

# **Monitoraggio delle emissioni di rumore prodotte dal funzionamento della metropolitana leggera di superficie di Perugia**

**Periodo di monitoraggio: 21 gennaio 2008 – 23 gennaio 2008**

**Rapporto Tecnico**

**Febbraio 2008**

Pag / indice

**03 / 1. Introduzione**

**04 / 2. Descrizione dei punti di misura**

**07 / 3. Risultati del monitoraggio acustico**

- 08 / 3.1 Punto di misura R1 – Edificio di Via Guerra (Zona Stazione Cortonese)
- 10 / 3.2 Punto di misura R2 – Edificio di Via Magnini (Zona Stazione Cortonese)
- 11 / 3.3 Punto di misura R3 – Scuola Comparozzi (Zona Stazione Madonna Alta)
- 12 / 3.4 Punto di misura R4 – Edificio di Via Righi 2 (Zona Stazione Madonna Alta)
- 14 / 3.5 Punto di misura R5 – Edificio di Via Righi 3 (Zona Stazione Madonna Alta)
- 16 / 3.6 Punto di misura R6 – Edificio di Via Morgagni 1 (Zona Stazione Madonna Alta)
- 18 / 3.7 Punto di misura R7 – Edificio di Via Fermi 26 (Zona Stazione Madonna Alta)
- 20 / 3.8 Punto di misura R8 – Edificio di Via Cortonese 3 (Zona Stazione Case Bruciate)
- 21 / 3.9 Punto di misura R9 – Edificio di Via Villa Glori (Zona Stazione Case Bruciate)
- 22 / 3.10 Punto di misura R10 – Scuola Il Girotondo (Zona Stazione Case Bruciate)
- 24 / 3.11 Punto di misura R11 – Edificio sede ONAOSI (Zona Stazione Case Bruciate)
- 25 / 3.12 Punto di misura R12 – Edificio di Via Checchi (Zona Stazione Cupa)

**26 / 4. Riepilogo dei risultati delle misure**

**27 / 5. Conclusioni**

**Gruppo di Lavoro**

**Redazione**

Ing. Stefano Ortica

**Versione**

**Emissione**

**Visto**

Dott. Svedo Piccioni  
Dott. Alberto Micheli

## 1. Introduzione

Arpa Umbria, nel periodo compreso tra il 21 ed il 23 gennaio 2008, ha ripetuto il monitoraggio acustico presso alcune abitazioni opportunamente scelte lungo il tracciato del Minimetrò.

Il monitoraggio è stato condotto in dodici punti di misura; i risultati delle misure sono stati correlati alla velocità di esercizio dell'impianto ed al numero di navette presenti in linea. In particolare è stato verificato che, durante il tempo di misura, la velocità di scorrimento della fune corrispondesse a 7 m/sec.

Durante il rilievo fonometrico, per ogni punto di misura, è stata imposta l'interruzione del funzionamento del Minimetrò per consentire la misura del livello di rumore residuo, in modo da poter stimare la variazione di rumore che si origina quando il Minimetrò entra in funzione.

I valori misurati del livello equivalente di rumore (LeqA), relativi al periodo in cui è stata verificata la velocità di esercizio pari a 7 m/sec, sono stati confrontati con il limite fissato dalla normativa in vigore. In attesa dell'approvazione del Piano di Zonizzazione Acustica del Comune di Perugia si fa riferimento ai limiti di cui all'art. 6 comma 1 del DPCM 1/3/1991, il quale indica di suddividere il territorio comunale in quattro classi ed attribuire loro i seguenti limiti.

Zona	Limite Diurno	Limite Notturno
Tutto il Territorio Nazionale	70 dBA	60 dBA
Zona A (DM 1444/68)	65 dBA	55 dBA
Zona B (DM 1444/68)	60 dBA	50 dBA
Zona esclusivamente industriale	70 dBA	70 dBA

Dall'analisi del PRG del Comune di Perugia è emerso che i dodici edifici presso i quali sono state condotte le misure fonometriche si trovano tutti in Zona B, pertanto il limite preso in considerazione è pari a 60 dBA.

Per ogni misura è stata svolta l'analisi per il riconoscimento della componente tonale; la presenza della componente tonale è stata debitamente segnalata senza considerare il relativo fattore correttivo (+ 3 dBA) da aggiungere al livello equivalente misurato, avendo considerato la metropolitana leggera di superficie come una infrastruttura di trasporto. Il DM 16/3/1998 stabilisce infatti che i termini correttivi per la presenza di componenti tonali non si applicano nel caso delle infrastrutture di trasporto.

## 2. Descrizione dei punti di misura

Nella tabella n.1 è riportato l'elenco dei punti di misura oggetto dei rilievi fonometrici nel periodo compreso tra il 21 ed il 23 gennaio 2008.

**Tabella 1: Elenco dei punti di misura in cui è stato condotto il monitoraggio acustico**

Nome punto di misura	Descrizione
R1	Edificio Via Guerra – (zona stazione Cortonese).
R2	Edificio Via Magnini – (zona stazione Cortonese)
R3	Scuola Comparozzi
R4	Edificio Via Righi 2 (zona Stazione Madonna Alta)
R5	Edificio Via Righi 3 (zona Stazione Madonna Alta)
R6	Edificio Via Morgagni 1 (zona Stazione Madonna Alta)
R7	Edificio Via Fermi 26 (zona Stazione Madonna Alta)
R8	Edificio Via Cortonese 3 (zona Stazione Case Bruciate)
R9	Edificio Via Villa Glori (zona Stazione Case Bruciate)
R10	Scuola "Il Girotondo" (zona Stazione Case Bruciate)
R11	Edificio Via Piaggia Colombata (edificio ONAOSI)
R12	Edificio Via Checchi (Zona Stazione Cupa)

Nelle ortofoto delle figure 1 e 2 sono indicati i punti di misura descritti in tabella 1.



Figura 1: Ortofoto della zona relativa alle stazioni di Via Cortonese e Madonna Alta con indicazione dei punti di misura R1 – R7.



Figura 2: Ortofoto della zona relativa alle stazioni di Case Bruciate e della Cupa con indicazione dei punti di misura R8 – R12.

### **3. Risultati del monitoraggio acustico**

Per ciascun punto di misura è riportata la scheda riepilogativa dei risultati delle misure fonometriche.

La scheda riepilogativa contiene le seguenti informazioni:

il nome del punto di misura ed i riferimenti alla sua ubicazione;

la documentazione fotografica del punto di misura;

la zona acustica in cui si trova il punto di misura, in base alla normativa attualmente vigente (DPCM 1/3/1991), ed il relativo limite assoluto di rumore diurno;

il giorno in cui è stata eseguita la misura;

l'ora di inizio e fine misura, nella condizione con Minimetron in funzione e con Minimetron fermo;

il profilo temporale del livello di pressione sonora e dello spettro medio del rumore, nella condizione con Minimetron in funzione e con Minimetron fermo;

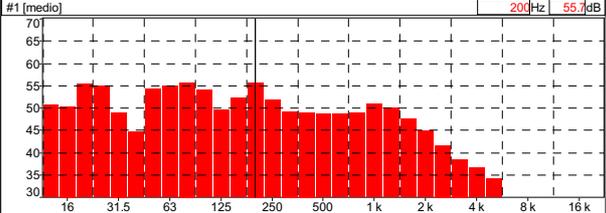
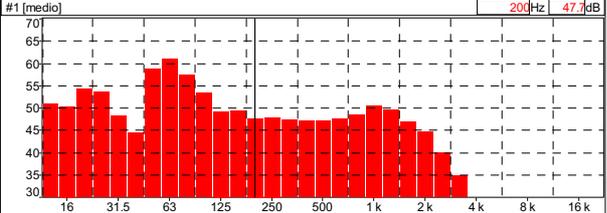
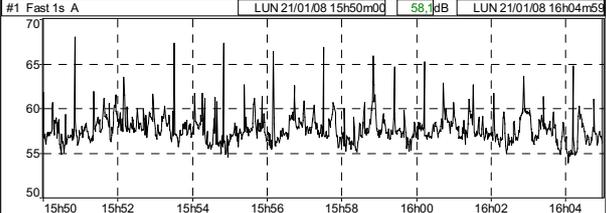
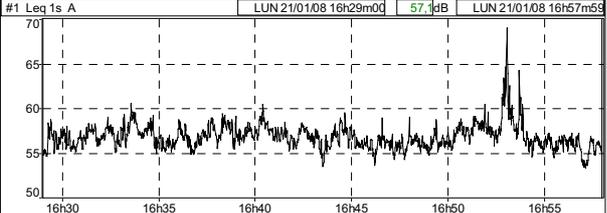
le velocità di esercizio del Minimetro e il numero di navette in linea durante la misura;

il livello equivalente di rumore relativo al periodo di misura specificato, nella condizione con Minimetron in funzione e con Minimetron fermo;

l'indicazione circa la presenza della componente tonale;

indicazioni circa specificità emerse nei singoli punti di misura, quali il livello di rumore generato dall'attrito della fune sulle rulliere, dall'ingresso/uscita delle navette dalla stazione, dal passaggio delle navette sui giunti di dilatazione termica.

### 3.1 Punto di misura R1 – Edificio di Via Guerra (Zona Stazione Cortonese)

Punto di misura n.		1	Via	Guerra	Zona	Stazione Cortonese	
Zona (ex D.P.C.M. 1/3/1991): <b>ZONA B</b>		Limite diurno: <b>60 dBA</b>					
Fotografia Aerea del punto di misura		Fotografia dal punto di misura					
							
Misura con Minimetrometro in funzione		Misura con Minimetrometro fermo					
Misura del		21 gennaio 2008		Misura del		21 gennaio 2008	
Inizio misura	15.50	Fine misura	16.05	Inizio misura	16.29	Fine misura	16.58
							
							
<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetrometro in funzione</b>		<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetrometro fermo</b>	
Velocità		7 m/sec		Velocità		0 m/sec	
n. navette in linea		18		n. navette in linea		--	
<b>Leq(A)</b>		<b>58,0 dBA</b>		<b>Leq(A)</b>		<b>57,0 dBA</b>	
Presenza componente tonale		No		Presenza componente tonale		No	

In questo punto di misura (R1) era già stata misurata la rumorosità prodotta dal funzionamento del Minimetrò nel gennaio 2007 e nel dicembre 2007.

Nella tabella 2 sono confrontati i livelli equivalenti di rumore misurati durante i monitoraggi precedenti e quello attuale.

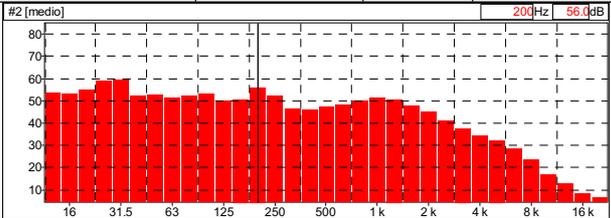
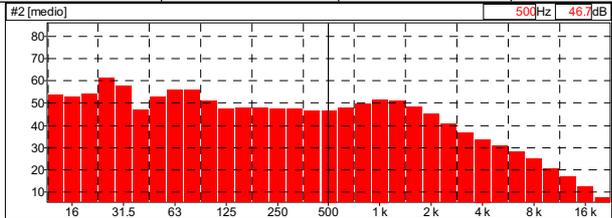
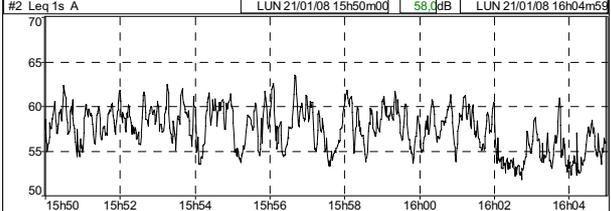
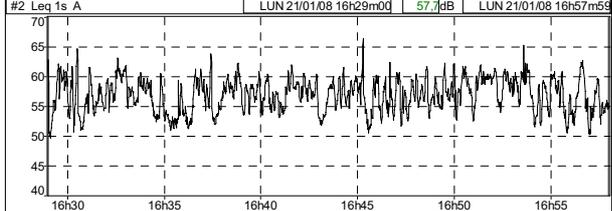
**Tabella 2: Confronto dei livelli di rumore generati dal funzionamento del Minimetrò nel punto di misura R1 durante i monitoraggi svolti da Gennaio 2007**

Periodo monitoraggio	Livello equivalente di rumore LeqA	Presenza componente tonale (200 Hz)	Livello residuo (con Minimetrò non in funzione)
Gennaio 2007	65 dBA	SI	58,5 dBA
Dicembre 2007	60,0 dBA	SI	Non misurato
Gennaio 2008	58 dBA	NO	57 dBA

Dai dati della tabella si evince una riduzione dei livelli di rumore nel corso dei monitoraggi effettuati (- 7 dBA). Si osserva inoltre l'assenza della componente tonale di 200 Hertz, rilevata invece durante i monitoraggi di gennaio 2007 e dicembre 2007.

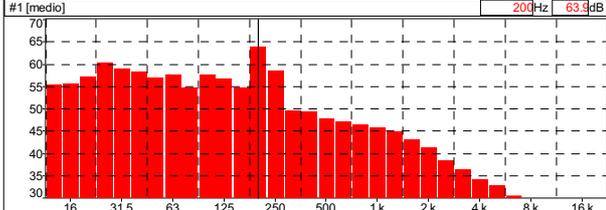
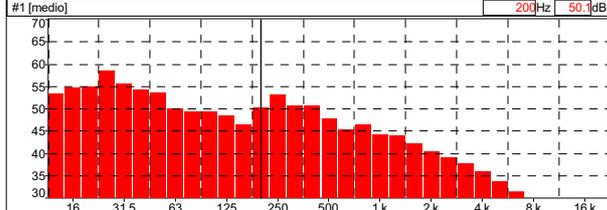
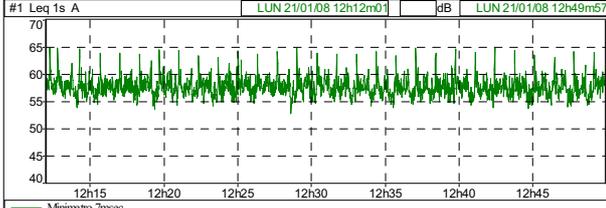
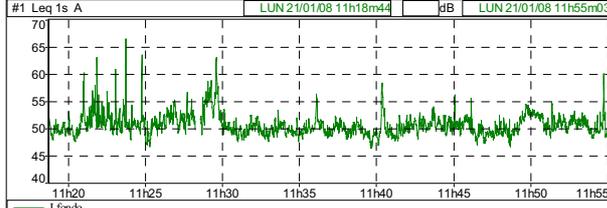
Il livello di rumore misurato nell'ultimo monitoraggio (58 dBA) è del tutto confrontabile con quello misurato nella condizione ante operam, il cosiddetto "punto zero" (gennaio 2007), pari a 58,5 dBA. Ciò dimostra che, nel punto di misura R1, nei confronti del livello equivalente di rumore diurno, il funzionamento del Minimetrò non determina, nelle condizioni attuali, un incremento di rumore.

### 3.2 Punto di misura R2 – Edificio di Via Magnini (Zona Stazione Cortonese)

Punto di misura n.		2	Via	Magnini	Zona	Stazione Cortonese	
Zona (ex D.P.C.M. 1/3/1991): <b>ZONA B</b>		Limite diurno: <b>60 dBA</b>					
Fotografia Aerea del punto di misura		Fotografia dal punto di misura					
							
Misura con Minimetron in funzione		Misura con Minimetron fermo					
Misura del		21 gennaio 2008		Misura del		21 gennaio 2008	
Inizio misura	15.50	Fine misura	16.05	Inizio misura	16.29	Fine misura	16.58
							
							
<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetron in funzione</b>		<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetron fermo</b>	
Velocità		7 m/sec		Velocità		0 m/sec	
n. navette in linea		18		n. navette in linea		--	
<b>Leq(A)</b>		<b>58,0 dBA</b>		<b>Leq(A)</b>		<b>58,0 dBA</b>	
Presenza Componente Tonale		No		Presenza Componente Tonale		No	

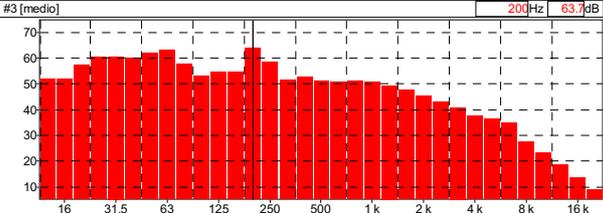
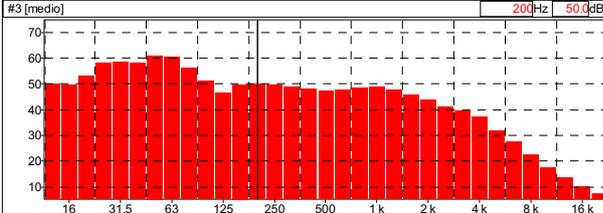
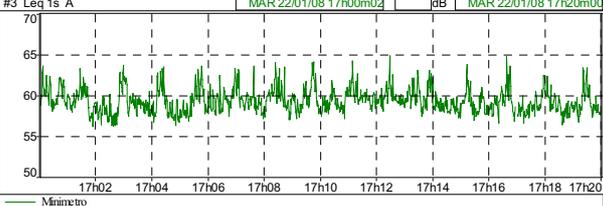
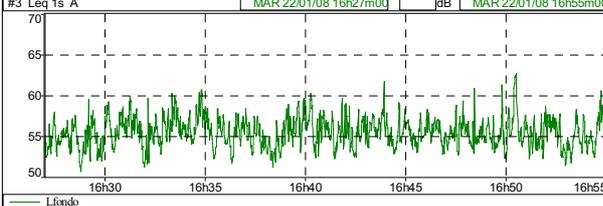
In questo punto di misura (R2), così come in R1, si osserva che il livello di rumore misurato con il Minimetron in funzione è dello stesso valore di quello misurato con il Minimetron spento. E' stato infatti osservato che la sorgente principale di rumore, relativamente al punto di misura R2, è rappresentata dal traffico veicolare su Via Cotani. Si può quindi affermare che, nei confronti del livello equivalente di rumore diurno, il funzionamento del Minimetron non comporta un incremento di rumore.

### 3.3 Punto di misura R3 – Scuola Comparozzi (Zona Stazione Madonna Alta)

Punto di misura n. [Scuola Comparozzi]		3	Via	Magnini	Zona	Stazione M. Alta	
Zona (ex D.P.C.M. 1/3/1991): <b>ZONA B</b>		Limite diurno: <b>60 dBA</b>					
Fotografia Aerea del punto di misura		Fotografia dal punto di misura					
							
Misura con Minimetrò in funzione		Misura con Minimetrò fermo					
Misura del		21 gennaio 2008		Misura del		21 gennaio 2008	
Inizio misura	12.12	Fine misura	12.50	Inizio misura	11.18	Fine misura	11.54
							
							
<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetro in funzione</b>		<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetro fermo</b>	
Velocità		7 m/sec		Velocità		0 m/sec	
n. navette in linea		18		n. navette in linea		--	
<b>Leq(A)</b>		<b>58,0 dBA</b>		<b>Leq(A)</b>		<b>51,5 dBA</b>	
Presenza componente tonale		Si (200 Hz)		Presenza componente tonale		No	
Note				Note			
Rumorosità dovuta al solo scorrimento della fune sulle rulliere		55,5 dBA					

In questo punto di misura (R3) si osserva un incremento di rumore nella condizione con Minimetro in funzione rispetto alla situazione in cui il Minimetro è fermo (+ 6,5 dBA). La rumorosità generata dallo scorrimento della fune di traino sulle rulliere è pari a 55,5 dBA; ciò dimostra la presenza di un'altra sorgente che concorre alla determinazione del livello di rumore complessivamente misurato, pari a 58 dBA. Tale sorgente è stata individuata nel passaggio delle navette sui giunti di dilatazione termica dei binari che, se non ben allineati, determinano una discontinuità durante il transito delle navette.

### 3.4 Punto di misura R4 – Edificio Via Righi 2 (Zona Stazione Madonna Alta)

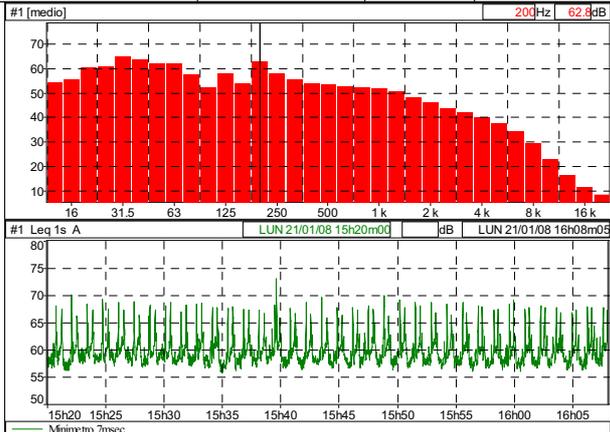
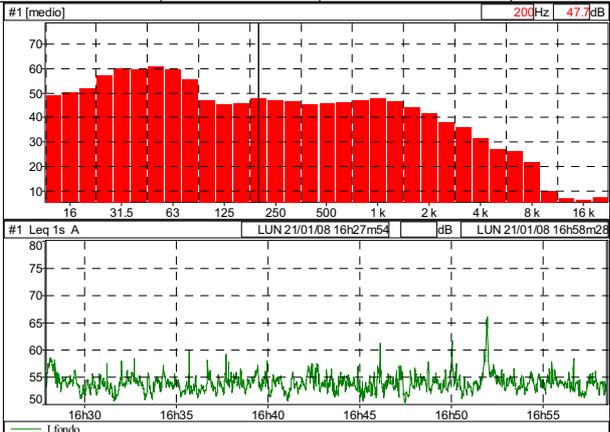
Punto di misura n.		4	Via	Righi 2	Zona	Stazione	M. Alta
Zona (ex D.P.C.M. 1/3/1991): <b>ZONA B</b>				Limite diurno: <b>60 dBA</b>			
Fotografia Aerea del punto di misura				Fotografia dal punto di misura			
							
Misura con Minimetron in funzione				Misura con Minimetron fermo			
Misura del		22 gennaio 2008		Misura del		22 gennaio 2008	
Inizio misura	17.00	Fine misura	17.20	Inizio misura	16.27	Fine misura	16.55
							
							
<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetron in funzione</b>		<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetron fermo</b>	
Velocità	7 m/sec		Velocità	0 m/sec			
n. navette in linea	18		n. navette in linea	-			
<b>Leq(A)</b>	<b>59,5 dBA</b>		<b>Leq(A)</b>	<b>56 dBA</b>			
Presenza componente tonale	Si (200 Hz)		Presenza componente tonale	No			
Note							
Rumorosità dovuta al solo scorrimento della fune sulle rulliere	57,5 dBA						
Rumorosità dovuta al passaggio della navetta sul giunto di dilatazione termica in direzione valle	61 dBA						
Livelli di picco generati dal passaggio della navetta sul giunto di dilatazione termica in direzione valle	Variabili tra 62 e 63 dBA						

Nel punto di misura R4 si osserva un incremento di rumore nella condizione con Minimetrò in funzione rispetto alla situazione in cui il Minimetrò è fermo (+ 3,5 dBA). La rumorosità generata dallo scorrimento della fune di traino sulle rulliere è pari a 57,5 dBA; ciò dimostra, come nel caso del punto di misura R3 che si trova di fronte, la presenza di un'altra sorgente che concorre alla determinazione del livello di rumore complessivamente misurato, pari a 59,5 dBA. Tale sorgente è stata individuata nel passaggio delle navette sui giunti di dilatazione termica dei binari che, se non ben allineati, determinano una discontinuità durante il transito delle navette.

La caratterizzazione acustica di questa sorgente ha permesso di stimare il livello di rumore generato dal singolo transito della navetta sui giunti di dilatazione termica dei binari. Tale livello di rumore è risultato pari a 61 dBA.

Il riallineamento dei binari in prossimità dei giunti determinerebbe l'annullamento di questa sorgente riducendo il livello di rumore complessivo a solo quello generato dallo scorrimento della fune di traino sulle rulliere, pari a 57,5 dBA.

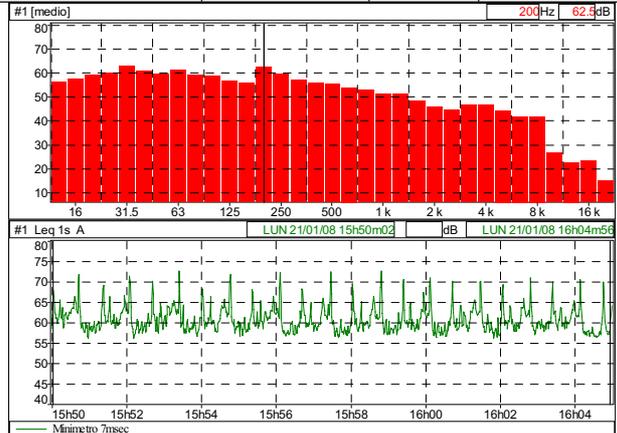
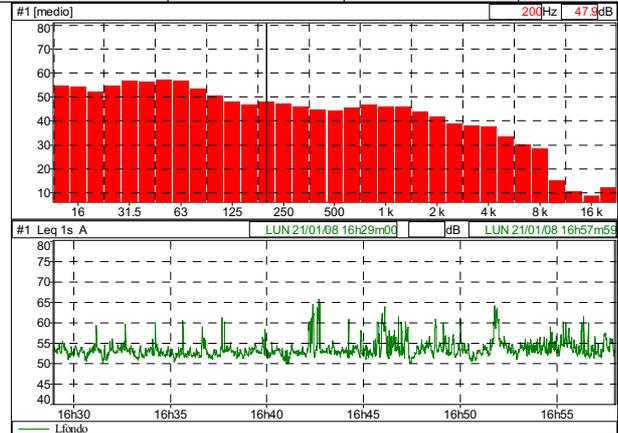
### 3.5 Punto di misura R5 – Abitazione di Via Righi 3 (Zona Stazione Madonna Alta)

Punto di misura n.		5	Via	Righi 3	Zona	Stazione M. Alta	
Zona (ex D.P.C.M. 1/3/1991): <b>ZONA B</b>		Limite diurno: <b>60 dBA</b>					
Fotografia Aerea del punto di misura		Fotografia dal punto di misura					
							
Misura con Minimetrò in funzione		Misura con Minimetrò fermo					
Misura del		21 gennaio 2008		Misura del		21 gennaio 2008	
Inizio misura	15.50	Fine misura	16.05	Inizio misura	16.29	Fine misura	16.58
							
<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetrò in funzione</b>		<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetrò fermo</b>	
Velocità		7 m/sec		Velocità		0 m/sec	
n. navette in linea		18		n. navette in linea		- -	
<b>Leq(A)</b>		<b>60,5 dBA</b>		<b>Leq(A)</b>		<b>54 dBA</b>	
Presenza componente tonale		Si (200 Hz)		Presenza componente tonale		No	
Note							
Rumorosità dovuta al solo scorrimento della fune sulle rulliere		57 dBA					
Rumorosità dovuta all'arrivo, da valle, della singola navetta in stazione		63 dBA					
Rumorosità dovuta alla partenza, verso valle, della singola navetta dalla stazione		63 dBA					
Livelli di picco generati dall'arrivo e partenza delle navette in stazione		Variabili tra 66 e 68 dBA					

Nel punto di misura R5 si osserva un incremento di rumore nella condizione con Minimetrò in funzione rispetto alla situazione in cui il Minimetrò è fermo (+ 6,5 dBA). La rumorosità generata dallo scorrimento della fune di traino sulle rulliere è pari a 57 dBA; ciò dimostra, come nei casi dei punti di misura R3 ed R4, la presenza di un'altra sorgente che concorre alla determinazione del livello di rumore complessivamente misurato, pari a 60,5 dBA. Tale sorgente è stata individuata nelle fasi di ingresso ed uscita delle navette dalla stazione di Madonna Alta quando la rumorosità mediamente prodotta è pari a 63 dBA.

Ulteriori interventi di mitigazione acustica sulla stazione, tali da ridurre la rumorosità delle navette in arrivo e in partenza, porterebbero alla diminuzione della rumorosità complessivamente prodotta ed alla conseguente riduzione dell'incremento di rumore dovuta al funzionamento del Minimetrò.

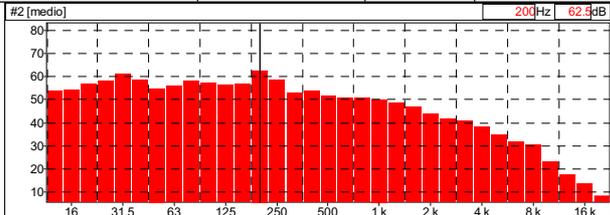
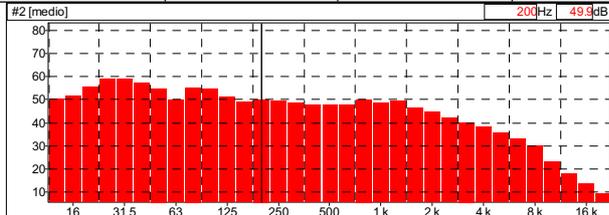
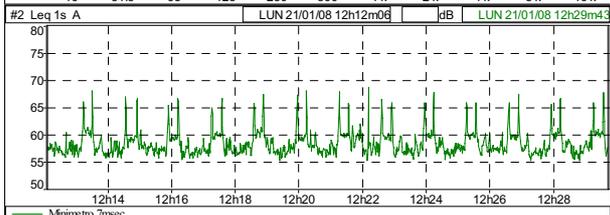
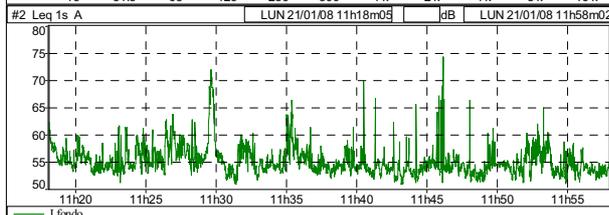
### 3.6 Punto di misura R6 – Edificio di Via Morgagni 1 (Zona Stazione Madonna Alta)

Punto di misura n.		6	Via	Morgagni 1	Zona	Stazione M. Alta	
Zona (ex D.P.C.M. 1/3/1991): <b>ZONA B</b>		Limite diurno: <b>60 dBA</b>					
Fotografia Aerea del punto di misura		Fotografia dal punto di misura					
							
Misura con Minimetrometro in funzione		Misura con Minimetrometro fermo					
Misura del		21 gennaio 2008		Misura del		21 gennaio 2008	
Inizio misura	15.50	Fine misura	16.05	Inizio misura	16.29	Fine misura	16.58
							
<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetrometro in funzione</b>		<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetrometro fermo</b>	
Velocità		7 m/sec		Velocità		0 m/sec	
n. navette in linea		18		n. navette in linea		--	
<b>Leq(A)</b>		<b>62 dBA</b>		<b>Leq(A)</b>		<b>54 dBA</b>	
Presenza componente tonale		No		Presenza componente tonale		No	
Note							
Rumorosità dovuta al solo scorrimento della fune sulle rulliere		57,5 dBA					
Rumorosità dovuta all'arrivo, da monte, della singola navetta in stazione		66 dBA					
Rumorosità dovuta alla partenza, verso monte, della singola navetta dalla stazione		64 dBA					
Livelli di picco generati dall'arrivo e partenza delle navette in stazione		Variabili tra 68 e 71 dBA					

Le considerazioni per il punto di misura R6 sono analoghe a quelle del punto di misura R5; il funzionamento del Minimetrò determina un incremento di rumore, rispetto alla situazione in cui è fermo, pari a 8 dBA. Infatti la rumorosità complessivamente generata dal funzionamento del Minimetrò, nel punto di misura R6, è pari a 62 dBA, a fronte di una rumorosità residua, ovvero con il Minimetrò non in funzione, pari a 54 dBA.

Come per i punti R3, R4 ed R5 la sorgente principale di rumore non è rappresentata dallo scorrimento della fune di traino sulle rulliere, che determina una rumorosità di 57,5 dBA, ma dall'ingresso ed uscita delle navette in stazione. La rumorosità associata a questi transiti è compresa tra 64 e 66 dBA.

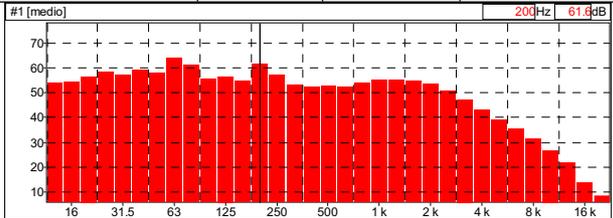
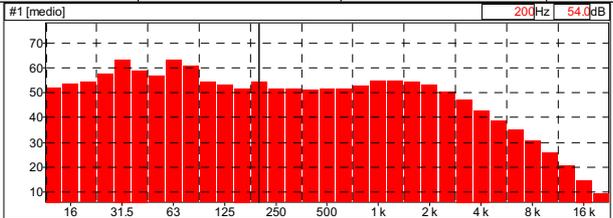
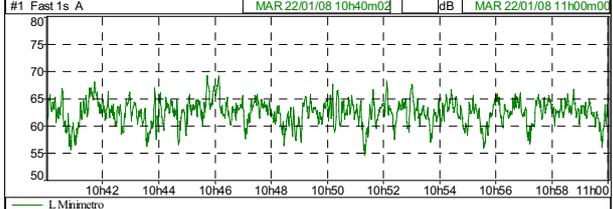
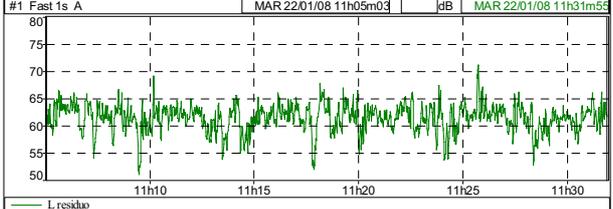
### 3.7 Punto di misura R7 – Edificio di Via Fermi 26 (Zona Stazione Madonna Alta)

Punto di misura n.		7	Via	Fermi 26	Zona	Stazione M. Alta	
Zona (ex D.P.C.M. 1/3/1991): <b>ZONA B</b>		Limite diurno: <b>60 dBA</b>					
Fotografia Aerea del punto di misura		Fotografia del punto di misura					
							
Misura con Minimetrometro in funzione		Misura con Minimetrometro fermo					
Misura del		21 gennaio 2008		Misura del		21 gennaio 2008	
Inizio misura	12.12	Fine misura	12.29	Inizio misura	11.18	Fine misura	11.54
							
							
<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetrometro in funzione</b>		<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetrometro fermo</b>	
Velocità		7 m/sec		Velocità		0 m/sec	
n. navette in linea		18		n. navette in linea		--	
<b>Leq(A)</b>		<b>59,0 dBA</b>		<b>Leq(A)</b>		<b>56,0 dBA</b>	
Presenza componente tonale		No		Presenza componente tonale		No	
Note							
Rumorosità dovuta al solo scorrimento della fune sulle rulliere		56,5 dBA					
Rumorosità dovuta all'arrivo, da monte, della singola navetta in stazione		61,0 dBA					
Rumorosità dovuta alla partenza, verso monte, della singola navetta dalla stazione		61,5 dBA					
Livelli di picco generati dall'arrivo e partenza delle navette in stazione		Variabili tra 65 e 68 dBA					

Le considerazioni per il punto di misura R7 sono analoghe a quelle del punto di misura R5, ed R6; il funzionamento del Minimetrò determina un incremento di rumore, rispetto alla situazione in cui è fermo, pari a 3 dBA. Infatti la rumorosità complessivamente generata dal funzionamento del Minimetrò, nel punto di misura R7, è pari a 59 dBA, a fronte di una rumorosità residua, ovvero con il Minimetrò non in funzione, pari a 56 dBA.

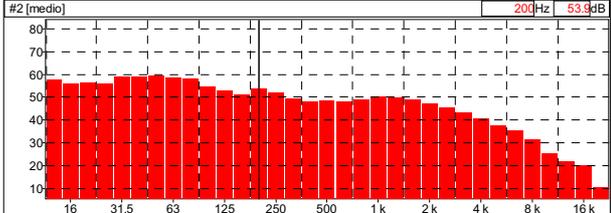
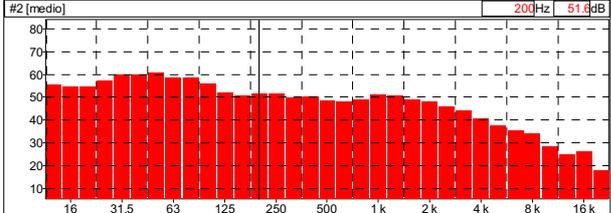
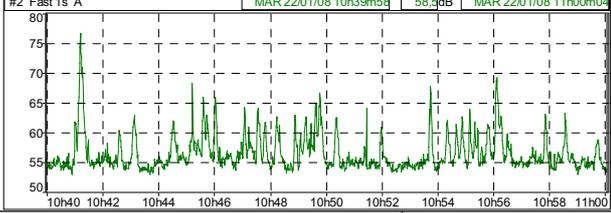
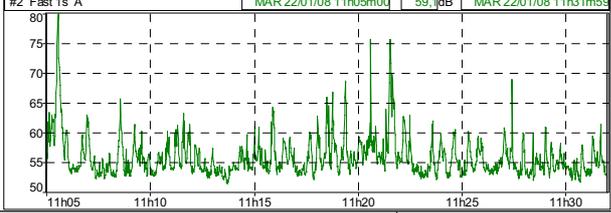
Come per i punti R3, R4, R5 ed R6 la sorgente principale di rumore non è rappresentata dallo scorrimento della fune di traino sulle rulliere, che determina una rumorosità di 56,5 dBA, ma dall'ingresso ed uscita delle navette in stazione. La rumorosità associata a questi transiti è di circa 61 dBA.

### 3.8 Punto di misura R8 – Edificio di Via Cortonese 3 (Zona Stazione Case Bruciate)

Punto di misura n.		8	Via	Cortonese 3	Zona	Stazione Case Bruciate	
Zona (ex D.P.C.M. 1/3/1991): <b>ZONA B</b>			Limite diurno: <b>60 dBA</b>				
Fotografia Aerea del punto di misura			Fotografia del punto di misura				
							
Misura con Minimetron in funzione			Misura con Minimetron fermo				
Misura del		22 gennaio 2008		Misura del		22 gennaio 2008	
Inizio misura	10.40	Fine misura	11.00	Inizio misura	11.05	Fine misura	11.32
							
							
<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetron in funzione</b>		<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetron fermo</b>	
Velocità		7 m/sec		Velocità		0 m/sec	
n. navette in linea		18		n. navette in linea		--	
<b>Leq(A)</b>		<b>63 dBA</b>		<b>Leq(A)</b>		<b>62 dBA</b>	
Presenza componente tonale		No		Presenza componente tonale		No	
Note							

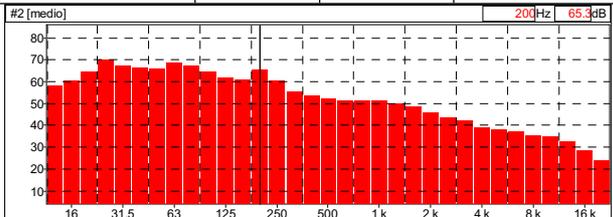
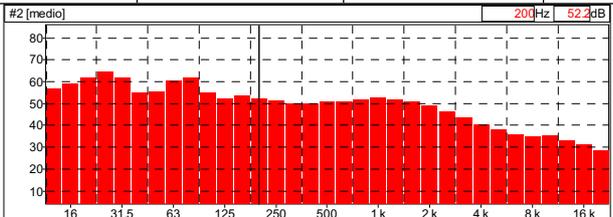
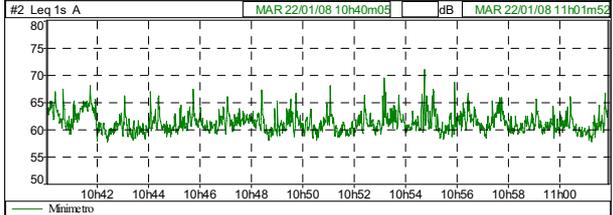
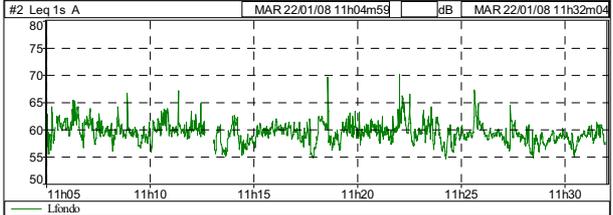
In questo punto di misura (R8), così come in R1 ed R2, si osserva che il livello di rumore misurato con il Minimetron in funzione è dello stesso ordine di quello misurato con il Minimetron spento. E' stato infatti osservato che la sorgente principale di rumore, relativamente al punto di misura R8, è rappresentata dal traffico veicolare che scorre in discesa su Via Cortonese. Si può quindi affermare che, nei confronti del livello equivalente di rumore diurno, il funzionamento del Minimetron non comporta un incremento di rumore.

### 3.9 Punto di misura R9 – Edificio di Via Villa Glori (Zona Stazione Case Bruciate)

Punto di misura n.		9	Via	Villa Glori	Zona	Stazione Case Bruciate	
Zona (ex D.P.C.M. 1/3/1991): <b>ZONA B</b>			Limite diurno: <b>60 dBA</b>				
Fotografia Aerea del punto di misura			Fotografia dal punto di misura				
							
Misura con Minimetro in funzione			Misura con Minimetro fermo				
Misura del		22 gennaio 2008		Misura del		22 gennaio 2008	
Inizio misura	10.40	Fine misura	11.00	Inizio misura	11.05	Fine misura	11.32
							
							
<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetro in funzione</b>		<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetro fermo</b>	
Velocità		7 m/sec		Velocità		0 m/sec	
n. navette in linea		18		n. navette in linea		--	
<b>Leq(A)</b>		<b>58,5 dBA</b>		<b>Leq(A)</b>		<b>59 dBA</b>	
Presenza componente tonale		No		Presenza componente tonale		No	
Note							

In questo punto di misura (R9), così come in R1, R2 ed R8 si osserva che il livello di rumore misurato con il Minimetro in funzione è dello stesso ordine di quello misurato con il Minimetro spento. E' stato infatti osservato che la sorgente principale di rumore, relativamente al punto di misura R9, è rappresentata dal traffico veicolare che scorre sulla antistante Via Villa Glori, in uscita dal quartiere di Case Bruciate. Si può quindi affermare che, nei confronti del livello equivalente di rumore diurno, il funzionamento del Minimetro non comporta un incremento di rumore.

### 3.10 Punto di misura R10 – Scuola “Il Girotondo” (Zona Stazione Case Bruciate)

Punto di misura n.		10	Via	Villa Glori	Zona	Stazione Case Bruciate	
Zona (ex D.P.C.M. 1/3/1991): <b>ZONA B</b>				Limite diurno: <b>60 dBA</b>			
Fotografia Aerea del punto di misura				Fotografia dal punto di misura			
							
Misura con Minimetro in funzione				Misura con Minimetro fermo			
Misura del		22 gennaio 2008		Misura del		22 gennaio 2008	
Inizio misura	10.40	Fine misura	11.00	Inizio misura	11.05	Fine misura	11.32
							
							
<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetro in funzione</b>		<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetro fermo</b>	
Velocità		7 m/sec		Velocità		0 m/sec	
n. navette in linea		18		n. navette in linea		- -	
<b>Leq(A)</b>		<b>61,5 dBA</b>		<b>Leq(A)</b>		<b>60 dBA</b>	
Presenza componente tonale		Si		Presenza componente tonale		No	
Note							
Rumorosità dovuta al solo scorrimento della fune sulle rulliere		59,0 dBA					

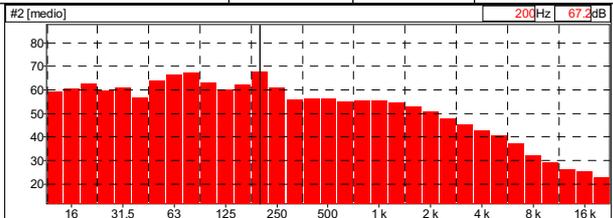
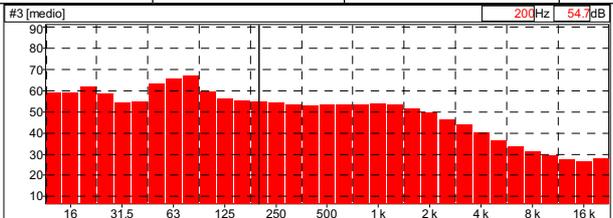
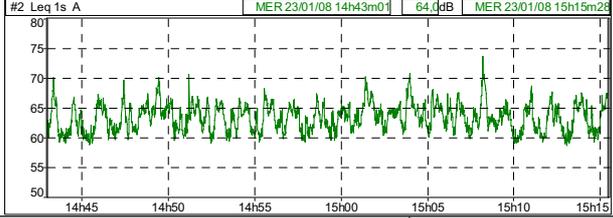
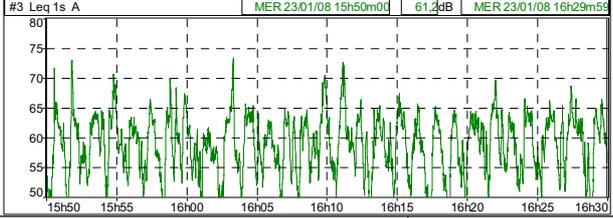
In questo punto di misura (R10) si osserva un incremento di rumore nella condizione con Minimetrò in funzione rispetto alla situazione in cui il Minimetrò è fermo.

Durante il monitoraggio di giugno 2007 è stato misurato, nel periodo diurno con il Minimetrò non in funzione, un valore del livello equivalente pari a 57 dBA; considerato che il valore misurato il giorno 22 gennaio 2008 è pari a 61,5 dBA si riscontra un incremento di 4,5 dBA.

La rumorosità generata dallo scorrimento della fune di traino sulle rulliere è pari a 59 dBA; ciò dimostra la presenza di un'altra sorgente che concorre alla determinazione del livello di rumore complessivamente misurato, pari a 61,5 dBA. Tale sorgente è stata individuata, come accade per i punti R5, R6 ed R7, nelle fasi di ingresso ed uscita delle navette in stazione.

Ulteriori interventi di mitigazione acustica sulla stazione, tali da ridurre la rumorosità delle navette in arrivo e in partenza, porterebbero alla diminuzione della rumorosità complessivamente prodotta ed alla conseguente riduzione dell'incremento di rumore dovuta al funzionamento del Minimetrò.

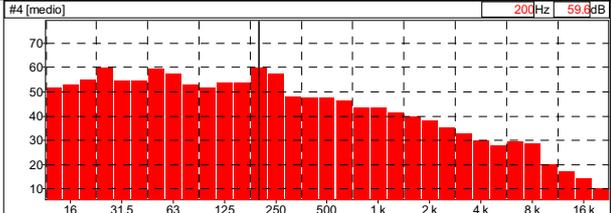
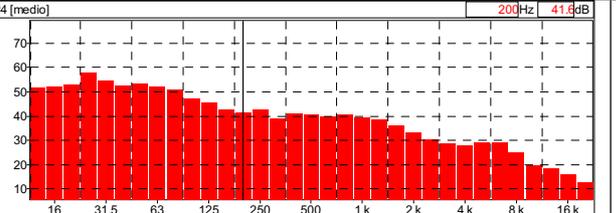
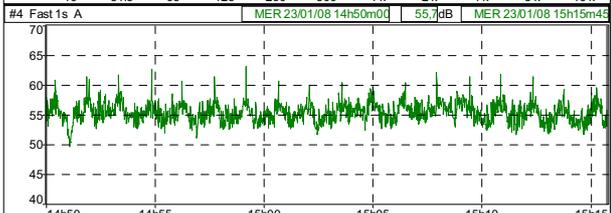
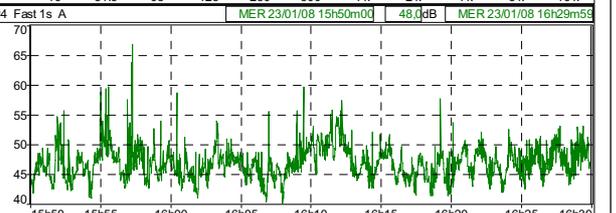
### 3.11 Punto di misura R11 – Edificio sede ONAOISI- (Zona Stazione Case Bruciate)

Punto di misura n. (Edificio Onaoisi)		11	Via	Piaggia Colombata	Zona	Stazione Case Bruciate	
Zona (ex D.P.C.M. 1/3/1991): <b>ZONA B</b>			Limite diurno: <b>60 dBA</b>				
Fotografia Aerea del punto di misura			Fotografia dal punto di misura				
							
Misura con Minimetrometro in funzione			Misura con Minimetrometro fermo				
Misura del		23 gennaio 2008		Misura del		23 gennaio 2008	
Inizio misura	14.43	Fine misura	15.15	Inizio misura	15.50	Fine misura	16.30
							
							
<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetrometro in funzione</b>		<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetrometro fermo</b>	
Velocità		7 m/sec		Velocità		0 m/sec	
n. navette in linea		18		n. navette in linea		--	
<b>Leq(A)</b>		<b>64 dBA</b>		<b>Leq(A)</b>		<b>61 dBA</b>	
Presenza componente tonale		Si		Presenza componente tonale		No	
Note							
Rumorosità dovuta al solo scorrimento della fune sulle rulliere		60,5 dBA					

Nel punto R11 è emerso che la rumorosità è principalmente prodotta dallo scorrimento della fune di traino sulle rulliere e non da altre sorgenti (come nei punti R3, R4, R5, R6, R7 ed R10). Il livello di rumore generato da questa sorgente è pari a 60,5 dBA, ed è paragonabile al livello di rumore residuo (Minimetrometro fermo), pari a 61 dBA.

La rumorosità complessiva misurata con il Minimetrometro in funzione, determinata dalla somma del livello di rumore residuo (Minimetrometro fermo) e del rumore dovuto allo scorrimento della fune sulle rulliere, è risultata pari a 64 dBA. Da ciò si evince che il funzionamento del Minimetrometro produce un incremento di 3 dBA rispetto al livello del rumore residuo.

### 3.12 Punto di misura R12 – Edificio di Via Checchi (Zona Stazione Cupa)

Punto di misura n. (Edificio Onaosi)		12	Via	Checchi	Zona	Stazione Cupa	
Zona (ex D.P.C.M. 1/3/1991): <b>ZONA B</b>			Limite diurno: <b>60 dBA</b>				
Fotografia Aerea del punto di misura			Fotografia dal punto di misura				
							
Misura con Minimetrono in funzione			Misura con Minimetrono fermo				
Misura del			Misura del				
Inizio misura	14.50	Fine misura	15.15	Inizio misura	15.50	Fine misura	16.30
							
							
<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetrono in funzione</b>		<b>Condizioni di esercizio</b>		<b>Minimetrono fermo</b>	
Velocità		7 m/sec		Velocità		0 m/sec	
n. navette in linea		18		n. navette in linea		--	
<b>Leq(A)</b>		<b>55,5 dBA</b>		<b>Leq(A)</b>		<b>48 dBA</b>	
Presenza componente tonale		No		Presenza componente tonale		No	
Note							

In questo punto di misura (R12), così come per il punto R11, la rumorosità con il Minimetrono in funzione è principalmente prodotta dallo scorrimento della fune di traino sulle rulliere. In questa situazione il livello di rumore misurato è risultato pari a 55,5 dBA.

#### 4. Riepilogo dei risultati delle misure

Nella tabella 3 si riporta per ciascun punto di misura:

il livello equivalente di rumore complessivamente prodotto dal funzionamento del Minimetron;

il livello di rumore residuo (con Minimetron fermo);

il valore dell'incremento dovuto al funzionamento del Minimetron;

l'indicazione circa la presenza della componente tonale di 200 Hertz;

l'indicazione circa il superamento del limite di 60 dBA.

In rosso sono evidenziati i punti di misura presso i quali è stato registrato un livello superiore al limite diurno, pari a 60 dBA, come fissato dal DPCM 1/3/1991.

**Tabella 3: Riepilogo dei principali risultati delle misure condotte nei dodici punti di misura lungo il tracciato del Minimetron**

Punto di misura	Livello equivalente di rumore con Minimetron in funzione	Livello rumore residuo (Minimetron fermo)	Incremento dovuto al funzionamento del Minimetron	Presenza componente tonale 200 Hz	Superamento del limite diurno [ 60 dBA]
R1	58 dBA	58,5 dBA <sup>1</sup>	0 dBA	No	No
R2	58 dBA	58 dBA	0 dBA	No	No
R3	58	51,5	+ 6,5 dBA	Si	No
R4	59,5 dBA	56 dBA	+ 3,5 dBA	SI	No
<b>R5</b>	<b>60,5 dBA</b>	<b>54 dBA</b>	<b>+ 6,5 dBA</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>
<b>R6</b>	<b>62 dBA</b>	<b>54 dBA</b>	<b>+ 8 dBA</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>
R7	59 dBA	56,0 dBA	+ 3 dBA	No	No
R8	63 dBA	62 dBA	0 dBA	No	Si <sup>2</sup>
R9	58,5 dBA	59 dBA	0 dBA	No	No
<b>R10</b>	<b>61,5 dBA</b>	<b>57 dBA (*)</b>	<b>+ 4,5 dBA</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>
<b>R11</b>	<b>64 dBA</b>	<b>61 dBA</b>	<b>+ 3 dBA</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>
R12	55,5 dBA	48 dBA	+ 7,5 dBA	No	No

<sup>1</sup> Livello di rumore residuo misurato durante il monitoraggio ante operam (punto zero) dal 15 al 22 gennaio 2007.

<sup>2</sup> Il livello di rumore misurato nel punto di misura R8, sia con Minimetron in funzione sia con Minimetron fermo, è determinato dalle emissioni di rumore da traffico veicolare su Via Cortonese; il conseguente superamento del limite di 60 dBA non è imputabile alle emissioni di rumore del Minimetron.

## **5. Conclusioni**

Il monitoraggio di rumore eseguito presso dodici punti di misura, dal 21 al 23 gennaio 2008, ha evidenziato livelli di rumore differenti a seconda del punto di misura considerato.

Con riferimento alle ortofoto delle figure 3 e 4, sono state infatti riscontrate situazioni in cui le emissioni del Minimetrò non provocano incrementi del livello equivalente di rumore diurno (punti di misura R1, R2, R8 ed R9) o che comunque sono ben inferiori al limite di 60 dBA (punto di misura R12); questi punti sono stati contrassegnati con il simbolo verde. Per contro sono emerse situazioni in cui il livello di rumore associato al funzionamento del Minimetrò è superiore al limite di 60 dBA (punti di misura R5, R6, R10 ed R11, contrassegnati dal simbolo rosso) o appena inferiore (punti di misura R3, R4 ed R7, contrassegnati dal simbolo giallo).



Figura 3: evidenziazione delle criticità circa i livelli di rumore misurati nei punti di misura R1 – R7. In verde sono contrassegnati i punti in cui è rispettato il limite di 60 dBA; in giallo i punti in cui il livello di rumore è appena inferiore al limite di 60 dBA; in rosso i punti in cui è superato il limite di 60 dBA.



Figura 4: evidenziazione delle criticità circa i livelli di rumore misurati nei punti di misura R8 – R12. In verde sono contrassegnati i punti in cui è rispettato il limite di 60 dBA; in giallo i punti in cui il livello di rumore è appena inferiore al limite di 60 dBA; in rosso i punti in cui è superato il limite di 60 dBA.

Alla luce dei risultati presentati in questa relazione si evince che gli interventi di mitigazione acustica hanno comportato una riduzione significativa e diffusa della rumorosità causata dallo scorrimento della fune di traino sui rulli di ritenuta. Tuttavia, specialmente nei punti di misura adiacenti le stazioni di Madonna Alta e Case Bruciate, la riduzione della rumorosità dovuta all'attrito della fune sulle rulliere ha fatto emergere altre sorgenti di rumore che in precedenza erano mascherate e non ben distinguibili. Per questo è necessario apportare nuovi interventi di mitigazione acustica sui tratti di linea nei pressi di queste stazioni.

**In attesa della realizzazione di questi interventi ed in via temporanea, è stato individuato nella riduzione della velocità di esercizio, per un numero adeguato di ore, un modo per ridurre il rumore diurno ad un livello inferiore a 60 dBA.**

A tale scopo, il giorno 24 gennaio 2008, è stata effettuata una misura presso il punto di misura R6 (edificio di Via Morgagni 1) in corrispondenza di diverse velocità di scorrimento della fune di traino.

In queste condizioni è stato misurato che, nel punto di misura R6, il contributo di rumore dovuto al funzionamento del Minimetro alla velocità di 7 m/sec è pari a 60,6 dBA, mentre alla velocità di 4,5 m/sec è pari a 51,3 dBA.

In data 25 gennaio 2008 Minimetro SpA ha comunicato ad Arpa Umbria di ridurre la velocità di esercizio, da 7 m/sec a 4,5 m/sec, per un numero totale di cinque ore, dalle ore 10 alle ore 12 e dalle ore 14,30 alle ore 17.30.

Arpa Umbria, sulla base dei risultati delle misure del 24 gennaio 2008 presso il punto di misura R6 (edificio di Via Morgagni 1), ha stimato in via previsionale il livello equivalente diurno presso il punto di misura R6 considerando l'orario a velocità ridotta comunicato da Minimetro SpA in data 25 gennaio 2008. Da questa stima previsionale è emerso che il numero di ore a velocità ridotta, necessario a mantenere il livello equivalente diurno inferiore a 60 dBA, è pari a cinque ore e trenta minuti.

Infatti considerato il profilo orario del livello di rumore residuo, già misurato presso l'edificio di Via Morgagni 1 nel periodo 01/02/2007 – 08/02/2007, e tenuto conto dell'orario di funzionamento del Minimetro alle due differenti velocità, si può stimare in via previsionale il profilo orario del livello di rumore presso il punto di misura R6 (edificio di Via Morgagni 1).

Nell'ipotesi che venga seguito il seguente orario (in cui la velocità a 4,5 m/sec è mantenuta per cinque ore e trenta minuti):

6.40 – 9.30	7 m/sec;
9.30 – 12.00	4,5 m/sec;
12.00 – 14.30	7 m/sec;
14.30 – 17.30	4,5 m/sec;
17.30 – 21.00	7 m/sec;

è stato calcolato il profilo orario del livello di rumore complessivamente determinato presso il punto di misura R6 (edificio di Via Morgagni 1).

Il risultato di questo calcolo previsionale è rappresentato nel grafico di figura 5.

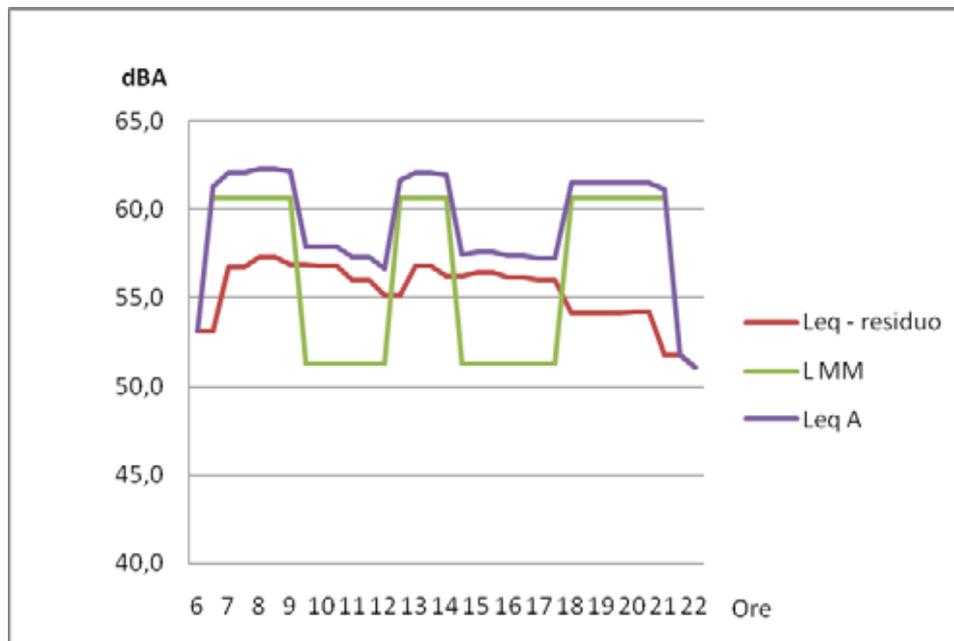


Figura 5: Punto di misura R6 (edificio di Via Morgagni 1) - Stima previsionale del livello equivalente di rumore (LeqA [linea viola]) determinato dalla somma del profilo orario del livello di rumore residuo [linea rossa] e del profilo orario del rumore emesso dal Minimetrò in funzione delle due velocità di 7 m/sec e 4,5 m/sec [linea verde].

Il livello equivalente diurno, valutato dalle ore 6 alle ore 22 nel punto di misura R6, stimato in queste condizioni di funzionamento del Minimetrò (velocità di esercizio ridotta a 4,5 m/sec per cinque ore e trenta minuti) risulta essere pari a 60 dBA.

Considerato che il funzionamento del Minimetrò contribuisce maggiormente al livello di rumore complessivamente misurato proprio nel punto di misura R6 (edificio Via Morgagni 1), si ritiene che la valutazione di cui sopra sia stata svolta nel caso peggiore e che sia quindi cautelativa.

Pertanto si stima che nei restanti punti (R5, R10, R11), in cui è stato registrato il superamento del valore di 60 dBA, nelle condizioni di esercizio a velocità ridotta, si possa raggiungere un valore del livello equivalente diurno inferiore a 60 dBA.

I futuri monitoraggi serviranno a verificare l'attendibilità di questa stima previsionale e l'efficacia degli ulteriori interventi di mitigazione che si richiedono.