

# **ANALISI PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO**

Legge 26 ottobre 1995 n. 447  
D.P.C.M. 1 marzo 1991  
D.P.C.M. 14 novembre 1997

**Oggetto:** Valutazione di impatto acustico relativo al progetto  
preliminare della linea tranviaria Mestre-Venezia  
Tratta da Ponte della Libertà a San Basilio

**Committente:** PMV – Società del Patrimonio per la Mobilità Veneziana  
S.p.A.  
Via Martiri della Libertà, 396 – MESTRE-VENEZIA

il tecnico  
ing. Vincenzo Baccan



**Documento redatto in data 3 febbraio 2014**

**STUDIO ING. VINCENZO BACCAN**  
acustica industriale, architettonica e ambientale  
Corso del Popolo, 161 - Rovigo - tel. 0425.200040

## INDICE

<b>1.</b>	<b>Premessa .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Normativa di riferimento.....</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Definizioni e criteri di valutazione.....</b>	<b>6</b>
3.1	Tempo di riferimento TR (vedi D.M. 16/3/98, allegato A) .....	6
3.2	Tempo di osservazione TO (vedi D.M. 16/3/98, allegato A) .....	6
3.3	Tempo di misura TM (vedi D.M. 16/3/98, allegato A).....	6
3.4	Livello di rumore residuo (vedi D.M. 16/3/98, allegato A).....	6
3.5	Livello di rumore ambientale (vedi D.M. 16/3/98, allegato A) .....	6
3.6	Rumore con componenti impulsive (vedi D.P.C.M. 1/3/91, allegato A) .....	6
3.7	Rumore con componenti tonali (vedi D.P.C.M. 1/3/91, allegato A).....	6
3.8	Ambiente abitativo (vedi D.M. 16/3/98, allegato A).....	7
3.9	Valori limite assoluti di immissione (vedi L. 447/95, art. 2 e D.P.C.M. 14/11/97, art. 3)...	7
3.10	Valori limite di emissione (vedi L. 447/95, art. 2 e D.P.C.M. 14/11/97, art. 2).....	7
3.11	Valori limite differenziali di immissione (vedi L.447/95, art. 2 e D.P.C.M. 14/11/97, art. 4)	7
<b>4.</b>	<b>Valutazione di impatto acustico .....</b>	<b>9</b>
4.1	Descrizione dell'attività oggetto di analisi .....	9
4.2	Area di studio e localizzazione dei ricettori più esposti.....	9
4.3	Verifica dei livelli di rumore esistenti in zona e caratterizzazione acustica del convoglio.	10
<b>5.</b>	<b>Impostazione del modello di calcolo .....</b>	<b>16</b>
5.1	Descrizione degli algoritmi di calcolo.....	16
5.2	Descrizione delle sorgenti rumorose connesse alla nuova attività.....	18
5.3	Risultati della simulazione .....	20
5.4	Descrizione dei provvedimenti atti a contenere i livelli sonori emessi.....	26
<b>6.</b>	<b>Conclusioni .....</b>	<b>27</b>

## ALLEGATI

1. Planimetria dell'area con indicazione del progetto, dei ricettori e dei punti di misura
2. Estratto del Piano di Classificazione Acustica con localizzazione dell'ambito di intervento
3. Estratti dei certificati di taratura della strumentazione utilizzata
4. Schede delle misure fonometriche
5. Curve di isolivello nel periodo di riferimento diurno
6. Curve di isolivello nel periodo di riferimento notturno
7. Attestati di iscrizione all'Elenco Regionale dei Tecnici competenti in acustica

## 1. PREMESSA

Il presente elaborato, redatto dall'Ing. Vincenzo Baccan iscritto al n. 11 dell'Elenco dei Tecnici competenti in Acustica della Regione Veneto, si prefigge l'obiettivo di valutare le emissioni sonore a seguito della messa in esercizio della tratta da Ponte della Libertà a San Basilio della linea tramviaria Mestre-Venezia.

Dall'esame del Piano di zonizzazione acustica del comune di Venezia, di cui un estratto è riportato nell'allegato 2, si evince che l'area all'interno della quale sarà realizzata la linea in oggetto è inserita in classe acustica IV ("aree di intensa attività umana") e V ("aree prevalentemente industriali"), mentre i ricettori sono localizzati all'interno di queste due classi oppure in classe acustica III ("aree di tipo misto").

I limiti assoluti delle aree indicate in precedenza sono i seguenti:

Tabella 1 – Limiti di emissione ed immissione per l'area in oggetto

<b>Classi di destinazione d'uso del territorio</b>		<b>Tempo di riferimento diurno (06.00-22.00)</b>	<b>Tempo di riferimento notturno (22.00- 06.00)</b>
III – aree agricole ed aree di tipo misto	Emissione	55	45
	Immissione	60	50
IV – aree di intensa attività umana	Emissione	60	50
	Immissione	65	55
V – aree prevalentemente industriali	Emissione	65	55
	Immissione	70	60

Essendo la sorgente sonora un'infrastruttura viaria, la stessa non è soggetta al rispetto del limite dettato dal "criterio differenziale", la cui definizione è riportata nel capitolo 3.

La valutazione che segue prenderà in considerazione entrambi i periodi di riferimento in quanto i transiti dei convogli avverranno anche nel periodo notturno, naturalmente con frequenze delle corse ridotte rispetto a quelle diurne.

La planimetria relativa al progetto è riportata nell'allegato 1.

La tavola seguente individua l'ambito di intervento.



*Immagine 1: inquadramento dei luoghi*

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'inquinamento acustico in ambiente abitativo e nell'ambiente esterno è attualmente regolamentato dalle seguenti normative:

- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 1° marzo 1991, "*Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno*", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 57 del 8 marzo 1991;
- Legge 26 ottobre 1995 n. 447, "*Legge quadro sull'inquinamento acustico*", pubblicata nel Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale, n. 125 del 30 ottobre 1995;
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997, "*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 280 del 1 dicembre 1997;
- Decreto del Ministero dell'Ambiente 16 marzo 1998, "*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 76 del 1 aprile 1998;
- L.R.Veneto 10/5/99 n. 21, "*Norme in materia di inquinamento acustico*", pubblicata nel Bollettino Ufficiale della Regione Veneto n. 42 del 14 maggio 1999.

Nella redazione dello studio di impatto acustico si è tenuto inoltre in considerazione quanto indicato nelle linee guida regionali definite con delibera del Direttore Generale dell'ARPAV n. 3/2008.

---

03/02/14	<b>Valutazione previsionale di impatto acustico</b> Linea tramviaria Mestre-Venezia – Tratta da Ponte della Libertà a San Basilio ditta PMV S.p.A.	pag. 5/27
----------	--	-----------

### 3. DEFINIZIONI E CRITERI DI VALUTAZIONE

#### 3.1 Tempo di riferimento TR (vedi D.M. 16/3/98, allegato A)

*"Rappresenta il periodo della giornata all'interno del quale si eseguono le misure. La durata della giornata è articolata in due tempi di riferimento: quello diurno compreso tra le h 6,00 e le h 22,00 e quello notturno compreso tra le h 22,00 e le h 6,00".*

#### 3.2 Tempo di osservazione TO (vedi D.M. 16/3/98, allegato A)

*"E' un periodo di tempo compreso in TR nel quale si verificano le condizioni di rumorosità che si intendono valutare."*

#### 3.3 Tempo di misura TM (vedi D.M. 16/3/98, allegato A)

*E' un periodo di tempo "... di durata pari o minore del tempo di osservazione in funzione delle caratteristiche di variabilità del rumore ed in modo tale che la misura sia rappresentativa del fenomeno."*

#### 3.4 Livello di rumore residuo (vedi D.M. 16/3/98, allegato A)

*"E' il livello continuo equivalente di pressione sonora" ... omissis ... "che si rileva quando si esclude la specifica sorgente disturbante."*

#### 3.5 Livello di rumore ambientale (vedi D.M. 16/3/98, allegato A)

*"E' il livello continuo equivalente di pressione sonora" ... omissis ... "prodotto da tutte le sorgenti di rumore" ... omissis ... "E' il livello che si confronta con i limiti massimi di esposizione:*

- 1. nel caso dei limiti differenziali, è riferito a  $T_M$  ;*
- 2. nel caso dei limiti assoluti è riferito a  $T_R$  ".*

#### 3.6 Rumore con componenti impulsive (vedi D.P.C.M. 1/3/91, allegato A)

*"Emissione sonora nella quale siano chiaramente udibili e strumentalmente rilevabili eventi sonori di durata inferiore ad un secondo."*

I criteri da seguire per l'individuazione delle componenti impulsive sono stabiliti dal D.M. 16/3/98.

#### 3.7 Rumore con componenti tonali (vedi D.P.C.M. 1/3/91, allegato A)

*"Emissioni sonore all'interno delle quali siano evidenziabili suoni corrispondenti ad un tono puro o contenuti entro 1/3 di ottava e che siano chiaramente udibili e strumentalmente rilevabili".*

Nel caso si riconosca soggettivamente la presenza di componenti tonali o impulsive nel rumore, si procede ad una verifica strumentale.

---

03/02/14	<b>Valutazione previsionale di impatto acustico</b> Linea tramviaria Mestre-Venezia – Tratta da Ponte della Libertà a San Basilio ditta PMV S.p.A.	pag. 6/27
----------	--	-----------

Nel caso in cui la verifica strumentale confermi la presenza di una componente tonale o impulsiva, il livello sonoro misurato deve essere incrementato di 3 dB.

Se si verifica la presenza di componenti tonali nell'intervallo di frequenze compreso tra 20 Hz e 200 Hz, il livello sonoro misurato nel periodo notturno deve essere incrementato di ulteriori 3 dB.

### **3.8 Ambiente abitativo (vedi D.M. 16/3/98, allegato A)**

*"Ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane" ... omissis.*

### **3.9 Valori limite assoluti di immissione (vedi L. 447/95, art. 2 e D.P.C.M. 14/11/97, art. 3)**

*"Valore massimo di rumore che può essere emesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno" ... omissis.*

I valori limite assoluti di immissione sono indicati nella tabella C allegata al D.P.C.M. 14/11/97 e corrispondono ai limiti di zona o valori di attenzione relativi alla classificazione acustica del territorio, ove realizzata.

### **3.10 Valori limite di emissione (vedi L. 447/95, art. 2 e D.P.C.M. 14/11/97, art. 2)**

*"Valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora" ... omissis. "I valori limite di emissione delle singole sorgenti fisse" ... omissis ... "si applicano a tutte le aree del territorio ad esse circostanti" ... omissis.*

I valori limite di emissione delle sorgenti fisse sono indicati nella tabella B allegata al D.P.C.M. 14/11/97 e corrispondono numericamente ai valori limite assoluti di immissione, diminuiti di 5 dB.

### **3.11 Valori limite differenziali di immissione (vedi L.447/95, art. 2 e D.P.C.M. 14/11/97, art. 4)**

*... Omissis ..."differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale ed il rumore residuo." ... Omissis... "sono: 5 dB per il periodo diurno e 3 dB per il periodo notturno, all'interno degli ambienti abitativi".*

La verifica del **limite differenziale** va effettuata esclusivamente all'interno degli ambienti abitativi; non può inoltre essere applicata nei seguenti casi, in quanto ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile:

*"... a) se il rumore misurato a finestre aperte sia inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno;*

*b) se il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse sia inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno."*

---

03/02/14	<b>Valutazione previsionale di impatto acustico</b> Linea tramviaria Mestre-Venezia – Tratta da Ponte della Libertà a San Basilio ditta PMV S.p.A.	pag. 7/27
----------	--	-----------

Il limite differenziale **non si applica** alla rumorosità prodotta:

- dalle infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime;
- da attività e comportamenti non connessi con esigenze produttive, commerciali e professionali;
- da servizi e impianti fissi dell'edificio adibiti ad uso comune, limitatamente al disturbo provocato all'interno dello stesso.



## 4. VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO

### 4.1 Descrizione dell'attività oggetto di analisi

La planimetria relativa al progetto dell'intervento è riportata nell'allegato 1.

L'intervento riguarda la realizzazione di un nuovo tratto della linea ferrotranviaria Mestre-Venezia, tratto di collegamento tra Ponte della Libertà a San Basilio; la struttura sarà realizzata sulla sede stradale esistente (allo stato attuale parzialmente con accesso limitato), con due binari di corsa. Sono previste due fermate intermedie (S. Andrea e S. Marta) e un capolinea (S. Basilio).

### 4.2 Area di studio e localizzazione dei ricettori più esposti

L'area oggetto di studio è stata individuata considerando i ricettori localizzati nelle vicinanze della linea di prossima realizzazione. I ricettori indicati risultano essere di tipo commerciale/produttivo oppure di tipo residenziale. La planimetria con l'indicazione dei ricettori è riportata in allegato (allegato 1 – Tavola 1) mentre la tabella seguente indica la destinazione d'uso dei ricettori individuati e i limiti acustici di pertinenza.

Tabella 2 - Identificazione e descrizione dei punti ricevitore

Ricettore	Destinazione d'uso	Classe acustica di appartenenza	Limiti di emissione		Limiti di immissione	
			diurno	notturno	diurno	notturno
R1	Residenziale	V	65	55	70	60
R2	Comm/prod	IV	60	50	65	55
R3	Residenziale	III	55	45	60	50
R4	Residenziale	IV	60	50	65	55
R5	Residenziale	III	55	45	60	50
R6	Comm/prod	IV	60	50	65	55
R7	Comm/prod	IV	60	50	65	55
R8	Residenziale	III	55	45	60	50
R9	Comm/prod	IV	60	50	65	55
R10	Residenziale	III	55	45	60	50
R11	Residenziale	III	55	45	60	50

Tabella 2 - Identificazione e descrizione dei punti ricevitore (continua)

Ricettore	Destinazione d'uso	Classe acustica di appartenenza	Limiti di emissione		Limiti di immissione	
			diurno	notturno	diurno	notturno
R12	Comm/prod	IV	60	50	65	55
R13	Residenziale	III	55	45	60	50
R14	Residenziale	III	55	45	60	50
R15	Comm/prod	IV	60	50	65	55
R16	Residenziale	III	55	45	60	50
R17	Residenziale	III	55	45	60	50
R18	Comm/prod	IV	60	50	65	55
R19	Comm/prod	IV	60	50	65	55
R20	Comm/prod	IV	60	50	65	55
R21	Residenziale	III	55	45	60	50
R22	Residenziale	III	55	45	60	50
R23	Residenziale	III	55	45	60	50
R24	Residenziale	III	55	45	60	50
R25	Residenziale	III	55	45	60	50
R26	Residenziale	III	55	45	60	50
R27	Comm/prod	IV	60	50	65	55
R28	Residenziale	IV	60	50	65	55
R29	Residenziale	IV	60	50	65	55

#### 4.3 Verifica dei livelli di rumore esistenti in zona e caratterizzazione acustica del convoglio

Per poter effettuare una stima dei livelli sonori futuri è stato necessario condurre un'indagine preliminare al fine di caratterizzare i livelli sonori preesistenti nell'area di studio. Tale indagine ha riguardato in particolar modo i ricettori di tipo residenziale.

Al fine di caratterizzare le emissioni acustiche del convoglio nelle sue diverse condizioni di esercizio sono stati inoltre rilevati i livelli sonori da esso generati nelle fasi di:

- transito su rettilineo;
- transito in curva;
- arrivo alla fermata;

- partenza.

Le misurazioni sono state effettuate su altri convogli della stessa linea già in funzione, nelle vicinanze del deposito di Favaro Veneto, in Via Monte Celo, come illustrato nelle immagini di pagina 13, 14 e 15.

I rilievi sono stati effettuati il giorno 21 gennaio 2014 dal perito Alessandro Boldo, iscritto al n. 435 dell'elenco dei tecnici competenti in acustica ambientale della Regione Veneto, in assenza di precipitazioni meteorologiche e con calma di vento.

#### 4.3.1 Strumentazione impiegata e metodologia di misura

Per l'effettuazione delle misure riportate nel presente elaborato è stata utilizzata la seguente strumentazione di misura, la cui catena risulta essere in classe 1 secondo le normative I.E.C. 651 (fonometri di precisione) e I.E.C. 804 (fonometri integratori), in conformità a quanto richiesto dal D.M. 16/3/98. In particolare:

##### Fonometro integratore e analizzatore di frequenza in tempo reale

Marca: 01 dB  
Modello: Solo  
Numero di serie: 60856

Fonometro 01dB: certificato di taratura n. 12-555-FON del 29/08/2012, rilasciato dal Centro LAT 224 (laboratorio ACERT di Montegrotto Terme - PD).

##### Calibratore acustico

Marca: Delta Ohm  
Modello: HD 9101  
Numero di serie: 1711951231

Calibratore: certificato di taratura n. 12-557-CAL del 29/08/2012, rilasciato dal Centro LAT 224 (laboratorio ACERT di Montegrotto Terme - PD).

La calibrazione dello strumento di misura è stata verificata sul posto subito prima dell'inizio dei rilievi e al termine degli stessi, con l'ausilio del calibratore DELTA OHM HD 9101 (in classe 1 secondo la norma IEC 942), sfruttando il segnale di calibrazione di livello pari a 94 dB alla frequenza di 1 kHz. Lo scarto rilevato tra la verifica iniziale e quella finale è risultato pari a 0,0 dB.

#### 4.3.2 Incertezza della misura

L'incertezza globale sulla valutazione del livello sonoro equivalente è dovuta all'incertezza strumentale e all'incertezza casuale nell'effettuazione della misura stessa. Trascurando gli effetti di casualità (associata alla variabilità delle emissioni sonore e delle condizioni ambientali) l'incertezza di

---

03/02/14	<b>Valutazione previsionale di impatto acustico</b> Linea tramviaria Mestre-Venezia – Tratta da Ponte della Libertà a San Basilio ditta PMV S.p.A.	pag. 11/27
----------	--	------------

ogni misura, riferita alle specifiche condizioni in cui essa è stata effettuata, si ritiene contenuta in 1,0 dB.

#### 4.3.3 Descrizione dei punti di misura e risultati delle misurazioni

Come indicato in precedenza sono state effettuate delle misure fonometriche al fine di caratterizzare le emissioni acustiche delle sorgenti sonore collegate all'infrastruttura.

Sono stati effettuati dei rilievi con i tram in stazionamento e in movimento (sia in curva che nei tratti rettilinei) per verificare le emissioni nelle diverse condizioni di utilizzo. Alcune misure sono state ripetute con convogli diversi al fine di utilizzare la situazione peggiore rilevata.

La tabella seguente indica i livelli sonori rilevati in occasione del sopralluogo durante la fase di sosta dei convogli.

Tabella 3 – Livelli sonori misurati con i convogli in sosta

Misura	Sorgente sonora	Leq
<b>A1</b>	Griglie di ventilazione in prossimità della cabina di controllo del convoglio; misura a 50 cm dalle stesse	70,4
<b>A2</b>		69,2
<b>A3</b>		68,1
<b>B</b>	Misura a 1 metro di distanza, in corrispondenza del centro del convoglio, a 1,5 metri di altezza	55,3
<b>C1</b>	Misura effettuata a 1 metro dal convoglio e a 1,5 metri di altezza in corrispondenza della cabina di comando	61,9
<b>C2</b>		62,3
<b>C3</b>		60,2
<b>D</b>	Misura a 4 metri di distanza, in corrispondenza del centro del convoglio, a 1,5 metri di altezza	53,9

Nota: Le sorgenti sonore più significative del convoglio in sosta sono individuabili nelle griglie di ventilazione localizzate in prossimità della cabina di controllo; in tutti i punti di verifica, il rumore misurato risulta provenire da tali sorgenti

Tabella 4 – Livelli sonori misurati con i convogli in movimento

Misura	Evento	Leq	Durata	SEL
<b>E</b>	Arrivo al capolinea e fermata; misura a 1 metro di distanza	60,0	70"	78,5
<b>F</b>	Transito a velocità di regime in rettilineo; misura a 2 metri di distanza	66,8	25"	80,8

Tabella 4 – Livelli sonori misurati con i convogli in movimento (continua)

Misura	Evento	Leq	Durata	SEL
<b>G</b>	Transito in decelerazione in rettilineo; misura a 1 metro di distanza	61,9	56''	79,4
<b>H</b>	Transito in decelerazione dopo curva; misura a 1 metro di distanza	63,4	20''	76,4
<b>I</b>	Transito in curva a velocità costante; misura a 1 metro di distanza	65,7	30''	80,5
<b>L</b>	Transito in accelerazione in rettilineo a 3 metri di distanza	64,5	22''	77,9
<b>M</b>	Transito in accelerazione in rettilineo a 1 metro di distanza	72,3	14''	83,8
<b>N</b>	Transito a velocità di regime in rettilineo; misura a 1 metro di distanza	69,1	18''	81,7

Le immagini seguenti indicano la posizione dei vari rilievi fonometrici effettuati in prossimità dei convogli.

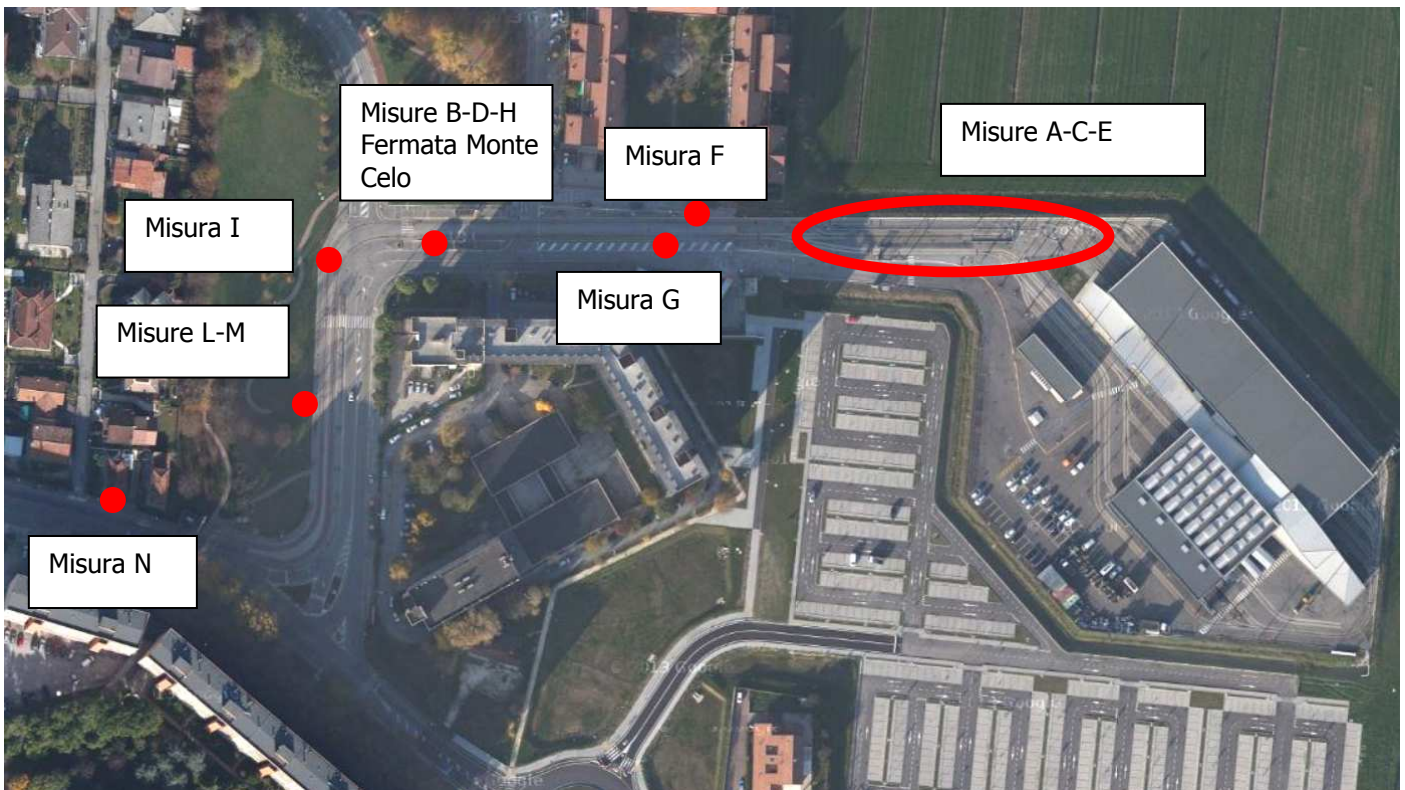


Immagine 2: localizzazione punti di rilievo fonometrico relativi ai convogli

Immagine 3 - Misure A1-A2-C1-C2

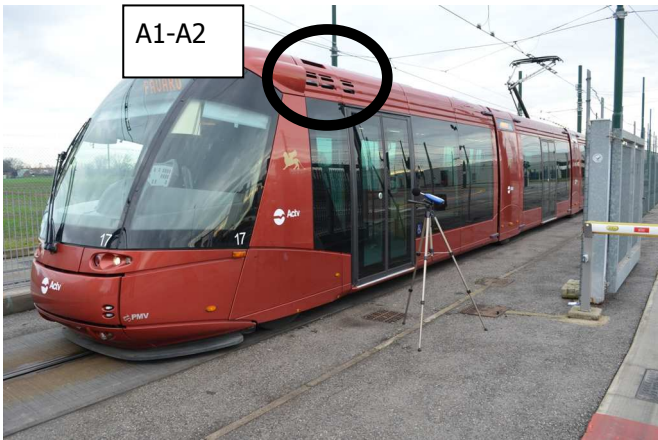


Immagine 4 - Misure A3-C3-E



Immagine 5 - Misure B-D-H



Immagine 6 - Misura F



Immagine 7 - Misura G



Immagine 8 - Misura I



Immagine 9 - Misure L-M



Immagine 10 - Misura N



Oltre a queste misure sono state effettuate anche quattro misure nelle vicinanze di alcuni ricettori di tipo residenziale, al fine di verificare i livelli sonori che insistono attualmente nell'area. Le schede delle misure fonometriche effettuate nell'area sono riportate all'interno dell'allegato 4.

Tabella 5 – Livelli sonori misurati nell'area della nuova infrastruttura

Misura	Leq	L90	Note
1	49,5	43,7	Vocio di persone – gabbiani – imbarcazioni sul canale
2	59,0	45,8	Transito automobili
3	53,1	47,5	Passaggio di imbarcazioni e auto – attività lavorative presso le Ditte limitrofe
4	61,3	49,9	Traffico stradale – Transito People Mower - imbarcazioni

## 5. IMPOSTAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

### 5.1 Descrizione degli algoritmi di calcolo

La valutazione previsionale del livello di rumore immesso nell'area circostante da un insieme di sorgenti di rumore può essere effettuata mediante l'ausilio di specifici codici di calcolo relativi alla propagazione del suono in ambienti aperti. La metodologia adottata dai suddetti codici per la stima del livello di rumore in un dato punto tiene conto del fatto che la propagazione del suono segue leggi fisiche in base alle quali è possibile valutare l'attenuazione della pressione sonora o dell'intensità acustica a varie distanze dalla sorgente stessa.

A tale proposito, le norme ISO 9613-1/93 e 9613-2/96 stabiliscono una metodologia che consente, con una certa approssimazione, di valutare tale attenuazione tenendo conto dei principali parametri che influenzano la propagazione: divergenza delle onde acustiche, presenza del suolo, dell'atmosfera, di barriere ed altri fenomeni. Esistono diversi modi di schematizzare la generazione e la propagazione del suono:

- a) si può considerare che la potenza sonora emessa sia concentrata in sorgenti puntiformi, in genere omnidirezionali. In tal caso, per ciascuna sorgente la potenza sonora si distribuisce su una sfera o una semisfera; nella propagazione del suono si ha quindi una riduzione dell'intensità acustica proporzionale all'inverso del quadrato della distanza. Il livello di pressione sonora  $L_p$  prodotto a distanza  $r$  da una data sorgente di potenza sonora  $L_W$ , nel caso di propagazione sferica, è dato da:

$$L_p = L_W + DI - 20 \log(r) - 11 \quad (\text{propagazione sferica})$$

Il termine  $20 \log(r)$  rappresenta l'attenuazione dovuta alla divergenza sferica delle onde, mentre  $DI$  esprime in dB (rispetto ad una direzione di riferimento) il fattore di direttività  $Q$  della sorgente. Questo termine può essere trascurato quando gli effetti della direzionalità della sorgente vengono mascherati dalla presenza di fenomeni di diffusione prodotti da oggetti e superfici presenti nel campo sonoro. Nel caso di propagazione semisferica, come si verifica quando una sorgente sonora è appoggiata su un piano riflettente, si ha:

$$L_p = L_W + DI - 20 \log(r) - 8 \quad (\text{propagazione semisferica})$$

- b) si può considerare che la potenza sonora emessa sia concentrata in una o più sorgenti lineari, corrispondenti alla mezzeria delle aree considerate, qualora lo sviluppo della sorgente sia maggiore in lunghezza rispetto a quello in larghezza. In tal caso, la potenza sonora si distribuisce su una superficie cilindrica o semicilindrica; la riduzione dell'intensità



acustica è proporzionale all'inverso della distanza:

$$L_p = L_w - 10 \log(r) - 8 \quad (\text{propagazione cilindrica})$$

$$L_p = L_w - 10 \log(r) - 5 \quad (\text{propagazione semicilindrica})$$

- c) Si può considerare che la sorgente sia di tipo areale, distribuendo uniformemente la potenza sonora emessa su tutta l'area di dimensioni  $b \times c$ , dove  $c > b$ . In tal caso, a breve distanza dalla sorgente ( $r < b/\pi$ ) non si ha alcuna attenuazione con la distanza:

$$L_p = L_w - 10 \log(\pi/4bc) \quad (\text{sorgente areale, } r < b/\pi)$$

A distanze intermedie dalla sorgente ( $b/\pi < r < c/\pi$ ) si ha una riduzione dell'intensità acustica proporzionale all'inverso della distanza:

$$L_p = L_w - 10 \log(r) - 10 \log(4c) \quad (\text{sorgente areale, } b/\pi < r < c/\pi)$$

A distanze elevate dalla sorgente ( $r > c/\pi$ ), la sorgente può considerarsi puntiforme.

In realtà il livello di pressione sonora è influenzato anche dalle condizioni ambientali e dalla direttività della sorgente, per cui le equazioni precedenti assumono una forma più complessa. Ad esempio, con riferimento a sorgenti puntiformi (propagazione sferica), si ottiene:

$$L_p = L_w + DI - 20 \log(r) - A - 11$$

dove A, l'attenuazione causata dalle condizioni ambientali, è dovuta a diversi contributi:

A1 = assorbimento del mezzo di propagazione;

A2 = presenza di pioggia, neve o nebbia;

A3 = presenza di gradienti di temperatura nel mezzo e/o di turbolenza (vento);

A4 = assorbimento dovuto alle caratteristiche del terreno e alla eventuale presenza di vegetazione;

A5 = presenza di barriere naturali o artificiali.

Nello Studio di Impatto Acustico vale la regola di considerare sempre le condizioni più cautelative e quindi, quando la distanza del ricevitore è minore o uguale alla dimensione massima dell'area della sorgente, il modello più appropriato è quello areale. A distanze maggiori può essere adottato il modello di sorgente lineare o puntiforme/multipunto. Il modello areale, a brevi distanze, è più appropriato a descrivere i meccanismi di generazione del rumore in quanto molto spesso l'impianto è dotato di numerose altre sorgenti più o meno uniformemente distribuite.

Qualora siano presenti sorgenti con diverse caratteristiche di emissione sonora, di forma o di dimensioni, la modellazione sarà di tipo misto con sorgenti di tipo areale e/o lineare e/o puntiforme. Nel caso in esame, sono state considerate come sorgenti puntiformi tutte le macchine degli impianti

tecnologici installati a tetto mentre sono state configurate come sorgenti areali le pareti degli edifici e i parcheggi.

#### 5.1.1 Analisi previsionale mediante software di simulazione

La previsione dell'impatto acustico di un'attività prima della sua realizzazione può essere effettuata ricorrendo a programmi di calcolo che implementano i modelli previsionali descritti in precedenza.

Nel caso del presente documento ci si è avvalsi del software "IMMI" vers. 6.3, sviluppato dalla casa tedesca Wölfel e distribuito in Italia dalla ditta Microbel srl di Torino. Tale programma di calcolo è dedicato specificamente all'acustica previsionale e permette la modellizzazione acustica in accordo con le principali linee guida esistenti in Europa e nel mondo, tra cui appunto la ISO 9613 utilizzata nel presente elaborato.

Nel nostro paese non esistono al momento linee guida per il calcolo e la valutazione della propagazione acustica in ambiente esterno ed il riferimento va pertanto alla direttiva europea 2002/49 in tema di inquinamento acustico ambientale (recepita con d. lgs. 194/2005).

Alcune delle caratteristiche salienti del software sono:

- Input dei dati mediante mouse e tastiera, scanner di supporti cartografici, importazione diretta di file DXF o immagine;
- Verifica immediata dei dati introdotti mediante tabulati relativi ai dati geometrici e acustici già finalizzati alla stampa di report;
- Presentazione dell'output in forma tabulare e grafica, attraverso mappe colorate bidimensionali e tridimensionali personalizzabili;
- Possibilità di inclusione ed esclusione di gruppi di sorgenti o di ostacoli;
- Possibilità di modellizzare le emissioni sonore di edifici industriali e non (attualmente è implementata a tale scopo la norma tedesca VDI 2571);
- Calcolo in frequenza secondo la norma ISO 9613-2.

## 5.2 Descrizione delle sorgenti rumorose connesse alla nuova attività

Le sorgenti di rumore associabili alla nuova linea sono individuabili nel transito dei convogli e nella sosta degli stessi, che si verificherà al capolinea di San Basilio.

Il programma di esercizio verso il capolinea di San Basilio prevede una corsa ogni 20' tra le ore 05:00 e le ore 24:00, con incremento della frequenza di percorrenza nell'orario di punta (tra le ore 06:30 e le ore 09:30), in corrispondenza del quale è prevista una corsa ogni 15'. Al capolinea di San Basilio è previsto anche che i convogli si fermino in sosta, a motori accesi, al massimo per 5'. In totale sono stati considerati 15 convogli nel periodo di riferimento notturno e 55 nel periodo diurno.

---

03/02/14	<b>Valutazione previsionale di impatto acustico</b> Linea tramviaria Mestre-Venezia – Tratta da Ponte della Libertà a San Basilio ditta PMV S.p.A.	pag. 18/27
----------	--	------------

Come riportato al paragrafo 4.3.3, il valore massimo di SEL misurato (rapportato per uniformità alla distanza di 1 metro) è pari a 83,8 dBA e si è verificato in corrispondenza delle misure F ed M, entrambe corrispondenti a transiti in rettilineo.

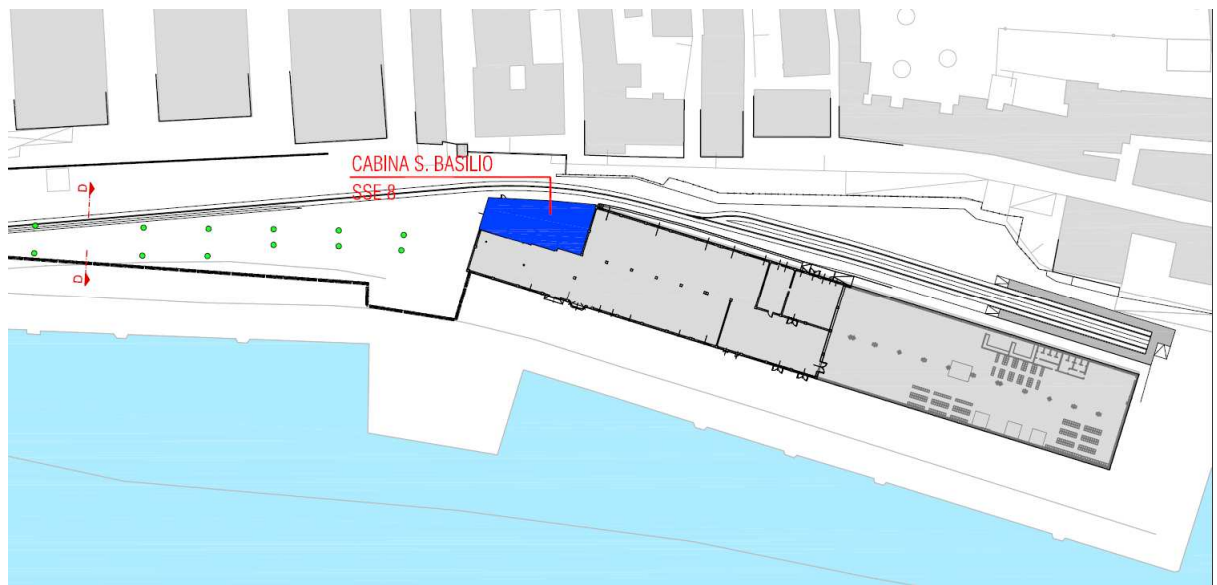
A titolo cautelativo, questo valore di emissione sonora è stato associato al passaggio dei convogli in tutta la tratta in corso di realizzazione, indipendentemente dal fatto che corrisponda ad un tratto di rettilineo o di curva, di accelerazione o di rallentamento.

Utilizzando il valore di 83,8 dBA per il SEL di ogni singolo transito si ottiene, considerando il numero di transiti per ciascun periodo di riferimento e la relativa durata temporale, un valore di Leq a 1 metro di distanza dalla linea pari a 53,6 dBA nel periodo diurno e pari a 51,0 dBA in quello notturno; a seguito dell'impostazione precedentemente indicata ne deriva che la sorgente sonora lineare associata ad ogni singola linea è caratterizzata da una potenza sonora pari a 61,9 dBA nel periodo diurno e pari a 59,3 dBA nel periodo notturno.

Per quanto riguarda la rumorosità dei convogli in sosta sono state considerate 4 sorgenti sonore corrispondenti alle griglie di ventilazione presenti nella copertura del convoglio, aventi ognuna un livello di pressione sonora a 0,5 metri pari a 64,9 dBA nel periodo di riferimento diurno e 62,4 dBA nel periodo di riferimento notturno. Tali livelli sono stati calcolati partendo dal livello più elevato rilevato in prossimità delle griglie (Misura A1, pari a 70,4 dBA) e rapportandolo all'intero periodo di riferimento ipotizzando che ogni convoglio si fermi per 5 minuti al capolinea (per un totale di 275' nel periodo diurno e 75' nel periodo notturno).

#### 5.2.1 Sottostazione SSE-8 –Cabina di San Basilio

In corrispondenza del capolinea di San Basilio sarà realizzata una sottostazione di conversione dell'energia elettrica; tale cabina sarà localizzata all'interno di un edificio esistente, attualmente dismesso, come illustrato nell'immagine seguente.



*Immagine 11: localizzazione della sottostazione SSE8 al Capolinea San Basilio*

Allo stato attuale non è ancora stato scelto il modello commerciale delle apparecchiature che saranno installate e, di conseguenza, neanche la posizione ed il dimensionamento di eventuali sistemi di ventilazione e raffreddamento (da adottarsi qualora ne scaturisse la necessità).

Non è quindi ipotizzabile quali emissioni sonore potranno essere propagate verso i ricettori localizzati nei dintorni della stazione stessa. La modellizzazione e le valutazioni sulle emissioni sonore della sottostazione potranno essere effettuate solamente dopo aver definito con precisione le apparecchiature che saranno installate all'interno della stessa e la disposizione delle aperture di ventilazione/raffreddamento che, qualora posizionate verso l'interno dell'edificio in disuso, non creerebbero alcun problema di inquinamento acustico.

### **5.3 Risultati della simulazione**

I risultati delle simulazioni e i livelli sonori previsti nelle vicinanze della linea in progetto sono riportate in allegato (allegati 5 e 6), mentre di seguito sono riportati i livelli sonori calcolati alle quote di 4,5 e 7,5 metri dal livello del terreno, sia nel periodo di riferimento diurno che notturno.

Tabella 6 - Livelli di emissione sonora stimati presso i ricettori nel periodo di riferimento diurno

<i>Ricettore</i>	<i>Periodo di riferimento diurno</i>	
	<i>Leq stimato a 4,5 metri [dB(A)]</i>	<i>Leq stimato a 7,5 metri [dB(A)]</i>
<b>R1</b>	50,3	50,1
<b>R2</b>	49,2	48,4
<b>R3</b>	41,1	45,2
<b>R4</b>	51,8	50,5
<b>R5</b>	41,3	46,4
<b>R6</b>	51,0	50,0
<b>R7</b>	47,2	47,1
<b>R8</b>	34,6	36,7
<b>R9</b>	47,6	47,4
<b>R10</b>	41,5	46,2
<b>R11</b>	41,6	46,4
<b>R12</b>	51,1	50,1
<b>R13</b>	41,9	46,7
<b>R14</b>	42,0	46,9
<b>R15</b>	51,7	50,4
<b>R16</b>	42,2	47,1
<b>R17</b>	42,6	47,3
<b>R18</b>	53,0	51,2
<b>R19</b>	48,7	48,4
<b>R20</b>	47,8	47,7
<b>R21</b>	47,8	47,4
<b>R22</b>	47,3	46,9
<b>R23</b>	47,7	47,5
<b>R24</b>	45,8	45,9
<b>R25</b>	45,3	45,4
<b>R26</b>	43,9	44,1
<b>R27</b>	48,7	49,4
<b>R28</b>	44,9	44,8
<b>R29</b>	40,6	40,6

Tabella 7 - Livelli di emissione sonora stimati presso i ricettori nel periodo di riferimento notturno

<i>Ricettore</i>	<i>Periodo di riferimento notturno</i>	
	<i>Leq stimato a 4,5 metri [dB(A)]</i>	<i>Leq stimato a 7,5 metri [dB(A)]</i>
<b>R1</b>	47,5	47,3
<b>R2</b>	46,4	45,6
<b>R3</b>	38,3	42,4
<b>R4</b>	49,0	47,7
<b>R5</b>	38,5	43,6
<b>R6</b>	48,2	47,2
<b>R7</b>	44,4	44,3
<b>R8</b>	31,8	33,9
<b>R9</b>	44,8	44,6
<b>R10</b>	38,7	43,4
<b>R11</b>	38,8	43,6
<b>R12</b>	48,3	47,3
<b>R13</b>	39,1	43,9
<b>R14</b>	39,2	44,1
<b>R15</b>	48,9	47,6
<b>R16</b>	39,4	44,3
<b>R17</b>	39,8	44,5
<b>R18</b>	50,2	48,4
<b>R19</b>	45,9	45,6
<b>R20</b>	45,0	44,9
<b>R21</b>	45,0	44,6
<b>R22</b>	44,5	44,1
<b>R23</b>	44,9	44,7
<b>R24</b>	43,1	43,1
<b>R25</b>	42,5	42,7
<b>R26</b>	41,1	41,3
<b>R27</b>	45,9	46,7
<b>R28</b>	42,2	42,1
<b>R29</b>	37,9	37,9

5.3.1 Confronto con il clima acustico attuale

Lo studio preliminare del clima acustico dell'area , nello stato di fatto, ha permesso di verificare che i livelli sonori presenti risultano essere influenzati dal passaggio di qualche auto e di imbarcazioni nei punti di misura 2, 3 e 4, mentre per quanto riguarda il punto di misura n. 1 i livelli sonori sono influenzati dal vociare delle persone in transito a piedi e dal transito di imbarcazioni.

Confrontando i livelli sonori attuali con quelli attesi a seguito dell'entrata in esercizio della nuova infrastruttura, si può affermare che nel periodo di riferimento diurno l'incremento dei livelli sonori risulta essere trascurabile, mentre nel periodo di riferimento notturno la variazione dei livelli sonori sarà sicuramente più avvertibile ma con valori globali comunque compatibili con i limiti di emissione e di immissione imposti dal piano di classificazione acustica.

5.3.2 Confronto con i limiti di emissione

Nel seguito sono riportati i valori sonori calcolati ai ricettori ed il confronto con i limiti di emissione imposti dal piano di classificazione acustica.

Tabella 8 – Confronto dei livelli sonori con i limiti di emissione nel periodo di riferimento diurno

<i>Ricettore</i>	<i>Periodo di riferimento diurno</i>		<i>Zonizzazione acustica</i>	
	<i>Leq stimato a 4,5 metri [dB(A)]</i>	<i>Leq stimato a 7,5 metri [dB(A)]</i>	<i>Classe di appartenenza</i>	<i>Limite di emissione (dBA)</i>
<b>R1</b>	50,3	50,1	V	65
<b>R2</b>	49,2	48,4	IV	60
<b>R3</b>	41,1	45,2	III	55
<b>R4</b>	51,8	50,5	IV	60
<b>R5</b>	41,3	46,4	III	55
<b>R6</b>	51,0	50,0	IV	60
<b>R7</b>	47,2	47,1	IV	60
<b>R8</b>	34,6	36,7	III	55
<b>R9</b>	47,6	47,4	IV	60
<b>R10</b>	41,5	46,2	III	55
<b>R11</b>	41,6	46,4	III	55
<b>R12</b>	51,1	50,1	IV	60
<b>R13</b>	41,9	46,7	III	55
<b>R14</b>	42,0	46,9	III	55

Tabella 8 – Confronto dei livelli sonori con i limiti di emissione nel periodo di riferimento diurno

<i>Ricettore</i>	<i>Periodo di riferimento diurno</i>		<i>Zonizzazione acustica</i>	
	<i>Leq stimato a 4,5 metri [dB(A)]</i>	<i>Leq stimato a 7,5 metri [dB(A)]</i>	<i>Classe di appartenenza</i>	<i>Limite di emissione (dBA)</i>
<b>R15</b>	51,7	50,4	IV	60
<b>R16</b>	42,2	47,1	III	55
<b>R17</b>	42,6	47,3	III	55
<b>R18</b>	53,0	51,2	IV	60
<b>R19</b>	48,7	48,4	IV	60
<b>R20</b>	47,8	47,7	IV	60
<b>R21</b>	47,8	47,4	III	55
<b>R22</b>	47,3	46,9	III	55
<b>R23</b>	47,7	47,5	III	55
<b>R24</b>	45,8	45,9	III	55
<b>R25</b>	45,3	45,4	III	55
<b>R26</b>	43,9	44,1	III	55
<b>R27</b>	48,7	49,4	IV	60
<b>R28</b>	44,9	44,8	IV	60
<b>R29</b>	40,6	40,6	IV	60

Tabella 9 – Confronto dei livelli sonori con i limiti di emissione nel periodo di riferimento notturno

<i>Ricettore</i>	<i>Periodo di riferimento notturno</i>		<i>Zonizzazione acustica</i>	
	<i>Leq stimato a 4,5 metri [dB(A)]</i>	<i>Leq stimato a 7,5 metri [dB(A)]</i>	<i>Classe di appartenenza</i>	<i>Limite di emissione (dBA)</i>
<b>R1</b>	47,5	47,3	V	55
<b>R2</b>	46,4	45,6	IV	50
<b>R3</b>	38,3	42,4	III	45
<b>R4</b>	49,0	47,7	IV	50
<b>R5</b>	38,5	43,6	III	45
<b>R6</b>	48,2	47,2	IV	50
<b>R7</b>	44,4	44,3	IV	50
<b>R8</b>	31,8	33,9	III	45



Tabella 9 – Confronto dei livelli sonori con i limiti di emissione nel periodo di riferimento notturno

<i>Ricettore</i>	<i>Periodo di riferimento notturno</i>		<i>Zonizzazione acustica</i>	
	<i>Leq stimato a 4,5 metri [dB(A)]</i>	<i>Leq stimato a 7,5 metri [dB(A)]</i>	<i>Classe di appartenenza</i>	<i>Limite di emissione (dBA)</i>
<b>R9</b>	44,8	44,6	IV	50
<b>R10</b>	38,7	43,4	III	45
<b>R11</b>	38,8	43,6	III	45
<b>R12</b>	48,3	47,3	IV	50
<b>R13</b>	39,1	43,9	III	45
<b>R14</b>	39,2	44,1	III	45
<b>R15</b>	48,9	47,6	IV	50
<b>R16</b>	39,4	44,3	III	45
<b>R17</b>	39,8	44,5	III	45
<b>R18</b>	49,8	48,4	IV	50
<b>R19</b>	45,9	45,6	IV	50
<b>R20</b>	45,0	44,9	IV	50
<b>R21</b>	45,0	44,6	III	45
<b>R22</b>	44,5	44,1	III	45
<b>R23</b>	44,8	44,7	III	45
<b>R24</b>	43,1	43,1	III	45
<b>R25</b>	42,5	42,7	III	45
<b>R26</b>	41,1	41,3	III	45
<b>R27</b>	45,9	46,7	IV	50
<b>R28</b>	42,2	42,1	IV	50
<b>R29</b>	37,9	37,9	IV	50

Osservando le precedenti tabelle è possibile riscontrare per tutti i ricettori il rispetto dei limiti di emissione sonora previsti dal piano di classificazione acustica del comune di Venezia.

Mentre nel periodo di riferimento diurno i livelli calcolati sono ampiamente inferiori ai limiti di zona, nel periodo notturno i livelli presso alcuni ricettori presentano un margine piuttosto contenuto; va però tenuto in considerazione che i livelli di emissione dell'infrastruttura sono stati volutamente sovrastimati, sia come numero di transiti che come SEL di ogni singolo convoglio; considerando che la situazione meno favorevole si verifica in corrispondenza dei ricettori R21, R22 ed R23, dove le due corsie confluiscono in un'unica corsia per entrambi i sensi di marcia, è plausibile che su questo tratto

la vicinanza degli scambi e la presenza della curva comporti emissioni sonore almeno 3 decibel inferiori di quanto impostato nel modello di calcolo. In tali condizioni il margine di sicurezza sui valori calcolati ritorna più che sufficiente.

Un'altra area dove si verifica un margine piuttosto contenuto è quella che corrisponde ai ricettori da R10 ad R17. Anche per questo tratto di percorso è ipotizzabile un valore di emissione sonora dei convogli decisamente inferiore rispetto a quanto inserito nel modello di calcolo, essendo un tratto di lunghezza contenuta compreso tra due ampie curve e con tanto di stazione di fermata (Santa Marta); inoltre la presenza di una recinzione in muratura di altezza pari a circa 4 metri dà la possibilità di intervenire con eventuali oggetti fono isolanti, in caso di necessità, e limitare ulteriormente l'esposizione dei ricettori interessati.

#### 5.3.3 Confronto con i limiti di immissione differenziali

L'intervento in oggetto, essendo un'infrastruttura viaria, non è soggetta al rispetto dei limiti imposti dal criterio differenziale, come specificato all'art. 4, comma 3, del DPCM 14/11/1997.

#### **5.4 Descrizione dei provvedimenti atti a contenere i livelli sonori emessi**

Nel presente studio non sono stati considerati interventi correttivi, in quanto non ritenuti strettamente necessari in questa fase di analisi. È stata comunque accertata la possibilità di adottare eventuali interventi di mitigazione, qualora in fase di esercizio se ne rilevi la necessità.

Anche per quanto riguarda la sottostazione elettrica, il suo collocamento all'interno dell'ampio edificio in disuso fa sì che molto probabilmente non si verificherà nessuna necessità di adozione di interventi correttivi per gli eventuali dispositivi di ventilazione/raffreddamento.

## 6. CONCLUSIONI

Le simulazioni effettuate dimostrano la possibilità di ottenere valori di impatto acustico, nei pressi dei ricettori, compatibili con i limiti previsti dalla normativa in vigore.

I valori di emissione sonora in corrispondenza delle facciate dei ricettori più prossimi sono risultati infatti ovunque inferiori ai limiti previsti dal Piano di Zonizzazione acustica per le aree limitrofe.

In definitiva si può concludere che le emissioni sonore propagate dalla linea tranviaria Mestre-Venezia, nel tratta tra Ponte della Libertà e San Basilio, sono da considerarsi **compatibili con i limiti acustici di zona**.

Rovigo, 27 gennaio 2014

il tecnico  
ing. Vincenzo Baccan

