

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. ARCHITETTURA, AMBIENTE E TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

NODO INTERMODALE DI BRINDISI

INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE  
DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE

STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE

Relazione generale

SCALA:



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

I A 7 L 0 0 D 2 2 R G I M 0 0 0 4 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	A. Ventimiglia <i>A. Ventimiglia</i>	Febbraio 2021	A. Corvaja <i>A. Corvaja</i>	Febbraio 2021	T. Paoletti	Febbraio 2021	 D. Ludovici Febbraio 2021

File: IA7L00D22RGIM0004001A.docx

n. Elab.:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  Relazione Generale	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>STUDIO ACUSTICO</b>	<b>6</b>
	<b>2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>6</b>
	2.1.1 Legge Quadro 447/95	6
	2.1.2 D.P.R. 459/98	9
	2.1.3 DPR 142/04	11
	2.1.4 Decreto per la predisposizione degli interventi antirumore da parte dei gestori delle infrastrutture (DM 29/11/2000)	14
	<b>2.2 CONCORSALE DELLE SORGENTI DI RUMORE PRESENTI SUL TERRITORIO</b>	<b>16</b>
	<b>2.3 LIMITI ACUSTICI E APPLICAZIONE DELLE CONCORSALE</b>	<b>17</b>
	<b>2.4 PRESENZA DI AREE DI ESPANSIONE</b>	<b>19</b>
	<b>2.5 PRESENZA DI AREE NATURALI PROTETTE</b>	<b>20</b>
	<b>2.6 LIMITI ACUSTICI E ZONIZZAZIONE ACUSTICA NEI COMUNI INTERESSATI</b>	<b>21</b>
	<b>2.7 CARATTERIZZAZIONE ANTE OPERAM</b>	<b>23</b>
	2.7.1 Descrizione dei ricettori	23
	<b>2.8 GLI IMPATTI CON LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO</b>	<b>27</b>
	2.8.1 Illustrazione delle tecniche previsionali adottate	27
	2.8.2 Dati di input del modello	28
	2.8.3 Taratura del modello di simulazione	33
	<b>2.9 CONSIDERAZIONI SUI LIVELLI SONORI <i>POST OPERAM</i></b>	<b>36</b>
<b>3</b>	<b>STUDIO VIBRAZIONALE</b>	<b>37</b>
	<b>3.1 Riferimenti legislativi</b>	<b>37</b>
	3.1.1 ISO 2631 "Valutazione sull'esposizione del corpo umano alle vibrazioni"	37
	3.1.2 UNI 9614 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo"	38
	3.1.3 UNI 9916:2014 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici"	40

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  Relazione Generale	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

<b>3.2MODELLO PREVISIONALE</b>	<b>43</b>
3.2.1 Le vibrazioni indotte in fase di esercizio	43
3.2.2 Caratterizzazione della sorgente di vibrazioni	44
3.2.3 La propagazione delle vibrazioni nel terreno	47
<b>3.3Valutazione degli impatti in fase di esercizio della linea ferroviaria</b>	<b>51</b>
3.3.1 Modello previsionale	51
3.3.2 Caratterizzazione della sorgente	52
3.3.3 Propagazione delle onde vibrazionali e confronto con i dati sperimentali	54
<b>3.4CONCLUSIONI</b>	<b>59</b>
<b>ALLEGATO 1 - REPORT RILIEVI FONOMETRICI</b>	<b>60</b>
<b>ALLEGATO 2 – DETTAGLIO TABELLE DI OUTPUT SIMULAZIONE ACUSTICA</b>	<b>68</b>
<b>ALLEGATO 3 – MAPPE ACUSTICHE POST OPERAM AD UN'ALTEZZA DI 4m DAL P.C.</b>	<b>70</b>

	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

## 1 PREMESSA

Il presente rapporto contiene i risultati dello studio di impatto acustico e vibrazionale relativo al Progetto Definitivo per la realizzazione di un'infrastruttura di collegamento dell'area industriale retro-portuale di Brindisi con l'Infrastruttura Ferroviaria Nazionale.

Nelle immediate vicinanze della stazione di Brindisi, si sviluppa una complessa realtà industriale principalmente legata al Porto e al polo petrolchimico. Il collegamento tra l'aera portuale e la stazione di Brindisi, ad oggi, è fortemente penalizzato da una moltitudine di intersezioni a raso all'interno di un'area fortemente urbanizzata.

Obiettivo della progettazione consiste nell'incentivare il traffico merci su ferro integrando il sistema portuale con il sistema ferroviario riducendo in questo modo le interferenze tra le attività di terminalizzazione ed il traffico urbano. Tale intervento presenta elevati vantaggi in termini di sicurezza in quanto, oltre ad allontanare il traffico merci da un tessuto urbano costituito da numerosi passaggi a livello, concentra le operazioni di manovra dei treni merci all'interno della nuova "stazione elementare". In questo modo, viene allontanato il traffico delle merci dal traffico viaggiatori all'interno dalla stazione di Brindisi.

L'iter metodologico seguito per lo studio acustico - nel rispetto del Manuale di Progettazione RFI delle Opere Civili cod. RFI DT CSI MA IFS 001D del 20.12.2019 - può essere schematizzato secondo le fasi di lavoro di seguito riportate:

- Individuazione dei valori limite di immissione secondo il DPR 459/98 (decreto sul rumore ferroviario), il DMA 29/11/2000 (piani di contenimento e di risanamento acustico) e DPR 142/04 (decreto sul rumore stradale), per tener conto dell'eventuale concorsualità del rumore prodotto dalle infrastrutture stradali presenti all'interno dell'ambito di studio.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>	<b>LOTTO</b>	<b>CODIFICA</b>	<b>DOCUMENTO</b>	<b>REV</b>
	IA7L	00	D 22 RG	IM0004 001	A	4 di 69

- Caratterizzazione ante operam. In questa fase dello studio è stato analizzato il territorio allo stato attuale (situazione ante operam) identificando gli ingombri e le volumetrie di tutti i fabbricati presenti nella fascia di pertinenza acustica ferroviaria (250 m per lato).
- Livelli acustici post operam. Con l'ausilio del modello di simulazione SoundPLAN si è proceduto alla valutazione dei livelli acustici con la realizzazione del progetto in esame. Gli algoritmi di calcolo scelti per valutare la propagazione dell'onda sonora emessa dall'infrastruttura ferroviaria fanno riferimento al metodo Schall 03, DIN 18005. I risultati del modello di simulazione sono stati quindi messi a confronto con i limiti acustici della linea e con quelli eventualmente ridotti per la presenza infrastrutture concorrenti così come previsto da recenti provvedimenti normativi, costituiti in particolare dal D.M. 29 novembre 2000 che prevede la valutazione degli effetti di concorsualità in applicazione del DPR 30 marzo 2004, n° 142, che definisce i limiti e l'ampiezza delle fasce stradali, interagendo dunque con l'ambito ferroviario.
- Metodi per il contenimento dell'inquinamento acustico. In questa parte dello studio sono state descritte le tipologie di intervento da adottare indicandone i requisiti acustici minimi.
- Individuazione degli interventi di mitigazione. L'obiettivo è quello di abbattere l'impatto acustico mediante l'eventuale inserimento di barriere antirumore.

Nel caso del progetto in esame non è previsto alcun intervento di mitigazione.

Per quanto riguarda lo studio vibrazionale, l'analisi dei livelli vibro-metrici viene effettuata distinguendo le tipologie di convogli effettivamente transitanti sulla ferrovia, le condizioni geologiche che costituiscono il terreno tra ferrovia e ricettori e la tipologia di ricettore in termini di struttura e numero di piani.

Il valore complessivo di accelerazione che tiene conto anche del modello di esercizio all'orizzonte temporale di progetto, è confrontato con i limiti indicati dalle norme tecniche per il periodo diurno

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

(07-22) e il periodo notturno (22-07), così come previsto dal “Manuale di Progettazione delle Opere Civili di RFI (cod. RFI DTC SI MA IFS 001 D del 20.12.2019)”.

Sono state individuate le fasce di criticità rispetto all’asse ferroviario e i ricettori potenzialmente disturbati dal progetto. Lo studio ha indicato che nessun edificio rientra o è vicino alla zona potenzialmente critica, per cui, non dovrebbe essere necessario prevedere degli interventi di mitigazione vibrazionale lungo la linea.

Si evidenzia che, nella situazione emergenziale Covid-19 in essere al momento della redazione del progetto in Italia, non è stato possibile svolgere rilievi su campo al fine di caratterizzare lo stato ante operam e le caratterizzazioni della sorgente ferroviaria. La maggior parte dei dati presentati, quindi, sono frutto di ricerche bibliografiche o di indagini già eseguite nel corso di altri progetti, non essendo stato possibile eseguire nuovi rilievi in situ come sarebbe stato necessario.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  Relazione Generale	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

## 2 STUDIO ACUSTICO

### 2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

#### 2.1.1 Legge Quadro 447/95

In data 26/10/1995, viene pubblicata la Legge 26 ottobre 1995 n° 447 «*Legge quadro sull'inquinamento acustico*».

Detto strumento normativo, che sostituisce il D.P.C.M. 1 marzo 1991, affronta il tema dell'inquinamento acustico del territorio, ricomprendendo al suo interno le definizioni fondamentali e definendo competenze ed adempimenti necessari alla tutela dell'ambiente dal rumore.

La Legge Quadro indica le metodiche da adottare per il contenimento della problematica (piani e disposizioni in materia d'impatto acustico), e fornisce all'art. 2 comma 1 una definizione del fenomeno, dell'ambito di applicazione della normativa e delle sorgenti.

In particolare, la Legge Quadro fa riferimento agli **ambienti abitativi**, definiti come: «*ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al D.L. 15/08/91, n.277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive*».

Nella definizione riportata risultano quindi comprese le residenze e comunque tutti quegli ambienti ove risiedono comunità e destinati alle diverse attività umane, ai quali non viene in genere ristretto il concetto di ambiente abitativo.

Sempre all'interno dell'art. 2 comma 1. la Legge Quadro fornisce la definizione di sorgente di rumore suddividendole tra *sorgenti fisse* e *sorgenti mobili*.

In particolare, vengono inserite tra le **sorgenti fisse** anche le infrastrutture stradali e ferroviarie:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  Relazione Generale	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

«... le installazioni unite agli immobili anche in via transitoria il cui uso produca emissioni sonore, le **infrastrutture stradali, ferroviarie, ..... commerciali; ...; le aree adibite ad attività sportive e ricreative.**»

La Legge Quadro ribadisce la necessità che i comuni predispongano una **zonizzazione acustica comunale**. Le aree previste per la zonizzazione del territorio sono sei e sono così caratterizzate:

### I - AREE PARTICOLARMENTE PROTETTE

Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per l'utilizzazione, quali aree ospedaliere, scolastiche, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse naturalistico, ricreativo, culturale, archeologico, parchi naturali e urbani;

### II - AREE PREVALENTEMENTE RESIDENZIALI

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, limitata presenza di attività commerciali, totale assenza di attività industriali ed artigianali;

### III - AREE DI TIPO MISTO

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale e di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali, interessate da attività che impiegano macchine operatrici;

### IV - AREE DI INTENSA ATTIVITÀ UMANA

Rientrano in questa classe:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

- a) le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con elevata presenza di attività commerciali ed uffici, presenze di attività artigianali, con dotazione di impianti di servizi a ciclo continuo;
- b) *le aree in prossimità* di strade di grande comunicazione, di linee ferroviarie, di aeroporti e porti;
- c) le aree con limitata presenza di piccole industrie;

#### **V - AREE PREVALENTEMENTE INDUSTRIALI**

Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni;

#### **VI - AREE ESCLUSIVAMENTE INDUSTRIALI**

Rientrano in questa classe le aree interessate da industrie a ciclo continuo prive di insediamenti abitativi.

Un aspetto innovativo della Legge Quadro è invece l'introduzione, accanto al criterio valore limite assoluto di immissione nell'ambiente e del criterio differenziale previsti dall'ex D.P.C.M., di altri metodi di valutazione dello stato e dell'inquinamento acustico ambientale, che di seguito vengono elencati:

- criterio del valore limite massimo di emissione;
- criterio del valore di attenzione;
- criterio del valore di qualità.

Si rileva pertanto che la Legge analizza sotto diversi aspetti la problematica acustica imponendo, accanto ai limiti di tutela per i ricettori, dei limiti sulle emissioni delle specifiche sorgenti e degli obiettivi di qualità da perseguire nel tempo.



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

2. Per gli altri ricettori posti all'interno della fascia «A» il limite è di 70 dB(A) nel periodo diurno e di 60 dB(A) nel periodo notturno;
3. Per gli altri ricettori posti all'interno della fascia «B» il limite è di 65 dB(A) nel periodo diurno e di 55 dB(A) nel periodo notturno;
4. Oltre la fascia di rispetto «B» valgono i limiti previsti dai piani di zonizzazione acustica comunali

Il rispetto dei limiti massimi di immissione, entro o al di fuori della fascia di pertinenza, devono essere verificati con misure sugli interi periodi di riferimento diurno (6-22) e notturno (22-6), in facciata degli edifici e ad 1 m dalla stessa, in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione.

Inoltre, qualora, in base a considerazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale, il raggiungimento dei predetti limiti non sia conseguibile con interventi sull'infrastruttura, si deve procedere con interventi diretti sui ricettori.

In questo caso, all'interno dei fabbricati, dovranno essere ottenuti i seguenti livelli sonori interni:

1. 35 dB(A) di Leq nel periodo notturno per ospedali, case di cura, e case di riposo;
2. 40 dB(A) di Leq nel periodo notturno per tutti gli altri ricettori;
3. 45 dB(A) di Leq nel periodo diurno per le scuole.

I valori sopra indicati dovranno essere misurati al centro della stanza a finestre chiuse a 1,5 m di altezza sul pavimento.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

### 2.1.3 DPR 142/04

In data 1 Giugno 2004 viene pubblicato il DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 30 marzo 2004, n. 142, - "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447".

Il decreto per le infrastrutture stradali, così come previsto dal suddetto art. 5 del D.P.C.M. 14/11/1997, fissa le fasce di pertinenza a partire dal confine dell'infrastruttura (art. 3 comma 3) ed i limiti di immissione che dovranno essere rispettati.

Il DPR interessa come campo di applicazione le seguenti infrastrutture stradali così come definite dall'Art. 2 del Codice della Strada (D.L.vo n. 285 del 30/04/1992) e secondo le Norme CNR 1980 e direttive PUT per i sottotipi individuati ai fini acustici.

Sono in particolare indicate le seguenti classi di strade:

A - Autostrade

B - Strade extraurbane principali

C - Strade extraurbane secondarie suddivise in

Ca - a carreggiate separate e tipo IV CNR

Cb - tutte le altre strade extraurbane secondarie

D - Strade urbane di scorrimento

Da - a carreggiate separate e interquartiere

Db - tutte le altre strade urbane di scorrimento

E - Strade urbane di quartiere

F - Strade locali



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

TIPO (secondo C.d.S)	SOTTOTIPO AI FINI ACUSTICI (secondo norme CNR 1980 e direttive PUT)	AMPIEZZA FASCIA [m]	Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo		ALTRI RICETTORI	
			Diurno dB(A)	Notturno dB(A)	Diurno dB(A)	Notturno dB(A)
A – autostrada		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B – extraurbana principale		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C – extraurbana secondaria	Ca (carreggiate a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D – urbana di scorrimento	Da (carreggiate a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100	50	40	65	55
E – urbana di quartiere		30	Definiti dai comuni e conformi alla zonizzazione acustica			
F – locale		30				

\* Per le scuole vale il solo limite diurno

*Tabella 1 - Limiti acustici per le strade esistenti e assimilabili*

Per quanto concerne il rispetto dei limiti, il DPR 142 stabilisce che lo stesso sia verificato in facciata degli edifici ad 1 metro dalla stessa ed in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione.

Per i recettori inclusi nella fascia di pertinenza acustica, devono essere individuate ed adottate opere di mitigazione sulla sorgente, lungo la via di propagazione del rumore e direttamente sul ricettore, per ridurre l'inquinamento acustico prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura, con l'adozione delle migliori tecnologie disponibili, tenuto conto delle implicazioni di carattere tecnico-economico.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

Ove non sia tecnicamente conseguibile il rispetto dei limiti con gli interventi sull'infrastruttura, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzi l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui recettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

- a) 35 dB(A) - Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo;
- b) 40 dB(A) - Leq notturno per tutti gli altri ricettori di carattere abitativo;
- c) 45 dB(A) - Leq diurno per le scuole.

Tali valori sono valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1,5 metri dal pavimento.

#### 2.1.4 Decreto per la predisposizione degli interventi antirumore da parte dei gestori delle infrastrutture (DM 29/11/2000)

In data 6 Dicembre 2000, viene pubblicato il Decreto del Ministero dell'Ambiente n.141 del 29 Novembre 2000 *"Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore"*.

Detto strumento normativo, stabilisce i criteri tecnici per la predisposizione degli interventi antirumore, definendo, oltre agli obblighi del gestore, i criteri di priorità degli interventi, riportando inoltre in Allegato (Allegato 2) i criteri di progettazione degli interventi stessi (Allegato 3 – Tabella 1), l'indice dei costi di intervento e i criteri di valutazione delle percentuali dell'attività di risanamento da ascrivere a più sorgenti sonore che immettono rumore in uno stesso punto.

In particolare, all'art. 4 *"Obiettivi dell'attività di risanamento"*, il Decreto stabilisce che le attività di risanamento debbano conseguire il rispetto dei valori limite del rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto così come stabiliti dai regolamenti di esecuzione di cui all'art. 11 della Legge Quadro.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

Nel caso di sovrapposizione di più fasce di pertinenza, il rumore immesso non deve superare complessivamente il maggiore fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture.

Per quanto concerne le priorità di intervento, nell'Allegato 1 viene riportato la seguente relazione per il calcolo dell'indice di priorità P,

$$P = \sum R_i (L_i - L_i^*) \quad (I).$$

nella quale:

$R_i$  è il numero di abitanti nella zona i-esima,

$(L_i - L_i^*)$  è la più elevata delle differenze tra i valori di esposizione previsti e i limiti imposti dalla normativa vigente all'interno di una singola zona;

Relativamente alle infrastrutture concorrenti, il Decreto stabilisce che l'attività di risanamento sia effettuata secondo un criterio di valutazione riportato nell'allegato 4 oppure attraverso un accordo fra i medesimi soggetti, le regioni e le province autonome, i comuni e le province territorialmente competenti.

Il criterio indicato dal decreto nell'Allegato 4 viene introduce il concetto di "Livello di soglia", espresso mediante la relazione

$$L_s = L_{zona} - 10 \cdot \log_{10} N \quad (II)$$

e definito come "il livello cui deve pervenire, a seguito di risanamento, ogni singola sorgente, avente rumore egualmente ponderato.

Nella relazione (II) il termine N rappresenta il numero delle sorgenti interessate al risanamento, e  $L_{zona}$  è il limite assoluto di immissione. Se il livello equivalente di rumore immesso da una sorgente è inferiore di 10 dB(A) rispetto al valore della sorgente avente massima immissione ed inferiore al

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

livello di soglia calcolato con il numero di sorgenti diminuito di 1, il contributo della sorgente stessa può essere trascurato.

## 2.2 CONCURSUALITÀ DELLE SORGENTI DI RUMORE PRESENTI SUL TERRITORIO

La verifica di concorsualità, come indicata dall'Allegato 4 del DM 29/11/2000 "Criterio di valutazione dell'attività di risanamento da ascrivere a più sorgenti sonore che immettono rumore in un punto", richiede in primo luogo l'identificazione degli ambiti interessati dalle fasce di pertinenza dell'infrastruttura principale e dalle infrastrutture secondarie presenti sul territorio. La verifica è di tipo geometrico e viene svolta considerando le fasce di pertinenza delle infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie potenzialmente concorsuali.

Se il ricettore è compreso all'interno di un'area di concorsualità è in primo luogo necessario verificare la significatività della sorgente concorsuale.

La sorgente concorsuale non è sicuramente significativa e può essere trascurata, se la differenza fra il livello di rumore causato dalla sorgente principale e quello causato dalla sorgente secondaria è superiore a 10 dBA. Tale approccio può essere applicato a ricettori presenti sia all'interno sia all'esterno della fascia dell'infrastruttura principale.

Le principali sorgenti di emissione comprese nelle aree di studio delle opere di progetto sono rappresentate dalle seguenti infrastrutture di trasporto stradali:

- Strada Statale n.16 "Adriatica" di categoria Cb
- Strada Provinciale SP88 "Litoranea Salentina" di categoria Cb
- Strada Statale n. 613 "Superstrada Brindisi-Lecce" di categoria B

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

Secondo quanto previsto dalla classificazione della viabilità i sopra citati assi stradali possono considerarsi di Tipo Cb (Fascia A 100m e Fascia B 50m) i primi due e di tipo Ca (Fascia A 100m e Fascia B 150m) l'ultimo, ai sensi del DPR 142/04.

Le fasce di pertinenza delle infrastrutture considerate sono riportate negli elaborati "Planimetria di censimento dei ricettori" IA7L00D22P6IM0004001A-002A.

In riferimento a tali sorgenti, si è adottato il principio di concorsualità, così come definito nel DM 29/11/2000, e riportato in dettaglio nel paragrafo successivo.

### **2.3 LIMITI ACUSTICI E APPLICAZIONE DELLE CONCORSUALITÀ**

Per individuare i limiti che ciascun ricettore deve rispettare si considera quanto indicato nel Decreto Attuativo per la regolamentazione dei limiti d'immissione delle infrastrutture ferroviarie del 18/11/98 n° 459 "Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n° 447, e nel DMA 29/11/2000.

Come evidenziato nei riferimenti normativi, i limiti di riferimento variano in funzione del tipo di ricettore cui si fa riferimento e del numero di sorgenti presenti sul territorio che possono definirsi concorsuali con quella oggetto di analisi.

Per il tipo di ricettori, alcuni di essi assumono i limiti sia nel periodo diurno, sia nel periodo notturno, mentre altri nel solo periodo diurno: ciò perché il limite di riferimento è relativo al periodo in cui effettivamente l'edificio in questione è utilizzato in maniera continuativa.

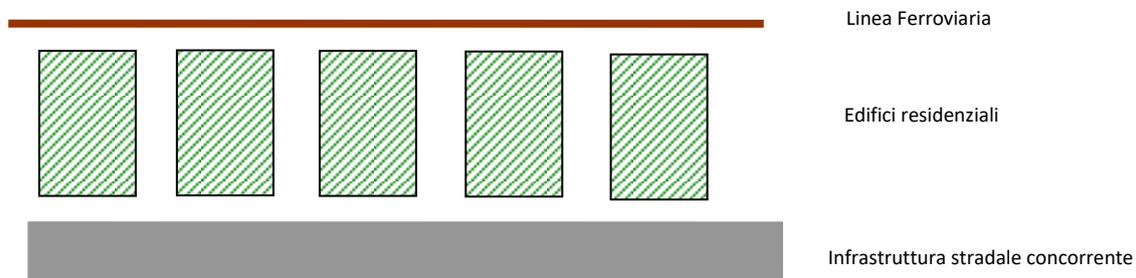
 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

Tipo di ricettore	Fascia A (0-100 m)		Fascia B (100-250 m)	
	Periodo diurno dB(A)	Periodo notturno dB(A)	Periodo diurno dB(A)	Periodo notturno dB(A)
Residenziale	70,0	60,0	65,0	55,0
Produttivo	70,0	-	65,0	-
Terziario	70,0	-	65,0	-
Ospedale/Casa di Cura	50,0	40,0	50,0	40,0
Scuola	50,0	-	50,0	-
Altro (utilizzo saltuario)	-	-	-	-

*Tabella 2 - Limiti acustici in assenza di sorgenti concorsuali*

Si fa presente che a prescindere dall'appartenenza geometrica ad una determinata fascia di pertinenza acustica, di fatto per il ricettore non assumono rilevanza le infrastrutture potenzialmente concorrenti che non insistono sullo stesso fronte rispetto all'infrastruttura principale oggetto di analisi.

Infatti, ove la linea ferroviaria e l'infrastruttura stradale concorrente insistono su fronti opposti di nuclei di residenziali consolidati la presenza stessa dell'edificato costituisce un ostacolo alla propagazione dell'uno o dell'altro contributo acustico e pertanto non vi è concorsualità effettiva.

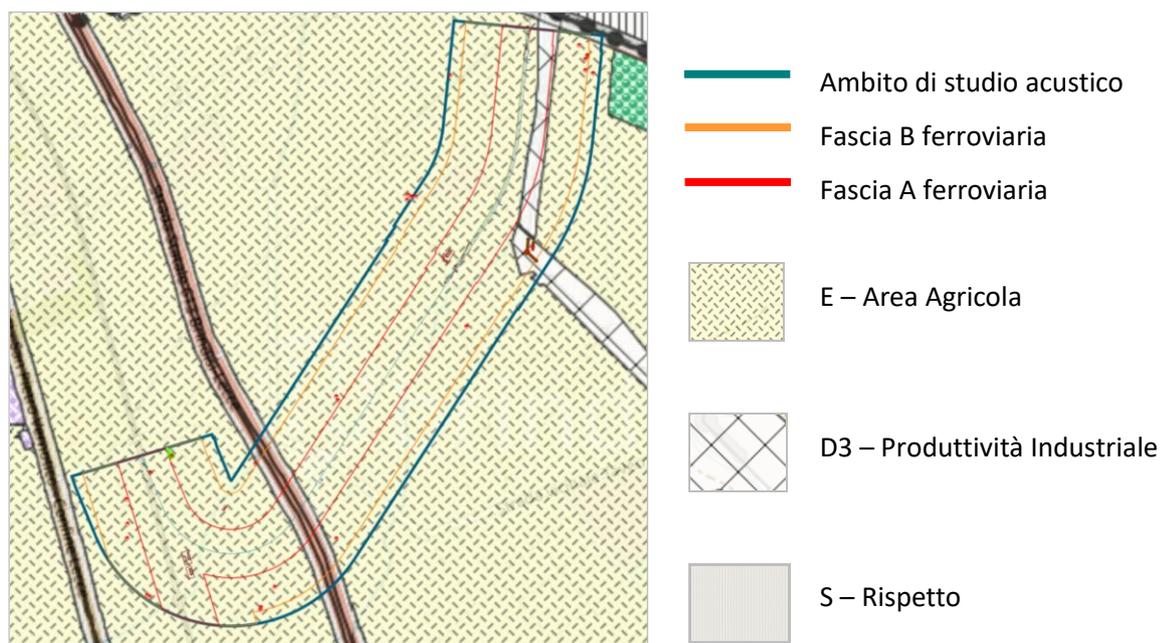


 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  Relazione Generale	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

## 2.4 PRESENZA DI AREE DI ESPANSIONE

Ai sensi del DPR 459/98, mediante l'analisi del piano regolatore del Comune di Brindisi è stata eseguita una verifica delle aree di espansione (definite come ricettore nell'art.1, co.1, lett.e), che ricadono all'interno della fascia di pertinenza acustica dell'infrastruttura in progetto e alle quali vanno applicati i limiti dettati da dette fasce, eventualmente decurtati del contributo di concorsualità.

Dall'analisi del PRG vigente risulta che le aree interessate dal progetto ricadono quasi interamente in zona agricola E (si veda lo stralcio di PRG riportato in calce, con la sovrapposizione dell'ambito di studio in verde scuro e delle fasce di pertinenza acustica ferroviarie). Fanno eccezione la zona D3 di produttività industriale relativa al gasdotto nella parte est e le aree di rispetto stradale per la SS 613 Brindisi-Lecce ad ovest.



Non si rilevano aree di espansione all'interno dell'ambito di studio acustico.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

## 2.5 PRESENZA DI AREE NATURALI PROTETTE

Ai sensi del DPR 459/98, mediante l'analisi degli strumenti di tutela naturalistica che insistono nell'area di progetto è stata eseguita una verifica delle aree naturalistiche vincolate (definite come ricettore nell'art.1, co.1, lett.e), che ricadono all'interno della fascia di pertinenza acustica dell'infrastruttura in progetto e alle quali vanno applicati i limiti dettati da dette fasce.

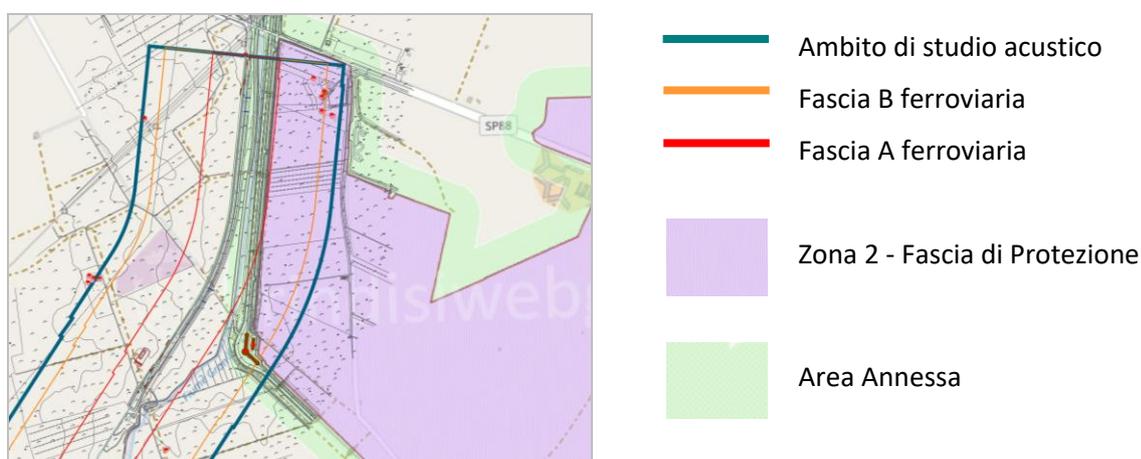
In particolare, è stato individuato il Parco Naturale Regionale delle Saline di Punta della Contessa nella zona Nord-Est. Di seguito si riportano:

- uno stralcio cartografico con l'ubicazione del Parco e una prima indicazione (in giallo) della zona interessata dagli interventi in progetto;



	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

- uno stralcio più dettagliato con la sovrapposizione tra l'ambito di studio acustico e il Parco.



Per le aree naturalistiche, ci si attiene a quanto previsto dal Manuale di Progettazione RFI delle Opere Civili: deve essere garantito il rispetto dei limiti previsti dalle norme nel solo periodo diurno in analogia a quanto viene richiesto per le scuole, in corrispondenza di punti significativi (zone maggiormente esposte e caratterizzate dalla presenza non saltuaria delle persone) da individuare all'interno di tali aree. Nel Parco Naturale Regionale delle Saline di Punta della Contessa non sono individuabili delle zone in cui vi sia una presenza non saltuaria.

## 2.6 LIMITI ACUSTICI E ZONIZZAZIONE ACUSTICA NEI COMUNI INTERESSATI

Per l'articolo 4 e 5 del DPR 459/98 i ricettori che ricadono al di fuori della fascia di pertinenza acustica dell'infrastruttura devono rispettare i limiti della tabella C del DPCM 14/11/97, ossia i limiti imposti dalle zonizzazioni acustiche comunali attraversate dalla linea ferroviaria.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

L'opera interessa il solo Comune di Brindisi, che si è dotato di un Piano Comunale di Classificazione Acustica dal 2006, in ottemperanza a quanto previsto dalla Legge Quadro 447/95. Nella tabella seguente si riporta lo stato di redazione, adozione e approvazione del suddetto piano.

Comune	Provincia	Passo	Delibere concernenti il PCCA
Brindisi	Brindisi	Adozione PCCA	D.G.C. 487 del 27.09.06
Brindisi	Brindisi	Approvazione PCCA	D.G.P. 17 del 13.02.2007
Brindisi	Brindisi	Adozione Variante	D.G.C. n.243 del 17.06.2011
Brindisi	Brindisi	Modifica Variante	D.G.C. n.328 del 05.08.2011
Brindisi	Brindisi	Approvazione Variante	D.G.P. n.56 del 12.04.2012

Il piano di classificazione acustica del comune di Brindisi è stato riportato nelle Planimetrie di censimento dei ricettori (elaborati IA7L00D22P6IM0004001A÷2A).

Per quanto concerne la classificazione, il territorio interessato dal progetto ricade per lo più in classe III (Aree di tipo misto, limiti di immissione 60 dBA diurni e 50 dBA notturni). Fanno eccezione:

- i corsi d'acqua, tratti del Fiume Grande (classe I – Aree particolarmente protette - limiti di immissione 50 dBA diurni e 40 dBA notturni)
- le fasce di rispetto dei corsi d'acqua (classe II – Area prevalentemente residenziale - limiti di immissione 55 dBA diurni e 45 dBA notturni),
- le fasce di rispetto della SS 613, della ferrovia e una fascia "cuscinetto" del gasdotto (classe IV – Area di intensa attività urbana - limiti di immissione 65 dBA diurni e 55 dBA notturni)
- il gasdotto (classe VI – Area esclusivamente industriale - limiti di immissione 70 dBA diurni)

	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO- PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

## 2.7 CARATTERIZZAZIONE ANTE OPERAM

### 2.7.1 Stima dei livelli acustici

Il territorio attraversato dal tracciato di progetto è per lo più agricolo. Non essendo disponibili delle misure dirette dei livelli acustici nella zona indagata, si può stimare che il clima acustico Ante Operam sia rappresentato dal piano di classificazione acustica stilato dal Comune di Brindisi (Paragrafo 2.6), che vede la maggior parte dell'area di indagine ricadere in classe III, quindi con livelli diurni minori di 60 dBA e livelli notturni entro i 50 dBA.

Si sottolinea come a detti livelli acustici contribuiscano anche delle infrastrutture viarie, come la SS.16 "Adriatica" e la SP88 "Litoranea Salentina" e, in particolare, la superstrada Brindisi – Lecce (SS613), per la quale, infatti, la zonizzazione riporta una fascia in classe IV, quindi dei livelli diurni che non superino i 65 dBA e dei livelli notturni che rientrino nei 55 dBA.

I valori di immissione della zonizzazione sono più elevati anche intorno al gasdotto presente nella zona nord - est dell'area di progetto.

### 2.7.2 Descrizione dei ricettori

Il tracciato di progetto si sviluppa interamente allo scoperto per ca. 3,5 km, per lo più a raso e in rilevato e completamente all'interno del territorio del Comune di Brindisi. Le zone attraversate sono poco abitate e per lo più ad uso agricolo.

#### 2.7.2.1 *Il censimento dei ricettori*

Nell'ambito delle analisi ante operam per la componente rumore è stato effettuato un dettagliato censimento dei ricettori.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

Il censimento ha riguardato una fascia di 250 m per lato a partire dal binario esterno (fascia di pertinenza acustica ai sensi del DPR 459/98) in tutti i tratti di linea ferroviaria allo scoperto. L'indagine è stata estesa anche oltre tale fascia, fino a ca. 300 metri, in caso di fronti edificati prossimi alla stessa.

È stata effettuata, in particolare, una verifica della destinazione d'uso ed altezza di tutti i ricettori. I risultati di tale verifica sono stati riportati, sulla cartografia numerica in scala 1:2.000 (elaborati IA7L00D22P6IM0004001A÷2A).

Dal censimento non risultano ricettori sensibili all'interno dell'ambito di studio. La zona è scarsamente edificata contando pochi edifici residenziali di 1-2 piani e diversi edifici agricoli o che fungono da rimessa.

Si evidenzia, come in premessa, che data la situazione emergenziale Covid-19 in essere al momento della redazione del progetto in Italia, non è stato possibile svolgere rilievi su campo al fine di caratterizzare lo stato ante operam e della caratterizzazione acustica della sorgente ferroviaria. La maggior parte dei dati presentati, quindi, sono frutto di ricerche bibliografiche, non essendo stato possibile eseguire nuovi rilievi in situ come sarebbe stato necessario. I dati relativi ai ricettori lungo la linea, perciò, potrebbero essere carenti di alcuni dettagli nei casi in cui le informazioni non siano disponibili da remoto.

Nelle planimetrie di censimento summenzionate, in merito ai ricettori censiti sono state evidenziate mediante apposita campitura colorata le informazioni di seguito descritte:

#### Tipologia dei ricettori

- Residenziale;
- Commerciale e Servizi;
- Industriale e Artigianale;
- Monumentale/religioso;
- Asili, Scuole, Università

	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

- Ruleri, dismessi, box e depositi;
- Pertinenza FS
- Espropri/demolizioni

#### Altezza dei ricettori

Indicato come numero di piani fuori terra.

L'attività di verifica ante operam è stata quindi completata con la redazione di schede di dettaglio in cui sono state riportate per ciascun fabbricato le informazioni riguardanti la localizzazione, lo stato e la consistenza e la relativa documentazione fotografica.

Le schede sono riportate nel documento IA7L00D22SHIM0004001A.

Di seguito viene fornita una descrizione delle informazioni contenute nelle schede:

#### A) Dati generali

– Codice ricettore individuato da un numero di quattro cifre XZZZ dove

X è un numero che indica la posizione del ricettore rispetto al binario

1 lato dispari rispetto la progressiva crescente di progetto (fascia ferroviaria A)

2 lato pari rispetto la progressiva crescente di progetto (fascia ferroviaria A)

3 lato dispari rispetto la progressiva crescente di progetto (fascia ferroviaria B)

4 lato pari rispetto la progressiva crescente di progetto (fascia ferroviaria B)

5 lato dispari rispetto la progressiva crescente di progetto (oltre 250 m)

6 lato pari rispetto la progressiva crescente di progetto (oltre 250 m)

ZZZ è il numero progressivo del ricettore anomalia

	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO- PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

B) Dati localizzativi

- Comune
- Progressiva ferroviaria
- Distanza dalla linea ferroviaria in progetto valutata rispetto all'asse di tracciamento
- Tipologia linea

C) Dati caratteristici dell'edificio esaminato

- Numero dei piani
- Orientamento rispetto al binario
- Destinazione d'uso del ricettore

D) Caratterizzazione degli infissi

- Numero infissi fronte parallelo e/o obliqui

E) Altre sorgenti di rumore

F) Note

	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO- PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

## 2.8 GLI IMPATTI CON LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

### 2.8.1 Illustrazione delle tecniche previsionali adottate

L'impatto prodotto dalle infrastrutture ferroviarie può essere valutato con l'ausilio di appositi modelli matematici di simulazione.

Un modello si basa sulla schematizzazione del fenomeno attraverso una serie di ipotesi semplificative che riconducono qualsiasi caso complesso alla somma di casi semplici e noti.

Per la previsione dell'impatto acustico della linea in analisi e per il dimensionamento degli interventi di abbattimento del rumore è stato utilizzato il modello di simulazione SoundPLAN.

Tale modello è sviluppato dalla Braunstein & Berndt GmbH sulla base di norme e standard definiti dalle ISO da altri standard utilizzati localmente come le Schall 03 e DIN 18005 emanate della Germania Federale, le ÖAL 30 Austriache e le Nordic Kilde 130.

La peculiarità del modello SoundPLAN si basa sul metodo di calcolo per "raggi". Il sistema di calcolo fa dipartire dal ricevitore una serie di raggi ciascuno dei quali analizza la geometria della sorgente e quella del territorio, le riflessioni e la presenza di schermi.

Studiando il metodo con maggior dettaglio si vede che ad ogni raggio che parte dal ricevitore viene associata una porzione di territorio e così, via via, viene coperto l'intero territorio

Quando un raggio incontra la sorgente, il modello calcola automaticamente il livello prodotto della parte intercettata. Pertanto, sorgenti lineari come strade e ferrovie vengono discretizzate in tanti singoli punti sorgente ciascuno dei quali fornisce un contributo. La somma dei contributi associati ai vari raggi va quindi a costituire il livello di rumore prodotto dall'intera sorgente sul ricevitore.

I contributi forniti dai diversi raggi vengono evidenziati nei diagrammi di output. In tali schematizzazioni la lunghezza dei raggi è proporzionale al contributo in rumore fornito da quella direzione.

	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO- PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

Quando un raggio incontra una superficie riflettente come la facciata di un edificio, il modello calcola le riflessioni multiple. A tal proposito l'operatore può stabilire il numero di riflessioni massimo che deve essere calcolato ovvero la soglia di attenuazione al di sotto della quale il calcolo deve essere interrotto.

Questa metodologia di calcolo consente quindi una particolare accuratezza nella valutazione della geometria del sito e risulta quindi molto preciso ed efficace in campo urbano, dove l'elevata densità di edifici, specie se di altezza elevata, genera riflessioni multiple che producono un innalzamento dei livelli sonori.

La possibilità di inserire i dati sulla morfologia dei territori, sui ricettori e sulle infrastrutture esistenti ed in progetto mediante cartografia tridimensionale consente di schematizzare i luoghi in maniera più che mai *realistica e dettagliata*. Ciò a maggior ragione se si considera che, oltre alla conformazione morfologica, è possibile associare ad elementi naturali e antropici specifici comportamenti acustici. Il modello prevede infatti l'inserimento di appositi coefficienti che tengono conto delle caratteristiche più o meno riflettenti delle facciate dei fabbricati.

#### 2.8.2 Dati di input del modello

L'applicazione del modello previsionale ha richiesto l'inserimento dei dati riguardanti i seguenti aspetti:

1. morfologia del territorio
2. geometria dell'infrastruttura
3. caratteristiche dell'esercizio ferroviario con la realizzazione degli interventi in progetto;
4. emissioni acustiche dei singoli convogli.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

Si nota che i dati relativi ai punti 1 e 2 (morfologia del territorio e geometria dell'infrastruttura sono stati derivati da cartografia vettoriale e dalle planimetrie, profili e sezioni di progetto. I dati territoriali sono stati verificati mediante l'analisi di foto aeree.

Lo standard di calcolo utilizzato è quello delle *Deutsche Bundesbahn* sviluppato nelle norme *Schall 03*. I parametri di calcolo adottati sono i seguenti:

Ordine di riflessione	2	Ponderazione	dB(A)
Max raggio di ricerca [m]	5000	Imposta bonus ferrovia di 5 dB	<input type="checkbox"/>
Max.distanza riflessioni da Ric. [m]	200	Considera le superfici stradali come aree "hard" (G=0)	<input checked="" type="checkbox"/>
Max.distanza riflessioni da Srg. [m]	50		
Tolleranza consentita (dB)	0,1		
Tolleranza consentita valida per..	risultato complessivo		

Nei paragrafi seguenti si riportano nel dettaglio i dati di input utilizzati per l'esercizio.

	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

### 2.8.2.1 *Modello di esercizio*

Di seguito si riportano nel dettaglio i dati di input utilizzati per l'esercizio ferroviario:

1. La tipologia di convogli in transito.
2. Il numero di transiti relativamente al periodo diurno e notturno per le diverse categorie di convogli.
3. Velocità dei treni per le singole tratte

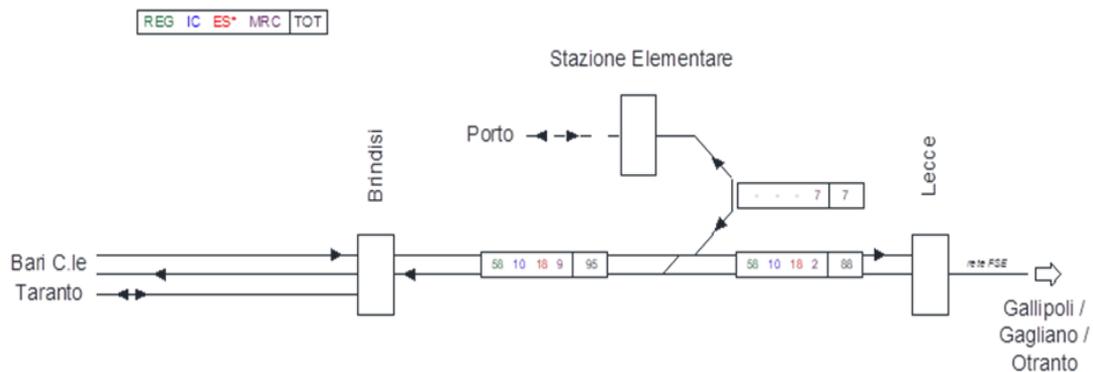
I dati di traffico utilizzati nelle simulazioni per il lotto 1, oggetto del presente studio, sono, in via cautelativa, i dati di traffico a regime cioè con l'attivazione completa di tutti e due i lotti previsti dal progetto (lotto 1 e lotto 2). Per le specifiche sui dati di traffico e le differenti fasi si vedano gli elaborati IA7L00D16RGES0001001A e IA7L00D16RGES0002001A di Esercizio.

Di seguito si riportano i dati utilizzati:

- Linea Bari – Brindisi – Lecce, tratta Brindisi – Bivio Porto: 95 convogli al giorno
- Linea Bari – Brindisi – Lecce, tratta Bivio Porto - Lecce: 88 convogli al giorno
- Linea di progetto: 7 convogli al giorno

Di seguito uno schematico della composizione delle tratte in esame:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A



Nella tabella seguente vengono riportati il numero dei transiti relativamente al periodo diurno e notturno suddivisi per le diverse categorie di convogli:

	<b>Tipologia Materiale Rotabile</b>	<b>Transiti Diurni</b>	<b>Transiti Nottorni</b>	<b>Transiti Totali</b>
Bari – Lecce Tratta Brindisi – Bivio Porto	Regionali	54	4	58
	Inter City	9	1	10
	Alta Velocità	15	3	18
	Merci	6	3	9
Bari – Lecce Tratta Bivio Porto – Lecce	Regionali	54	4	58
	Inter City	9	1	10
	Alta Velocità	15	3	18
	Merci	1	1	2
Tratta di Progetto	Regionali	-	-	-
	Inter City	-	-	-
	Alta Velocità	-	-	-
	Merci	5	2	7

	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO- PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

La velocità per tutto il ramo dal bivio porto alla stazione elementare è a 60 km/h (come anche le comunicazioni); sulla linea storica si è ipotizzata una velocità massima di 100 km/h.

#### 2.8.2.2 Emissioni dei rotabili

La simulazione acustica è stata effettuata mediante il software SoundPLAN descritto nel paragrafo successivo. La modellazione tridimensionale di base del territorio utilizzata nella simulazione è stata sviluppata a partire dalla cartografia 3D in formato vettoriale.

Le emissioni sonore da associare ad ogni tipologia di convoglio ferroviario previsto nel Modello di Esercizio di progetto sono state estratte dal documento redatto da Rete Ferroviaria Italiana “Stima dei livelli sonori ai sensi del DM Ambiente 29/11/00 – Rapporto delle misure – Volume 1 – Emissioni dei treni”.

In particolare, si è fatto riferimento ai dati contenuti *nell’Annesso 5: sommario SEL @ 25 m normalizzati a 100 km/h*, che di seguito vengono riportati.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A



Sommario SEL @ 25 m normalizzati a 100 Km/h

	dBA	63 Hz	125	250	500	1 K	2 K	4 K	8K
Valore medio ALn 668	89,9	57,9	64,1	73,4	84,7	85,8	81,8	77,7	66,2
Deviazione standard	2,2	3,9	2,9	2,6	3,0	2,5	2,3	2,4	3,4
Valore medio DIR / IR	94,3	61,1	67,2	78,8	84,4	88,4	90,7	84,5	74,1
Deviazione standard	4,7	3,7	4,3	5,6	5,7	5,3	4,6	4,5	4,4
Valore medio E / EN	96,7	62,7	73,9	85,7	90,6	90,9	90,8	87,8	76,2
Deviazione standard	3,2	0,5	2,5	2,8	3,3	3,2	3,0	3,9	4,3
Valore medio ETR 450-460-480	88,9	55,5	60,5	68,3	72,9	77,7	86,9	81,9	69,5
Deviazione standard	3,8	3,4	3,6	4,9	5,0	4,5	3,9	4,0	3,9
Valore medio ETR 500	90,6	57,0	61,8	71,7	76,8	81,8	88,5	81,8	69,8
Deviazione standard	3,0	2,7	3,2	4,1	3,6	3,2	3,2	3,3	2,9
Valore medio IC	94,9	60,5	65,8	75,7	81,0	87,7	92,5	85,6	74,1
Deviazione standard	4,8	3,3	4,1	5,9	6,0	5,3	4,7	4,7	4,7
Valore medio REG	92,3	60,9	67,6	77,9	83,6	86,3	87,9	83,3	73,5
Deviazione standard	4,7	4,7	4,6	5,7	5,7	5,0	4,6	4,7	5,0
Valore medio REG-MET	86,9	53,9	63,2	74,1	79,3	81,9	81,0	77,9	69,3
Deviazione standard	4,1	3,6	3,8	4,4	4,9	4,7	3,7	3,6	3,5
Valore medio MERCI	102,5	65,3	77,1	87,7	95,5	97,7	96,3	91,9	79,8
Deviazione standard	6,2	5,6	6,8	7,5	6,9	6,9	5,3	5,6	6,0

### 2.8.3 Taratura del modello di simulazione

Come evidenziato nella premessa, non è stato possibile effettuare misure e rilievi in campo per il presente progetto. Ai fini della taratura del modello, perciò, sono stati impiegati i rilievi fonometrici effettuati per il progetto definitivo del "Collegamento Ferroviario dell'aeroporto del Salento con la stazione di Brindisi" (IA7K 00 D 22). Tale progetto è stato selezionato in quanto contiguo al presente sotto diversi aspetti:

- la linea interessata è in parte la stessa, trattandosi del nodo di Brindisi, quindi il materiale rotabile in esercizio sulle due linee è simile

	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

- il progetto è stato sviluppato nel 2019, perciò non sono intervenute modifiche sostanziali al materiale rotabile né alla linea nel tempo intercorso tra la stesura dei due progetti

Si riportano in allegato i report di misura delle misure effettuate in quella sede. Per i report completi di certificati di taratura si veda l'elaborato del progetto di riferimento IA7K00D22RHIM0004001A.

I rilievi fonometrici summenzionati sono stati utilizzati per la verifica della rispondenza del software di simulazione acustica alle condizioni al contorno specifiche del territorio e alle operazioni di taratura dello stesso software.

Tale campagna ha permesso:

- La caratterizzazione acustica delle diverse tipologie di materiale rotabile ad oggi in esercizio sull'attuale linea ferroviaria, con l'individuazione di un "Punto di Riferimento" PR1 posto in prossimità del binario di corsa della Linea Brindisi-Taranto.
- La taratura del modello di simulazione acustica, con l'individuazione di due "Punti Significativi" PS1 e PS2 posti a distanze crescenti dall'infrastruttura ferroviaria.

I dati così rilevati sono stati rielaborati per ottenere i seguenti dati associati ad ogni singolo transito:

- Data e ora di passaggio;
- Categoria commerciale;
- Origine e Destinazione del viaggio;
- Ora di inizio e fine evento sonoro;
- Durata in secondi dell'evento sonoro;
- Lunghezza del convoglio;
- Velocità di transito;

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

- Composizione (numero di locomotori e di vagoni o carri);
- Grandezze acustiche: o Lmax
  - Leq sulla durata dell'evento
  - SEL

Successivamente, tali informazioni sono state normalizzate e mediate per ottenere – per ciascuna tipologia di convoglio ferroviario transitato – le seguenti informazioni:

- Numero di transiti nel periodo diurno e nel periodo notturno;
- Velocità media di transito;
- SEL medio.

A partire dai dati così elaborati è stato anche possibile ricavare il valore del Livello Equivalente diurno e notturno sia nel PR che nei due PS.

Inserendo nella libreria del modello di simulazione i valori di emissione così come rilevati sperimentalmente, ed il Modello di Esercizio effettivo (numero di transiti realmente avvenuti nelle 24 ore di misura) associato alla linea ferroviaria esistente, sono stati calcolati i Livelli Equivalenti diurni<sub>1</sub> in corrispondenza dei punti di misura e controllo PR e PS, ricavando i seguenti valori:

punti di misura e controllo	Valori simulati		Valori misurati		Scarti simulati -misurati	
	Leq,d	Leq,n	Leq,d	Leq,n	Leq,d	Leq,n
<b>PR01</b>	61,9	-	61,5	-	0,4	-
<b>PS01</b>	45,2	-	44,5	-	0,7	-

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

<b>PS02</b>	51,6	-	51,9	-	-0,3	-
<b>Media degli scarti sui punti PS</b>					<b>0,2</b>	-

In corrispondenza dei punti di controllo (PS1 e PS2), si osserva una ottima corrispondenza dei valori simulati rispetto a quelli misurati (con medie aritmetiche degli scarti pari a +0,2 dBA).

Per il Punto di Riferimento PR, si ottiene una lieve sovrastima, che di fatto consente di operare in condizioni cautelative.

## **2.9 CONSIDERAZIONI SUI LIVELLI SONORI *POST OPERAM***

L'applicazione del modello di simulazione sopra descritto ha permesso di stimare i livelli sonori con la realizzazione delle opere in progetto.

Le valutazioni previsionali evidenziano che l'impatto da rumore di origine ferroviaria non comporta superamenti dei limiti acustici nell'area. Pertanto, non è necessario prevedere interventi di mitigazione.

La tabella di dettaglio relativa ai livelli sonori simulati è riportata nell'allegato 2 alla presente relazione.

È possibile valutare il clima acustico post operam attraverso le Mappe Acustiche a quota 4m dal piano campagna, prodotte dal modello di simulazione sia per il periodo diurno sia per il periodo notturno (si veda l'allegato 3 alla presente relazione).

	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO- PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

### 3 STUDIO VIBRAZIONALE

#### 3.1 Riferimenti legislativi

A differenza del rumore ambientale, regolamentato a livello nazionale dalla Legge Quadro n. 447/95, non esiste al momento alcuna legge che stabilisca limiti quantitativi per l'esposizione alle vibrazioni. Esistono invece numerose norme tecniche, emanate in sede nazionale ed internazionale, che costituiscono un utile riferimento per la valutazione del disturbo in edifici interessati da fenomeni di vibrazione.

Per quanto riguarda il disturbo alle persone, i principali riferimenti sono costituiti dalla norma ISO 2631 / Parte 2 "*Evaluation of human exposure to whole body vibration / "Continuous and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz)"*". La norma assume particolare rilevanza pratica poiché ad essa fanno riferimento le norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale relativi alla componente ambientale "Vibrazioni", contenute nel D.P.C.M. 28/12/1988. Ad essa, seppur con alcune non trascurabili differenze, fa riferimento la norma UNI 9614 "*Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo"*.

Si riporta di seguito la principale normativa tecnica esistente in riferimento all'aspetto ambientale vibrazioni:

##### 3.1.1 ISO 2631 "Valutazione sull'esposizione del corpo umano alle vibrazioni"

La ISO 2631-2 si applica a vibrazioni trasmesse da superfici solide lungo gli assi x, y e z per persone in piedi, sedute o coricate. Il campo di frequenze considerato è 1÷80 Hz e il parametro di valutazione è il valore efficace dell'accelerazione  $a_{rms}$  definito come:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

$$a_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}$$

dove  $a(t)$  è l'accelerazione in funzione del tempo,  $T$  è la durata dell'integrazione nel tempo dell'accelerazione. La norma definisce tre curve base per le accelerazioni e tre curve base per le velocità (in funzione delle frequenze di centro banda definite per terzi di ottava) che rappresentano le curve approssimate di uguale risposta in termini di disturbo, rispettivamente per le accelerazioni riferite all'asse Z, agli assi X,Y e alla combinazione dei tre assi. L'Annex A della ISO 2631-2 (che non rappresenta peraltro parte integrale della norma) fornisce informazioni sui criteri di valutazione della risposta soggettiva alle vibrazioni; in pratica sono riportati i fattori di moltiplicazione da applicare alle curve base delle accelerazioni e delle velocità al variare del periodo di riferimento (giorno e notte), del tipo di vibrazione (vibrazioni continue o intermittenti, vibrazioni transitorie) e del tipo di insediamento (ospedali, laboratori di precisione, residenze, uffici, industrie). Le vibrazioni devono essere misurate nel punto di ingresso nel corpo umano e deve essere rilevato il valore di accelerazione r.m.s. perpendicolarmente alla superficie vibrante. Nel caso di edifici residenziali in cui non è facilmente definibile un asse specifico di vibrazione, in quanto lo stesso edificio può essere usato da persone in piedi o coricate in diverse ore del giorno, la norma presenta una curva limite che tiene conto delle condizioni più sfavorevoli combinate in tre assi.

### 3.1.2 UNI 9614 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo"

La norma è sostanzialmente in accordo con la ISO 2631-2. Tuttavia, sebbene le modalità di misura siano le stesse, la valutazione del disturbo è effettuata sulla base del valore di accelerazione r.m.s. ponderato in frequenza, il quale è confrontato con una serie di valori limite dipendenti dal periodo di riferimento (*giorno*, dalle 7:00 alle 22:00, e *notte*, dalle 22:00 alle 7:00) e dalle destinazioni d'uso degli edifici. Generalmente, tra le due norme, la UNI 9614 si configura come più restrittiva.

Dato che gli effetti prodotti dalle vibrazioni sono differenti a seconda della frequenza delle accelerazioni, vanno impiegati dei filtri che ponderano le accelerazioni a seconda del loro effetto sul

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

soggetto esposto. Tali filtri rendono tutte le componenti dello spettro equivalenti in termini di percezione e quindi di disturbo. I simboli dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza e del corrispondente livello sono rispettivamente,  $a_w$  e  $L_w$ . Quest'ultimo, espresso in dB, è definito come  $L_w = 20 \log_{10} (a_w / 10^{-6} \text{ ms}^{-2})$ . Il filtro per le accelerazioni che si trasmettono secondo l'asse z prevede una attenuazione di 3 dB per ottava tra 4 e 1 Hz, una attenuazione nulla tra 4 e 8 Hz ed una attenuazione di 6 dB per ottava tra 8 e 80 Hz. Il filtro per le accelerazioni che si trasmettono secondo gli assi x e y prevede un'attenuazione nulla tra 1 e 2 Hz e una attenuazione di 6 dB per ottava tra 2 e 80 Hz. La banda di frequenza 1-80 Hz deve essere limitata da un filtro passabanda con una pendenza asintotica di 12 dB per ottava. Nel caso la postura del soggetto esposto non sia nota o vari nel tempo, va impiegato il filtro definito nel prospetto I della norma, ottenuto considerando per ogni banda il valore minimo tra i due filtri suddetti. In alternativa, i rilievi su ogni asse vanno effettuati utilizzando in successione i filtri sopraindicati; ai fini della valutazione del disturbo verrà considerato il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza più elevato.

Come riportato dalla norma, la soglia di percezione delle vibrazioni si pone a 74 dB per l'asse Z e a 71 dB per gli assi X e Y. I valori limite per la valutazione del disturbo da vibrazioni sono riportati nel prospetto III della norma e risultano essere per gli assi X, Y e Z in riferimento alla pesatura per postura non nota i seguenti:

- Aree critiche: 71 dB
- Abitazioni (notte): 74 dB
- Abitazioni (giorno): 77 dB
- Uffici: 83 dB
- Fabbriche: 89 dB

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

Nell'Appendice della norma UNI 9614, che non costituisce parte integrante della norma, si indica che la valutazione del disturbo associato alle vibrazioni di livello costante deve essere svolta confrontando i valori delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza, o i corrispondenti livelli più elevati riscontrati sui tre assi, con una serie di valori limite riportati nei prospetti II e III. Quando i valori o i livelli delle vibrazioni in esame superano i limiti, le vibrazioni possono essere considerate oggettivamente disturbanti per il soggetto esposto. Nel caso di vibrazioni di tipo impulsivo è necessario misurare il livello di picco dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza; tale livello deve essere successivamente diminuito di 3 dB al fine di stimare il corrispondente livello efficace. I limiti possono essere adottati se il numero di eventi impulsivi giornalieri non è superiore a 3. Nel caso si manifestino più di 3 eventi impulsivi giornalieri i limiti fissati per le abitazioni, gli uffici e le fabbriche vanno diminuiti in base al numero di eventi e alla loro durata, moltiplicandoli per un fattore correttivo F. Nessuna riduzione può essere applicata per le aree critiche. Nel caso di impulsi di durata inferiore a 1 s si deve porre  $F = 1.7 \cdot N^{-0.5}$ . Per impulsi di durata maggiore si deve porre  $F = 1.7 \cdot N^{-0.5} \cdot t^{-k}$ , con  $k = 1.22$  per pavimenti in calcestruzzo e  $k = 0.32$  per pavimenti in legno. Qualora i limiti così calcolati risultassero inferiori ai limiti previsti per le vibrazioni di livello stazionario, dovranno essere adottati questi ultimi valori.

### 3.1.3 UNI 9916:2014 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici"

I danni agli edifici determinati dalle vibrazioni vengono trattati dalla UNI 9916 "*Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici*", norma in sostanziale accordo con i contenuti tecnici della ISO 4866 e in cui viene richiamata, sebbene non faccia parte integrante della norma, la DIN 4150, parte 3. La norma UNI 9916 fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratorii allo scopo di permettere anche la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica. Altro scopo della norma è di ottenere dati comparabili sulle caratteristiche delle vibrazioni rilevate in tempi diversi su uno stesso edificio, o su edifici diversi a parità di sorgente di eccitazione, nonché di fornire criteri di valutazione degli effetti delle vibrazioni medesime.

	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

Gli edifici sono classificati secondo tre tipologie:

- costruzioni residenziali e costruzioni strutturalmente simili;
- costruzioni industriali e costruzioni strutturalmente simili;
- costruzioni che, per la loro sensibilità particolare alle vibrazioni, non rientrano nella classificazione delle prime due categorie o sono di grande valore intrinseco (per esempio edifici monumentali soggetti a tutela).

La Norma fornisce infine una classificazione degli effetti di danno a carico delle strutture secondo due livelli:

- *Danno di architettonico (o di soglia)*: effetto residuo delle vibrazioni che determina alterazione estetica o funzionale dell'edificio senza comprometterne la stabilità strutturale o la sicurezza degli occupanti. Il danno architettonico si presenta in molti casi con la formazione o l'accrescimento di fessure filiformi sulle superfici dei muri a secco o sulle superfici intonacate o nei giunti di malta delle costruzioni in mattoni
- *Danno maggiore*: Effetto che si presenta con la formazione di fessure più marcate, distacco e caduta di gesso o pezzi di intonaco fino al danneggiamento di elementi strutturali (per esempio fessure nei pilastri e nelle travature, apertura di giunti).

L'Appendice D della UNI 9916 contiene i criteri di accettabilità dei livelli della velocità massima con riferimento alla DIN 4150

Per velocità massima è da intendersi la velocità massima di picco (peak component particle velocity).

Per le vibrazioni di breve durata (quelle per cui sono da escludere problemi di fatica e amplificazioni dovute a risonanza nella struttura interessata), i limiti sono riportati nel seguente prospetto:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

Valori di riferimento per la velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni a breve durata sulle costruzioni						
Classe	Tipo di Edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.c.p.v. in mm/s				
		Fondazioni			Piano Alto	Solai Componente Verticale
		Da 1Hz a 10Hz	Da 10Hz a 50Hz	Da 50Hz a 100Hz	Per tutte le frequenze	Per tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzione strutturalmente simili	20	Varia linearmente da 20 (f = 1Hz) a 40 (f=50Hz)	Varia linearmente da 40 (f = 1Hz) a 50 (f=50Hz)	40	20
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5	Varia linearmente da 5 (f = 1Hz) a 15 (f=50Hz)	Varia linearmente da 5 (f = 1Hz) a 20 (f=50Hz)	15	20
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	3	Varia linearmente da 3 (f = 1Hz) a 8 (f=50Hz)	Varia linearmente da 8 (f = 1Hz) a 10 (f=50Hz)	8	3/4

Per frequenze oltre in 100Hz possono essere usati i valori di riferimento per 100Hz

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

Per le vibrazioni permanenti invece i valori di riferimento sono riportati nel seguente prospetto:

Valori di riferimento per le componenti orizzontali della velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni durature sulle costruzioni		
Classe	Tipo di Edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.c.p.v. in mm/s Per tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzione strutturalmente simili	10
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	25

### 3.2 MODELLO PREVISIONALE

#### 3.2.1 Le vibrazioni indotte in fase di esercizio

L'esercizio di una linea ferroviaria è fonte di sollecitazioni dinamiche nel terreno circostante. Le cause di tali vibrazioni sono da ricondursi all'interazione del sistema veicolo/armamento/struttura di sostegno e dipendono da diversi fattori quali la tipologia di convoglio, le velocità di esercizio le caratteristiche dell'armamento, la tipologia di terreni e non ultimo le caratteristiche strutturali dei fabbricati.

Le vibrazioni sono in grado di determinare effetti indesiderati sulla popolazione esposta e sugli edifici. Il disturbo sulle persone, classificato come "*annoyance*", dipende in misura variabile dall'intensità e frequenza dell'evento disturbante e dal tipo di attività svolta. Le vibrazioni possono causare danni agli edifici in alcune situazioni, o in presenza di caratteristiche di estrema suscettività strutturale o di elevati e prolungati livelli di sollecitazione dinamica. Tali situazioni si verificano

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

tuttavia in corrispondenza di livelli di vibrazione notevoli, superiori di almeno un ordine di grandezza rispetto ai livelli tipici dell'annoyance.

Nel caso specifico il territorio interessato dal progetto è di tipo pianeggiante caratterizzato per lo più agricole con porzioni residenziali a bassa densità abitativa con tipologia edilizia residenziale in media di 1-2 piani in parte con struttura in muratura e in parte con struttura in c.a.

I terreni affioranti interessati dal tracciato di progetto sono principalmente compatti e presentano un comportamento abbastanza omogeneo in relazione al trasferimento di onde vibratorie.

### 3.2.2 Caratterizzazione della sorgente di vibrazioni

#### 3.2.2.1 *Interazione ruota-rotaia*

La sorgente di vibrazioni ferroviaria consiste nel movimento del treno lungo le rotaie e dalle conseguenti forze che nascono nell'interazione fra ruota, rotaia e struttura di appoggio della rotaia. I treni, in fase di riposo, esercitano una forza statica data dal peso trasmesso dalle ruote alle rotaie e distribuito dalla rotaia stessa, dalle traversine, dal supporto (ballast...) e dal terreno: si tratta del carico statico. Quando il treno si mette in movimento questa forza si sposta insieme al treno stesso, ma a causa delle imperfezioni e irregolarità superficiali di ruota, rotaia nonché delle variazioni nel tipo di supporto della rotaia il carico statico eserciterà una forza dinamica, che si trasforma in vibrazioni generate nel punto di contatto ruota-rotaia e trasmesse nel terreno circostante. I parametri che influenzano il livello e le caratteristiche delle vibrazioni indotte dal passaggio del treno sono:

- **Vibrazioni indotte dalla risposta della struttura del binario:**
  - Carico statico assiale (peso del treno e spaziatura interassiale);
  - Geometria e composizione del treno (tipo, lunghezza...);
  - Velocità del treno.
- **Interfaccia ruota-rotaia**
  - Imperfezioni della ruota (eccentricità, sbilanciamento, zone piatte, asperità);

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

- Andatura instabile dei veicoli ferroviari;
- Accelerazione e decelerazione del treno.
- **Imperfezioni della rotaia**
  - Qualità della rotaia (corrugamenti, corrosione, asperità, giunti...),
  - Curve e chicane (forze centrifughe)
- **Variazioni nella struttura di supporto**
  - Geometria e rigidità della struttura di supporto (traversine, ballast e terreno),
  - Presenza di ghiaccio.

Un aumento del carico assiale aumenta ovviamente il carico dinamico generato dal passaggio del treno. Il raddoppio del carico assiale può aumentare i livelli di vibrazione da 2 a 4 dB (Kurzweil, 1979). La composizione dei treni ha inoltre un impatto notevole sulla generazione di vibrazioni, così come la velocità stessa del treno può portare a notevoli incrementi di vibrazione: secondo Kurzweil (1979) un raddoppio della velocità può comportare un aumento di vibrazione da 4 a 6 dB. Le imperfezioni superficiali della rotaia e della ruota sono la causa principale delle vibrazioni: le tipiche irregolarità superficiali delle ruote sono zone lisce (piatte) dovute alla frenatura. Le irregolarità della rotaia possono essere costituite da giunti fra spezzoni di rotaia (rotaie non saldate), corrugamenti, asperità o altro ancora. Secondo Kurzweil questi difetti possono aumentare i livelli di vibrazione da 10 a 20 dB. Altre cause di vibrazione sono le curve, accelerazioni/decelerazioni del treno, guida instabile dei veicoli, etc.

Le variazioni nella struttura di supporto delle rotaie dipendono dalla geometria, rigidità e spaziatura fra le traversine. una traversina può perdere il contatto con il ballast sottostante, oppure si può verificare che una traversina sia supportata dal ballast meglio di quelle circostanti: in questo caso essa genererà una maggiore resistenza al passaggio del treno. È piuttosto comune individuare un picco corrispondente alla frequenza della spaziatura delle traversine e in funzione della velocità del treno. Anche la rigidità e l'eterogeneità del ballast possono influenzare le forze generate dal transito del treno. Come descritto sopra, il carico generato dai treni è dovuto ad un carico statico, dovuto al

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

peso del treno, e ad un carico dinamico, generato dalle imperfezioni della rotaia, ruote, struttura di appoggio. I carichi dinamici variano il carico (e quindi la forza) complessiva trasmessa nella misura percentuale relativa al carico statico descritta nella seguente tabella.

Tipo di carico	Carico	Contributo
Statico	Peso del treno	100%
Dinamico	Contributo quasi-statico nelle curve	10-40%
"	Contributo dovuto ad asperità delle rotaie	50 – 300%
"	Contributo dovuto ad asperità delle ruote	50 – 300 %
"	Contributo dovuto ad accelerazioni e frenature	5 – 20 %

Il tipico spettro di frequenza generato dal transito di treni in gallerie è compreso fra 4 Hz e alcune centinaia di Hz. Vi possono essere picchi di frequenza compresi fra 80 e 100 dB.

### 3.2.2.2 Velocità dei treni

La velocità del treno ha un effetto significativo sul disturbo vibrazionale negli edifici, anche se spesso inferiore a quanto potrebbe essere atteso sulla base di considerazioni soggettive.

I livelli di vibrazione variano con legge logaritmica in base dieci in funzione delle variazioni nella velocità del treno, ossia:

$$L = L_0 + 10 \div 20 \cdot \log\left(\frac{V}{V_0}\right)$$

dove:

- L e L<sub>0</sub>: sono i livelli di vibrazioni in decibel
- V e V<sub>0</sub>: sono le rispettive velocità di transito dei treni

Dalla relazione sopra riportata si evince che al raddoppiare della velocità di transito si produce un incremento di 6 dB nei livelli di vibrazione e ciò in maniera indipendente dalla frequenza.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

### 3.2.3 La propagazione delle vibrazioni nel terreno

#### 3.2.3.1 *La propagazione delle onde vibrazionali*

#### **L'attenuazione geometrica**

L'attenuazione geometrica per una linea di emissione di lunghezza infinita (lunghezza del treno maggiore della distanza sorgente-ricettore) si esprime come:

$$A_g = 20 \cdot \log_{10}((d+d_0)/d)^n$$

dove:

- $d+d_0$ : distanza dall'asse della linea ferroviaria
- $d_0$ : distanza di riferimento
- $n=0,5$  per galleria,  $n=1$  per tracciato di superficie

#### **La propagazione delle onde nei terreni sciolti**

La varietà delle conformazioni morfologiche del terreno comporta le maggiori incertezze di valutazione della propagazione delle vibrazioni. I fattori che possono influire nella determinazione dell'attenuazione nel terreno sono molteplici. I più determinanti sono costituiti dalla natura del mezzo, dal suo grado di costipazione, dall'attrito statico fra i granuli e quindi dalla granulometria, dalla fratturazione del mezzo, dalla presenza di acqua, e da altri fattori la cui differente combinazione può determinare gradi di attenuazione differenti in mezzi litologicamente simili.

Agli effetti dell'analisi del terreno alle azioni dinamiche risulta quindi determinante la suddivisione tra rocce lapidee (tipo A nella norma UNI 9916) e rocce sciolte (da tipo B a tipo F nella norma UNI 9916).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

In generale le rocce lapidee trasmettono tutta la gamma di frequenze, e principalmente le più alte, mentre le rocce sciolte lasciano passare solo le basse frequenze, che comunque corrispondono a quelle di risposta degli edifici. Inoltre, mentre le rocce lapidee difficilmente possono subire variazioni di struttura sotto sollecitazioni dinamiche, le rocce sciolte, risultano di gran lunga più sensibili. La loro risposta alla azione di disturbo è diversa a seconda che l'intensità del disturbo sia lieve o al contrario forte: in altre parole il comportamento dei materiali sciolti è fortemente non lineare. Nel primo caso non si ha una vera variazione della struttura mentre nel secondo caso la vibrazione produce per tutte le rocce sciolte un assestamento e quindi una riduzione di porosità. Ciò avviene in misura maggiore per le rocce incoerenti poiché i granuli sottoposti a vibrazione perdono resistenza di attrito e quindi vengono favoriti fenomeni di scorrimento con assestamenti.

L'analisi delle caratteristiche geolitologiche degli strati superficiali del terreno è finalizzata al riconoscimento dei parametri correlabili alla propagazione delle vibrazioni nel terreno. I valori tipici di densità, velocità di propagazione e fattore di perdita, noti esclusivamente per alcune classi geologiche e in presenza di un ammasso omogeneo, sono riassunti nella sottostante tabella.

<b>Tipo di Terreno</b>	<b>Densità [t/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Velocità di Propagazione [m/s]</b>	<b>Fattore di Perdita η</b>
Roccia compatta	2.65	3500	0.01
Sabbia, limo, ghiaia, loess	1.6	600	0.1
Argilla, terreni argillosi	1.7	1500	0.2÷0.5

L'attenuazione dovuta all'assorbimento del terreno è stata calcolata con la formula:

$$A_t = 4,34 \cdot \Omega \cdot \eta \cdot x / c$$

dove:

- x: distanza dall'asse della linea ferroviaria
- $\Omega$ : frequenza [rad·s<sup>-1</sup>]

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

- $\eta$ : coeffic. di assorbimento del terreno (fattore di perdita)

$$c = (E/d)^{1/2}$$

- c: velocità di propagazione dell'onda longitudinale nel terreno
- E: modulo elastico
- d: densità del terreno

L'attenuazione dovuta alle discontinuità del terreno è stata considerata in modo semplificato ammettendo che l'onda di compressione si sposti dal suolo "a" al suolo "c" e che incida perpendicolarmente alla superficie di separazione dei due mezzi:

$$A_i = 20 \cdot \log\left[\frac{1 + d_c \cdot c_c / d_a \cdot c_a}{2}\right]$$

dove:

- $d_c, d_a$  = densità dei suoli "c" e "a"
- $c_c, c_a$  = velocità di propagazione nei suoli "c" e "a"

### 3.2.3.2 La determinazione della funzione di trasferimento

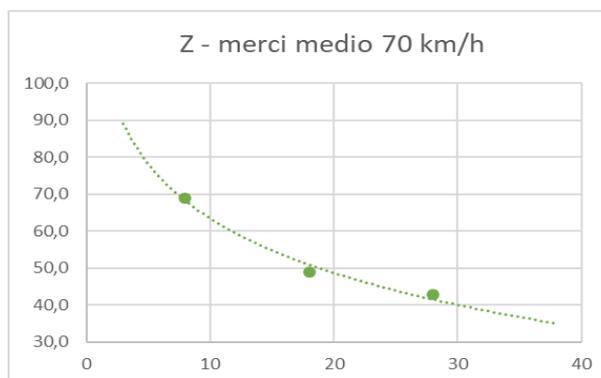
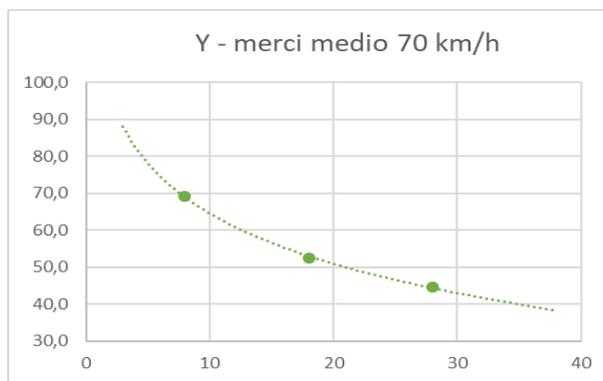
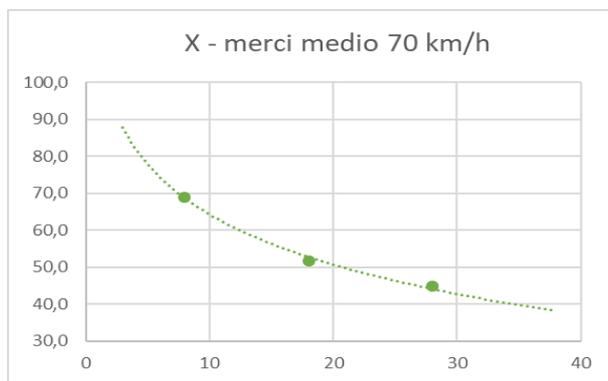
Al fine di ottenere una conoscenza puntuale e precisa delle modalità di propagazione delle vibrazioni nel terreno indotte dal transito di convogli ferroviari, sarebbe opportuno eseguire delle indagini in campo lungo la linea ferroviaria oggetto di studio.

Tuttavia, come già evidenziato in premessa, a causa della situazione in essere in Italia relativa al Covid-19, non è stato possibile eseguire rilievi vibro-metrici appositamente per questo progetto.

Per questo motivo sono stati selezionati dati relativi ad infrastrutture con caratteristiche analoghe a quella in esame e tipologie di treni corrispondenti.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-          PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

L'andamento dell'attenuazione delle vibrazioni con la distanza secondo le tre componenti per un treno merci generico a 70 km/h, secondo quanto desunto da letteratura, può essere approssimato dai seguenti modelli:



	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

### 3.3 Valutazione degli impatti in fase di esercizio della linea ferroviaria

L'individuazione delle criticità che si potranno verificare con la realizzazione del progetto ha reso indispensabile determinare preventivamente i criteri di valutazione della sensibilità del territorio: a tale scopo è stato utilizzato come riferimento il censimento dei ricettori eseguito nell'ambito dello studio acustico. Per quanto riguarda l'individuazione di criticità, in via cautelativa, si è fatto riferimento ai limiti indicati dalla norma ISO 2631/UNI 9614:1990 per le vibrazioni di livello costante, in particolare per la condizione di postura del corpo non nota, per la quale si indicano soglie uguali per tutti i tre assi di riferimento (x, y, z) di 77 dB per il giorno e 74 dB per la notte, per ambiti residenziali. Ciò, pertanto, senza tener conto dei valori di riferimento suggeriti dalla medesima norma nel caso di vibrazioni prodotte da veicoli ferroviari (89,5 dB per il giorno - 86,7 dB per la notte).

Nel caso specifico il territorio interessato dal progetto è di tipo per lo più agricolo, caratterizzato da un'alternanza di aree agricole/incolti, residenze sparse e strutture del produttivo industriale. La tipologia edilizia è costituita per le residenze da fabbricati mediamente di 1-2 piani in parte con struttura in muratura e in parte con struttura in c.a..

I terreni affioranti interessati dal tracciato di progetto sono principalmente sciolti e presentano un comportamento abbastanza omogeneo in relazione al trasferimento di onde vibratorie.

Per quanto riguarda le sorgenti vibrazionali attualmente presenti si evidenziano una serie di infrastrutture stradali di vario tipo, sia a singola, sia a doppia carreggiata, che in alcuni casi corrono parallelamente alla tratta ferroviaria e in altri casi ne attraversano il tracciato.

#### 3.3.1 Modello previsionale

Il quadro previsionale è stato sviluppato mediante l'adozione di un modello di propagazione teorico supportato da dati sperimentali. Nel caso specifico, sono stati utilizzati i dati relativi a una campagna di misure svolta in una situazione analoga a quella in esame per caratteristiche dell'infrastruttura e per le tipologie di treni.

	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

In generale, il livello di vibrazione in corrispondenza di un punto ad una distanza "x" dalla sede ferroviaria è pari al livello alla distanza di riferimento "x<sub>0</sub>", diminuito della somma delle attenuazioni che si verificano nel terreno tra x<sub>0</sub> e x:

$$L(x) = L(x_0) - \sum_i A_i$$

Il livello di base L(x<sub>0</sub>) è generalmente ricavato da misure sperimentali svolte in adiacenza alle linee ferroviarie a distanze comprese tra 8 m e 28 m.

### 3.3.2 Caratterizzazione della sorgente

Per quanto concerne la sorgente costituita dal complesso treno–armamento è indispensabile la conoscenza dei seguenti elementi base:

#### a) Materiale rotabile:

- tipologia dei veicoli;
- carico per ruota;
- lunghezza del veicolo;
- interperno: passo del carrello;
- caratteristiche di aggressività;
- condizioni di alterazione dell'interfaccia ruota-rotaia
- rigidità e capacità dissipativa della sospensione primaria del carrello del veicolo
- caratteristiche dei sistemi di attacco della rotaia

#### b) Armamento

- massa della rotaia
- rigidità
- smorzamenti

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

- masse
- coefficienti di difettosità

Si riporta nella seguente tabella di sintesi i livelli corrispondenti ai valori medi delle accelerazioni ponderate in frequenza per la tipologia di treni in esame (merci) desunti da misure svolte in condizioni analoghe a quelle del progetto in esame.

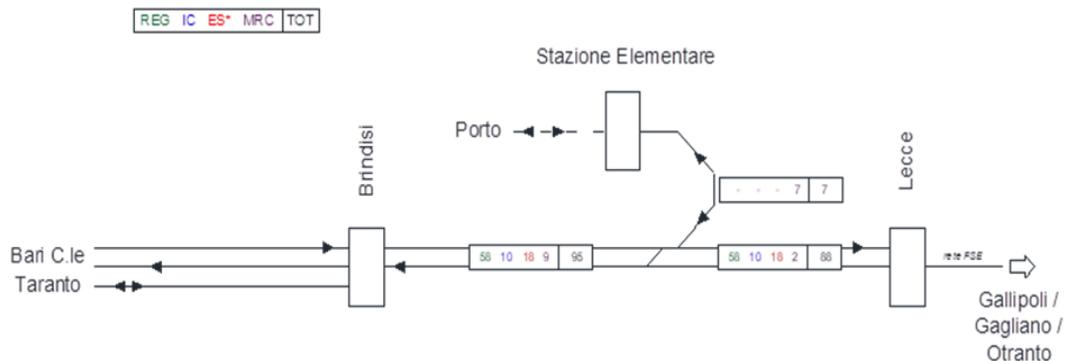
Tipologie di Treno	T1-X	T1-Y	T1-Z	T2-X	T2-Y	T2-Z	T3-X	T3-Y	T3-Z
<b>Merci</b>	69,0	69,1	68,9	51,7	52,4	48,8	44,7	44,7	42,8

*Livello equivalente medio delle accelerazioni ponderata in frequenza per la tipologia di treno in esame*  
*[dB]*

I treni merci costituiscono il totale dei transiti della nuova linea di progetto, come risulta dal modello di esercizio previsto di seguito riportato:

	Tipologia Materiale Rotabile	Transiti Diurni	Transiti Nottturni	Transiti Totali
Tratta di Progetto	Regionali	-	-	-
	Inter City	-	-	-
	Alta Velocità	-	-	-
	Merci	5	2	7

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A



La velocità di progetto per i treni transitanti sulla tratta dal bivio porto alla stazione elementare è di 60 km/h.

### 3.3.3 Propagazione delle onde vibrazionali e confronto con i dati sperimentali

#### **L'attenuazione geometrica**

L'attenuazione geometrica per una linea di emissione di lunghezza infinita (lunghezza del treno maggiore della distanza sorgente-ricettore) si esprime come:

$$A_g = 20 \cdot \log_{10} \left( (d+d_0)/d \right)^n$$

dove:

$d+d_0$  : distanza dall'asse della linea ferroviaria

$d_0$  : distanza di riferimento

$n=0,5$  per galleria,  $n=1$  per tracciato di superficie

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

### La propagazione delle onde nei terreni sciolti

La varietà delle conformazioni morfologiche del terreno comporta le maggiori incertezze di valutazione della propagazione delle vibrazioni. I fattori che possono influire nella determinazione dell'attenuazione nel terreno sono molteplici. I più determinanti sono costituiti dalla natura del mezzo, dal suo grado di costipazione, dall'attrito statico fra i granuli e quindi dalla granulometria, dalla fratturazione del mezzo, dalla presenza di acqua, e da altri fattori la cui differente combinazione può determinare gradi di attenuazione differenti in mezzi litologicamente simili.

Agli effetti dell'analisi del terreno alle azioni dinamiche risulta quindi determinante la suddivisione tra rocce lapidee (tipo A nella norma UNI 9916) e rocce sciolte (da tipo B a tipo F nella norma UNI 9916).

In generale le rocce lapidee trasmettono tutta la gamma di frequenze, e principalmente le più alte, mentre le rocce sciolte lasciano passare solo le basse frequenze, che comunque corrispondono a quelle di risposta degli edifici. Inoltre, mentre le rocce lapidee difficilmente possono subire variazioni di struttura sotto sollecitazioni dinamiche, le rocce sciolte, risultano di gran lunga più sensibili. La loro risposta alla azione di disturbo è diversa a seconda che l'intensità del disturbo sia lieve o al contrario forte: in altre parole il comportamento dei materiali sciolti è fortemente non lineare. Nel primo caso non si ha una vera variazione della struttura mentre nel secondo caso la vibrazione produce per tutte le rocce sciolte un assestamento e quindi una riduzione di porosità. Ciò avviene in misura maggiore per le rocce incoerenti poiché i granuli sottoposti a vibrazione perdono resistenza di attrito e quindi vengono favoriti fenomeni di scorrimento con assestamenti.

I ricettori interessati dallo studio sorgono prevalentemente su terreni sciolti di varia natura e granulometria.

L'analisi delle caratteristiche geolitologiche degli strati superficiali del terreno è finalizzata al riconoscimento dei parametri correlabili alla propagazione delle vibrazioni nel terreno. I valori tipici di densità, velocità di propagazione e fattore di perdita, noti esclusivamente per alcune classi geologiche e in presenza di un ammasso omogeneo, sono riassunti nella sottostante tabella.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  Relazione Generale	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

Tipo di Terreno	Densità [t/m <sup>3</sup> ]	Velocità di Propagazione [m/s]	Fattore di Perdita η
Roccia compatta	2.65	3500	0.01
Sabbia, limo, ghiaia, loess	1.6	600	0.1
Argilla, terreni argillosi	1.7	1500	0.2÷0.5

L'attenuazione dovuta all'assorbimento del terreno è stata calcolata con la formula:

$$A_t = 4,34 \cdot \Omega \cdot \eta \cdot x/c$$

dove:

- x : distanza dall'asse della linea ferroviaria
- Ω : frequenza [rad\*s<sup>-1</sup>]
- η : coeffic. di assorbimento del terreno (fattore di perdita)

$$c = (E/d)^{1/2}$$

- c : velocità di propagazione dell'onda longitudinale nel terreno
- E: modulo elastico
- d : densità del terreno

	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

L'attenuazione dovuta alle discontinuità del terreno è stata considerata in modo semplificato ammettendo che l'onda di compressione si sposti dal suolo "a" al suolo "c" e che incida perpendicolarmente alla superficie di separazione dei due mezzi:

$$A_i = 20 \cdot \log[(1 + d_c \cdot c_c / d_a \cdot c_a) / 2]$$

dove:

$d_c, d_a$  = densità dei suoli "c" e "a"

$c_c, c_a$  = velocità di propagazione nei suoli "c" e "a"

Per adeguare le misure desunte dalla letteratura al caso specifico, sono stati calcolati i livelli equivalenti per una velocità pari a quella di progetto (60 km/h).

La valutazione è eseguita considerando l'intero modello di esercizio nell'arco delle 24 ore, differenziando le analisi tra periodo diurno e notturno, considerando i valori emissivi medi.

Applicando quindi la numerosità desunta dal modello di esercizio si ottengono le seguenti curve per una prima approssimazione dell'attenuazione delle vibrazioni nel periodo diurno e notturno.

**STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE**

**Relazione Generale**

**PROGETTO**

**LOTTO**

**CODIFICA**

**DOCUMENTO**

**REV**

**FOGLIO**

IA7L

00

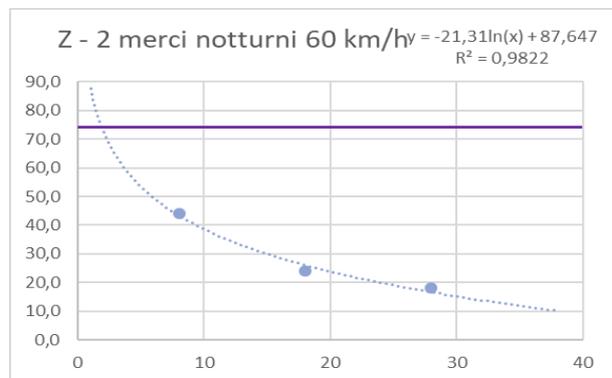
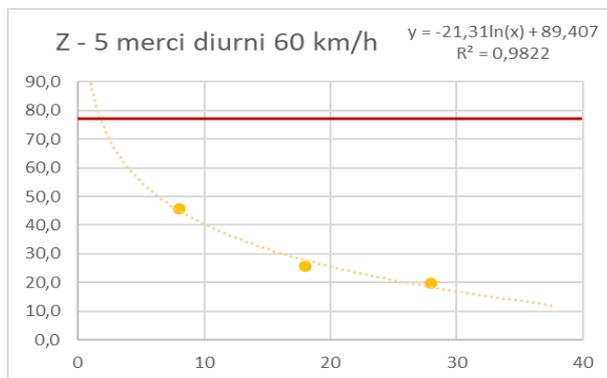
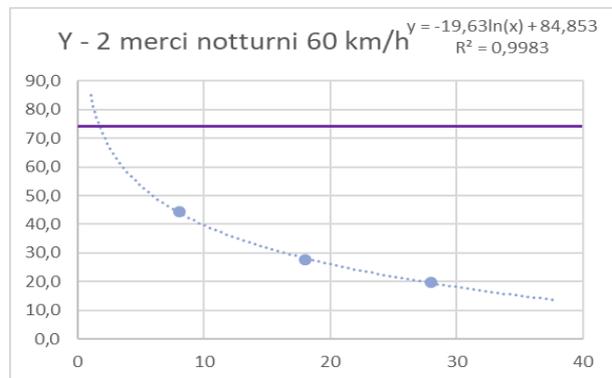
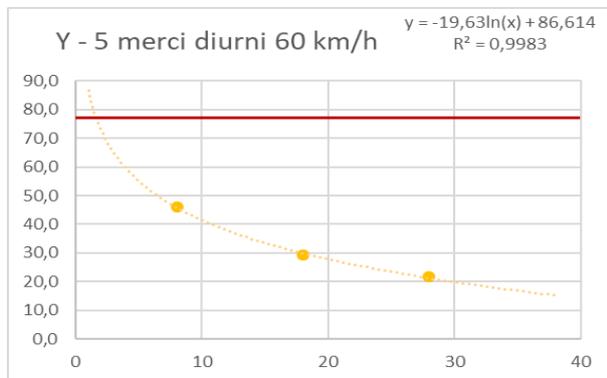
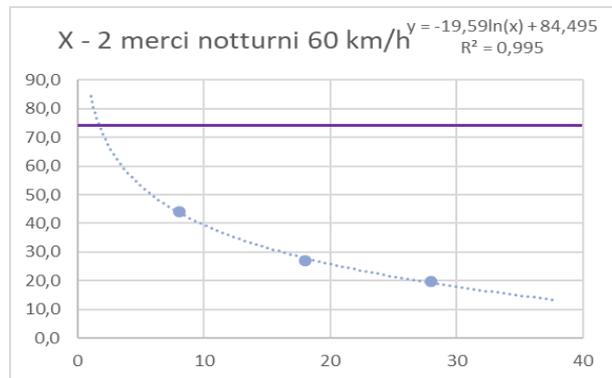
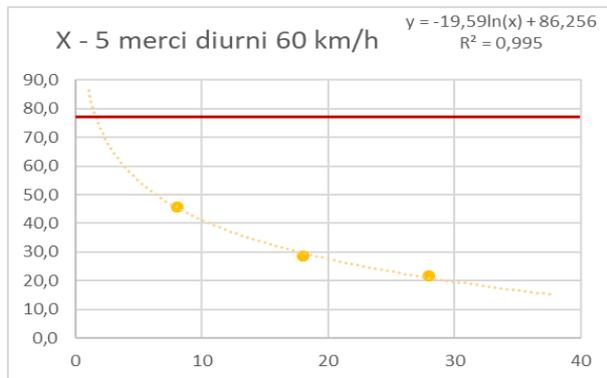
D 22 RG

IM0004 001

A

58 di 69

*Curve di attenuazione del livello equivalente dell'accelerazione ponderata in frequenza  
in funzione della distanza dal binario, nelle tre direzioni per i periodi diurno e notturno*



	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO- PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  <b>Relazione Generale</b>	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

### 3.4 CONCLUSIONI

Sulla base delle indagini vibrometriche menzionate e delle relative elaborazioni analitiche è possibile effettuare le seguenti considerazioni.

I livelli di accelerazione ponderata in frequenza stimati e le relative curve di attenuazione evidenziano come già a 2m dall'asse ferroviario i livelli siano al di sotto di quelli di soglia (77 dB diurni e 74 dB notturni).

Anche considerando cautelativamente un fattore di correzione di +5 dB per tener conto della differenza tra il livello vibrazionale nel terreno e quello all'interno dell'edificio, i livelli risultano comunque al di sotto delle soglie a 3m dall'asse ferroviario.

L'area oggetto di indagine presenta caratteristiche rurali con scarsa presenza di recettori.

Sulla base di queste considerazioni si esclude quindi che il modesto traffico ferroviario lungo la nuova linea che collega la zona retroportuale di Brindisi e l'infrastruttura nazionale possa determinare un impatto da vibrazione in riferimento ai contenuti della norma UNI9614.

Si rimanda alla successiva fase progettuale per ulteriori approfondimenti, comprensivi di una serie di misure puntuali sul territorio.

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  Relazione Generale	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

## ALLEGATO 1 - REPORT RILIEVI FONOMETRICI

Si riportano di seguito i Report delle misure effettuate nell'ambito della progettazione definitiva di "Collegamento dell'Aeroporto del Salento con la stazione di Brindisi". Si omettono i certificati di taratura per brevità. Per il report completo si veda a riferimento l'elaborato IA7K00D22RHIM0004001A.

	<b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b> MISURE DI CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA		
<b>Punto di Misura:</b>	PR01	<b>Comune:</b>	Brindisi
<b>Provincia:</b>	Brindisi	<b>Regione:</b>	Puglia
<b>Coordinate Nord</b>	40°37'18.34"N	<b>Data/Ora Inizio</b>	26/11/2019 – 16:20
<b>Coordinate Est</b>	17°54'11.50"E	<b>Data/Ora Fine</b>	27/11/2019 – 16:20
<b>Distanza dall'asse:</b>	7,5 m	<b>Altezza dal p.f.</b>	1,5 m
<b>Tecnico Competente</b>		 ENTECA n°7391 - ex art.21, commi 2 e 4 Dlgs. 42/2017 (Regione Lazio – DG 04838 del 16.12.2013)	



### SINTESI DATI ACUSTICI E DATI METEO

	L <sub>AE,TR</sub>	L <sub>eq,TR</sub>	L <sub>eq,R</sub>	N. Treni		Temp. [°C]	Umidità [%]	Vento [m/s]	Pioggia [mm]
<b>Giorno</b>	109,1	61,5	57,4	18	Medio	15	79	< 5	0
<b>Notte</b>	-	-	43,6	0					

NOTE: stato della superficie di rotolamento: buono; armamento: su ballast; traverse: cls; terreno: fononflettente

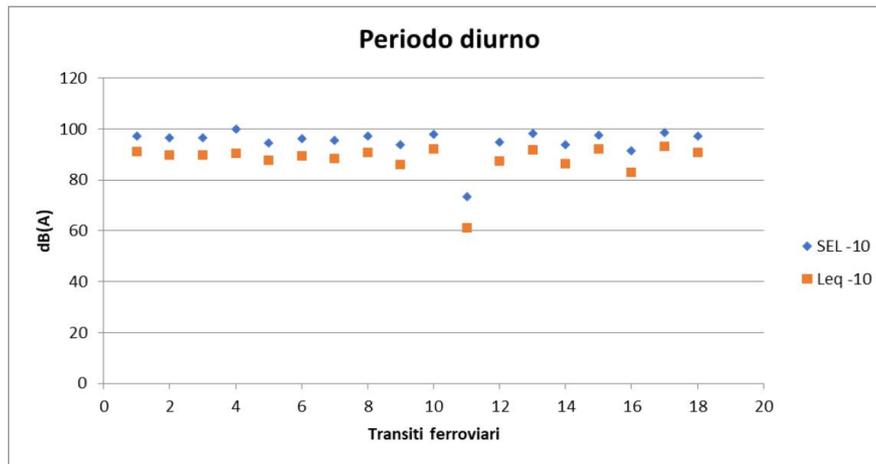
**STRALCIO PLANIMETRICO**



**STRALCIO ORTOFOTO**



**VALUTAZIONE EVENTI TRENO**



N	Data	Num. TR	Direzione	Comp	Lunghezza [m]	Velocità [km/h]	Cat.	Sintesi FRO1				Spettro SEL-10 [dB]								Spettro Leq-10 [dB]								
								Ora	Durata [s]	Leq-10 [dB(A)]	SEL-10 [dB(A)]	Lmax [dB(A)]	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1k Hz	2k Hz	4k Hz	8k Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1k Hz	2k Hz	4k Hz	8k Hz
1	26/11/2019	103612	TARANTO	1 loc. + 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	16:55	04:00	91.2	97.2	94.3	69	69.1	69.7	70.6	84	77.6	71.5	60.7	75.5	75	75.4	85.6	90.2	83.9	77.2	66.7
2	26/11/2019	103615	BRINDISI	1 loc. + 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	17:47	04:50	89.9	96.4	92.3	73.6	71.5	74.5	80.6	82.5	75.3	70.3	60.1	78.5	76.7	80	86.9	89	81.9	76.6	66.6
3	26/11/2019	103614	TARANTO	1 loc. + 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	18:15	04:70	89.9	96.6	92.8	71.5	74.3	77.3	80.7	82.5	76	70.1	60	77.9	78.6	79.6	87.3	89.1	82	76.5	66.4
4	26/11/2019	135648	MILANO CENTRALE	1 loc. + 8 vagoni	218 m	70 km/h	IC	19:05	09:200	90.4	100.1	94.8	71.7	73.8	75.4	81.1	82.7	76.4	71.4	60.9	80.2	83.2	84.6	90.9	92.4	85.7	80.7	70.3
5	26/11/2019	103617	BRINDISI	1 loc. + 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	19:53	05:100	87.6	94.6	91	64.8	67.3	70.6	79.6	80.2	72	67.7	57.4	72	73.9	76.9	86.5	87.2	79.2	74.9	64.5
6	26/11/2019	103616	TARANTO	1 loc. + 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	20:17	04:700	89.4	96.1	92.4	66.2	68.6	70.8	79.3	82.3	75.1	69.2	58.7	73.4	74.7	76.7	86.2	89	81.9	75.8	65.3
7	27/11/2019	103601	BRINDISI	1 loc. + 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	09:59	05:300	88.3	95.6	91.2	72.2	71.3	76.5	79.6	81.1	73.3	68.4	60	77.9	78.2	81.1	87	88.3	80.7	75.6	67
8	27/11/2019	103603	BRINDISI	1 loc. + 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	07:18	04:400	90.8	97.2	93.7	71.3	73.3	79.8	80.9	83.2	77.2	71.9	62.6	77.4	78.7	82.1	87.3	89.7	83.8	77.8	68.6
9	27/11/2019	103600	TARANTO	1 loc. + 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	07:48	06:000	85.9	93.7	88.8	66.2	66.8	71.3	78.7	78.3	69.9	66.2	57.8	74	74.2	78.4	86.7	85.8	77.8	73.8	65.4
10	27/11/2019	103606	TARANTO	1 loc. + 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	08:12	03:900	92	98	95	71.6	69.9	70.2	79.3	84.7	79.7	73	65.1	77.9	74.8	75.4	85.3	90.6	85.3	78.5	70.4
11	26/11/2019	136725	LECCE	1 loc. + 8 vagoni	218 m	10 km/h	IC	09:28	17:000	61.1	73.4	66.4	61.7	67.3	48.7	48.7	50.3	54.7	42	29	74	68.4	60.5	61.1	62.7	66	54.4	40.3
12	27/11/2019	103605	BRINDISI	1 loc. + 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	09:55	05:600	87.4	94.9	90.1	71.9	70.3	74.4	80	80.1	72.3	68.2	59.5	78.7	77.2	80.5	87.2	87.2	79.6	75.3	66.7
13	27/11/2019	103608	TARANTO	1 loc. + 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	11:06	04:200	91.6	98.1	94.5	71.4	71.3	74.6	81.2	84.8	79.4	72.4	61.5	78.2	77.6	79.5	86.4	90.8	85	78.1	67.3
14	27/11/2019	103609	BRINDISI	1 loc. + 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	13:44	05:800	86.2	93.9	88.9	68.3	68.7	70.6	78.7	79	71.7	66	55.1	76.1	76.3	77.9	86.2	86.4	78.8	73.6	62.6
15	27/11/2019	103618	TARANTO	1 loc. + 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	14:06	03:600	92	97.6	94.7	73.9	70.1	69.8	79.4	85.2	79.4	71.9	61	79.9	78	75	84.8	90.6	85.1	77.3	66.5
16	27/11/2019	103619	BRINDISI	1 loc. + 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	15:03	07:500	82.8	91.6	86.6	69.9	71.8	73.9	77.8	73.9	66.7	62.7	52.4	78	79.7	81.9	86.3	82.4	75.7	71.3	61.1
17	27/11/2019	103610	TARANTO	1 loc. + 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	15:26	03:700	93	98.7	96.2	75.1	73.5	76.5	81.9	85.8	80.7	74	62.8	81.6	77.9	76.7	86.9	91.4	86	79	68.3
18	27/11/2019	103611	BRINDISI	1 loc. + 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	16:27	04:400	90.8	97.2	93.7	71.3	73.3	79.8	80.9	83.2	77.2	71.9	62.6	77.4	78.7	82.1	87.3	89.8	77.8	68.6	

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  Relazione Generale	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

	<b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b> MISURE DI CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA	 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	(Empty space)	

<b>Punto di Misura:</b>	PS01	<b>Comune:</b>	Brindisi
<b>Provincia:</b>	Brindisi	<b>Regione:</b>	Puglia
<b>Cordinate Nord</b>	40°37'7.30"N	<b>Data/Ora Inizio</b>	26/11/2019 – 16:20
<b>Cordinate Est</b>	17°54'0.77"E	<b>Data/Ora Fine</b>	27/11/2019 – 16:20
<b>Distanza dall'asse:</b>	80 m	<b>Altezza dal p.c.</b>	3 m

<b>Tecnico Competente</b>	  ENTECA n°7391 - ex art.21, commi 2 e 4 Dlgs. 42/2017 (Regione Lazio – DG 04838 del 16.12.2013)
---------------------------	---

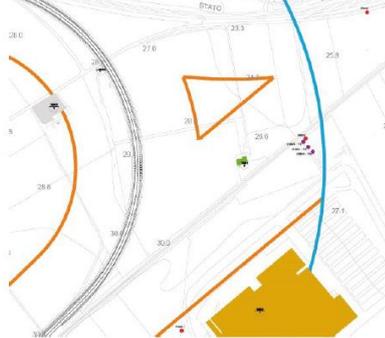


### SINTESI DATI ACUSTICI E METEO

	L <sub>AE,TR</sub>	L <sub>eq,TR</sub>	L <sub>eq,A</sub>	L <sub>eq,R</sub>	N. Treni		Temp. [°C]	Umidità [%]	Vento [m/s]	Pioggia [mm]
<b>Giorno</b>	92,1	44,5	57,3	56,7	18	Medio	15	79	< 5	0
<b>Notte</b>	-	-	49,1	49,1	0					

NOTE: stato della superficie di rotolamento: buono; armamento: su ballast, traverse: cls; terreno: fonoriflettente.

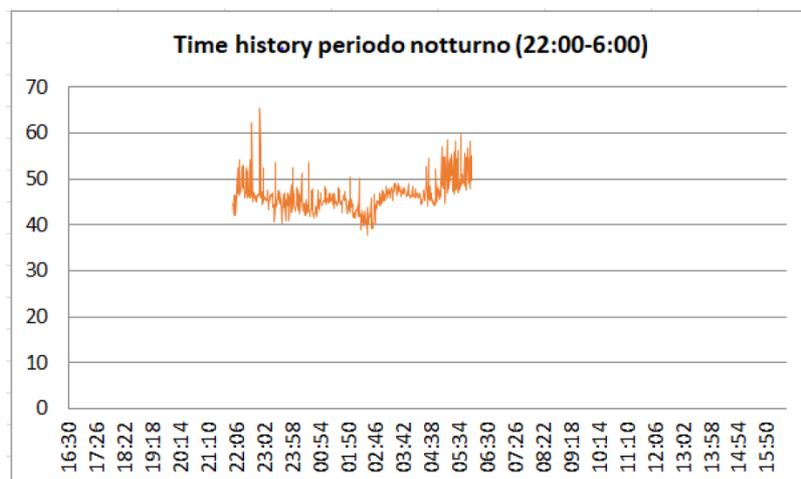
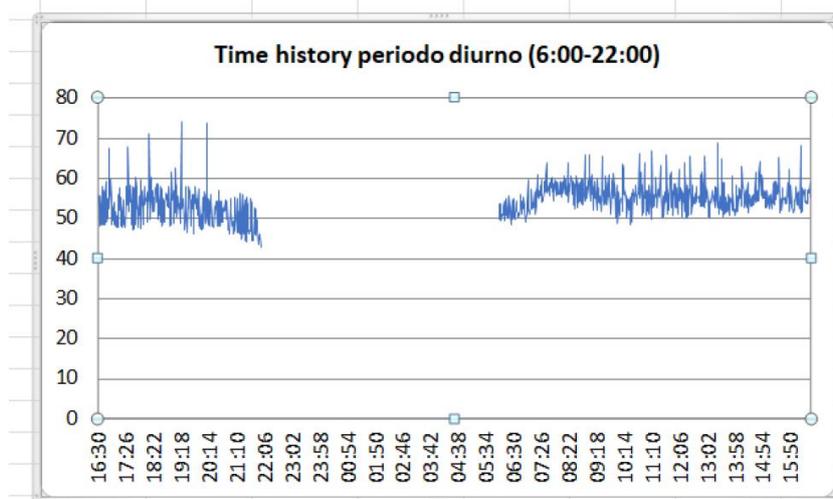
**STRALCIO PLANIMETRICO**



**STRALCIO ORTOFOTO**



**TIME HISTORY**



**STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE**

**Relazione Generale**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IA7L	00	D 22 RG	IM0004 001	A	64 di 69

Brindisi (BR) – 27-28 novembre 2019 dalle 16:20 alle 16:20								Sintesi PS01				
N	Data	Num. TR	Direzione	Comp.	Lungh. [m]	Velocità [km/h]	Cat.	Ora	Durata -10 [s]	Leq -10 [dBA]	SEL -10 [dBA]	Lmax [dBA]
1	26/11/2019	103612	TARANTO	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	16:52	0:00:03:900	78,4	84,3	82,4
2	26/11/2019	103615	BRINDISI	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	17:46	0:00:09:200	59,6	69,3	63,6
3	26/11/2019	103614	TARANTO	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	18:13	0:00:02:800	84,1	88,6	88,2
4	26/11/2019	135648	MILANO CENTRALE	1 loc.+ 8 vagoni	218 m	70 km/h	IC	19:04	0:00:15:100	61,4	73,2	64,4
5	26/11/2019	103617	BRINDISI	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	19:52	0:00:16:200	59,5	71,6	63,3
6	26/11/2019	103616	TARANTO	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	20:17	0:00:10:300	63,2	73,4	67
7	27/11/2019	103601	BRINDISI	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	06:59	0:00:12:400	66	76,9	70,2
8	27/11/2019	103603	BRINDISI	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	07:18	0:00:13:300	66,3	77,5	72,3
9	27/11/2019	103600	TARANTO	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	07:47	0:00:06:100	67,2	75	72
10	27/11/2019	103606	TARANTO	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	08:12	0:00:18:300	63	75,6	67,3
11	26/11/2019	135725	LECCE	1 loc.+ 8 vagoni	218 m	10 km/h	IC	09:29	0:00:05:900	74,1	81,8	78,3
12	27/11/2019	103605	BRINDISI	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	09:54	0:00:05:500	61,5	68,9	64,4
13	27/11/2019	103608	TARANTO	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	11:05	0:00:16:300	56,3	68,4	63
14	27/11/2019	103609	BRINDISI	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	13:43	0:00:12:000	60,5	71,3	64,8
15	27/11/2019	103618	TARANTO	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	14:07	0:00:22:300	57,4	70,9	62
16	27/11/2019	103619	BRINDISI	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	15:04	0:00:06:600	60,2	68,4	70,8
17	27/11/2019	103610	TARANTO	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	15:27	0:00:06:200	74	81,9	78,8
18	27/11/2019	103611	BRINDISI	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	16:27	0:00:20:000	60,6	73,6	67,6

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE</b>  Relazione Generale	<b>PROGETTO</b>  IA7L	<b>LOTTO</b>  00	<b>CODIFICA</b>  D 22 RG	<b>DOCUMENTO</b>  IM0004 001	<b>REV</b>  A

	<b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b> MISURE DI CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA	
---	--	---

<b>Punto di Misura:</b>	PS02	<b>Comune:</b>	Brindisi
<b>Provincia:</b>	Brindisi	<b>Regione:</b>	Puglia
<b>Cordinate Nord</b>	40°37'23.34"N	<b>Data/Ora Inizio</b>	26/11/2019 – 16:20
<b>Cordinate Est</b>	17°54'13.24"E	<b>Data/Ora Fine</b>	27/11/2019 – 16:20
<b>Distanza dall'asse:</b>	120 m	<b>Altezza dal p.c.</b>	3 m

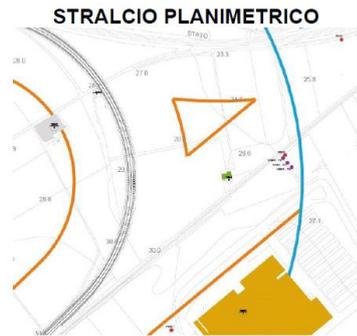
<b>Tecnico Competente</b>	  ENTECA n°7391 - ex art.21, commi 2 e 4 Dlgs. 42/2017 (Regione Lazio – DG 04838 del 16.12.2013)
---------------------------	---



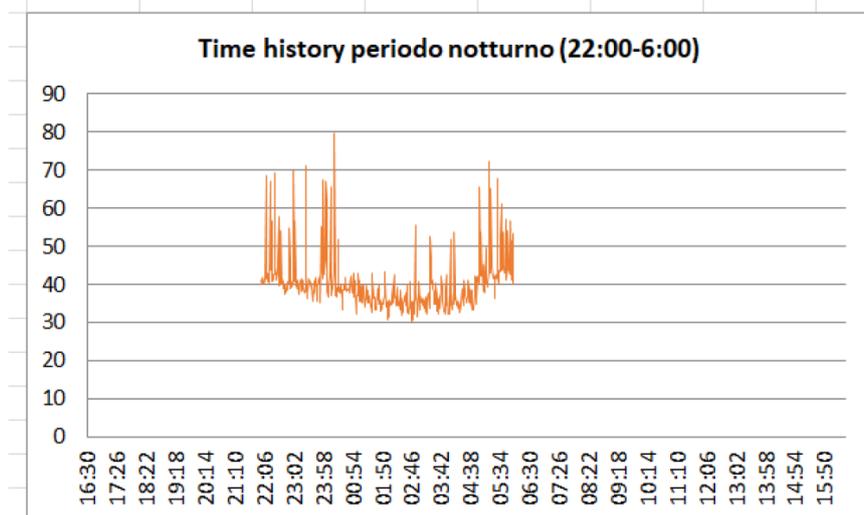
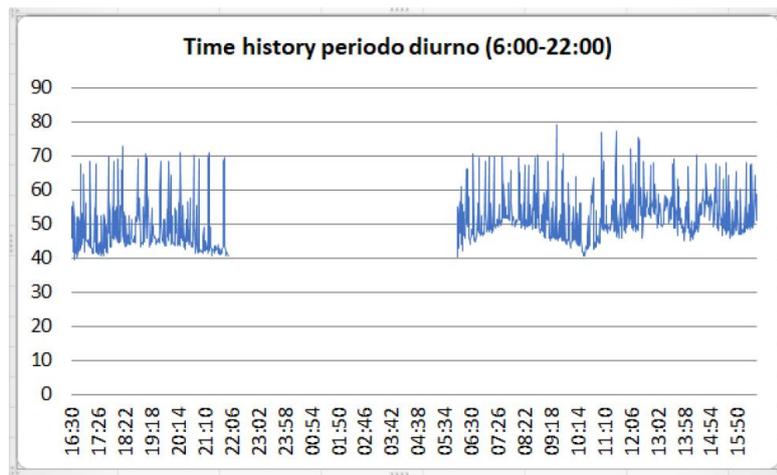
### SINTESI DATI ACUSTICI E METEO

	L <sub>AE,TR</sub>	L <sub>eq,TR</sub>	L <sub>eq,A</sub>	L <sub>eq,R</sub>	N. Treni		Temp. [°C]	Umidità [%]	Vento [m/s]	Pioggia [mm]
<b>Giorno</b>	99,5	51,9	47,4	59,0	18	<b>Medio</b>	15	79	< 5	0
<b>Notte</b>	-	-	56,2	56,2	0					

NOTE: stato della superficie di rotolamento: buono; armamento: su ballast, traverse: cls; terreno: fonoriflettente.



**TIME HISTORY**



**STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE**

**Relazione Generale**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
IA7L	00	D 22 RG	IM0004 001	A	67 di 69

Brindisi (BR) – 27-28 novembre 2019 dalle 16:20 alle 16:20								Sintesi PS02				
N	Data	Num. TR	Direzione	Comp.	Lungh. [m]	Velocità [km/h]	Cat.	Ora	Durata -10 [s]	Leq -10 [dBA]	SEL -10 [dBA]	Lmax [dBA]
1	26/11/2019	103612	TARANTO	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	16:55	0:00:18:600	70	82,7	73,9
2	26/11/2019	103615	BRINDISI	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	17:47	0:00:05:500	79,1	86,5	84,5
3	26/11/2019	103614	TARANTO	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	18:12	0:00:04:700	65,9	72,6	69,5
4	26/11/2019	135648	MILANO CENTRALE	1 loc.+ 8 vagoni	218 m	70 km/h	IC	19:05	0:00:20:100	75,6	88,7	79,9
5	26/11/2019	103617	BRINDISI	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	19:53	0:00:16:800	72,5	84,7	76,4
6	26/11/2019	103616	TARANTO	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	20:17	0:00:17:600	70,7	83,2	74,7
7	27/11/2019	103601	BRINDISI	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	06:59	0:00:07:800	75,8	84,8	79,3
8	27/11/2019	103603	BRINDISI	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	07:18	0:00:15:800	70,3	82,3	74,7
9	27/11/2019	103600	TARANTO	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	07:48	0:00:20:600	66,6	79,8	70,3
10	27/11/2019	103606	TARANTO	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	08:12	0:00:15:000	70,8	82,6	74,8
11	26/11/2019	135725	LECCE	1 loc.+ 8 vagoni	218 m	10 km/h	IC	09:29	0:00:18:100	84,4	97	88,6
12	27/11/2019	103605	BRINDISI	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	09:55	0:00:19:100	67,1	79,9	71
13	27/11/2019	103608	TARANTO	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	11:06	0:00:13:700	72,4	83,8	78,4
14	27/11/2019	103609	BRINDISI	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	13:44	0:00:18:700	68	80,7	71,4
15	27/11/2019	103618	TARANTO	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	14:06	0:00:13:100	73,7	84,9	78,8
16	27/11/2019	103619	BRINDISI	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	15:03	0:00:23:400	64,7	78,4	68,1
17	27/11/2019	103610	TARANTO	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	15:26	0:00:08:400	76,2	85,4	80,4
18	27/11/2019	103611	BRINDISI	1 loc.+ 3 vagoni	93 m	70 km/h	REG	16:27	0:00:18:800	69,2	81,9	72

STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE

Relazione Generale

PROGETTO

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV

FOGLIO

IA7L

00

D 22 RG

IM0004 001

A

68 di 69

## ALLEGATO 2 – DETTAGLIO TABELLE DI OUTPUT SIMULAZIONE ACUSTICA

Ricevitore	Fascia di pertinenza	Piano	Orientamento facciata	Limite Normativo		Livello equivalente		Eccedenze	
				Diurno [dB(A)]	Notturno [dB(A)]	Diurno [dB(A)]	Notturno [dB(A)]	Diurno [dB]	Notturno [dB]
3002-a	B	piano terra	Sud	65	55	49,3	48	---	---
3002-a	B	piano 1	Sud	65	55	49,5	48,1	---	---
3002-b	B	piano terra	Est	65	55	49,1	48,1	---	---
3002-b	B	piano 1	Est	65	55	49,2	48,2	---	---
3002-c	B	piano terra	Ovest	65	55	44,5	41,7	---	---
3002-c	B	piano 1	Ovest	65	55	44,9	42,2	---	---
3003-a	B	piano terra	Sud Ovest	65	55	56,9	53,7	---	---
3003-a	B	piano 1	Sud Ovest	65	55	58,2	54,8	---	---
3003-b	B	piano terra	Sud Ovest	65	55	57	53,8	---	---

STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE

Relazione Generale

PROGETTO

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV

FOGLIO

IA7L

00

D 22 RG

IM0004 001

A

69 di 69

Ricevitore	Fascia di pertinenza	Piano	Orientamento facciata	Limite Normativo		Livello equivalente		Eccedenze	
				Diurno [dB(A)]	Notturno [dB(A)]	Diurno [dB(A)]	Notturno [dB(A)]	Diurno [dB]	Notturno [dB]
3003-b	B	piano 1	Sud Ovest	65	55	57,8	54,6	---	---
3003-c	B	piano terra	Sud Est	65	55	52,2	49,2	---	---
3003-c	B	piano 1	Sud Est	65	55	53	49,9	---	---
4002-a	Bd	piano terra	Ovest	65	-	42,6	41,5	---	---
4002-b	Bd	piano terra	Nord	65	-	42	40,9	---	---
4015-a	Bd	piano terra	Est	65	-	55,3	51,9	---	---
4015-b	Bd	piano terra	Sud	65	-	52,8	49,3	---	---
4015-c	Bd	piano terra	Nord	65	-	52,3	49	---	---

STUDIO ACUSTICO E VIBRAZIONALE

Relazione Generale

PROGETTO

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV

FOGLIO

IA7L

00

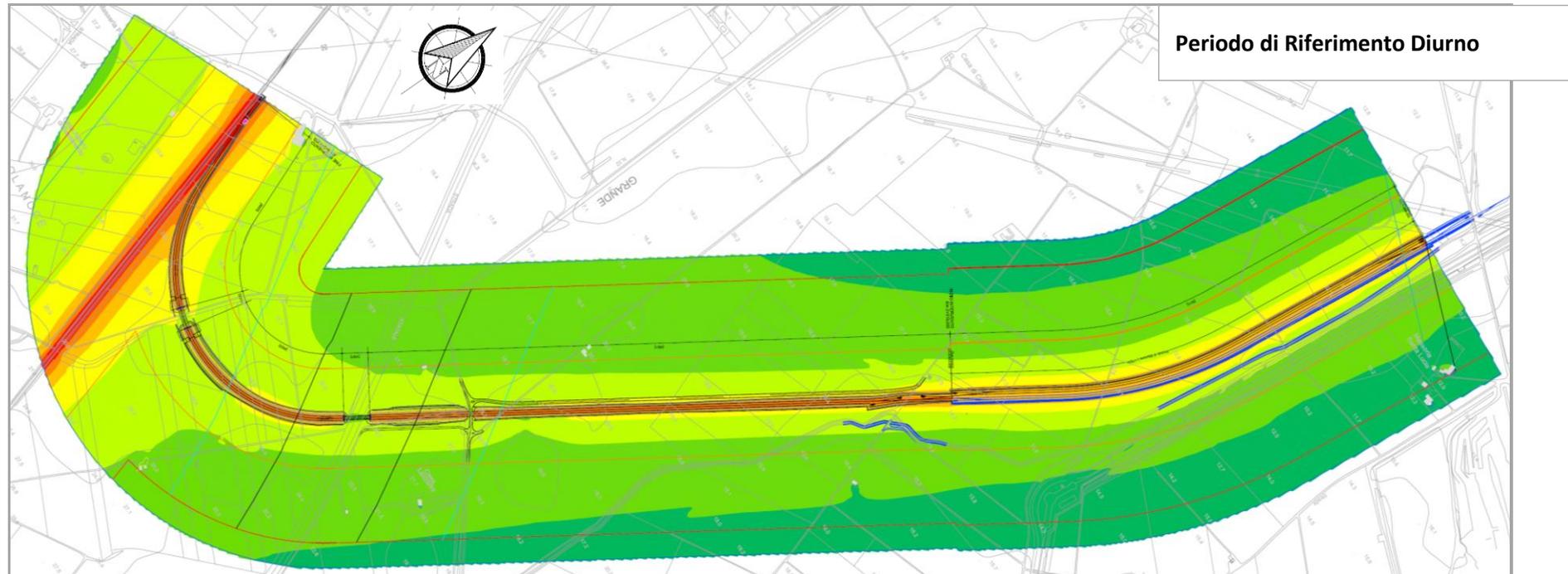
D 22 RG

IM0004 001

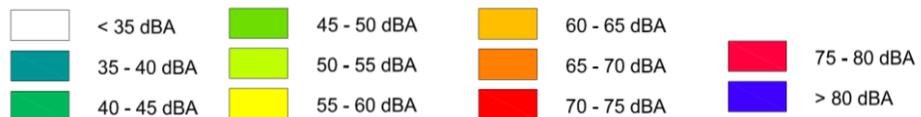
A

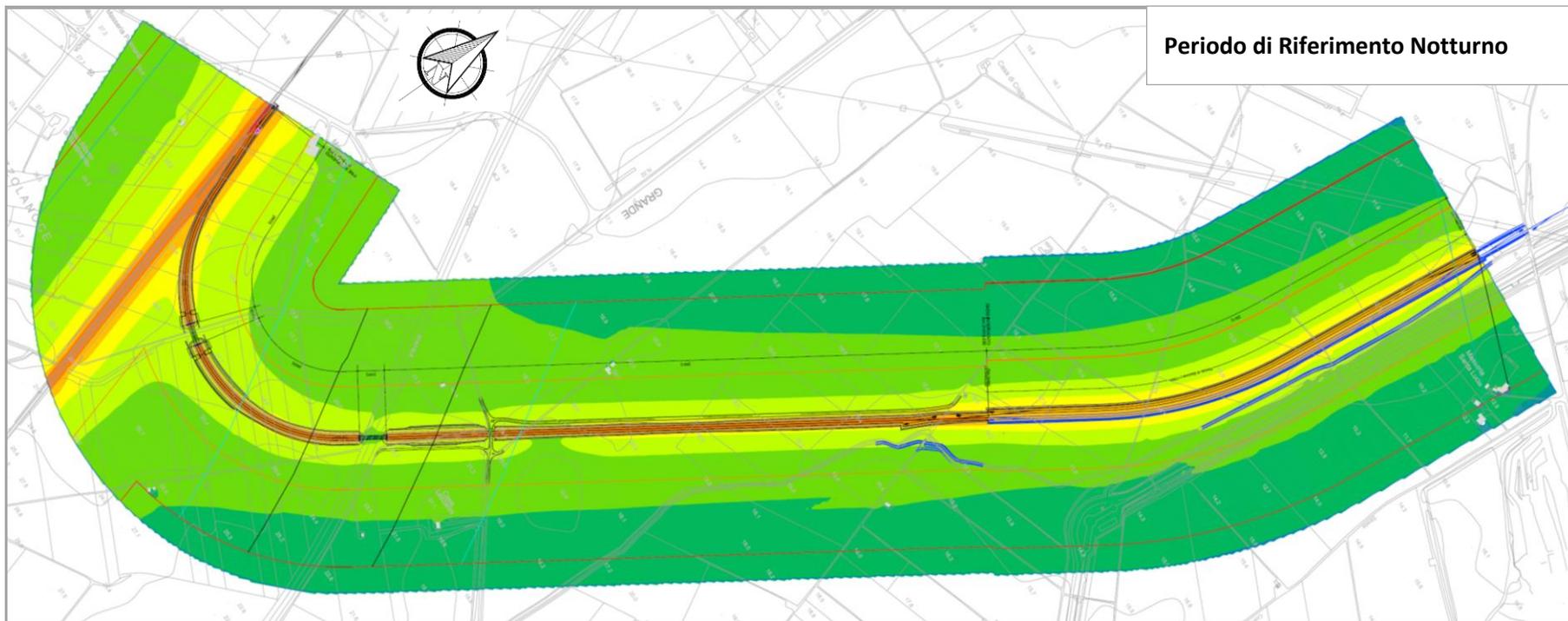
70 di 69

**ALLEGATO 3 – MAPPE ACUSTICHE POST OPERAM AD UN'ALTEZZA DI 4m DAL P.C.**



**Scala cromatica dei livelli sonori**





Scala cromatica dei livelli sonori

