



Piano di risanamento acustico della linea ferroviaria F.C.U.

Risultati delle campagne di misure fonometriche

Relazione conclusiva

Dicembre 2006



Pag / indice

03 / Premessa

03 / Attività svolta e modalità di Intervento

04 / Descrizione della campagna di misure fonometriche

04/ 1. Determinazione dell'emissione acustica delle varie tipologie di treni

07/ 2. Analisi delle emissioni dei convogli in transito su un ponte in ferro

03/ 3. Monitoraggio in continuo su punti di misura lungo la linea ferroviaria

09 / Documentazione fotografica

Gruppo di Lavoro

Redazione

ing. Stefano Ortica
ing. Cinzia Tosti

Contributi

dott.sa Monica Angelucci
dott.sa Orietta Baglioni

Versione

Rev. 0

Visto

dott. Giancarlo Marchetti
dott. Alberto Micheli
ing. Adriano Rossi

PREMESSA

ARPA Umbria nel corso degli ultimi anni ha acquisito conoscenze e strumentazioni in grado di effettuare studi per approfondire le conoscenze dell'inquinamento acustico prodotto da diverse sorgenti. In tale ambito la Regione Umbria ha incaricato l'Agenzia di realizzare una campagna di misure fonometriche allo scopo di:

1. determinare l'emissione acustica delle varie tipologie di treni;
2. analizzare i punti singolari dell'infrastruttura ferroviaria, nella fattispecie dei ponti in ferro;
3. tarare e verificare il modello di simulazione implementato per la redazione delle mappe acustiche.

Queste informazioni sono parte integrante delle conoscenze necessarie per la redazione del piano degli interventi di contenimento ed abbattimento del rumore generato dalla linea ferroviaria FCU che ARPA Umbria sta contribuendo alla realizzazione.

La caratterizzazione dei depositi dei convogli non è stata svolta in quanto la loro attività è estremamente limitata nel corso dell'anno poiché la composizione dei convogli, associata a ciascuna corsa, rimane sostanzialmente invariata.

La trattazione degli scali merci non è stata condotta poiché è emerso dai sopralluoghi che questi non sono più attivi.

Lo studio delle emissioni dalle officine di riparazione esula da questa relazione poiché la posizione dell'officina a servizio della F.C.U., situata nei pressi della Stazione di Umbertide rispetto alla linea ferroviaria e le caratteristiche delle sorgenti di rumore in essa presenti sono tali che si possa effettuare uno studio di impatto acustico ad hoc.

ATTIVITA' SVOLTA E MODALITA' DI INTERVENTO

La determinazione delle caratteristiche emissive delle varie tipologie di treni è stata eseguita mediante differenti sessioni di misura.

La prima si è svolta nel luglio 2005 in una zona di aperta campagna (in località Papiano nel Comune di Marsciano), caratterizzata dall'assenza di sorgenti di rumore, dove, in un lungo tratto rettilineo della ferrovia, è stata misurata la rumorosità generata da un convoglio, composto da due carrozze, fatto transitare appositamente a diverse velocità (si trattava di un convoglio messo a disposizione da F.C.U. per la specifica misura la cui velocità di percorrenza è stata fissata a 40 km/h, 60 km/h, 90 km/h).

La seconda sessione di misure è stata condotta nel settembre 2005 in due postazioni di misura lungo il tratto di ferrovia compreso tra le località di Ponte Pattoli e Resina, valutando la rumorosità prodotta da convogli composti da una a tre carrozze che transitavano alla velocità di esercizio relativa al tratto esaminato.

La terza sessione di misure si è svolta nell'aprile 2006 lungo il tratto di ferrovia nei pressi della galleria della Pallotta, sulla linea Perugia S. Anna – Ponte San Giovanni. Poiché questo è un tratto con forte pendenza sono state caratterizzate le emissioni dei convogli in funzione del numero di carrozze del convoglio e soprattutto del senso di marcia, ovvero in salita e in discesa.

Nel settembre 2006 sono state eseguite alcune misure presso un ponte in ferro in località Montecastelli nel comune di Umbertide con l'obiettivo di analizzare le caratteristiche emissive dei convogli in corrispondenza di punti singolari quali i ponti

in ferro. Questo tipo di misura è risultato particolarmente utile per simulare, con il modello di analisi previsionale per la propagazione del rumore, i tratti di ferrovia che passano proprio su ponti in ferro, generalmente caratterizzati da livelli di emissione e distribuzione spettrale del rumore emesso differenti rispetto ai tratti di ferrovia su traversine in calcestruzzo e ballast.

Nel periodo compreso tra dicembre 2005 e maggio 2006 sono stati eseguiti 27 monitoraggi in continuo, in altrettanti punti di misura individuati lungo la linea ferroviaria. I punti di misura sono stati scelti o presso ricettori sensibili (asili, scuole, case di cura, case di riposo) o presso abitazioni particolarmente vicine alla linea ferroviaria. Il monitoraggio ha avuto luogo in tutte le tratte della linea ferroviaria F.C.U. ed in particolare:

- linea San Sepolcro – Ponte San Giovanni: esaminati 7 punti di misura;
- linea Ponte San Giovanni – Perugia S. Anna: esaminati 2 punti di misura;
- linea Ponte San Giovanni – Terni: esaminati 13 punti di misura

Ogni misura ha avuto la durata di almeno 24 ore in modo che venisse registrato ogni evento legato al passaggio di ogni convoglio al fine di determinare la rumorosità generata dal passaggio dei soli transiti ferroviari e di confrontarla così con la rumorosità ambientale, ovvero quella già presente nell'intorno del punto di misura a prescindere dalla presenza della linea ferroviaria.

I risultati dei monitoraggi sono stati fondamentali per validare il modello previsionale per la redazione delle mappe acustiche che è stato precedentemente tarato in base ai risultati delle misure eseguite per caratterizzare i vari convogli ferroviari (ad 1, 2, 3 carrozze) a differenti velocità.

DESCRIZIONE DELLA CAMPAGNA DI MISURE FONOMETRICHE

1. Determinazione dell'emissione acustica delle varie tipologie di treni

Lo studio delle proprietà emissive delle varie tipologie di treni, in funzione cioè del numero di carrozze del convoglio, della velocità di percorrenza e del verso di percorrenza, ovvero in salita o in discesa, è fondamentale per svolgere una modellazione accurata della sorgente di rumore "ferrovia".

Infatti è intuitivo comprendere che una linea ferroviaria non genera rumore alla stessa maniera lungo il suo tracciato. E' lecito attendersi che generalmente nei tratti dove la velocità di esercizio è maggiore anche il rumore prodotto lo sia; così come ci si può aspettare che un convoglio composto da più carrozze produca una rumorosità superiore rispetto ad un convoglio composto da una sola carrozza.

Per quantificare queste considerazioni qualitative, sono state realizzate una serie di misure fonometriche.

Nel luglio 2005 la F.C.U. ha messo a disposizione un convoglio composto da due carrozze su un tratto di ferrovia che, per tutta la durata delle misure, è stato libero dal passaggio di corse ordinarie. Grazie alla disponibilità di questo convoglio è stato possibile concentrare in circa un'ora di misure 6 passaggi caratterizzati da differenti velocità di percorrenza.

In particolare sono stati eseguiti:

2 passaggi a 90 km/ora;

2 passaggi a 60 km/ora;

2 passaggi a 40 km/ora.

Le misure di rumore sono state eseguite contemporaneamente con due fonometri posti a distanze diverse dall'asse di mezzzeria del binario: un fonometro è stato posizionato a 7,5 metri e l'altro a 15 metri. Entrambi sono stati messi a 1,5 metri dal piano di campagna.

Il sito di misura è stato scelto in un tratto di ferrovia rettilineo in un'area non contaminata da altre sorgenti di rumore. Infatti si trattava di una zona di campagna, con poche abitazioni molto distanti l'una dall'altra e in assenza di strade statali o provinciali nelle immediate vicinanze.

Nella tabella 1 si riporta il riepilogo delle principali grandezze misurate. In particolare è riportato il valore del SEL (Single Event Level) espresso in dBA in funzione della frequenza di centro banda dello spettro compreso tra 20 Hz e 20 KHz (spettro in bande d'ottava), in funzione della velocità di percorrenza del convoglio (km/h) ed in funzione della distanza (metri) del fonometro dall'asse di mezzzeria dei binari.

Tabella 1: Valori del SEL (dBA) in funzione della velocità di percorrenza, della distanza del fonometro dall'asse di mezzzeria dei binari e della frequenza di centro banda dello spettro sonoro in bande d'ottava [Sessione di misura di luglio 2005 – Loc. Papiano]

VELOCITÀ	DISTANZA	Frequenza - Hertz									
		31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
40	7,5	54,0	59,6	64,9	71,0	81,3	81,5	83,2	82,8	71,6	57,5
40	7,5	50,8	68,2	65,2	71,3	82,0	82,3	82,7	81,9	71,4	58,1
MEDIA		52,4	63,9	65,0	71,2	81,7	81,9	82,9	82,3	71,5	57,8
40	15	51,2	57,2	60,5	67,8	76,7	79,4	80,1	79,5	67,6	51,7
40	15	45,8	64,3	60,8	67,8	77,5	80,4	80,2	78,7	67,1	51,6
MEDIA		48,5	60,7	60,7	67,8	77,1	79,9	80,2	79,1	67,4	51,7
60	7,5	46,7	66,5	68,6	71,2	85,8	87,6	84,6	83,3	73,4	60,6
60	7,5	46,3	59,6	63,3	68,6	85,6	86,9	83,1	80,9	70,0	55,2
MEDIA		46,5	63,1	66,0	69,9	85,7	87,3	83,8	82,1	71,7	57,9
60	15	44,4	63,7	65,9	66,5	81,9	85,9	81,9	79,9	69,2	53,8
60	15	44,3	57,5	60,1	64,9	82,0	85,8	80,7	77,3	65,3	49,0
MEDIA		44,3	60,6	63,0	65,7	82,0	85,8	81,3	78,6	67,3	51,4
90	7,5	45,7	60,9	67,8	68,9	86,6	90,4	87,7	83,1	73,3	58,7
90	7,5	44,8	59,3	67,5	68,2	87,6	91,5	88,2	84,2	74,2	58,3
MEDIA		45,3	60,1	67,7	68,6	87,1	91,0	87,9	83,6	73,7	58,5
90	15	43,6	56,9	65,1	64,8	82,7	88,6	84,9	79,7	69,2	52,4
90	15	42,0	56,7	65,4	66,0	83,8	90,0	85,6	80,2	69,1	51,7
MEDIA		42,8	56,8	65,2	65,4	83,3	89,3	85,2	80,0	69,2	52,1

Nel settembre 2006, nel tratto ferroviario compreso tra Ponte Pattoli e Resina nel comune di Perugia, in due siti distinti nei pressi della linea ferroviaria dove i treni transitano a velocità differenti (40 km/h e 70 km/h), sono state eseguite delle misure fonometriche con l'obiettivo di caratterizzare il passaggio dei convogli in funzione della velocità e del numero di carrozze. Anche in questo caso i punti di misura sono stati scelti in modo tale che non fossero influenzati dalle emissioni di rumore diverse da quelle della ferrovia.

Nella tabella 2 si riporta il riepilogo delle principali grandezze misurate. In particolare è riportato il valore del SEL (Single Event Level) espresso in dBA in funzione della frequenza di centro banda dello spettro compreso tra 20 Hz e 20 KHz (spettro in bande d'ottava), in funzione della velocità di percorrenza del convoglio (km/h), in funzione del numero di carrozze ed in funzione della distanza (metri) del fonometro dall'asse di mezzzeria dei binari.

Tabella 2: Valori del SEL (dBA) in funzione della velocità di percorrenza, del numero di carrozze, della distanza del fonometro dall'asse di mezzzeria dei binari e della frequenza di centro banda dello spettro sonoro in bande d'ottava [Sessione di misura di settembre 2005 – Loc. Ponte Pattoli/Resina]

N. CARROZZE	VELOCITÀ	DISTANZA	Frequenza - Hertz									
			31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
1	40	7,5	46,9	60,8	68,7	74,1	82,7	85,0	83,5	79,6	70,1	59,6
1	40	7,5	45,4	63,4	70,5	74,3	82,8	83,1	81,7	78,9	68,4	56,9
MEDIA			46,2	62,1	69,6	74,2	82,8	84,1	82,6	79,3	69,3	58,3
1	40	50	46,9	53,6	60,7	64,3	66,0	70,1	72,5	69,9	59,1	42,8
1	40	50	45,4	55,4	63,1	64,3	66,7	67,4	69,2	67,4	55,0	37,1
MEDIA			46,2	54,5	61,9	64,3	66,4	68,8	70,9	68,7	57,1	40,0
1	70	7,5	46,6	61,3	67,9	70,3	80,6	82,9	81,9	77,9	68,3	56,7
MEDIA			46,4	57,9	64,9	67,3	73,5	75,8	76,4	73,3	62,7	48,3
2	70	7,5	49,2	59,2	66,8	74,8	82,9	84,0	82,9	80,0	69,0	55,3
2	70	7,5	54,5	66,9	72,6	76,5	84,9	85,2	84,2	81,4	72,4	61,4
MEDIA			51,9	63,1	69,7	75,7	83,9	84,6	83,6	80,7	70,7	58,4
3	70	7,5	51,0	65,0	75,0	76,9	87,1	89,0	88,1	84,7	74,5	62,4
3	70	7,5	49,3	62,5	71,6	77,1	86,2	87,5	86,5	83,2	72,3	58,8
MEDIA			50,2	63,8	73,3	77,0	86,7	88,3	87,3	84,0	73,4	60,6
1	70	50	40,7	57,4	63,4	61,4	62,0	74,5	74,4	67,9	54,9	36,6
MEDIA			45,4	60,6	68,4	69,2	74,3	81,4	80,9	75,9	64,2	48,6
2	70	50	42,7	53,0	61,2	65,4	64,1	74,9	75,0	70,1	56,2	36,0
2	70	50	47,8	58,3	71,3	66,8	72,4	76,7	75,8	70,3	57,0	38,4
MEDIA			45,3	55,7	66,3	66,1	68,3	75,8	75,4	70,2	56,6	37,2
3	70	50	45,3	59,7	71,8	68,3	71,5	80,2	80,3	73,4	59,9	40,3
3	70	50	42,4	56,2	66,9	66,9	68,3	80,1	79,4	73,5	60,2	39,6
MEDIA			43,9	58,0	69,4	67,6	69,9	80,2	79,9	73,5	60,1	40,0

A partire dai valori del SEL delle tabelle 1 e 2 sono stati calcolati i valori del livello di potenza acustica per metro lineare (L_w/m) che costituiscono i dati di ingresso al modello di simulazione qualora si vogliano considerare transiti di treni a due carrozze che si muovono alle velocità di 40, 60, 70 o 90 km/h.

Le sessioni di misura per la caratterizzazione delle proprietà emmissive dei convogli ferroviari si sono concluse con quella tenutasi in località Pallotta, nel comune di Perugia, nel tratto Perugia S. Anna – Perugia Ponte San Giovanni. Questa sessione è stata determinante per analizzare le emissioni dei convogli in funzione del senso di marcia, ovvero in salita (direzione Perugia S. Anna) od in discesa (direzione Perugia Ponte San Giovanni). I due sensi di marcia determinano una sostanziale differenza delle emissioni dei convogli essendo questo tratto caratterizzato da una pendenza del 6 ‰.

In tabella 3 si riporta il riepilogo delle principali grandezze misurate. In particolare è riportato il valore del SEL (Single Event Level) espresso in dBA in funzione della frequenza di centro banda dello spettro compreso tra 20 Hz e 20 KHz (spettro in bande d'ottava), in funzione del numero di carrozze ed in funzione del senso di percorrenza (salita o discesa).

In questa tabella i valori non sono più riferiti alla specifica velocità di percorrenza ed alla distanza del microfono dalla ferrovia in quanto i valori sono stati normalizzati alla velocità di 100 km/h ed alla distanza di 7,5 metri.

Tabella 3: Valori del SEL (dBA) e del livello di potenza sonora per metro lineare (L_w/m) in funzione del numero di carrozze, del verso di percorrenza e della frequenza di centro banda dello spettro sonoro in bande d'ottava [Sessione di misura di aprile 2006 – Loc. Pallotta]; i valori sono normalizzati alla velocità di 100 km/h ed alla distanza di 7,5 metri

		dB A	16 Hz	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	16000 Hz
1 CARROZZA salita	SEL	93,0	33,5	53,8	73,5	85,1	85,0	87,5	86,1	85,8	80,9	71,3	55,6
	Lw/m	60,2	0,6	21,0	40,7	52,2	52,2	54,6	53,3	52,9	48,0	38,5	22,8
1 CARROZZA discesa	SEL	92,05	29,37	57,92	65,05	79,22	84,90	86,10	85,45	87,00	82,05	71,25	54,52
	Lw/m	59,2	-3,5	25,1	32,2	46,4	52,1	53,3	52,6	54,2	49,2	38,4	21,7
2 CARROZZE salita	SEL	101,1	37,0	61,3	83,6	94,2	93,7	97,3	92,8	91,6	87,5	78,7	62,3
	Lw/m	68,3	4,2	28,4	50,8	61,4	60,9	64,5	60,0	58,8	54,7	45,9	29,5
2 CARROZZE discesa	SEL	93,9	32,4	63,1	68,1	81,9	87,6	88,2	86,6	88,3	83,8	73,8	57,6
	Lw/m	61,0	-0,5	30,2	35,3	49,1	54,7	55,4	53,8	55,4	51,0	41,0	24,8
3 CARROZZE salita	SEL	101,5	37,3	58,9	81,9	97,9	94,5	96,3	93,6	94,0	89,0	78,9	58,3
	Lw/m	68,7	4,4	26,1	49,1	65,0	61,6	63,4	60,8	61,1	56,2	46,1	25,5
3 CARROZZE discesa	SEL	92,3	29,8	54,9	67,0	77,4	83,6	86,2	86,6	87,0	81,4	71,3	57,6
	Lw/m	59,4	-3,0	22,1	34,1	44,5	50,7	53,3	53,8	54,1	48,5	38,5	24,8

2. Analisi delle emissioni dei convogli in transito su un ponte in ferro

Il passaggio dei convogli ferroviari su ponti, specialmente su ponti in ferro, comporta emissioni di rumore completamente differenti da quelle relative al transito dei treni su una linea ferroviaria su rilevato in ballast con traversine in calcestruzzo.

Con lo scopo di analizzare e valutare la generazione di rumore su un ponte in ferro, nel settembre 2006 è stata condotta una misura fonometrica durante il transito di un convoglio a due carrozze su un ponte di tale tipo.

Il risultato di questa misura è riportato in tabella 4. I dati si riferiscono al passaggio di un convoglio di due carrozze ad una velocità di 60 km/h.

Tabella 4: Valori del SEL (dBA) in funzione della frequenza di centro banda dello spettro sonoro in bande d'ottava [Sessione di misura di settembre 2006 – Loc. Montecastelli]; i valori sono relativi alla velocità di 60 km/h ed alla distanza di 7,5 metri

	Frequenza - Hertz										
	16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Transito su un ponte in ferro	25,6	49,5	63,5	71,9	85,9	96,4	97,7	92,6	86,3	75,7	60,5

Tutte le misure descritte in questo paragrafo e nel precedente sono state utilizzate per la caratterizzazione delle sorgenti sonore e quindi generare i dati di input che occorrono al modello di simulazione per la modellazione acustica indispensabile per redigere le mappe acustiche.

3. Monitoraggio in continuo su punti di misura lungo la linea ferroviaria

Le misure descritte in questo paragrafo hanno lo scopo di valutare lo stato di inquinamento acustico in punti opportunamente scelti lungo il tracciato della linea ferroviaria F.C.U.

Infatti i risultati ottenuti per ciascun punto di misura sono stati confrontati con i limiti previsti dal DPR n.459 del 18 novembre 1998 all'interno delle fasce di pertinenza acustica della ferrovia.

I risultati hanno consentito inoltre di validare il modello di previsione, utilizzato per la redazione delle mappe acustiche, mediante il confronto del valore del livello di rumore calcolato con quello misurato, relativamente a ciascun punto di misura.

Complessivamente i punti misurati sono stati 27 individuati nei pressi di recettori sensibili (scuole, asili, case di cura) e di abitazioni distanti pochi metri dalla linea ferroviaria e comunque all'interno delle fasce di pertinenza acustica.

Nel CD-Rom in allegato sono riportati i rapporti di misura di ciascun punto.

Ognuno contiene:

1. data di inizio e fine del monitoraggio acustico;
2. indicazioni sulla località (Via, Località, Comune);
3. georeferenziazione del punto mediante le coordinate Gauss-Boaga;
4. la distanza del punto di misura dall'asse dei binari;
5. l'altezza del microfono sul piano di campagna;
6. indicazioni circa l'appartenenza del punto di misura alle fasce di pertinenza acustica della ferrovia;
7. descrizione della tipologia del ricettore;
8. la velocità di transito del convoglio sulla linea dinanzi il punto di misura;
9. la rappresentazione cartografica dell'area dove si trova il punto di misura;
10. la documentazione fotografica del punto di misura;
11. i risultati del rilievo.

Nella parte dedicata ai risultati del rilievo si trovano questi dati:

1. il numero del treno;
2. l'istante di inizio e fine del transito del convoglio;
3. la durata dell'evento;
4. il tipo di treno;
5. il numero di carrozze che lo compongono;
6. il livello equivalente ponderato A (LeqA) associato al transito;
7. il livello di pressione sonora massimo associato al transito;
8. il SEL associato al transito;
9. il livello equivalente di rumore dovuto al transito giornaliero dei soli treni $L_{Aeq,Tr}$;
10. il confronto del livello di cui sopra con il rispettivo limite.

Nella tabella 5 sono riportati i dati riassuntivi di tutto il monitoraggio eseguito.

Tabella 5: Riepilogo dei risultati del monitoraggio acustico condotto nei 22 punti di misura

Nome punto di misura	Comune	Ricettore	Fascia di pertinenza	LeqA Diurno dBA	Limite Diurno dBA	LeqA Notturno dBA	Limite Notturno dBA
ACQ_1	Acquasparta	Casa di riposo	A	50,8	50	0	40
ACQ_2	Acquasparta	Casa di riposo	A	51,2	50	0	40
Città di Castello	Città di Castello	Scuola	A	45,9	50	29,7	40
Città di Castello	Città di Castello	Scuola	A	55,7	50	43,8	40
FRT_1	Fratta Todina	Abitazione	A	63,0	70	0	60
MAR_1	Marsciano	Scuola	B	n.d.	50	0	40
PERUGIA_1	Perugia	Scuola	A	49,8	50	0	40
PERUGIA_2	Perugia	Scuola	A	53,0	50	0	40
PERUGIA_3	Perugia	Abitazione	A	59,3	70	0	60
PERUGIA_4	Perugia	Abitazione	A	65,8	70	0	60
PERUGIA_5	Perugia	Scuola	A	48,3	50	0	40
SanSepolcro_1	San Sepolcro	Scuola	A	44,3	50	35,3	40
Todi_1	Todi	Scuola	A	58,0	50	0	40
Umbertide_1	Umbertide	Abitazione	A	64,8	70	0	60
Umbertide_2	Umbertide	Scuola	A	54,3	50	0	40
TER_1	Terni	Scuola	A	45,3	50	0	40
TER_2	Terni	Abitazione	A	52,6	70	0	60
TER_3	Terni	Scuola	A	43,1	50	0	40
TER_4	Terni	Abitazione	A	58,2	70	0	60
TER_5	Terni	Abitazione	A	57,5	70	0	60
TER_6	Terni	Abitazione	A	54,0	70	0	60
TER_7	Terni	Abitazione	A	54,7	70	0	60

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Ponte Pattoli: Sito di misura n.1 a 7,5 metri dalla ferrovia



Ponte Pattoli: Sito di misura n.1 a 50 metri dalla ferrovia



Ponte Pattoli: Sito di misura n.2 a 7,5 metri dalla ferrovia



Ponte Pattoli: Sito di misura n.2 a 7,5 metri dalla ferrovia



Ponte Pattoli: Sito di misura n.2 a 50 metri dalla ferrovia



Pallotta: Sito di misura a 18 metri dalla ferrovia



Montecastelli: Sito di misura a 7,5 metri dal ponte in ferro



Umbertide: Sito di misura a 25 metri dal ponte in ferro