	L'area da mappare, secondo quanto raccomandato dalla GPG, dovrebbe essere corrispondente ad un corridoio di semiampiezza pari a 1,5 volte la massima distanza tra le curve isofoniche relative ai valori $L_{den}=55dB(A)$ e $L_{night}=50dB(A)$ e l'asse ferroviario.	Il calcolo dei livelli di immissione sui vertici del reticolo di maglia quadrata è stato esteso fino ad una distanza dall'asse del binario più esterno pari a 500 metri. Tale distanza corrisponde al limite della cartografia in dotazione di RFI. L'area mappata ha un'estensione tale da comprendere anche le curve isofoniche relative ai valori $L_{den}=50dB(A)$ e $L_{night}=45dB(A)$ e nella quasi totalità dello sviluppo lineare degli assi principali con più di 60.000 convogli all'anno viene rispettata la raccomandazione della GPG. Il calcolo sui ricettori, invece, viene invece effettuato su tutti gli edifici che si trovano in prossimità di un vertice del reticolo di calcolo sul quale si è computato un valore di $L_{den}$ maggiore o uguale a $55dB(A)$ ovvero un valore di $L_{night}$ maggiore o uguale a $45dB(A)$ .	n.v.
2.06 Anno solare di riferimento	n.a.	Ai fini di ottemperare all'articolo 7, comma 1 della direttiva 2002/49/CE, il WG-AEN ritiene che, per la prima fase, le mappature acustiche strategiche devono rappresentare la situazione relativa almeno all'anno 2006. Il WG-AEN, tuttavia, conviene che possono essere rappresentate anche altre situazioni, passate o future, come raccomandato dall'Annex VI, comma 1 della direttiva. I dati utilizzati per il calcolo delle emissioni dovrebbero esprimere la media calcolata su un periodo continuo di dodici mesi di un anno solare. Tali dati possono essere dati reali o prodotti attraverso tecniche di previsione o modellizzazione.	Si sono utilizzati i dati di traffico reali riferiti all'anno 2005 perché le analisi sono state avviate nel giugno del 2006.	n.v.
2.07 Anno medio sotto il profilo meteorologico	18	Il WG-AEN raccomanda che i dati meteorologici vengano ricavati: <ul style="list-style-type: none"> <li>• effettuando misure "ad hoc" negli agglomerati e in prossimità degli assi principali;</li> <li>• utilizzando i risultati di misure di letteratura, che siano rappresentativi, dal punto di vista meteorologico, del sito oggetto di analisi;</li> <li>• utilizzando dati medi su scala nazionale.</li> </ul>	Si sono impostati i seguenti parametri meteorologici, mediati sull'intero territorio nazionale: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura dell'aria pari a <math>15^{\circ}C</math></li> <li>• Umidità relativa dell'aria pari a 60 %</li> <li>• Pressione atmosferica pari a 101,325 Kpa</li> </ul>	



GPG			RFI	
Rif. § GPG	Toolkit	Raccomandazioni	Metodologia	Accuratezza
2.21 Rugosità	n.a.	Il WG-AEN raccomanda che, laddove siano disponibili dati sulla rugosità della rotaia, questi dovrebbero essere utilizzati nel calcolo delle mappe acustiche se il metodo di calcolo prescelto lo permette. Se tali dati non fossero disponibili, dovrebbe essere definito un valore medio di rugosità a livello nazionale.	Nel modello "RFI-INAC" l'emissione viene calcolata sulla base di una banca dati costruita su misure effettuate a campione su diversi siti, rappresentativa di una condizione media di rugosità del materiale rotabile e dell'infrastruttura ferroviaria, su scala nazionale.	n.v.
2.23 Velocità dei convogli	9	Il WG-AEN raccomanda di utilizzare i dati di velocità nei seguenti modi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• acquisire i dati disponibili presso i gestori della rete o presso le imprese ferroviarie, ovvero, in alternativa;</li> <li>• utilizzare dati misurati;</li> <li>• calcolare la velocità media attraverso l'uso di tabelle orari e distanze;</li> <li>• utilizzare il valore minimo tra la velocità massima del treno e la velocità massima ammissibile sul binario.</li> </ul>	Si sono utilizzati i dati reali di entità e composizione del traffico circolato per ogni giorno dell'anno solare 2005. Tali informazioni hanno consentito di attribuire ad ognuna delle tipologie di treni la velocità media di percorrenza del tratto analizzato, valutata come media dei rapporti tra lo spazio percorso e il tempo impiegato da ogni singolo treno.	
2.24 Assi principali con meno di 60.000 convogli all'anno	n.a.	Il WG-AEN raccomanda di mappare, oltre agli assi principali con più di 60.000 convogli all'anno, anche piccoli tratti, inclusi in essi, in cui il traffico scende sotto i 60.000 transiti annui, utilizzando l'effettivo numeri di treni in ciascuna tratta.	Non si sono presentate significative situazioni di discontinuità di traffico, nei tratti ferroviari con più di 60.000 convogli all'anno. La mappatura delle tratte ferroviarie analizzate, pertanto, non presenta in nessun caso la frammentarietà prospettata dalla GPG.	n.v.
2.25 Rumore associato alla frenata dei treni in stazione	n.a.	Il WG-AEN raccomanda, laddove i metodi di calcolo non includano un sistema per valutare il rumore dei treni in fermata nelle stazioni, di assegnare a questi convogli una velocità "equivalente" di transito pari a 40km/h, indicando la lunghezza del tratto di binario su cui applicare tale soluzione.	Per i treni in fermata nelle stazioni, si sono applicate le stesse condizioni di transito degli altri tratti di infrastruttura ferroviaria lungo la linea. La velocità assegnata è, pertanto, la stessa calcolata lungo le corrispondenti tratte a cavallo della stazione, a vantaggio di sicurezza rispetto a quanto proposto dalla GPG..	n.v.
2.26 Errore relativo al posizionamento del binario	n.a.	Il WG-AEN raccomanda che ai fini della mappatura acustica strategica, i binari digitalizzati, su cui sono applicati i punti di emissione, siano sempre accuratamente inclusi nella sede ferroviaria.	Si è utilizzato un modello di rete digitalizzato, incluso nella banca dati GIS di RFI, che è stato largamente testato in numerose applicazioni. Il requisito di precisione, relativo al posizionamento dei binari, nella banca dati GIS, raccomandato dalla GPG risulta ampiamente soddisfatto.	n.v.
2.27 Assegnazione dei transiti ai diversi binari di un'infrastruttura	n.a.	Il WG-AEN raccomanda di utilizzare i dati di assegnazione dei transiti a ciascun binario di una linea ferroviaria laddove questi siano disponibili. In caso contrario si raccomanda di assegnare il traffico ai binari sulla base delle conoscenze a livello locale, ovvero, in totale assenza di informazioni di dettaglio, di assegnare a ciascun binario, in maniera uniforme, lo stesso numero di transiti.	Si sono utilizzati i dati reali di entità e composizione del traffico circolato per ogni giorno dell'anno solare 2005. Tali informazioni hanno consentito di attribuire a ciascun binario l'effettiva distribuzione del traffico in termini di tipologia di treno, fascia oraria e velocità.	n.v.

GPG			RFI	
Rif. § GPG	Toolkit	Raccomandazioni	Metodologia	Accuratezza
2.31 Altezza del terreno in prossimità della sorgente	11 e 12	<p>Il WG-AEN raccomanda di utilizzare i Toolkit 11 e 12, adattati al caso di sorgenti ferroviarie, per la produzione dei dati di input relativi all'andamento altimetrico del terreno in prossimità degli assi ferroviari su cui si intende effettuare la mappatura acustica strategica. In particolare, il Toolkit 11 prevede, con livelli di accuratezza decrescenti, le seguenti metodologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'utilizzo di un modello digitale del terreno commerciale o l'utilizzo di dati provenienti da un rilievo sul campo effettuato "ad hoc" attraverso un sistema GPS;</li> <li>• l'utilizzo di sezioni della sede ferroviaria da cui dedurre l'altezza della sorgente;</li> <li>• l'utilizzo di un'altezza fissa dei rilevati e delle trincee stimata visivamente a seguito di un sopralluogo;</li> <li>• l'utilizzo, in caso di assenza di informazioni, di un'altezza standard nel caso dei rilevati (ad es. pari a 1,5 metri), mentre il territorio circostante può essere considerato piatto.</li> </ul> <p>Il WG-AEN precisa che, normalmente, per la mappatura acustica strategica viene utilizzata una precisione altimetrica pari a 5÷10 metri, ma raccomanda che tale precisione si riduca ad 1 metro nelle immediate vicinanze della sorgente e 5÷10 metri nel resto del territorio.</p>	E' stato effettuato un aggiornamento del GIS di RFI, importando un nuovo modello digitale del terreno avente un passo di campionamento di 10 metri su un corridoio di 500 metri a cavallo dell'infrastruttura. La precisione altimetrica dichiarata del DTM utilizzato è pari a 3 metri su tutto il territorio indagato.	< 0.5 dB
2.32 Tipologia del terreno	13	<p>Il WG-AEN raccomanda di utilizzare il Toolkit 13 per la determinazione della tipologia di superficie del terreno, ignorando le aree di piccole dimensioni (Area &lt; 250 m<sup>2</sup>) che si caratterizzano diversamente dal territorio circostante. In particolare, il Toolkit 13 prevede, con livelli di accuratezza decrescenti, l'utilizzo delle seguenti metodologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'utilizzo di geometrie dettagliate delle superfici riflettenti e assorbenti;</li> <li>• l'utilizzo di un'ampia classificazione dell'uso del territorio, nell'ambito della quale si assegni a ciascuna classe uno specifico ground factor;</li> <li>• l'utilizzo di una classificazione del territorio in aree urbane, suburbane e rurali, alle quali si assegni, rispettivamente, un ground factor pari a 1 (completamente riflettenti), 0,5 (parzialmente riflettenti) e 0 (completamente assorbenti);</li> <li>• l'applicazione di un ground factor pari a 1 (completamente riflettente) a tutto il territorio interessato dalle elaborazioni.</li> </ul>	Per la caratterizzazione delle proprietà acustiche del terreno circostante l'infrastruttura è stato utilizzato il Clutter già adottato da RFI per la mappatura acustica ai sensi del D.M. Ambiente del 29/11/2000. Tutto il territorio nazionale è stato suddiviso in aree omogenee a cui è stato attribuito l'appropriato coefficiente di assorbimento e/o riflessione. In particolare il territorio è stato suddiviso in 14 zone omogenee come descritto nella tabella 2.	1 dB

GPG			RFI	
Rif. § GPG	Toolkit	Raccomandazioni	Metodologia	Accuratezza
2.33 Barriere	14	Il WG-AEN raccomanda di utilizzare il Toolkit 14 per determinare i dati di input al modello di calcolo relativi alle caratteristiche delle barriere antirumore. In particolare, il Toolkit 14 prevede, con livelli di accuratezza decrescenti, l'utilizzo delle seguenti metodologie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'utilizzo di dati relativi all'altezza delle barriere rispetto al piano del ferro;</li> <li>• l'utilizzo di dati relativi all'altezza delle barriere rispetto al piano di campagna;</li> <li>• stima visiva dell'altezza delle barriere.</li> </ul>	Non si è tenuto conto della eventuale presenza di opere di mitigazione acustica già realizzate.	
2.34 Altezza degli edifici	15	Il WG-AEN raccomanda di utilizzare il Toolkit 15 per determinare i dati di input al modello di calcolo relativi alle altezze degli edifici. In particolare, il Toolkit 15 prevede, con livelli di accuratezza decrescenti, l'utilizzo delle seguenti metodologie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'utilizzo diretto di dati relativi all'altezza degli edifici;</li> <li>• l'utilizzo di dati relativi al numero di piani degli edifici. In tal caso si può moltiplicare il numero di piani per un'altezza media dei piani (ad es. 3 metri);</li> <li>• in assenza di informazioni si possono adottare, con livelli di accuratezza decrescenti, i seguenti criteri: <ul style="list-style-type: none"> <li>o usare foto aeree per stimare l'altezza degli edifici;</li> <li>o effettuare visite in situ e contare il numero di piani;</li> <li>o usare foto aeree per stimare il numero di piani;</li> <li>o usare un'altezza di default per ciascuna tipologia di edificio;</li> <li>o usare un'altezza di default per tutti gli edifici.</li> </ul> </li> </ul>	Si è tenuto conto della quota in gronda degli edifici presenti in cartografia, valutata rispetto al piano di campagna. La cartografia è stata ottenuta da rilievi sul campo ed è stata completata agli inizi degli anni '90. L'aggiornamento degli edifici è stato ottenuto dalla analisi di ortofoto (con date di ripresa variabile dal 1996 al 2000) e successiva ispezione sul campo per determinazione l'altezza dei nuovi edifici.	< 0.5 dB
2.37 Imbocchi delle gallerie	n.a.	Il WG-AEN raccomanda di non tenere in conto le sorgenti interne alle gallerie e di considerare gli imbocchi delle gallerie come superfici riflettenti.	Le sorgenti interne alle gallerie vengono annullate nelle elaborazioni, mentre si tiene conto delle riflessioni delle superfici di imbocco alle gallerie.	n.v.

GPG			RFI	
Rif. § GPG	Toolkit	Raccomandazioni	Metodologia	Accuratezza
2.38 Coefficienti di assorbimento delle facciate degli edifici e delle barriere	16	<p>Il WG-AEN raccomanda di utilizzare il Toolkit 16 per determinare i dati relativi alle riflessioni delle facciate degli edifici e delle barriere, laddove il modello di calcolo consente di inserire in input tali parametri. In particolare, il Toolkit 16 prevede, con livelli di accuratezza decrescenti, l'utilizzo delle seguenti metodologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'utilizzo di dati relativi all'effettivo coefficiente di assorbimento di ciascun edificio o barriera, laddove disponibile ovvero l'utilizzo di dati provenienti da misure "ad hoc" dei coefficienti di assorbimento;</li> <li>• l'utilizzo di valori prefissati del coefficiente di assorbimento per le diverse tipologie di manufatti presenti nella tabella inclusa nel toolkit stesso;</li> <li>• l'utilizzo di un valore di default del coefficiente di assorbimento per tutti gli edifici e le barriere.</li> </ul>	Si è utilizzato un coefficiente di assorbimento nullo (superficie completamente riflettente), per tutti gli edifici presenti in cartografia.	2 dB
2.39 Impatto meteorologico e condizioni favorevoli alla propagazione	17 e 18	<p>Il WG-AEN raccomanda di utilizzare i Toolkit 17 e 18 per determinare i dati di input al modello di calcolo relativi alle condizioni favorevoli alla propagazione e ai parametri meteorologici. In particolare, il Toolkit 17 prevede, con livelli di accuratezza decrescenti, l'utilizzo delle seguenti metodologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'utilizzo di dati relativi agli effettivi meteorologici locali relativi al verificarsi di condizioni favorevoli alla propagazione;</li> <li>• l'utilizzo di dati provenienti da standard o regolamenti nazionali;</li> <li>• l'utilizzo di valori medi annui prefissati, relativi alla probabilità che si verifichino condizioni favorevoli alla propagazione, presenti nella tabella inclusa nel toolkit stesso;</li> <li>• l'utilizzo di dati meteorologici di default a livello nazionale.</li> </ul> <p>Il Toolkit 18, invece, prevede, con livelli di accuratezza decrescenti, l'applicazione dei seguenti criteri:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'utilizzo di dati relativi agli effettivi valori di umidità e temperatura, laddove disponibili;</li> <li>• l'utilizzo di dati di letteratura di umidità e temperatura;</li> <li>• l'utilizzo di valori di default di umidità e temperatura.</li> </ul>	<p>Si sono utilizzati valori di default corrispondenti ad un continuo verificarsi delle condizioni favorevoli alla propagazione per tutto il territorio nazionale.</p> <p>I singoli parametri meteorologici sono stati impostati come descritto al punto 2.07.</p>	△


GPG			RFI	
Rif. § GPG	Toolkit	Raccomandazioni	Metodologia	Accuratezza
2.43 Scelta dei punti di calcolo	n.a.	Il WG-AEN, ai fini di rendere omogenee le modalità di scelta dei punti di calcolo, raccomanda che, per la produzione delle curve isofoniche, il calcolo dei livelli di immissione sui punti del reticolo soddisfi i seguenti requisiti: <ul style="list-style-type: none"> <li>• la larghezza del reticolo di calcolo non dovrebbe essere maggiore di 10 metri negli agglomerati, né maggiore di 30 metri al di fuori di essi. Nelle aree urbane la spaziatura dei punti di calcolo potrebbe ridursi anche a 2 metri, laddove il software lo consenta;</li> <li>• tenere in conto almeno le riflessioni del primo ordine sugli edifici e sugli ostacoli in genere.</li> </ul>	Per la produzione delle curve isofoniche, il calcolo dei livelli di immissione sui punti del reticolo è stato effettuato come segue: <ul style="list-style-type: none"> <li>• la larghezza del reticolo di calcolo è pari a 10 metri su tutto il territorio interessato dalle elaborazioni;</li> <li>• si è tenuto conto delle riflessioni del terzo ordine sugli edifici e sugli ostacoli in genere.</li> </ul>	n.v.
2.44 Determinazione dei livelli di rumore sulle abitazioni	n.a.	Il WG-AEN, ai fini di rendere omogenee le modalità di scelta dei punti di calcolo, raccomanda che, per la valutazione dei livelli di rumore sulle abitazioni, il calcolo sia effettuato a 10 cm dalla facciata, escluda le riflessioni della facciata degli edifici, tenga conto almeno delle riflessioni del primo ordine sugli altri edifici e sugli ostacoli in genere, e sia effettuato su un punto ogni tre metri lungo la facciata assegnando alla facciata stessa il valore più alto fra quelli risultanti. Laddove il software non supporti la generazione automatica dei punti di calcolo, possono essere utilizzati i livelli di immissione sul reticolo di calcolo. In tal caso, si dovrebbe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• assegnare alla facciata il più alto tra i livelli di immissione calcolati su punti del reticolo adiacenti alla facciata stessa ovvero su quei punti per i quali il quadrato di lato pari alla larghezza del reticolo, con centro nel punto stesso, interseca la facciata;</li> <li>• sottrarre 3 dB(A) al livello di immissione risultante sulla facciata, per escludere il contributo di riflessione sulla facciata più esposta.</li> </ul>	Per la valutazione dei livelli di rumore sugli edifici abitativi, si sono adottate le seguenti modalità: <ul style="list-style-type: none"> <li>• il calcolo è stato effettuato a 1 metro dalla facciata;</li> <li>• si sono escluse le riflessioni della facciata dell'edificio;</li> <li>• si è tenuto conto delle riflessioni del terzo ordine sugli altri edifici e sugli ostacoli in genere;</li> <li>• il calcolo è stato effettuato sul punto medio della facciata più esposta.</li> </ul>	n.v.
2.45 Calcolo della popolazione negli appartamenti in edifici residenziali	19	Il WG-AEN raccomanda di utilizzare il Toolkit 19 per determinare i criteri per la stima della popolazione che occupa le unità abitative negli edifici residenziali. In particolare, il Toolkit 19 prevede, l'utilizzo di dati relativi all'effettivo numero di persone che abitano in ciascun edificio ovvero l'utilizzo di dati statistici relativi al numero di persone che abitano nell'intera area da mappare o in sottoaree.	La stima del numero di persone che occupano edifici abitativi esposti al rumore ed edifici abitativi dotati di facciata silenziosa, è stato effettuato moltiplicando l'area complessiva abitabile di ogni edificio abitativo considerato (pari al prodotto tra la superficie in pianta del fabbricato ed il numero di piani) per il rapporto tra i due indici statistici del censimento ISTAT 2001 relativi al numero dei residenti e alla superficie delle abitazioni occupate da residenti, riferiti alla sezione di censimento di appartenenza del fabbricato.	

Tabella 2 – Classificazione del territorio nazionale in classi omogenee di clutter.

Classe di Clutter	Nome	Descrizione	Indice di Clutter
1	Mare / Acque interne	Tutto il territorio coperto prevalentemente da acqua con caratteristiche non stagionali.	0
2	Area aperta / roccia	Territorio con prevalenza roccia.	0
3	Area aperta / sabbia	Territorio con prevalenza sabbia.	0
4	Foresta	Territorio completamente coperto da essenze arboree o da macchia, con presenza o meno di edifici sparsi.	1
5	Prato/Pascolo	Area con prevalenza di vegetazione bassa, con possibilità di vegetazione arborea rada e con presenza o meno di edifici agricoli sparsi.	1
6	Rurale	Area coltivata con presenza di un solo tipo di coltivazione dominante. Possibile presenza di case sparse.	1
7	Villaggio	Area edificata in contesto rurale, dimensioni modeste.	0
8	Area industriale	Indipendentemente dalla percentuale di territorio urbanizzato, prevalenza di edifici industriali e/o capannoni rispetto a civili abitazioni. Edifici con pianta larga di altezza generalmente inferiore a 20 metri, strade larghe 20 metri o più.	0
9	Area residenziale	Prevalenza aree scoperte (bassa percentuale di urbanizzato), tessitura non omogenea, tipologia di costruzione generalmente non omogenea, edifici spesso circondati da aree verdi.	0
10	Area urbana media densità	Media/alta percentuale di aree coperte da edificato. Strade prevalentemente larghe e sufficientemente rettilinee. Tessitura dell'urbanizzato in prevalenza geometricamente definita.	0
11	Area urbana ad alta densità	Alta percentuale di aree coperte da edificato. Strade relativamente strette (mediamente < 6m). Distribuzione della tessitura di urbanizzato molto irregolare con strade generalmente non rettilinee.	0
12	Parco	Aree coperte da qualsiasi tipo di vegetazione inserito in un contesto urbano, ivi compresi campi di calcio, golf, grandi cimiteri.	1
13	Area aperta in città / asfalto	Piazzali con presenza dominante di parti asfaltate, circondate da edificato denso, medio, residenziale.	0
14	Area aperta in città / sterrato	Piazzali con presenza dominante di parti sterrate, circondate da edificato denso, medio, residenziale.	0