

ARPA Lombardia – Settore Attività Produttive e Controlli

Rapporto tecnico

Verifica di conformità delle caratteristiche dei sistemi di monitoraggio del rumore aeroportuale

Misure in parallelo

Brescia - Montichiari – 1 - Anno 2020

Relazione redatta da:

Emanuele Galbusera

tecnico competente in acustica ambientale – n° ENTECA 1771

Roberta Pollini

tecnico competente in acustica ambientale – n° ENTECA 2071

Verificata da: Responsabile U.O. Agenti Fisici

Daniela de Bartolo

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	4
2. COMPONENTI DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO	4
2.1. <i>Certificati di taratura.....</i>	5
3. MISURE IN PARALLELO	6
4. CONFRONTO TRA LE MISURE DI ARPA E DEGLI STRUMENTI DELLA RETE.....	7
4.1. <i>Confronto dei profili temporali e dei parametri relativi agli eventi</i>	7
4.2. <i>Confronto tra le serie di dati</i>	9
5. CONCLUSIONI	11
APPENDICE	11

1. INTRODUZIONE

Il presente rapporto riguarda la verifica di conformità del sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale di Montichiari riferita all'anno 2020, attraverso misure eseguite da ARPA Lombardia con strumentazione propria installata in parallelo a ciascuna delle centraline di tipo M ("monitoraggio") della rete di monitoraggio. Le verifiche si sono svolte il 29 ottobre 2020 e sono state effettuate seguendo le indicazioni contenute nelle linee guida regionali di cui alla DGR 808/2005.

Oltre al confronto semiquantitativo tra gli indicatori acustici relativi agli eventi aeronautici (Leq, SEL, Lmax), al fine di verificare il funzionamento generale della strumentazione della rete, si è anche proceduto a confrontare le serie di dati complete delle stazioni della rete di rilevamento e quelle ottenute da ARPA, comprendenti quindi anche il rumore ambientale in assenza di rumore aereo, utilizzando semplici metodi e indicatori statistici.

2. COMPONENTI DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

Nel 2020 il sistema di monitoraggio del rumore dell'aeroporto di Brescia - Montichiari era costituito da una stazione di misura di tipo M posizionata in corrispondenza delle traiettorie di decollo e di atterraggio. La Figura 1 mostra la posizione della stazione di misura di "tipo M".

Le caratteristiche principali della stazione di rilevamento e della strumentazione installata sono riportate nell'apposita relazione "Verifica di conformità delle caratteristiche dei sistemi di monitoraggio del rumore aeroportuale". Di seguito si riassumono le informazioni rilevanti all'analisi delle misure in parallelo e i risultati delle relative elaborazioni eseguite da ARPA Lombardia.

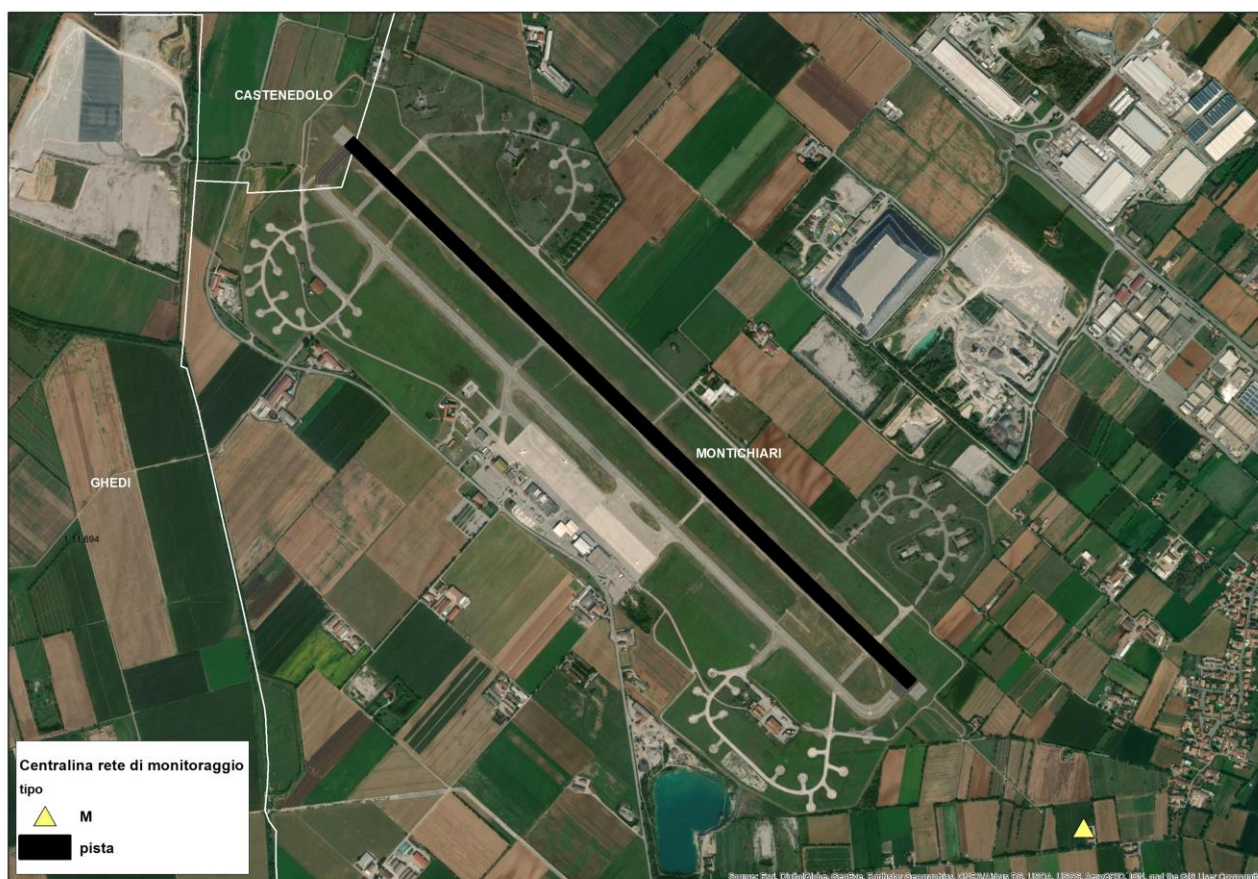


Figura 1: Posizione delle centraline di monitoraggio di "tipo M"

2.1. Certificati di taratura

Nella Tabella 1 sono riportati i dati essenziali dei certificati di taratura della strumentazione installata presso la stazione di tipo M.

Nome centralina	Strumenti	Certificato
Montichiari - Contrada della Nonna	Fonometro Delta Ohm modello HD2010 s/n 08121141682, microfono MG MK223 s/n 35778, preamplificatore Delta Ohm PNW s/n 15005178	Certificato di taratura N.20002519 rilasciato dal Centro di taratura LAT n.124. Data di emissione 01/09/2020

Tabella 1: Certificazioni per le stazioni di tipo M.

Dalla Tabella risulta evidente che la catena di misura per la centralina M della rete di monitoraggio, nel corso del mese di ottobre 2020, disponeva di un certificato di taratura conforme alla vigente normativa.

3. MISURE IN PARALLELO

Nel giorno 29 ottobre 2020 sono state eseguite, da parte di ARPA, misure in parallelo presso la postazione di misura di tipo M della rete di rilevamento del rumore aeroportuale.

La strumentazione utilizzata da ARPA e gli estremi delle relative certificazioni di taratura sono riportati in Tabella 2.

Strumenti	Certificazione
SoundBook (SINUS GmbH) n.06235 Microfono M201 (BSWA) n.460219 Preamplificatore 26 AJ (G.R.A.S.) n. 13904	Certificato di taratura N.45240-A rilasciato dal Centro di taratura LAT n.068. Data di emissione 08/06/2020
Calibratore L&D CAL200 n. 5508	Certificato di taratura N.45239-A rilasciato dal Centro di taratura LAT n.068. Data di emissione 05/06/2020

Tabella 2: Certificazioni per la strumentazione ARPA.

Il microfono di ARPA è stato posizionato alla minima distanza possibile da quello del Gestore in modo tale che le condizioni di misura dei due strumenti fossero pressoché identiche.

Per quanto riguarda l'individuazione degli eventi di origine aeronautica, un evento acustico viene individuato e registrato dalla stazione di misura come potenzialmente collegato ad un sorvolo se il livello di pressione sonora ponderato A supera continuamente una certa soglia per una determinata durata minima. Le impostazioni di soglia (dB(A)) e di durata (secondi) per l'individuazione dell'evento sono opportunamente stabilite per ciascuna postazione della rete di monitoraggio. Per l'individuazione degli eventi a partire dai dati fonometrici rilevati da ARPA sono utilizzate le stesse impostazioni utilizzate dal Gestore per la centralina fissa riportate in Tabella 3.

Stazione di Monitoraggio	Soglia (dB(A))	Durata Minima (s)
Montichiari - Contrada della Nonna	65	7

Tabella 3: impostazioni per la determinazione degli eventi del sistema di monitoraggio

4. CONFRONTO TRA LE MISURE DI ARPA E DEGLI STRUMENTI DELLA RETE

4.1. Confronto dei profili temporali e dei parametri relativi agli eventi

La prima analisi che è stata condotta pone a confronto il profilo temporale (time history) della misura eseguita da ARPA con quello desunto dal sistema di monitoraggio per ciascuna centralina in corrispondenza del periodo indagato. Inoltre, gli eventi riconosciuti dalla strumentazione di ARPA e da quella della rete di monitoraggio sono stati confrontati esaminando i principali parametri che li caratterizzano:

- Ora: inizio dell'evento, in corrispondenza del primo valore che supera la soglia minima prefissata;
- Durata [s]: durata totale dell'evento, cioè per quanti secondi si supera la soglia minima;
- LAeq [dBA]: livello equivalente ponderato A del singolo evento;
- SEL [dBA]: livello sonoro del singolo evento;
- LAFMax [dBA]: livello massimo dell'evento con costante Fast e ponderazione A.

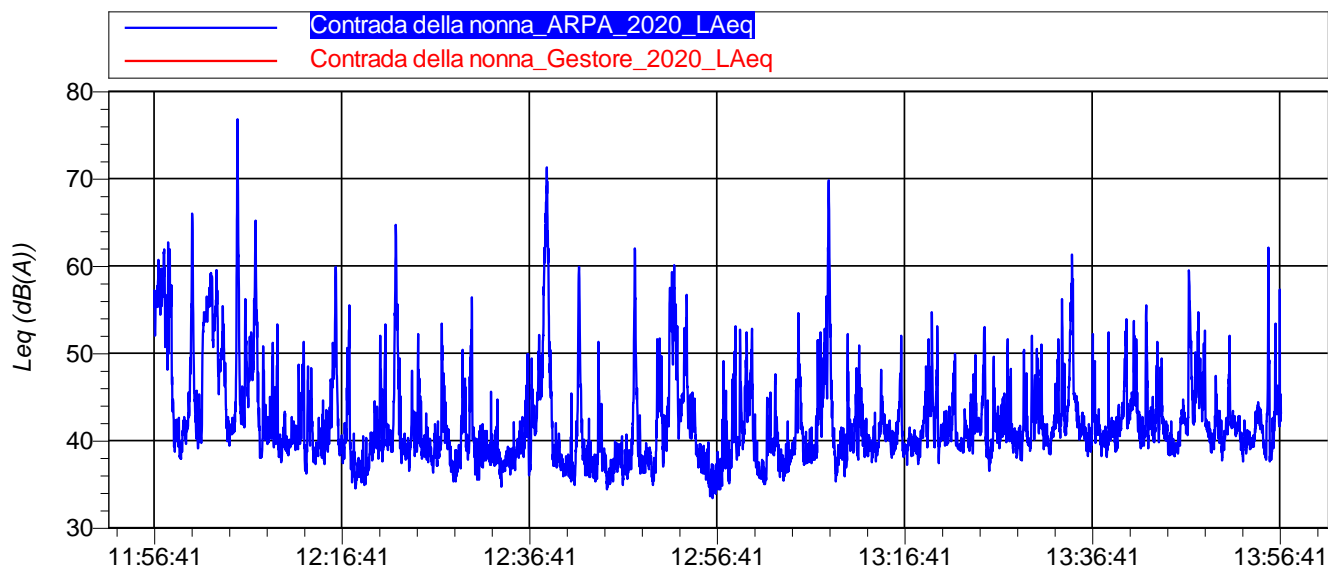
Dal confronto tra i grafici delle Time History di seguito riportati è possibile notare una buona correlazione qualitativa tra quanto è stato misurato dai due microfoni

Dal confronto tra gli eventi individuati dalla misura delle centraline della rete di monitoraggio e da quelle di ARPA si riscontra in generale un'ottima corrispondenza tra i livelli di SEL misurati.

In considerazione del fatto che la norma tecnica UNI/TR 11326 del 2009 associa agli strumenti di classe 1 un valore di incertezza che può arrivare fino a 0,45 dB, incertezza cui sono soggette sia la strumentazione di ARPA che quella del Gestore, una differenza fino a 0,9 dB tra le due misure rientra nell'ambito della normale incertezza strumentale. La differenza osservata tra i valori di SEL misurati da ARPA e quelli ottenuti dal fonometro fisso della centralina della rete risulta sempre all'interno di tale intervallo.

I risultati delle misure in parallelo sono riportati nel grafico seguente.

Montichiari – Contrada della nonna



ORA	Leq (dB)		SEL (dB)		LMax (dB)	
	ARPA	Gestore	ARPA	Gestore	ARPA	Gestore
12:05:31	72,6	73,2	82,2	82,3	76,8	77,0
12:38:28	68,7	68,1	79,1	78,9	71,3	70,0
Medie SEL			80,9	80,9		

4.2. Confronto tra le serie di dati

Di seguito sono riportati i risultati delle più approfondite analisi statistiche condotte per il confronto delle serie di dati. Le analisi sono state applicate ai valori di Livello equivalente (Leq(A)) con tempo di integrazione di un secondo.

Sono stati utilizzati i seguenti metodi statistici:

- 1) Grafici a dispersione, boxplot e principali statistiche univariate sulle serie complete per un'analisi qualitativa generale;
- 2) Coefficienti di correlazione lineare di Pearson^[1];
- 3) Rette di regressione lineare^[2] tra le serie di valori istantanei misurati dalla centralina del gestore e da quella di ARPA, con stima dei relativi parametri^[3] e dell'indice di determinazione R^2 ^[4].

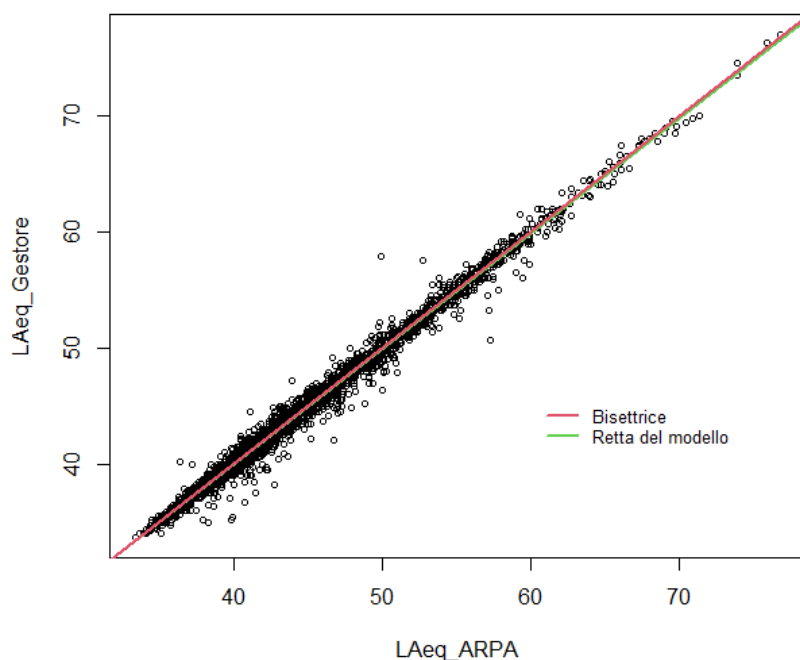
Una breve descrizione dei parametri statistici utilizzati è riportata in **Appendice 1**.

Per la stazione di misura di Montichiari si presentano di seguito i risultati ottenuti dalle analisi statistiche elencate in precedenza: intercetta, coefficiente angolare e indice di determinazione ricavati dagli scatter plot e i parametri principali della distribuzione ottenuti dai boxplot: media, mediana, I e III quartile, minimo, massimo e deviazione standard ed eventuali outlier.

MONTICHIARI – CONTRADA DELLA NONNA

Le misure in parallelo presso la centralina di "Contrada della nonna" hanno avuto la durata di circa 2 ore, pertanto, le analisi statistiche sono state condotte su 7209 coppie di dati di Leq istantaneo.

Lo scatter plot, riportato in Figura 2, evidenzia una buona correlazione lineare tra le due serie contraddistinta da un coefficiente di correlazione lineare pari a 0,996.

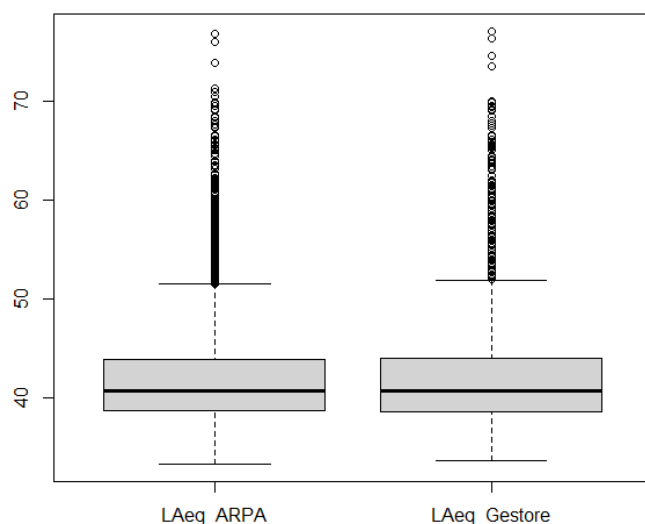


Coefficienti	Stima	p-value
intercetta	0,3	<0,0001
β_1	0,993	<0,0001
R ² =0,991		

Figura 2: scatterplot confronto Leq per Montichiari-Contrada della nonna

Il coefficiente angolare β_1 della retta è pari 0,993 (p-value minore di 0,0001 associato al test $H_0:\beta_1=0$); anche la quota di varianza spiegata dalla retta è prossima all'unità, essendo pari al 99,1% della varianza totale.

Il valore dell'intercetta, che rappresenta l'offset tra le due serie, è pari a 0,3 dB(A), pertanto molto prossimo a zero.



ARPA		RETE	
Min.:	33,4	Min.:	33,7
1st Qu.:	38,8	1st Qu.:	38,7
Median:	40,7	Median:	40,7
Mean:	42,2	Mean:	42,2
3rd Qu.:	43,9	3rd Qu.:	44,0
Max.:	76,8	Max.:	77,0
Dev. Std.:	5,4	Dev. Std.:	5,4

Figura 3: boxplot serie istantanee per Montichiari-Contrada della nonna

I boxplot delle due serie sono molto simili come mostra il confronto tra i principali parametri riportati nella relativa tabella (Figura 3).

5. CONCLUSIONI

Si riscontra un'ottima concordanza nell'andamento generale delle Time History e nel riconoscimento degli eventi tra la misura effettuata da ARPA e la rilevazione della centralina fissa della rete di rilevamento del rumore aeroportuale. Infatti, i parametri ottenuti per le rette di regressione indicano una buona correlazione tra le misure, l'indice di correlazione lineare è pari a 0,99, e il coefficiente angolare della retta risulta prossimo all'unità. Dal calcolo dei SEL medi registrati dalle due strumentazioni si riscontra il medesimo riconoscimento degli eventi con una differenza dei SEL medi pari a zero, sebbene si disponga di un esiguo numero di eventi.

APPENDICE

Definizioni parametri e metodi statistici

[1] Il **coefficiente di correlazione lineare di Pearson** è un indice compreso nell'intervallo $[-1; +1]$ che misura il grado della eventuale relazione di linearità tra due variabili quantitative. Quando il coefficiente vale 1 indica la perfetta correlazione lineare diretta tra le due variabili; il valore -1 è invece caratteristico di una perfetta correlazione lineare inversa. L'ipotesi in cui l'indice assuma valore nullo può descrivere due differenti situazioni. Infatti, ci si può trovare nel caso in cui al variare di una variabile l'altra rimanga perfettamente costante, oppure nel caso in cui la dispersione dei punti sullo scatter plot sia tale da non ricondurre ad una correlazione lineare tra le due variabili. Il primo caso è graficamente riassunto da una retta

parallela all'asse delle ascisse, mentre il secondo caso è identificato da una macchia di punti riportata per il caso 0,0.

[2][3] La **retta di regressione lineare dei minimi quadrati**: il metodo dei minimi quadrati viene utilizzato per determinare una funzione lineare che meglio approssimi la relazione tra i dati che si stanno considerando. I parametri caratteristici della funzione lineare (il coefficiente angolare e l'intercetta) devono essere tali da rendere minime le somme dei quadrati delle distanze tra i dati osservati e quelli che si trovano sulla curva che rappresenta la funzione. A seguito di questo procedimento ne conseguirà che i residui, cioè la differenza tra i valori previsti dalla retta e quelli osservati, avranno media zero.

Successivamente, sui parametri stimati, verrà applicato un test per valutare la significatività del modello. Infatti, assumendo che la distribuzione dei parametri segua un andamento gaussiano, cioè che i valori stimati siano estratti da una variabile casuale normale, si conduce un test T in cui l'ipotesi nulla oggetto della verifica è $H_0: \beta_1 = 0$, cioè pendenza della retta nulla, ovvero il caso in cui il modello non risulta statisticamente significativo. La probabilità che esista l'ipotesi "pendenza uguale a zero" viene chiamata p-value e viene riportata in ogni tabella a fianco al valore del coefficiente. Se il p-value ha valore superiore a 0,05 l'ipotesi nulla, con un grado di confidenza del 95%, può non essere esclusa (ossia può esistere il caso "pendenza uguale a zero"). Lo stesso procedimento, anche se tendenzialmente meno importante, vale per l'intercetta, la cui ipotesi messa a verifica è $H_0: \text{int} = 0$.

[4] L'**indice di determinazione R^2** rappresenta un parametro che, partendo dalla retta di regressione, indica di quanto le variabili analizzate abbiano una dipendenza lineare l'una dall'altra. L' R^2 può assumere valori compresi fra 0 e 1. Se è pari a 1 allora esiste una perfetta relazione lineare fra il fenomeno analizzato e la sua retta di regressione. Se pari a 0 non esiste alcuna relazione lineare fra le due variabili mentre i valori compresi fra 0 e 1 forniscono una indicazione sulla efficacia della retta di regressione di sintetizzare l'oggetto dell'analisi. Questo indice viene calcolato attraverso il rapporto tra la devianza spiegata (ossia la somma dei quadrati delle distanze tra i punti della retta e la loro media) e la devianza totale. La devianza totale viene ottenuta dalla somma della devianza spiegata con la devianza residua (la somma dei quadrati delle distanze tra i punti della retta ed i dati osservati).