

**Area Prevenzione Ambientale Metropolitana
Servizio Territoriale – Distretto Urbano-Montagna**

**Rapporto tecnico sulla verifica di conformità delle
caratteristiche del sistema di monitoraggio del
rumore aeroportuale.**

**Aeroporto G.Marconi di Bologna
Anno 2023**

REDAZIONE ED ELABORAZIONE DATI:

Maurizio Gherardi*

Elisa Paganelli

ESECUZIONE RILIEVI:

Maurizio Gherardi*

Cesare Govoni**

* Tecnico competente in acustica ambientale ai sensi della Legge 447/1995 - enteca n. 5145

** Tecnico competente in acustica ambientale ai sensi della Legge 447/1995 - enteca n. 11847

Premessa	4
1. Quadro normativo nazionale	4
1.1. DM del 31/10/1997	4
1.2. DPR dell'11/12/1997 n.496	6
1.3. DM del 20/05/1999	6
1.4. DM del 3/12/19991	7
1.5. "Linee guida per la progettazione e la gestione delle reti di monitoraggio acustico aeroportuale" n.102/2013 SNPA	7
2. Metodologie, tecnologie di misurazione e monitoraggio del rumore aeroportuale	9
3. Il sistema SARA nel 2023	10
3.1. Le stazioni di monitoraggio	14
3.1.1. P1 Bargellino – Calderara di Reno	14
3.1.2. P4 Lippo di Calderara	15
3.1.3. P5 Via Zanardi	16
3.1.4. P6 Via Agucchi, presso centro sportivo	17
3.1.5. P7 Via della Beverara	18
3.1.6. P8 Via Roncaglio	19
3.1.7. P9 Via dell'Arcoveggio	20
3.2. Compatibilità delle caratteristiche delle stazioni di monitoraggio	21
3.3. Certificazione SIT e calibrazioni	30
4. Procedure antirumore aeroportuali	33
4.1. Procedure antirumore aeroportuali presso l'aeroporto G.Marconi di Bologna	34
5. Analisi dei dati prodotti dalle centraline SARA riferiti all'anno 2023	36
5.1. Identificazione delle tre settimane di maggior traffico per l'anno 2023	36
5.2. Continuità delle rilevazioni	40
5.3. Operazioni aeree con eventi correlati rispetto al totale di movimenti	41
5.4. Valutazione del rapporto di correlazione delle operazioni aeree	43
5.5. Falsi positivi e differenza tra livelli correlati e non correlati	45
6. Dati meteo	47
7. Calcolo LVA - SEL sopra soglia dB(A) e SEL da Lmax-10 dB(A)	50
8. Verifica a mezzo di misure simultanee da parte di Arpae	55
8.1. Confronto fra le misure di Arpae e delle centraline SARA	59
8.1.1. Confronto dei parametri relativi agli eventi	59
8.1.1.2. Monitoraggio simultaneo presso P1 - 31/05/23	59
8.1.1.3. Monitoraggio simultaneo presso P1 - 23/11/23	60
8.1.1.4. Monitoraggio simultaneo presso P4 - 08/05/23	61
8.1.1.5. Monitoraggio simultaneo presso P4 - 07/12/23	62
8.1.1.6. Monitoraggio simultaneo presso P5 - 23/05/23	63

8.1.1.7. Monitoraggio simultaneo presso P6 - 27/04/23	64
8.1.1.8. Monitoraggio simultaneo presso P6 - 10/11/23	64
8.2. Considerazioni	66
9. Confronto tra le serie di dati	67
9.1. P1 Bargellino - 31/05/23	68
9.2. P1 Bargellino - 23/11/23	72
9.3. P4 Lippo - 08/05/23	76
9.4. P4 Lippo - 07/12/23	79
9.5. P5 Zanardi Noce - 23/05/23	82
9.6. P5 Zanardi Noce - 15/11/23	85
9.7. P6 Centro Pizzoli - 27/04/23	89
9.8. P6 Centro Pizzoli - 10/11/23	93
9.9 Considerazioni complessive sul confronto tra le serie di dati	97
10. Sintesi della verifica	98
11. Conclusioni	102

Premessa

La presente relazione riguarda la verifica del sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale dell'aeroporto G.Marconi riferita all'anno 2023, attraverso misure eseguite in parallelo da Arpae con propria strumentazione. Oltre al confronto degli indicatori acustici relativi agli eventi aeronautici (Leq, SEL LMax) al fine di verificare il funzionamento generale della strumentazione si è proceduto a valutare le serie di dati, comprendente anche il rumore registrato in assenza di transiti.

E' stato altresì verificato se il sistema è conforme alle caratteristiche previste dalla normativa con particolare riferimento al d.M. 31/10/1997 e 20/05/1999, e pertanto la capacità dello stesso a fornire i dati utili per la successiva verifica dei limiti di legge.

1. Quadro normativo nazionale

In Italia, la Legge Quadro sull'inquinamento acustico n. 447 del 26 ottobre 1995, definisce l'inquinamento acustico come *“l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo e nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo e alle attività umane”*. Diversi decreti attuativi della Legge Quadro sono specificamente dedicati alla tutela dal rumore aeroportuale.

1.1. DM del 31/10/1997

Il principale riferimento normativo è costituito dal DM del 31/10/1997 “Metodologia di misura del rumore aeroportuale” che, oltre ai criteri e modalità di misura del rumore emesso dagli aeromobili nelle attività aeroportuali, disciplina le procedure per l'adozione di misure di riduzione del rumore aeroportuale, per la classificazione degli aeroporti e del loro intorno, in relazione al livello di inquinamento acustico e per la determinazione delle caratteristiche dei sistemi di monitoraggio.

Per quanto concerne i criteri e le modalità di misura del rumore aeroportuale il DM 31/10/1997 introduce:

- l'indice di valutazione aeroportuale LVA che esprime l'impronta al suolo delle emissioni sonore prodotte dal sorvolo degli aeromobili ed è quindi indipendente dal contesto della zona interessata e dalla rumorosità caratteristica della stessa.

Il decreto citato individua:

- il periodo diurno nell'intervallo compreso fra le 6 e le 23;
- il periodo notturno nell'intervallo di tempo compreso fra le 23 e le 6;

l'indice LVA è calcolato su base settimanale, come più avanti illustrato.

Relativamente alla caratterizzazione acustica del territorio sono istituite delle aree di

rispetto denominate Zona A, Zona B e Zona C:

- Zona A, caratterizzata dai valori di LVA pari o inferiori a 65 dB(A) nella quale non sono previste limitazioni all'uso del territorio;
- Zona B (indice LVA compreso fra 65 dB(A) e 75 dB(A)) in cui possono insediarsi attività agricole ed allevamenti di bestiame, attività industriali e assimilate, attività commerciali, attività di ufficio, terziario e assimilate previa adozione di adeguate misure di isolamento acustico;
- Zona C (indice LVA superiori a 75 dB(A)) possono svolgersi esclusivamente le attività funzionalmente connesse con l'uso ed i servizi delle infrastrutture aeroportuali.

Il citato decreto stabilisce, inoltre, le caratteristiche della strumentazione e delle modalità di misura per la caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale (sistema di monitoraggio assistito e non assistito).

La procedura di calcolo dell'indice di valutazione del rumore aeroportuale LVA viene descritta in Allegato A del DM stesso.

Esso è costruito acquisendo il contenuto energetico dei singoli sorvoli: la normativa prescrive il rilievo in continuo del livello di pressione sonora ponderata con la curva "A" acquisita con costante di tempo *Fast* relativa ai movimenti aerei. Viene richiesto di restituire il valore L_{AFmax} collegato all'evento ovvero *"il livello massimo della pressione sonora in curva di ponderazione "A", con la costante di tempo Fast"*. L'acquisizione di L_{AFmax} è finalizzata al calcolo del SEL (Sound Exposure Level) che deve essere svolto per tutti gli eventi acquisiti e compresi tra il valore di L_{AFmax} e il valore di L_{AF} superiori a $L_{AFmax} - 10dB$.

I livelli sonori riferiti a tali eventi vengono distribuiti sugli interi periodi di riferimento diurno (LVA_d)

$$L_{VA_d} = 10 \log \left[\frac{1}{T_d} \sum_{i=1}^{Nd} 10^{\frac{SEL_i}{10}} \right] dB(A)$$

e notturno (LVA_n)

$$L_{VA_n} = \left[10 \log \left(\frac{1}{T_n} \sum_{k=1}^{Nn} 10^{\frac{SEL_k}{10}} \right) + 10 \right] dB(A)$$

al fine di ottenere un valore giornaliero del livello di valutazione del rumore aeroportuale (LVA_j)

$$L_{VA_j} = 10 \log \left[\frac{17}{24} 10^{\frac{L_{VA_d}}{10}} + \frac{7}{24} 10^{\frac{L_{VA_n}}{10}} \right] dB(A)$$

ed infine costruire l'indice sulla base di 21 LVAj ricavati dalla settimana di maggior traffico aereo, per ciascuno dei tre periodi 1 ottobre - 31 gennaio, 1 febbraio - 31 maggio; 1 giugno - 30 settembre.

1.2. DPR dell'11/12/1997 n.496

Ulteriori disposizioni e attribuzioni di competenze sono riportate nel DPR dell'11/12/1997 n.496, "Regolamento recante norme per la riduzione dell'inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili civili", decreto che prevede:

- limitazioni al traffico aereo notturno (dalle 23 alle 6);
- verifica almeno biennale delle emissioni sonore degli aeromobili in esercizio, a cura dell'Ente Nazionale per l'Aviazione Civile (ENAC).

Tale DPR stabilisce anche che la violazione delle procedure antirumore, rilevata dall'esame dei dati del sistema di monitoraggio di cui al DM 31/10/1997, sia contestata all'esercente dell'aeromobile dal direttore della circoscrizione aeroportuale che provvede alla riscossione delle sanzioni amministrative previste.

L'ente o la società aeroportuale provvede alla gestione e alla manutenzione del sistema di monitoraggio, mentre Arpae esegue ispezioni periodiche per verificarne l'efficienza ed il rispetto al disposto del decreto.

1.3. DM del 20/05/1999

Il DM del 20/05/1999 "Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimità degli aeroporti nonché criteri per la classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico", definisce nel dettaglio le specifiche di un sistema di monitoraggio per il rilievo del rumore di origine aeroportuale, con particolare riferimento alla composizione del sistema stesso, al numero e alle caratteristiche delle stazioni di misura, all'ubicazione di tali stazioni e alle informazioni necessarie al fine di caratterizzare acusticamente ogni singolo evento.

In particolare, per quanto riguarda il sistema di monitoraggio, si devono distinguere tre componenti:

1. le stazioni di rilevamento dei livelli sonori;
2. le stazioni meteo per la determinazione dei parametri di interesse (temperatura, pressione, umidità, velocità del vento);
3. il centro elaborazione dati.

Tale decreto stabilisce, inoltre, la procedura da seguire in fase di classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico.

1.4. DM del 3/12/19991

Infine il DM del 3/12/1999 "Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti" definisce i criteri in base ai quali le commissioni locali previste dal DM 31/10/1997 provvedono alla definizione:

- delle procedure antirumore;
- della classificazione acustica dell'intorno aeroportuale stabilendo i confini delle tre aree di rispetto: Zona A, Zona B, Zona C.

Per quanto riguarda l'Aeroporto di Bologna Guglielmo Marconi, la zonizzazione acustica dell'intorno aeroportuale, approvata dalla commissione locale, è riportata graficamente di seguito.

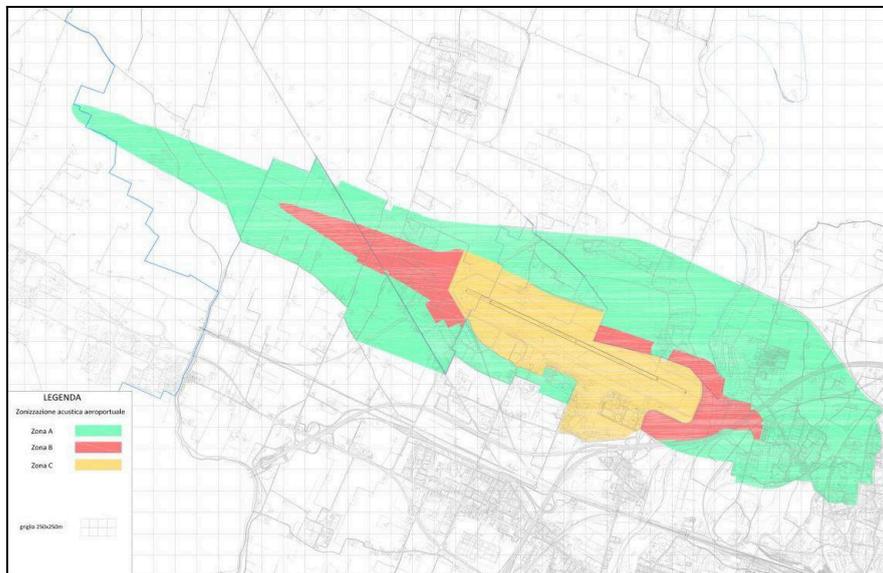


Fig.1. Zonizzazione Aeroporto G.Marconi

1.5. "Linee guida per la progettazione e la gestione delle reti di monitoraggio acustico aeroportuale" n.102/2013 SNPA

Un ulteriore documento di riferimento è costituito dalle "Linee guida per la progettazione e la gestione delle reti di monitoraggio acustico aeroportuale" n.102/2013 (Delibera del Consiglio Federale Seduta del 20 ottobre 2012 - DOC. N.27/12) redatto dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA). Le linee guida forniscono indicazioni su come progettare e gestire sistemi di monitoraggio del rumore negli aeroporti. Forniscono altresì indicazioni sui criteri da utilizzare per il posizionamento delle centraline, sull'eventuale riposizionamento delle stesse in caso di variazioni delle curve di isolivello e/o delle procedure antirumore, delle caratteristiche dei siti che accolgono le stazioni di misura e del numero delle centraline in funzione del numero di piste e di rotte.

Nel documento vengono definite tre categorie di stazioni di rilevamento dei livelli sonori, in funzione degli scopi specifici:

- A. Stazioni di monitoraggio ambientale, sono stazioni dove è incerto il contributo relativo delle diverse sorgenti e per le quali non è necessario attribuire a ogni evento rumoroso la specifica causa.
- M. Stazioni di monitoraggio del rumore aeroportuale, dove è necessario distinguere gli eventi di origine aeronautica da quelli dovuti ad altre sorgenti; deve, quindi, essere determinato in modo preciso e accurato il contributo del rumore di origine aeronautica ai fini della valutazione dell'indice LVA e/o dell'estensione delle zone A, B, C.
- V. Stazioni per la determinazione delle violazioni delle procedure antirumore, dove è necessario rilevare, in modo preciso e accurato, i diversi parametri che caratterizzano il singolo evento rumoroso e attribuirlo correttamente, in maniera univoca, all'aeromobile responsabile.

L'obiettivo è di fornire una serie di indicazioni tecnico/pratiche che, nell'osservanza delle singole disposizioni, sono finalizzate allo svolgimento in maniera efficace ed efficiente delle funzioni di monitoraggio e controllo del rumore generato dagli aerei.

2. Metodologie, tecnologie di misurazione e monitoraggio del rumore aeroportuale

La misurazione e il monitoraggio del rumore aeroportuale avvengono attraverso metodologie standardizzate. L'indicatore principale utilizzato in Italia per la valutazione del rumore aeroportuale è il Livello di Valutazione del Rumore Aeroportuale (LVA), calcolato secondo le modalità già illustrate al paragrafo 1.1. Il calcolo dell'LVA si basa su un periodo di osservazione di ventuno giorni, durante il quale vengono misurati i livelli sonori (SEL - Sound Exposure Level) associati ai singoli movimenti diurni (06:00-23:00) e notturni (23:00-06:00) degli aeromobili.

I sistemi di monitoraggio del rumore aeroportuale utilizzano una rete di fonometri, o centraline di rilevamento, strategicamente posizionati nell'intorno degli aeroporti per misurare in continuo i livelli sonori. I dati acustici raccolti da queste centraline vengono poi incrociati con le tracce radar fornite dagli enti di controllo del traffico aereo (ENAV), al fine di identificare l'aeromobile specifico responsabile di un determinato evento sonoro. In alcuni casi, vengono utilizzate anche stazioni microclimatiche per raccogliere dati meteorologici (temperatura, pressione, umidità, velocità del vento) e correlarli con gli eventi sonori, in quanto le condizioni atmosferiche possono influenzare la propagazione del suono. Sistemi di gestione e analisi dei dati, come SARA (Sistema di Analisi del Rumore Aeroportuale), svolgono un ruolo fondamentale nell'integrare, elaborare e presentare i dati raccolti. Questi software consentono di correlare gli eventi sonori con i dati di volo, di analizzare l'efficacia delle procedure antirumore e di gestire le segnalazioni provenienti dalla comunità.

3. Il sistema SARA nel 2023

Attualmente l'aeroporto G.Marconi di Bologna è dotato di un sola pista con lunghezza di circa 2800 m. a due direzioni:

- la direzione 12 con orientamento Ovest-Nord-Ovest Est-Sud-Est;
- la direzione 30 Est-Sud-Est Ovest-Nord-Ovest;



Fig. 2. Aeroporto G.Marconi: decolli e atterraggi pista 12 e pista 30 - immagine dal sito web

I decolli in pista 12 avvengono sull'abitato di Bologna mentre i decolli in pista 30 avvengono verso Modena.

Per le operazioni di atterraggio è presente un sistema di atterraggio strumentale ILS (Instrument Landing System - sistema di atterraggio strumentale) in pista 12, cioè per gli atterraggi che avvengono sulla direttrice Ovest - Est.

L'ILS è un sistema di atterraggio strumentale che guida gli aerei durante l'avvicinamento e l'atterraggio in condizioni di scarsa visibilità che si basa su segnali radio e si compone di diverse categorie che indicano i livelli di precisione e le condizioni operative. L'ILS installato è di categoria IIIB, che permette di atterrare con visibilità orizzontale minima 75 metri e una visibilità verticale praticamente nulla.

Nel 2023 all'aeroporto G.Marconi di Bologna sono transitati circa 10 mln di passeggeri con 78658 movimenti aerei (fonte Assaeroporti - Associazione Italiana Gestori Aeroporti) con un aumento di circa il 10% rispetto al 2022.

La rete di monitoraggio del rumore aeroportuale presso l'aeroporto G.Marconi di Bologna attualmente è costituita da:

- 4 centraline all'interno della zonizzazione acustica aeroportuale e più idonee a monitorare ed a riconoscere il rumore di origine aeroportuale al fine del calcolo del parametro LVA, tali centraline pur non essendo state classificate formalmente si possono assumere come di tipo "M" e sono:
 - la P1 del Bargellino;
 - la P4 di Lippo di Calderara;

- la P5 di via Zanardi;
 - la P6 di via Agucchi.
- 3 centraline, classificabili come tipo A, all'esterno della zonizzazione aeroportuale e che pertanto non sono compiutamente utili alla determinazione degli indici e dei parametri aeroportuali:
- la P7 prossima al Museo del Patrimonio Industriale;
 - la P8 presso il parco dei Giardini della ca Bura;
 - la P9 presso l'ippodromo Arcoveggio;



Fig. 3. Ubicazione stazioni monitoraggio SARA

Tab. 1. Elenco postazioni delle stazioni di monitoraggio

Postazione SARA	Zona	Distanza VOR ¹	Coordinate decimali
P1 Bargellino	Bargellino - Calderara di Reno	2,7 Km	44.54725, 11.25970
P4 Lippo	Lippo di Calderara	0,8 Km	44.53463, 11.29964
P5 Zanardi – Noce	Via Zanardi - Bologna	2,1 Km	44.53308, 11.31680
P6 Centro Pizzoli	Via Agucchi - Bologna	2,4 Km	44.52565, 11.31608
P7 Beverara	Via Beverara - Bologna	3,7 Km	44.52252, 11.33329
P8 Corticella	Via Roncaglio - Bologna	4,9 Km	44.53799, 11.35275
P9 Ippodromo	Via dell'Arcoveggio - Bologna	4,6 Km	44.51891, 11.34284

La posizione delle stazioni di monitoraggio, ad eccezione della n. 6 spostata di un centinaio di metri verso Nord, è la medesima individuata nel 1998/99. Nel corso degli anni tuttavia, le procedure iniziali di salita sono cambiate per gli effetti dell'adozione delle procedure operative antirumore di cui al cap. 4 e con esse le traiettorie degli aerei durante il decollo. In ragione di ciò alcune stazioni non sono più nella posizione corrispondente alla proiezione al suolo delle traiettorie di allontanamento dei velivoli, come previsto dal DM 20/05/1999.

Tale sistema, che monitora le operazioni di decollo ed atterraggio e registra in continuo i dati degli eventi sonori per l'effettuazione del calcolo dell'indice di valutazione del rumore aeroportuale LVA, secondo quanto disposto dal DM 30/10/1997 e dal DM 20/5/1999. In proposito si precisa che tale sistema calcola il SEL considerando tutti i campioni acquisiti sopra il livello di soglia impostato e non solo i livelli superiori a $L_{AFmax} - 10$ dB(A). Dal 2018 il sistema è stato parzialmente implementato anche del segnale acquisito da un ricevitore

¹ Sigla di *very high frequency omnidirectional range*, che indica un radiofaro omnidirezionale in altissima frequenza, costituente un sistema di radionavigazione aerea a breve raggio (fino a 240 km). Una stazione di terra VOR trasmette onde radio che, captate da un ricevitore a bordo di un aeromobile, forniscono al pilota nome della stazione e angolo tra stazione e velivolo, e perciò la posizione del velivolo stesso. Le rotte aeree sono linee spezzate che collegano varie stazioni VOR. In questa tabella viene indicata la distanza delle centraline dal VOR presente all'aeroporto G.Marconi.

dei transponder degli aerei al fine di recuperare eventuali tracce radar mancanti. Secondo le attuali impostazioni, un evento sonoro che non raggiunge le soglie impostate non viene registrato anche se potenzialmente di origine aeronautica e presente sul listato radar.

Le stazioni di monitoraggio sono costituite da un terminale di rilevamento (microfono per esterni di classe 1) collegato ad un box in cui trovano alloggio fonometro/analizzatore di frequenza in tempo reale di classe 1 e computer che acquisisce e memorizza i dati rilevati fino al trasferimento giornaliero su apposito server, mediante collegamento con rete dati.

Le stazioni di monitoraggio sono alimentate mediante l'allacciamento alla rete elettrica ad eccezione della Postazione 7, ubicata in prossimità di via della Beverara, presso il Museo del patrimonio industriale, che è alimentata mediante pannelli fotovoltaici. Anche la stazione di monitoraggio P9, è sprovvista di alimentazione elettrica fornita dalla rete ed è pertanto alimentata con pannelli fotovoltaici con batteria di accumulo.

Il controllo della taratura del sistema microfonicò viene effettuato da operatore ad intervalli programmati con frequenza trimestrale oppure qualora si verificano scostamenti considerevoli nell'autocalibrazione giornaliera.

Le stazioni sono programmate per rilevare in continuo i livelli di pressione sonora ponderata A con costante di tempo *Fast* e lo *short leq* con tempi di integrazione pari a un secondo nonché lo spettro sonoro in $\frac{1}{3}$ di ottava.

I dati rilevati dalle singole stazioni, corrispondenti agli eventi estratti sulla base di soglie di livello sonoro che si verificano per una minima durata, sono trasmessi, gestiti ed elaborati presso un centro di controllo dove avviene la correlazione automatica al traffico aereo sulla base delle tracce radar fornite dall'ente nazionale di assistenza al volo. Le soglie di livello e durata impostate per ogni stazione sono stabilite a mezzo di dati sperimentali in funzione dei livelli generati dai transiti aerei sulla postazione e tenuto conto della rumorosità di fondo dell'area che accoglie la centralina. Le stazioni di monitoraggio, per ogni singolo evento riconosciuto, restituiscono data, ora e durata dell'evento, correlazione con traccia radar (o eventuale correlazione manuale) unitamente a SEL, LAeq e LAFmax dello stesso. L'insieme degli eventi riconosciuti e considerati correlati costituisce la base per il calcolo dell'LVA.

3.1. Le stazioni di monitoraggio

3.1.1. P1 Bargellino – Calderara di Reno

La stazione, di Tipo M, è ubicata in zona aeroportuale B, presso un'area artigianale/industriale in prossimità dell'entrata di un'azienda. Il microfono è posto ad un'altezza di circa 6 metri, la distanza dall'edificio più vicino, alto circa 6 metri, è di circa 17 metri. Le sorgenti sonore terze che influenzano il clima acustico dell'area sono la strada di via del Bargellino, che tuttavia è a traffico molto scarso, e la rumorosità diffusa proveniente dalla vicina Persicetana che è posta a circa 135 metri.



Fig. 4. Foto di P1



Fig. 5. Ortofoto P1

La stazione risente occasionalmente della movimentazione di mezzi pesanti che accedono alle ditte vicine e non si esclude il funzionamento di impianti tecnologici che sostengono il livello del rumore di fondo intorno a 50 dB(A).

Il fonometro ha un'impostazione delle soglie di 68.5 dB(A) per almeno 7 secondi.

La pavimentazione che accoglie la centralina è mista ed è presente sia l'asfalto sia una porzione di terreno con prato e vegetazione spontanea.

Tale postazione, sensibile ai decolli in pista 30 ed agli atterraggi in pista 12, è idonea a valutare l'LVA in quanto posta sotto la direttrice di avvicinamento/allontanamento dalla pista dell'aeroporto (D30 e A12).

3.1.2. P4 Lippo di Calderara

La stazione P4, di tipo M, è ubicata in un'area verde comunale in via Surrogazione nella frazione di Lippo di Calderara in zona aeroportuale A, il microfono è posto ad un'altezza di circa 6 metri, la distanza dall'edificio più vicino, alto circa 4 metri, è di 25 metri. Non vi sono altre sorgenti che influenzano il clima acustico dell'area e il rumore di fondo si stabilizza intorno ai 43 dB(A).

La pista dell'aeroporto è distante 320 metri dalla postazione di misura ed è separata da essa da un terrapieno dell'altezza di circa 5 metri con funzione di barriera acustica a protezione delle emissioni provenienti dalle operazioni a terra.

Il fonometro ha un' impostazione delle soglie di 65 dB(A) per almeno 10 secondi.

La postazione, idonea per il calcolo dell'LVA, è sensibile ai decolli, sia in pista 30, sia in pista 12.

Essendo installata all'interno di un giardino pubblico il terreno è a prato, pertanto con un buon coefficiente di assorbimento.



Fig. 6. Foto P4



Fig. 7. Ortofoto P4

3.1.3. P5 Via Zanardi

La stazione P5, di tipo M, è ubicata all'interno di un parcheggio ad accesso libero in zona residenziale caratterizzata da bassi edifici e alti alberi, in via Zanardi, l'area è all'interno della zona A della zonizzazione aeroportuale. Il microfono è posto sul coperto di un chiosco in muratura, ad un'altezza totale di circa 7 metri dal suolo ma a non più di 3 metri dal tetto, caratterizzato da elevato potere riflettente. La distanza dall'edificio più vicino, alto circa 6 metri, è di 21 metri. La posizione risente del rumore proveniente da via Zanardi e di quello proveniente dalla Complanare che dista poco più di 300 metri. Nonostante ciò il rumore di fondo è inferiore a 45 dB(A).

Il fonometro ha un impostazione delle soglie di 65 dB(A) per almeno 10 secondi.

La postazione, potenzialmente idonea per il calcolo dell'indice LVA, è sensibile ai decolli in pista 12.



Fig. 8. Foto P5



Fig. 9. Ortofoto P5

3.1.4. P6 Via Agucchi, presso centro sportivo

La stazione, di tipo M, ubicata in zona Aeroportuale A, è stata spostata nel mese di maggio 2022 da una torre faro posta sul lato sud-est del campo da calcio, all'interno della centralina per il monitoraggio dell'aria ubicata nell'angolo nord-ovest del medesimo campo da calcio, ad una distanza di circa 120 metri dalla vecchia postazione. Il microfono è posto su apposito palo abbattibile ad un'altezza superiore ai 10 metri.

La nuova postazione, oltre a permettere una manutenzione con minore difficoltà rispetto alla sommità della torre faro di circa 25 metri, si avvicina maggiormente alle linee di decollo da pista 12 senza allontanarsi dalla linea di atterraggio in pista 30, permette, inoltre, di allineare maggiormente il microfono di strumentazione per monitoraggi in parallelo di Arpae e si allontana dalla via Agucchi.

Monitoraggi sulla nuova postazione, precedente allo spostamento della centralina hanno evidenziato un incremento dei valori rilevati di 0,5 dB(A) sulla nuova postazione e comunque mai livelli inferiori alla precedente.

Le sorgenti sonore terze che influenzano il clima acustico dell'area sono la vicina via Agucchi, con traffico moderato ma anche di mezzi pesanti; anche nella nuova postazione vi sono alcuni alberi e nei mesi estivi, pur limitatamente ai periodi in cui ricorrono le condizioni climatiche che inducono le cicale a frinire, vede un innalzamento del rumore di fondo, con lo stesso rimane qualche decibel sotto la soglia di riconoscimento degli eventi aerei che è fissata a 65 dB(A) per 10 secondi o più.



Fig. 10. Foto P6



Fig. 11. Ortofoto P6 nuova posizione

La stazione, permanendo prossima al campo da calcio è soggetta anche al rumore antropico dei giocatori e/o spettatori e soprattutto delle operazioni di taglio erba. Gli edifici più vicini al microfono distano una ventina di metri e sono composte da palazzine

di 4 livelli, alti ca. 12 metri ad una quota non maggiore di quella del microfono. La superficie del terreno è in parte asfalto e in parte a prato.

Tale postazione è idonea a valutare l'indice LVA in quanto posta sotto la direttrice di avvicinamento alla pista 30 dell'aeroporto, occorre tuttavia precisare che tale condizione valida per l'atterraggio, da quando è entrata in vigore la procedura antirumore dopo il 2013, non è sempre verificata per il decollo; infatti dopo la variazione della procedura di salita iniziale da pista 12 (ICP D12) che oltre a prevedere un rateo di salita iniziale maggiore (dal 5 all'8%) prevede un disallineamento di 15° verso nord, rispetto all'asse della pista, subito dopo il decollo, molti aerei virano prima della postazione fonometrica diminuendo la sensibilità della stazione ai decolli in pista 12.

Il fonometro ha un impostazione delle soglie di 65 dB(A) per almeno per 10 secondi.

La postazione è sensibile ai decolli in pista 12 ed agli atterraggi in pista 30

3.1.5. P7 Via della Beverara

La stazione è ubicata fuori dalla zonizzazione aeroportuale, all'interno di un ampio giardino di 7000-8000 m². Con il microfono posto a circa 7 metri di altezza. Circondato su due lati da condomini di 6 piani fuori terra posti ad una distanza di circa 40 metri. Il clima acustico registrato dalla stazione non risente direttamente di altre sorgenti, quanto piuttosto della rumorosità diffusa urbana e dalla linea di cintura ferroviaria piuttosto lontana (500 metri). E' una delle due stazioni alimentata da pannelli fotovoltaici con batteria di accumulo, la quale tuttavia non garantisce il funzionamento in continuo.

Il fonometro ha un impostazione delle soglie di 65 dB(A) per almeno 6 secondi.



Fig. 12. Foto P7

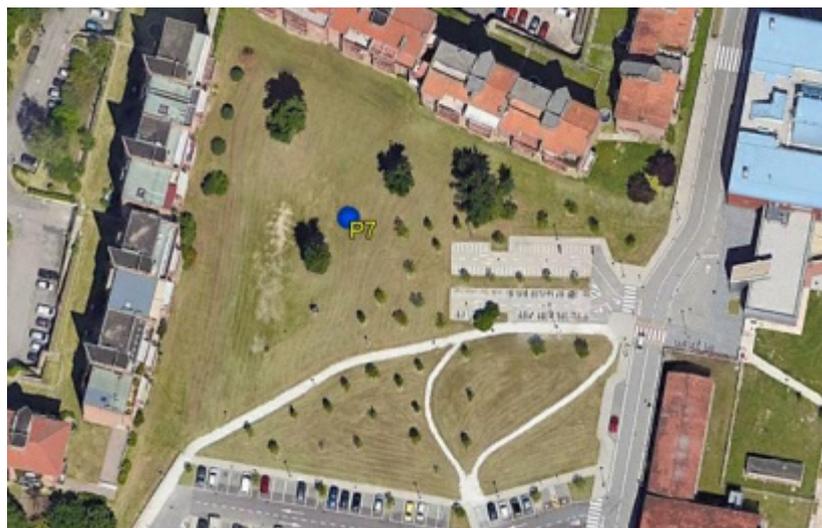


Fig. 13. Ortofoto P7

3.1.6. P8 Via Roncaglio

La stazione è ubicata fuori dalla zonizzazione aeroportuale, all'interno del parco dei giardini nella parte a sud ovest, con accesso da via Roncaglio. Il microfono posto a circa 6 metri di altezza dista una quarantina di metri da un condominio di 4 piani fuori terra, ubicato, non incidendo acusticamente, tra la traiettoria di decollo e la stazione stessa. Il clima acustico registrato dalla stazione non risente direttamente di altre sorgenti e fa registrare un rumore di fondo che va da 40 a 46 dB(A). E' la centralina più distante dalla pista dell'aeroporto, non rileva gli eventi degli aeromobili in atterraggio su pista 30 ed una grande percentuale degli aerei in decollo transita ad ovest della stessa. Tale tendenza si è notevolmente ampliata a seguito del cambio delle procedure iniziali di salita. Il fonometro ha un impostazione delle soglie di 65 dB(A) per almeno 10 secondi.



Fig. 14. Foto P8



Fig. 15. Ortofoto P8

3.1.7. P9 Via dell'Arcoveggio

La stazione è ubicata fuori dalla zonizzazione aeroportuale, all'interno di una piccola area verde a ridosso di un edificio (circa 5 m). A seguito dell'ampliamento dell'edificio fu disattivata in quanto troppo vicino allo stesso, la cui sommità è circa pari alla quota del microfono posto su un'asta alta circa 6 metri. Riattivata nel dicembre 2018, più che altro ai fini della taratura del modello analitico previsionale INM (Integrated Noise Model) in uso al gestore aeroportuale. Si precisa che ad oggi il modello di simulazione in uso presso AdB è AEDT (Aviation Environmental Design Tool) in quanto dotato di database aggiornato dei nuovi modelli aerei. Il clima acustico è fortemente influenzato da Via dell'Arcoveggio (che scorre a circa 7 metri), strada ad intenso traffico che mantiene elevato il rumore di fondo (superiore a 60 dB(A)).

La centralina è alimentata da pannelli fotovoltaici e pertanto non è collegata alla rete elettrica.

Il fonometro ha un'impostazione delle soglie di 70 dB(A) per almeno 10 secondi.



Fig. 16. Foto P9



Fig. 17. Ortografia P9

3.2. Compatibilità delle caratteristiche delle stazioni di monitoraggio

Di seguito, alle tabelle dalla 2 alla 9, sono riportate le principali caratteristiche che contraddistinguono le stazioni di monitoraggio in relazione alla normativa vigente nonché la rispondenza alla linea guida SNPA per la gestione delle reti di monitoraggio acustico aeroportuale (n.102/2013). Sono infine riportate le soglie impostate sulle cabine di rilevazione sia per quanto concerne il livello sonoro, sia per la durata minima dell'evento sonoro sopra la soglia (Tab.10).

Il posizionamento delle centraline M in corrispondenza delle traiettorie dell'aeroporto è riportato nella seguente tabella:

Tab. 2. Sensibilità alle traiettorie di avvicinamento e allontanamento

STAZIONE DI MONITORAGGIO	ICP ²	RWY ³
P1	30	12
P4	12	12 / 30
P5	12	12
P6	12	30

Tab. 3. Caratteristiche postazione P1

² Initial Climb Procedures - procedure iniziali di salita

³ abbreviazione per runway, pista aeronautica

Stazione P1 – Stazione di tipo M		
UBICAZIONE	Tra il microfono e le traiettorie percorse dagli aerei ci sono ostacoli	NO
	Tra il microfono e la traiettoria nominale percorsa dagli aerei ci sono ostacoli	NO
	Tra il microfono e tutte le traiettorie effettive percorse dagli aerei ci sono ostacoli	NO
	Distanza e altezza dell'edificio più alto	A 17 m edificio di 2 piani fuori terra
	Distanza e altezza dell'edificio più vicino	A 17 m edificio di 2 piani fuori terra
	Superficie sulla quale è posizionato il microfono è acusticamente riflettente	PARZIALMENTE
	Statistica del $L_{AF,MAX}$ degli eventi sonori non correlati con operazioni aeree <54 dB(A)	Mediana 78,5 dB(A) NO
	Statistica del $L_{AF,MAX}$ degli eventi sonori correlati con operazioni aeree >64 dB(A)	Mediana 81,6 dB(A) SI
CARATTERISTICHE	Caratteristiche del Microfono	50 mV/PA
	Classe del fonometro (CEI UNI 61672)	Classe 1
	In caso di mancanza di alimentazione elettrica	Interruzione acquisizione
	Funzionamento in modo automatico per:	Rilevamento eventi e storia temporale
	Ore di funzionamento negli ultimi 12 mesi	8637
COMUNICAZIONE	Le unità periferiche hanno autonomia di	24 h in assenza di alimentazione primaria
INDIVIDUAZIONE EVENTI	Descrizione della procedura di riconoscimento dell'evento sonoro	Almeno soglia e durata minima
CALIBRAZIONI	La verifica delle calibrazione viene fatta tramite	Pistonofono ed attuatore elettrostatico
	Esecuzione verifica calibrazione su richiesta	Possibile
	Certificato di calibrazione fornito dal costruttore per tutta la catena fonometrica	-
	Certificato SIT	Presente
	Parametri producibili per le calibrazioni	Stazione, Data, Ora, modalità, valore misurato, offset
	Il sistema automatico di verifica viene utilizzato anche per impostare le variazioni del livello di riferimento	NO
	Cadenza delle verifiche automatiche e orari	Ogni 24 h, dalle 00.10 alle 00.35 ca.
	Durata media della mancanza di acquisizione dei dati acustici per ciclo di verifica	< 15 s.
	Cadenza verifiche manuali	Vedi tabelle apposite

Tab. 4. Caratteristiche postazione P4

Stazione P4 – Stazione di tipo M		
UBICAZIONE	Tra il microfono e le traiettorie percorse dagli aerei ci sono ostacoli	NO
	Tra il microfono e la traiettoria nominale percorsa dagli aerei ci sono ostacoli	NO
	Tra il microfono e tutte le traiettorie effettive percorse dagli aerei ci sono ostacoli	NO
	Distanza e altezza dell'edificio più alto	A 25 m edificio ad 1 piano
	Distanza e altezza dell'edificio più vicino	A 25 m edificio ad 1 piano
	Superficie sulla quale è posizionato il microfono è acusticamente riflettente	NO
	Statistica del $L_{AF,MAX}$ degli eventi sonori non correlati con operazioni aeree <54 dB(A)	Mediana 76,9 dB(A) NO
	Statistica del $L_{AF,MAX}$ degli eventi sonori correlati con operazioni aeree >64 dB(A)	Mediana 79,2 dB(A) SI
CARATTERISTICHE	Caratteristiche del Microfono	50 mV/PA
	Classe del fonometro (CEI UNI 61672)	Classe 1
	In caso di mancanza di alimentazione elettrica	Interruzione acquisizione
	Funzionamento in modo automatico per:	Rilevamento eventi e storia temporale
	Ore di funzionamento negli ultimi 12 mesi	8561
COMUNICAZIONE	Le unità periferiche hanno autonomia di	24 h in assenza di alimentazione primaria
INDIVIDUAZIONE EVENTI	Descrizione della procedura di riconoscimento dell'evento sonoro	Almeno soglia e durata minima
CALIBRAZIONI	La verifica delle calibrazione viene fatta tramite	Pistonofono ed attuatore elettrostatico
	Esecuzione verifica calibrazione su richiesta	Possibile
	Certificato di calibrazione fornito dal costruttore per tutta la catena fonometrica	-
	Certificato SIT	Presente
	Parametri producibili per le calibrazioni	Stazione, Data, Ora, modalità, valore misurato, offset
	Il sistema automatico di verifica viene utilizzato anche per impostare le variazioni del livello di riferimento	NO
	Cadenza delle verifiche automatiche e orari	Ogni 24 h, dalle 00.10 alle 00.20 ca.
	Durata media della mancanza di acquisizione dei dati acustici per ciclo di verifica	< 15 s.
	Cadenza verifiche manuali	Vedi tabelle apposite

Tab. 5. Caratteristiche postazione P5

Stazione P5 – Stazione di tipo M		
UBICAZIONE	Tra il microfono e le traiettorie percorse dagli aerei ci sono ostacoli	NO
	Tra il microfono e la traiettoria nominale percorsa dagli aerei ci sono ostacoli	NO
	Tra il microfono e tutte le traiettorie effettive percorse dagli aerei ci sono ostacoli	NO
	Distanza e altezza dell'edificio più alto	A 21 m edificio di 2 piani fuori terra
	Distanza e altezza dell'edificio più vicino	A 21 m edificio di 2 piani fuori terra
	Superficie sulla quale è posizionato il microfono è acusticamente riflettente	SI
	Statistica del $L_{AF,MAX}$ degli eventi sonori non correlati con operazioni aeree <54 dB(A)	Mediana 72 dB(A) NO
	Statistica del $L_{AF,MAX}$ degli eventi sonori correlati con operazioni aeree >64 dB(A)	Mediana 73,9 dB(A) SI
CARATTERISTICHE	Caratteristiche del Microfono	50 mV/PA
	Classe del fonometro (CEI UNI 61672)	Classe 1
	In caso di mancanza di alimentazione elettrica	Interruzione acquisizione
	Funzionamento in modo automatico per:	Rilevamento eventi e storia temporale
	Ore di funzionamento negli ultimi 12 mesi	8734
COMUNICAZIONE	Le unità periferiche hanno autonomia di	24 h in assenza di alimentazione primaria
INDIVIDUAZIONE EVENTI	Descrizione della procedura di riconoscimento dell'evento sonoro	Almeno soglia e durata minima
CALIBRAZIONI	La verifica delle calibrazione viene fatta tramite	Pistonofono ed attuatore elettrostatico
	Esecuzione verifica calibrazione su richiesta	Possibile
	Certificato di calibrazione fornito dal costruttore per tutta la catena fonometrica	-
	Certificato SIT	Presente
	Parametri producibili per le calibrazioni	Stazione, Data, Ora, modalità, valore misurato, offset
	Il sistema automatico di verifica viene utilizzato anche per impostare le variazioni del livello di riferimento	NO
	Cadenza delle verifiche automatiche e orari	Ogni 24 h, dalle 00.10 alle 00.20 ca.
	Durata media della mancanza di acquisizione dei dati acustici per ciclo di verifica	< 15 s.
	Cadenza verifiche manuali	Vedi tabelle apposite

Tab. 6. Caratteristiche postazione P6

Stazione P6 – Stazione di tipo M		
UBICAZIONE	Tra il microfono e le traiettorie percorse dagli aerei ci sono ostacoli	NO
	Tra il microfono e la traiettoria nominale percorsa dagli aerei ci sono ostacoli	NO
	Tra il microfono e tutte le traiettorie effettive percorse dagli aerei ci sono ostacoli	NO
	Distanza e altezza dell'edificio più alto	A 20 m edificio di 4 piani fuori terra
	Distanza e altezza dell'edificio più vicino	A 20 m edificio di 4 piani fuori terra
	Superficie sulla quale è posizionato il microfono è acusticamente riflettente	PARZIALMENTE
	Statistica del $L_{AF,MAX}$ degli eventi sonori non correlati con operazioni aeree <54 dB(A)	Mediana 75,8 dB(A) NO
	Statistica del $L_{AF,MAX}$ degli eventi sonori correlati con operazioni aeree >64 dB(A)	Mediana 84,5 dB(A) SI
CARATTERISTICHE	Caratteristiche del Microfono	50 mV/PA
	Classe del fonometro (CEI UNI 61672)	Classe 1
	In caso di mancanza di alimentazione elettrica	Interruzione acquisizione
	Funzionamento in modo automatico per:	Rilevamento eventi e storia temporale
	Ore di funzionamento negli ultimi 12 mesi	8561
COMUNICAZIONE	Le unità periferiche hanno autonomia di	24 h in assenza di alimentazione primaria
INDIVIDUAZIONE EVENTI	Descrizione della procedura di riconoscimento dell'evento sonoro	Almeno soglia e durata minima
CALIBRAZIONI	La verifica delle calibrazione viene fatta tramite	Pistonofono ed attuatore elettrostatico
	Esecuzione verifica calibrazione su richiesta	Possibile
	Certificato di calibrazione fornito dal costruttore per tutta la catena fonometrica	-
	Certificato SIT	Presente
	Parametri producibili per le calibrazioni	Stazione, Data, Ora, modalità, valore misurato, offset
	Il sistema automatico di verifica viene utilizzato anche per impostare le variazioni del livello di riferimento	NO
	Cadenza delle verifiche automatiche e orari	Ogni 24 h, dalle 00.10 alle 00.25 ca.
	Durata media della mancanza di acquisizione dei dati acustici per ciclo di verifica	< 15 s.
	Cadenza verifiche manuali	Vedi tabelle apposite

Tab. 7. Caratteristiche postazione P7

Stazione P7		
UBICAZIONE	Tra il microfono e le traiettorie percorse dagli aerei ci sono ostacoli	NO
	Tra il microfono e la traiettoria nominale percorsa dagli aerei ci sono ostacoli	SI
	Tra il microfono e tutte le traiettorie effettive percorse dagli aerei ci sono ostacoli	SI
	Distanza e altezza dell'edificio più alto	A 40 m edificio di 9 piani fuori terra
	Distanza e altezza dell'edificio più vicino	A 40 m edificio di 9 piani fuori terra
	Superficie sulla quale è posizionato il microfono è acusticamente riflettente	NO
	Statistica del $L_{AF,MAX}$ degli eventi sonori non correlati con operazioni aeree <54 dB(A)	Mediana 75 dB(A) NO
	Statistica del $L_{AF,MAX}$ degli eventi sonori correlati con operazioni aeree >64 dB(A)	Mediana 73,6 dB(A) SI
CARATTERISTICHE	Caratteristiche del Microfono	50 mV/PA
	Classe del fonometro (CEI UNI 61672)	Classe 1
	In caso di mancanza di alimentazione elettrica	Alimentata a pannelli solari
	Funzionamento in modo automatico per:	Rilevamento eventi e storia temporale
	Ore di funzionamento negli ultimi 12 mesi	8109
COMUNICAZIONE	Le unità periferiche hanno autonomia di	24 h in assenza di alimentazione primaria
INDIVIDUAZIONE EVENTI	Descrizione della procedura di riconoscimento dell'evento sonoro	Almeno soglia e durata minima
CALIBRAZIONI	La verifica delle calibratoe viene fatta tramite	Pistonofono ed attuatore elettrostatico
	Esecuzione verifica calibratoe su richiesta	Possibile
	Certificato di calibratoe fornito dal costruttore per tutta la catena fonometrica	-
	Certificato SIT	Presente
	Parametri producibili per le calibratoe	Stazione, Data, Ora, modalità, valore misurato, offset
	Il sistema automatico di verifica viene utilizzato anche per impostare le variazioni del livello di riferimento	NO
	Cadenza delle verifiche automatiche e orari	Ogni 24 h, dalle 00.10 alle 00.20 ca.
	Durata media della mancanza di acquisizione dei dati acustici per ciclo di verifica	< 15 s.
	Cadenza verifiche manuali	Vedi tabelle apposite

Tab. 8. Caratteristiche postazione P8

Stazione P8		
UBICAZIONE	Tra il microfono e le traiettorie percorse dagli aerei ci sono ostacoli	NO
	Tra il microfono e la traiettoria nominale percorsa dagli aerei ci sono ostacoli	NO
	Tra il microfono e tutte le traiettorie effettive percorse dagli aerei ci sono ostacoli	NO
	Distanza e altezza dell'edificio più alto	A 25 m edificio di 4 piani fuori terra
	Distanza e altezza dell'edificio più vicino	A 40 m edificio di 4 piani fuori terra
	Superficie sulla quale è posizionato il microfono è acusticamente riflettente	NO
	Statistica del $L_{AF,MAX}$ degli eventi sonori non correlati con operazioni aeree <54 dB(A)	Mediana 75,9 dB(A) NO
	Statistica del $L_{AF,MAX}$ degli eventi sonori correlati con operazioni aeree >64 dB(A)	Mediana 71,4 dB(A) SI
CARATTERISTICHE	Caratteristiche del Microfono	50 mV/PA
	Classe del fonometro (CEI UNI 61672)	Classe 1
	In caso di mancanza di alimentazione elettrica	Interruzione acquisizione
	Funzionamento in modo automatico per:	Rilevamento eventi e storia temporale
	Ore di funzionamento negli ultimi 12 mesi	7511
COMUNICAZIONE	Le unità periferiche hanno autonomia di	24 h in assenza di alimentazione primaria
INDIVIDUAZIONE EVENTI	Descrizione della procedura di riconoscimento dell'evento sonoro	Almeno soglia e durata minima
CALIBRAZIONI	La verifica delle calibrazione viene fatta tramite	Pistonofono ed attuatore elettrostatico
	Esecuzione verifica calibrazione su richiesta	Possibile
	Certificato di calibrazione fornito dal costruttore per tutta la catena fonometrica	-
	Certificato SIT	Presente
	Parametri producibili per le calibrazioni	Stazione, Data, Ora, modalità, valore misurato, offset
	Il sistema automatico di verifica viene utilizzato anche per impostare le variazioni del livello di riferimento	NO
	Cadenza delle verifiche automatiche e orari	Ogni 24 h, dalle 00.10 alle 00.25 ca.
	Durata media della mancanza di acquisizione dei dati acustici per ciclo di verifica	< 15 s.
	Cadenza verifiche manuali	Vedi tabelle apposite

Tab. 9. Caratteristiche postazione P9

Stazione P9		
UBICAZIONE	Tra il microfono e le traiettorie percorse dagli aerei ci sono ostacoli	SI
	Tra il microfono e la traiettoria nominale percorsa dagli aerei ci sono ostacoli	SI
	Tra il microfono e tutte le traiettorie effettive percorse dagli aerei ci sono ostacoli	SI
	Distanza e altezza dell'edificio più alto	A 30 m edificio di ca. 9 m
	Distanza e altezza dell'edificio più vicino	A 5 m edificio di ca. 7 m
	Superficie sulla quale è posizionato il microfono è acusticamente riflettente	NO
	Statistica del $L_{AF,MAX}$ degli eventi sonori non correlati con operazioni aeree <54 dB(A)	Mediana 76,1 dB(A) NO
	Statistica del $L_{AF,MAX}$ degli eventi sonori correlati con operazioni aeree >64 dB(A)	Mediana 75 dB(A) SI
CARATTERISTICHE	Caratteristiche del Microfono	50 mV/PA
	Classe del fonometro (CEI UNI 61672)	Classe 1
	In caso di mancanza di alimentazione elettrica	Alimentata a pannelli solari
	Funzionamento in modo automatico per:	Rilevamento eventi e storia temporale
	Ore di funzionamento negli ultimi 12 mesi	8553
COMUNICAZIONE	Le unità periferiche hanno autonomia di	24 h in assenza di alimentazione primaria
INDIVIDUAZIONE EVENTI	Descrizione della procedura di riconoscimento dell'evento sonoro	Almeno soglia e durata minima
CALIBRAZIONI	La verifica delle calibrazione viene fatta tramite	Pistonofono ed attuatore elettrostatico
	Esecuzione verifica calibrazione su richiesta	Possibile
	Certificato di calibrazione fornito dal costruttore per tutta la catena fonometrica	-
	Certificato SIT	Presente
	Parametri producibili per le calibrazioni	Stazione, Data, Ora, modalità, valore misurato, offset
	Il sistema automatico di verifica viene utilizzato anche per impostare le variazioni del livello di riferimento	NO
	Cadenza delle verifiche automatiche e orari	Ogni 24 h, dalle 00.10 alle 00.25 ca.
	Durata media della mancanza di acquisizione dei dati acustici per ciclo di verifica	< 15 s.
	Cadenza verifiche manuali	Vedi tabelle apposite

Tab. 10. Livelli di soglia delle centraline e durata minima dell'evento

Postazione SARA	Livello di soglia	Durata minima
P1 Bargellino	68.5 dB(A)	7 s isteresi 2
P4 Lippo	65 dB(A)	10 s isteresi 2
P5 Zanardi – Noce	65 dB(A)	10 s isteresi 2
P6 Centro Pizzoli	65 dB(A)	10 s isteresi 2
P7 Beverara	65 dB(A)	6 s isteresi 2
P8 Corticella	65 dB(A)	10 s isteresi 2
P9 Ippodromo	70 dB(A)	10 s isteresi 2

La durata minima dell'evento aereo, riportata nella tabella 10, indica l'isteresi, che è il tempo durante il quale, una volta attivato l'evento sonoro da riconoscere, questo non si interrompe anche se scende sotto la soglia di attivazione; di fatto è uno stratagemma che evita la possibile disattivazione indesiderata dell'evento in presenza di segnali prossimi alla soglia, a causa della fluttuazione del livello di pressione sonora.

Per esempio, nel caso di soglia a 65 dB(A) con isteresi di 2 secondi, come nella maggior parte delle centraline, una volta attivato l'evento per il superamento della soglia, se il livello scende sotto i 65 dB(A) per un massimo di 2 secondi non interrompe l'acquisizione dell'evento sonoro per la successiva correlazione con la traccia radar.

3.3. Certificazione SIT e calibrazioni

Nella tabella n.11 sono riassunti i dati identificativi della strumentazione installata presso le centraline e gli estremi del certificato di taratura previsto dal D.M. 16/03/1998 a cadenza biennale. Tali dati sono stati desunti dai certificati di taratura prodotti dal gestore aeroportuale;

Tab. 11. Estremi dei certificati SIT delle postazioni

Postazione SARA	Strumenti	Estremi Certificato
P1 Bargellino - tipo M	Fonometro Softech modello Thor Ch.1 matricola 7831 Microfono G.R.A.S. modello 41AS matricola 98238	Centro di Taratura LAT 068 certificato 47850-A del 25/09/2021 certificato 51664-A del 11/10/2023
P4 Lippo – tipo M	Fonometro Softech modello Thor Ch.1 matricola 7834 Microfono G.R.A.S. modello 41AS matricola 98239	Centro di Taratura LAT 068 certificato 48060-A del 05/11/2021 certificato 51846-A del 21/11/2023
P5 Zanardi Noce – tipo M	Fonometro Softech modello Thor Ch.1 matricola 7835 Microfono G.R.A.S. modello 41AS matricola 98241	Centro di Taratura LAT 068 certificato 48236-A del 14/12/2021 certificato 52285-A del 19/02/2024
P6 Centro Pizzoli – Tipo M	Fonometro Softech modello Thor Ch.1 matricola 7836 Microfono G.R.A.S. modello 41AS matricola 98337	Centro di Taratura LAT 068 certificato 47976-A del 20/10/2021 certificato 51845-A del 21/11/2023
P7 Beverara	Fonometro Softech modello Thor Ch.1 matricola 7780 Microfono G.R.A.S. modello 41AS matricola 142037	Centro di Taratura LAT 068 certificato 45315-A del 16/06/2020 certificato 47849-A del 25/09/21 certificato 49566-A del 01/08/2022 certificato 53330-A del 31/07/2024

P8 Corticella	Fonometro Softech modello Thor Ch.1 matricola 7878 Microfono G.R.A.S. modello 41AS matricola 114109 Fonometro Larson & Davis modello 824 matricola 4190 Microfono G.R.A.S. modello 41AS matricola 130577	Centro di Taratura LAT 068 certificato 49567-A del 01/08/2022 certificato 53332-A del 01/08/2024 Centro di Taratura LAT 068 certificato 47045-A del 10/05/2021
P9 Ippodromo	Fonometro Softech modello Thor Ch.1 matricola 7612 Microfono G.R.A.S. modello 41AS matricola 98236 Fonometro Softech modello Thor Ch.1 matricola 7883 Microfono G.R.A.S. modello 41AS matricola 98236	Centro di Taratura LAT 068 certificato 45923-A del 09/10/2020 certificato 50576-A del 15/03/2023 Centro di Taratura LAT 068 certificato 47849-A del 25/09/2021

La presenza di due catene fonometriche con altrettanti certificati di taratura indicano che presso la cabina è avvenuta una sostituzione della strumentazione per necessità di mandare in taratura la stessa.

Le calibrazioni manuali, registrate sul sistema di acquisizione del rumore aeroportuale, sono state effettuate, in tutte e 7 le centraline, il 17 marzo, il 13 giugno, il 19 settembre e il 19 dicembre. Gli interventi effettuati sono elencati di seguito:

13/06/23

- P9: causa rientro certificazione, prelevata catena microfonica temporanea: fonometro THOR s/n 7883, microfono GRAS s/n 140119. Installata catena: fonometro THOR s/n 7612, microfono GRAS s/n 116503.

19/09/23

- P1: causa certificazione, prelevata catena microfonica: fonometro THOR s/n 7831, microfono GRAS s/n 116504. Installata catena temporanea: fonometro THOR s/n 7883, microfono GRAS s/n 140119.

19/12/23

- P5: causa certificazione, prelevata catena microfonica: fonometro THOR 7835 s/n, microfono GRAS 116507 s/n. Installata catena temporanea: fonometro THOR s/n 7883, microfono GRAS s/n 140119.
- P6: causa certificazione, prelevata catena microfonica temporanea: fonometro THOR 7883 s/n, microfono GRAS 140119 s/n. Installata catena: fonometro THOR 7836 s/n, microfono GRAS 112718 s/n (installazione catena temporanea 4 Novembre 2023).
- P4: causa ritorno certificazione, prelevata catena microfonica temporanea: fonometro THOR 7834 s/n, microfono GRAS 116505 s/n. Installata catena: fonometro LD824 4191 s/n, microfono GRAS 140120 s/n (installazione catena temporanea 4 Novembre 2023).
- P8: causa recisione cavo microfonico la strumentazione è stata rimossa e verrà reinstallata in seguito (rimozione avvenuta il 23/11).

4. Procedure antirumore aeroportuali

Le procedure antirumore aeroportuali, unitamente alle restrizioni operative, sono stabilite dalla Commissione aeroportuale ai sensi del DM 31/10/1997 e consistono in una serie di misure che possono essere adottate negli aeroporti per ridurre l'impatto acustico derivante dalle operazioni di volo sia al decollo che all'atterraggio. Queste procedure sono progettate per minimizzare il disturbo ai residenti nelle aree circostanti, salvo garantire la sicurezza delle operazioni stesse.

Dette procedure consistono principalmente in:

- individuare delle traiettorie che, per quanto possibile, possano evitare le zone più densamente popolate al fine di ridurre il numero di popolazione esposta ai livelli di maggiore entità;
- stabilire profili di discesa o di salita ottimizzati come per esempio effettuare una salita con un elevato rateo per allontanarsi più rapidamente dalle aree abitate ovvero prevedere una discesa graduale e uniforme evitando per quanto possibile manovre più rumorose come i cambi repentini di quote;
- porre restrizioni e limitazioni orarie sui voli o le attività che vengono svolte negli orari notturni per ridurre il disturbo durante le ore destinate al riposo.

4.1. Procedure antirumore aeroportuali presso l'aeroporto G.Marconi di Bologna

Presso l'aeroporto di Bologna sono in vigore le seguenti procedure antirumore e restrizioni operative:

1. per i decolli in pista 12 è stata definita una ICP che prevede un disallineamento verso Nord subito dopo il decollo, con la virata a sinistra appena attraversata la quota di 520 piedi (circa 160 metri). Ciò per indurre gli aerei a “passare” a Ovest di Corticella evitando il sorvolo delle aree più abitate di tale zona. Tale procedura già in vigore dal 2017 con l’obbligo di virata verso nord attraversati gli 800 piedi di quota, a seguito di uno studio di ENAV che ha indagato la possibilità di anticipare la quota minima di virata verso nord, è stata ritenuta possibile l’inizio di virata alla quota minima di 520 piedi con un gradiente minimo di salita pari a 7,3°. Queste ultime procedure operative, implementate all’inizio del 2023, dopo una fase di sperimentazione sono diventate definitive nel corso dell’anno;
2. nel 2016 è stata introdotta una restrizione oraria la quale prevedeva che nella fascia notturna 23.00-06.00 i decolli avvenissero obbligatoriamente per pista 30 e gli atterraggi per pista 12, salvo che il pilota richiedesse di usare l’area sopra Bologna per motivi meteo, di sicurezza o di ATC (Air Traffic Control) ovvero qualora fosse prevedibile che il tempo di attesa per il traffico in partenza si fosse protratto per più di 20 minuti. Tuttavia tale restrizione con l’aumentare del numero di passeggeri sullo scalo non è stata giudicata sufficientemente efficace pertanto dal 2023 con l’Ordinanza 5/2023 emanata da ENAC (Ente Nazionale per l’Aviazione Civile), prorogata già due volte i motivi per cui può essere sorvolata la città di Bologna sono limitati alle condizioni meteo avverse o a motivi di Safety, escludendo motivazioni legate all’ottimizzazione del traffico aereo.

Inoltre, nella fascia oraria diurna (06:00-23:00), i decolli avvengono preferenzialmente per pista 30, salvo motivi ATC ovvero salvo diversa richiesta del pilota per motivi meteo e di sicurezza.

Per meglio comprendere le traiettorie degli aerei in relazione al numero della pista si veda la seguente figura n.18: i decolli in pista 12 e gli atterraggi in pista 30 avvengono sorvolando l'area sopra il comune di Bologna, viceversa i decolli in pista 30 e gli atterraggi in pista 12 avvengono verso e da Ovest.

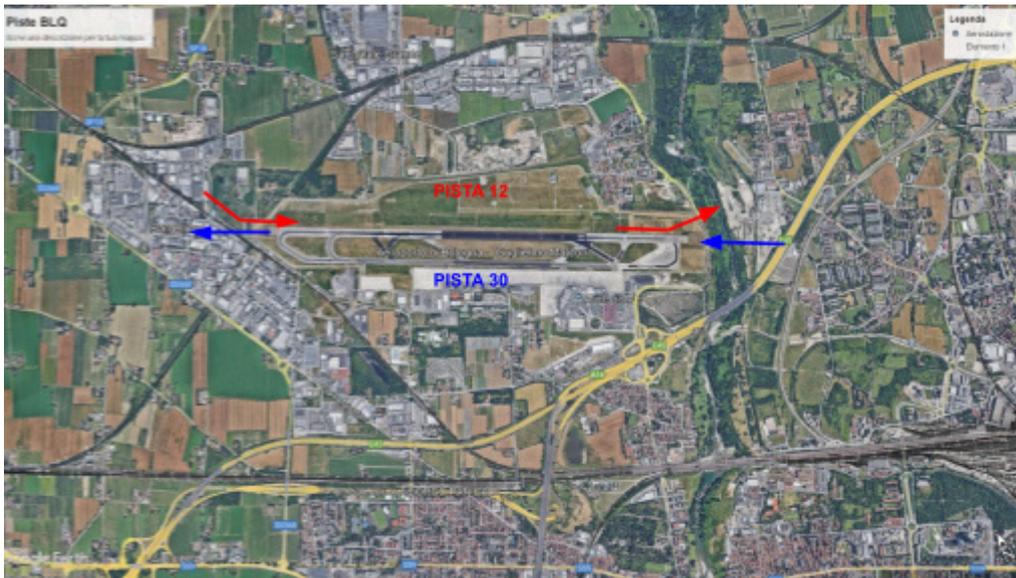


Fig. 18. Decolli ed atterraggi in pista 12 e in pista 30 Aeroporto G.Marconi

E' opportuno osservare che pertanto non vi sono procedure antirumore riferite a valori di riferimento acustici legati ad un singolo sorvolo in determinate posizioni. In ragione di ciò Arpae non è in grado di verificare le tipologie ed entità delle infrazioni, non essendo queste legate a superamenti di livelli sonori.

La violazione delle procedure antirumore viene effettuata da ENAC su segnalazione dell'ente gestore Aeroporto di Bologna (Aeroporto Marconi di Bologna Spa - AdB).

Per il 2023 non sono state segnalate violazioni delle procedure operative antirumore.

5. Analisi dei dati prodotti dalle centraline SARA riferiti all'anno 2023

5.1. Identificazione delle tre settimane di maggior traffico per l'anno 2023

L'ente gestore (AdB) calcola il numero di movimenti totali (decolli + atterraggi) con una propria base dati voli a cui devono essere aggiunte le operazioni aeree effettuate dai velivoli che afferiscono l'Aviazione Generale.

Con cadenza mensile vengono aggiornati i report del mese precedente e pubblicati in *extranet*, piattaforma condivisa con gli enti territoriali.

Per l'anno 2023 le settimane di maggior traffico sono risultate essere quelle di cui alla seguente tabella (v. anche tab. 13, 14 e 15).

Le settimane di maggior traffico, sono state pertanto calcolate sulla base dati voli fornita dall'ente gestore.

Tab. 12. Individuazione delle settimane con maggiori movimenti aerei

Quadrimestri	Settimana	Base Dati Voli AdB	Tracce ENAV
1° 01 Febbraio - 31 Maggio	dal 10 al 16 Maggio	1750	1747
2° 01 Giugno - 30 Settembre	dal 26 Luglio al 01 Agosto	1848	1840
3° 01 Ottobre - 31 Gennaio	dal 01 al 07 Ottobre	1752	1744

Le settimane di maggior traffico sono state confermate anche attraverso l'elaborazione delle tracce radar fornite da ENAV pur con numeri assoluti diversi. Per il conteggio delle tracce ENAV sono state escluse le operazioni di volo collegate a tracce con battute (numero di scansioni successive) inferiori a 5

Il dato evidenzia un'ottima corrispondenza tra la base dati AdB e le tracce ENAV.

Tab. 13. Calcolo settimana a maggior traffico del primo quadrimestre

FEBBRAIO			MARZO			APRILE			MAGGIO		
D	V	S	D	V	S	D	V	S	D	V	S
1	165		1	161	1137	1	204	1524	1	232	1573
2	155		2	139	1136	2	169	1495	2	236	1582
3	184		3	194	1125	3	240	1516	3	260	1609
4	136		4	158	1137	4	217	1520	4	251	1628
5	158		5	159	1133	5	236	1510	5	257	1645
6	175		6	197	1144	6	231	1526	6	233	1668
7	127	1100	7	129	1137	7	249	1546	7	225	1694
8	170	1105	8	179	1155	8	195	1537	8	259	1721
9	142	1092	9	146	1162	9	196	1564	9	242	1727
10	197	1105	10	204	1172	10	227	1551	10	270	1737
11	152	1121	11	142	1156	11	224	1558	11	252	1738
12	159	1122	12	151	1148	12	239	1561	12	255	1736
13	194	1141	13	195	1146	13	243	1573	13	217	1720
14	136	1150	14	146	1163	14	239	1563	14	248	1743
15	186	1166	15	171	1155	15	206	1574	15	258	1742
16	155	1179	16	149	1158	16	208	1586	16	250	1750
17	201	1183	17	205	1159	17	246	1605	17	265	1745
18	158	1189	18	153	1170	18	231	1612	18	256	1749
19	173	1203	19	159	1178	19	246	1619	19	234	1728
20	198	1207	20	205	1188	20	213	1589	20	224	1735
21	142	1213	21	147	1189	21	244	1594	21	219	1706
22	165	1192	22	175	1193	22	222	1610	22	251	1699
23	140	1177	23	161	1205	23	196	1598	23	214	1663
24	205	1181	24	203	1203	24	244	1596	24	243	1641
25	146	1169	25	142	1192	25	227	1592	25	237	1622
26	163	1159	26	198	1231	26	233	1579	26	238	1626
27	186	1147	27	219	1245	27	232	1598	27	220	1622
28	136	1141	28	213	1311	28	240	1594	28	237	1640
			29	246	1382	29	210	1582	29	247	1636
			30	215	1436	30	199	1585	30	227	1649
			31	229	1462				31	250	1656

Tab. 14. Calcolo settimana a maggior traffico del secondo quadrimestre

GIUGNO			LUGLIO			AGOSTO			SETTEMBRE		
D	V	S	D	V	S	D	V	S	D	V	S
1	259		1	243	1810	1	264	1848	1	245	1757
2	233		2	263	1813	2	241	1837	2	246	1760
3	218		3	264	1808	3	271	1835	3	265	1777
4	186		4	241	1806	4	248	1818	4	271	1786
5	256		5	262	1807	5	248	1810	5	249	1783
6	238		6	270	1813	6	278	1817	6	244	1791
7	239	1629	7	255	1798	7	264	1814	7	255	1775
8	251	1621	8	247	1802	8	243	1793	8	211	1741
9	243	1631	9	255	1794	9	241	1793	9	243	1738
10	235	1648	10	270	1800	10	267	1789	10	259	1732
11	261	1723	11	237	1796	11	255	1796	11	257	1718
12	270	1737	12	243	1777	12	242	1790	12	261	1730
13	250	1749	13	276	1783	13	262	1774	13	247	1733
14	246	1756	14	257	1785	14	245	1755	14	269	1747
15	268	1773	15	168	1706	15	221	1733	15	246	1782
16	263	1793	16	256	1707	16	228	1720	16	249	1788
17	234	1792	17	255	1692	17	267	1720	17	268	1797
18	255	1786	18	262	1717	18	242	1707	18	262	1802
19	280	1796	19	252	1726	19	243	1708	19	261	1802
20	220	1766	20	259	1709	20	257	1703	20	273	1828
21	272	1792	21	272	1724	21	257	1715	21	274	1833
22	262	1786	22	257	1813	22	247	1741	22	243	1830
23	271	1794	23	262	1819	23	241	1754	23	245	1826
24	253	1813	24	245	1809	24	256	1743	24	281	1839
25	260	1818	25	261	1808	25	265	1766	25	270	1847
26	269	1807	26	252	1808	26	243	1766	26	249	1835
27	243	1830	27	273	1822	27	248	1757	27	268	1830
28	261	1819	28	265	1815	28	262	1762	28	272	1828
29	264	1821	29	256	1814	29	252	1767	29	218	1803
30	270	1820	30	271	1823	30	236	1762	30	244	1802
			31	267	1845	31	271	1777			

Tab.15. Calcolo settimana a maggior traffico del terzo quadrimestre

OTTOBRE			NOVEMBRE			DICEMBRE			GENNAIO		
D	V	S	D	V	S	D	V	S	D	V	S
1	261		1	169	1558	1	192	1256	1	155	
2	243		2	190	1480	2	174	1258	2	192	
3	251		3	244	1475	3	166	1229	3	139	
4	258		4	180	1429	4	199	1209	4	168	
5	265		5	209	1439	5	157	1207	5	150	
6	251		6	234	1438	6	154	1203	6	176	
7	223	1752	7	163	1389	7	159	1201	7	147	1127
8	250	1741	8	156	1376	8	182	1191	8	167	1139
9	242	1740	9	157	1343	9	160	1177	9	212	1159
10	244	1733	10	216	1315	10	186	1197	10	134	1154
11	255	1730	11	165	1300	11	206	1204	11	159	1145
12	262	1727	12	173	1264	12	164	1211	12	160	1155
13	252	1728	13	233	1263	13	158	1215	13	192	1171
14	231	1736	14	154	1254	14	153	1209	14	143	1167
15	237	1723	15	171	1269	15	221	1248	15	158	1158
16	242	1723	16	158	1270	16	184	1272	16	193	1139
17	246	1725	17	207	1261	17	180	1266	17	121	1126
18	257	1727	18	172	1268	18	235	1295	18	159	1126
19	256	1721	19	175	1270	19	190	1321	19	138	1104
20	200	1669	20	207	1244	20	215	1378	20	185	1097
21	221	1659	21	160	1250	21	190	1415	21	144	1098
22	238	1660	22	155	1234	22	211	1405	22	161	1101
23	241	1659	23	152	1228	23	183	1404	23	177	1085
24	244	1657	24	184	1205	24	142	1366	24	132	1096
25	258	1658	25	172	1205	25	95	1226	25	162	1099
26	268	1670	26	195	1225	26	145	1181	26	132	1093
27	249	1719	27	219	1237	27	196	1162	27	170	1078
28	226	1724	28	159	1236	28	196	1168	28	135	1069
29	199	1685	29	158	1239	29	214	1171	29	157	1065
30	235	1679	30	161	1248	30	177	1165	30	186	1074
31	212	1647				31	149	1172	31	127	1069

5.2. Continuità delle rilevazioni

Per le stazioni idonee e non idonee a rilevare il livello di esposizione LVA da confrontare con i limiti di legge, sono di seguito riportate il numero delle ore di effettivo funzionamento per l'anno 2023. La linea guida del SNPA, n.102/2013, indica, come soglia ritenuta accettabile per le stazioni di tipo M, un valore pari al 97% del totale ore annue (8760).

Tab. 16. Continuità delle rilevazioni

Postazione SARA	Ore di funzionamento	% sul totale ore anno
P1 Bargellino	8637	98,6
P4 Lippo	8561	97,7
P5 Zanardi Noce	8734	99,7
P6 Centro Pizzoli	8561	97,7
P7 Beverara	8109	92,6
P8 Corticella	7511	85,7
P9 Ippodromo	8553	97,6

La percentuale pari al 97%, per quanto riguarda le stazioni di Tipo M, viene raggiunta in tutte le stazioni.

E' stato rilevato:

- per la postazione P4 la mancata acquisizione principale nei giorni 25, 26 e 27 maggio: i motivi di tale mancata acquisizione non sono stati comunicati;
- per la centralina P6 un malfunzionamento l'8, 9, 10 aprile e il 9, 10 dicembre.

Relativamente alle altre centraline (P7, P8 e P9), ubicate all'esterno della zonizzazione acustica aeroportuale, si osserva:

- una scarsa continuità di funzionamento per la stazione P7 in via della Beverara dovuta al fatto che la strumentazione è alimentata ad energia solare e, specialmente nel periodo autunnale e invernale, che sono caratterizzati da una minore durata del soleggiamento accompagnato spesso da una maggiore copertura nuvolosa, i pannelli fotovoltaici non riescono a garantire la ricarica delle batterie;
- la bassa percentuale di funzionamento della P8 è dovuta, invece, al taglio da parte di terzi del cavo microfonico e dal 24 novembre fino alla fine dell'anno la strumentazione non ha funzionato in quanto i tempi di sostituzione si sono protratti.

Fortunatamente tutte le interruzioni di acquisizione dati non hanno interessato le tre settimane di maggior traffico.

5.3. Operazioni aeree con eventi correlati rispetto al totale di movimenti

Questa procedura ha il fine di accertare che il numero di correlazioni effettuate, a sinistra della disuguaglianza, non sia superiore al numero costituito dalla combinazione di tutti i sorvoli sulle stazioni di misura, a destra della disuguaglianza. In condizioni ideali, a ciascun movimento aereo che avviene lungo una determinata direzione (SID⁴_i o RWY_i) corrisponde un evento acustico rilevato dalla stazione di misura che è sensibile a quella traiettoria. Conseguentemente, tutti e solo questi eventi, potranno essere correlati alle operazioni aeree. La disuguaglianza non è più verificata qualora le centraline correlino due volte un evento associato alla stessa operazione di volo ovvero non vengano riconosciuti dei falsi positivi.

$$N_{EC} (D) < N_D \cdot \sum N_{OP} (D, SID_i)$$

$$N_{EC} (A) < N_A \cdot \sum N_{OP} (A, RWY_i)$$

Dove:

- N_{EC} = numero di eventi sonori correlati ad operazioni di decollo (D) o atterraggio (A);
- $N_{OP} (D, SID_i)$ = numero di postazioni sensibili alle operazioni di decollo lungo una determinata traiettoria di allontanamento dall'aeroporto;
- $N_{OP} (A, RWY_i)$ = numero di postazioni sensibili alle operazioni di atterraggio lungo una determinata traiettoria di avvicinamento all'aeroporto;
- N_D = numero di operazioni di decollo;
- N_A = numero di operazioni di atterraggio.

La stazione P1 è sensibile sia alle operazioni di decollo in pista 30 sia a quelle di atterraggio in pista 12; la stazione P4 è sensibile ai decolli in pista 12 e scarsamente sensibile agli atterraggi in pista 30, talvolta rileva gli eventi più rumorosi afferenti i decolli in pista 30 e gli atterraggi in pista 12, per l'inversione di spinta dei motori; la stazione P5, è sensibile solamente ai decolli in pista 12; infine la P6 è sensibile ai decolli in pista 12 e agli atterraggi in pista 30.

⁴ abbreviazione per Standard Instrument Departure, che indica le rotte seguite dagli aeromobili durante il decollo. La SID è successiva all'ICP in quanto, una volta terminata la procedura iniziale di salita, l'aeromobile si immette nella SID individuata per la rotta prevista.

Tab. 17. Correlazione tra il numero di eventi sonori e il numero di movimenti aerei

Settimana	Decolli		Atterraggi	
	N_{EC} (D,P1+P4+P5+P6)	$N_D \cdot \sum N_{OP} (D, SID_i)$	$N_{EC} (A, P1 + P6)$	$N_A \cdot \sum N_{OP} (A, RWY_i)$
dal 10 al 16 Maggio	1936	3484	867	1850
dal 26 Luglio al 01 Agosto	1626	3752	879	1940
dal 01 al 07 Ottobre	2261	3604	840	1848
Totale settimane	5823	10840	1719	5638

Sulla base dei dati di cui alla tabella 17, la disuguaglianza è verificata.

5.4. Valutazione del rapporto di correlazione delle operazioni aeree

La risposta del sistema di acquisizione degli eventi viene valutata anche in base al rapporto fra il numero di operazioni aeree che hanno almeno un evento correlato (Nc) ed il numero totale delle operazioni aeree (Nt) alle quali è sensibile una determinata stazione di misura sulla base di un'analisi della prossimità acustica della stessa alle operazioni di volo. La valutazione è tanto migliore quanto il rapporto si avvicina a 1, in quanto maggiore è la capacità del sistema di correlare le movimentazioni aeree.

Tab. 18. Numero di operazioni aeree correlate rispetto al totale

Settimana	Stazioni monitoraggio	Nc (Numero operazioni aeree correlate)	Nt (Numero operazioni aeree totali)	Nc/Nt
dal 10 al 16 Maggio	P1	936	956	0.979
	P4	784	1347	0.582
	P5	356	365	0.975
	P6	768	783	0.981
dal 26 Luglio al 01 Agosto	P1	1021	1040	0.973
	P4	705	1729	0.408
	P5	188	576	0.326
	P6	744	771	0.965
dal 01 al 07 Ottobre	P1	1001	1028	0.973
	P4	922	1715	0.537
	P5	584	636	0.918
	P6	696	710	0.980
P1 3 Settimane		2958	3024	0.978
P4 3 Settimane		2411	4791	0.503
P5 3 Settimane		1128	1577	0.715
P6 3 Settimane		2208	2264	0.975

Sulla base dei dati riportati nella tabella n.18 si può osservare un'ottima correlazione degli eventi acustici con le operazioni aeree per le postazioni 1 e 6 che correlano gli eventi acustici rilevati con quasi il 98% dei transiti aerei a cui sono sensibili. La postazione di misura P4 a Lippo di Calderara, ha un rapporto molto basso in quanto acquisisce e correla molto bene i decolli in pista 12 ma, pur essendo sensibile, correla scarsamente i decolli in pista 30 e agli atterraggi in pista 12 salvo quelli più rumorosi.

Per quanto concerne la P5, la percentuale di correlazione automatica è falsata dalla seconda settimana a causa dei falsi eventi dovuti alle cicale, che, come si dirà più avanti, impediscono la determinazione della fine dell'evento mantenendo il livello di rumore al di sopra della soglia impostata sulla cabina di monitoraggio.

5.5. Falsi positivi e differenza tra livelli correlati e non correlati

Un ulteriore elemento di valutazione riguarda la percentuale degli eventi sonori correlati rispetto al totale degli eventi registrati dalla centralina. Tale percentuale permette utili considerazioni circa la correttezza delle soglie impostate sulle cabine e la funzionalità del posizionamento rispetto a sorgenti terze che possono generare eventi acustici non aeronautici. Il valore è tanto migliore quanto si approssima al 100%. Infine, un importante parametro è la differenza degli indici LVA giornalieri, introducendo il concetto di LVA totale, ovvero l'indice LVA ottenuto computando tutti i SEL degli eventi registrati dalla stazione di misura indipendentemente dal fatto che gli stessi eventi siano associabili a movimentazioni di tipo aereo. La differenza $LVA_{j,T} - LVA_{j,C}$ concerne pertanto la differenza tra il livello di esposizione a monte ($LVA_{j,T}$) e dopo le operazioni di correlazione a movimenti aerei ($LVA_{j,C}$). Tale parametro permette di valutare l'influenza dei falsi positivi, dati dalla differenza tra N_{EC} e N_{ET} , sull'LVA settimanale. Il valore è tanto migliore quanto la differenza si avvicina a zero.

Tab. 19. Rapporto tra eventi correlati ed eventi totali registrati

Postazione SARA	N_{EC}	N_{ET}	$N_{EC}/N_{ET} \cdot 100$	$LVA_{j,C}$	$LVA_{j,T}$	ΔLVA
P1 – 10_16 Mag	936	1006	93%	66,77	66,89	0,12
P1 – 26 Lug_01 Ago	1040	1073	97%	67,42	67,52	0,10
P1 – 01_07 Ott	1001	1026	98%	66,55	66,66	0,11
P1 – 3 settimane	2977	3105	96%	66,9	67,0	0,10
P4 – 10_16 Mag	932	976	95%	62,09	62,51	0,42
P4 – 26 Lug_01 Ago	678	784	86%	67,35	67,43	0,08
P4 – 01_07 Ott	945	975	97%	62,65	62,76	0,11
P4 – 3 settimane	2555	2735	93%	64,7	64,9	0,20
P5 – 10_16 Mag	373	420	89%	55,29	56,58	1,29
P5 – 26 Lug_01 Ago	197	286	69%	64,85	66,21	1,36
P5 – 01_07 Ott	593	649	91%	55,62	56,24	0,62
P5 – 3 settimane	1163	1355	86%	61,0	62,3	1,30
P6 – 10_16 Mag	783	824	95%	66,58	66,64	0,06
P6 – 26 Lug_01 Ago	744	888	84%	64,14	64,50	0,36
P6 – 01_07 Ott	696	837	83%	62,99	63,35	0,36
P6 – 3 settimane	2223	2549	87%	64,8	65,0	0,20

Ad eccezione della stazione P1, che è anche quella con la maggiore soglia di attivazione

dell'evento, la tabella mette in evidenza dei valori percentuali abbastanza lontani dal 100%. Per la centralina P6 del centro sportivo di via Agucchi, la percentuale di eventi sonori correlati ha un valore abbastanza basso in particolare la seconda e terza settimana. L'allontanamento dalla posizione precedente prossima alla via Agucchi ha migliorato ma non risolto la situazione. Occorre tuttavia precisare che i falsi positivi sono spesso concentrati in alcune giornate, ad indicare l'influenza di attività antropiche specifiche; per esempio dei 141 falsi positivi della terza settimana più della metà sono concentrati il 4 ottobre.

Fermo restando quanto sopra, si osserva che l'elevato numero di falsi positivi influenza marginalmente l'indice di esposizione LVA che per le due stazioni di monitoraggio (P1 e P6) maggiormente prossime alle traiettorie di decollo e atterraggio nelle due direttrici RWY12 e RWY30, rimane contenuto entro i 0.2 dB(A).

Si fa inoltre presente che i valori LVA restituiti dalle postazioni 4 o 5 sono anomali per il più volte citato problema delle cicale, tuttavia tali dati non devono essere confrontati con il dato fornito dal gestore aeroportuale che evidentemente applica dei correttivi manualmente durante la cosiddetta "validazione" del dato, La presente verifica, così come quelle dei paragrafi 5.2, 5.3 e 5.4 riguarda invece la capacità del sistema di monitoraggio di riconoscere automaticamente gli eventi e correlarli correttamente con un attività aeronautica

6. Dati meteo

Sono stati consultati i dati meteo rilevati durante le 3 settimane di riferimento. I dati delle precipitazioni sono stati ottenuti dalla centralina “Bologna Idrografico”, sita in piazza VIII Agosto, mentre i dati di velocità del vento dalle centraline ubicate in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio acustico P4 e P6, operative dal 2018. Tali centraline sono gestite da Arpae e sono ubicate così come visibile nelle figure 19, 20, 21 e 22. Nel presente prospetto si riportano esclusivamente le condizioni di potenziale criticità per la riproducibilità corretta delle misure, ovvero la presenza di precipitazioni (tab. 21) e la velocità del vento superiore a 5 m/s (tab. 22).



Fig. 19. Ubicazioni stazioni meteo: M4 Lippo, M6 Agucchi, MBC Bologna centrale



Fig. 20. Foto Stazione meteo P4



Fig. 21. Foto Stazione meteo P6



Fig. 22. Foto Stazione meteo bologna idrografico

Tab. 20. Precipitazioni presenti nelle 3 settimane di riferimento – ora UTC*

Bologna Idrografico		
Inizio validità (UTC) ore 00.00	Fine validità (UTC) ore 00.00	Precipitazione cumulata (mm)
10/05/2023	11/05/2023	43.8
11/05/2023	12/05/2023	1.2
12/05/2023	13/05/2023	23.2
13/05/2023	14/05/2023	0.8
14/05/2023	15/05/2023	7.2
16/05/2023	17/05/2023	55.4
26/07/2023	27/07/2023	7.3
31/07/2023	01/08/2023	6.3

Tab. 21. Condizioni ventose presenti nelle 3 settimane di riferimento

Inizio validità (UTC)	Fine validità (UTC)	Centralina Lippo - P4 Velocità media oraria scalare del vento a 10 m dal suolo (M/S)
10/5/2023 21.00	10/5/2023 22.00	5,2
10/5/2023 22.00	10/5/2023 23.00	6,5
10/5/2023 23.00	11/5/2023 0.00	6,3
11/5/2023 0.00	11/5/2023 1.00	5,1

* L'ora UTC è maggiore di 1 ora durante il periodo di ora solare e di 2 ore durante l'ora legale

Come si evince dalle tabelle 20 e 21, la settimana di maggior traffico del primo quadrimestre è stata caratterizzata da copiose precipitazioni (alluvione del 16-17 maggio). Tuttavia la normativa non fornisce alternative per l'utilizzo di tali dati. Va comunque osservato che in presenza di precipitazioni e ad un alto tasso di umidità la propagazione del rumore aumenta.

7. Calcolo LVA - SEL sopra soglia dB(A) e SEL da Lmax-10 dB(A)

Il sistema di monitoraggio per il calcolo dell'LVA, utilizza il SEL costruito da tutti i valori di LAeq sopra una determinata soglia preimpostata su ogni stazione di monitoraggio, tale scelta si può considerare conservativa rispetto al parametro previsto dal DM 31/10/1997 che prevede di calcolare il SEL dell'evento da tutti i campioni acquisiti dal fonometro, compresi tra il valore di L_{AFmax} e il valore di L_{AF} superiori a L_{AFmax} meno 10 dB; il SEL calcolato in tale modo viene comunemente chiamato "SEL -10dB". Per mettere a confronto i due parametri sono stati esportati da ogni stazione di monitoraggio i dati delle time history giornaliere con LAeq ogni secondo ed elaborati nuovamente estraendo gli eventi sonori sulla base delle soglie livello e tempo impostate per ogni centralina, i dati sono stati rielaborati con il programma Noise & Vibration Works. Per ogni giorno delle tre settimane di riferimento sono riportati gli LVA giornalieri sia calcolati da SARA, sia calcolati come previsto dal DM 31/10/1997. Fra i due tipi di calcolo vi sono delle differenze e generalmente la procedura utilizzata da SARA comporta dei valori di SEL (e conseguentemente di LVA) lievemente maggiori rispetto alla procedura fissata dal decreto. Ciò è dovuto al fatto che normalmente i campioni utilizzati nel calcolo del SEL-10 sono di meno rispetto ai campioni utilizzati nel calcolo del SEL sopra soglia: si pensi per esempio ad una soglia pari a 65 dB(A) e ad un evento che genera un livello LAFmax di 90 dB(A), nella procedura del SEL-10 si accorperanno solamente i valori compresi fra 80 dB(A) e 90 dB(A) mentre nel calcolo del SEL sopra soglia si utilizzeranno tutti i campioni compresi tra 65 dB(A) e 90 dB(A), naturalmente i campioni con livello sotto gli 80 dB(A) potranno incidere solamente di alcuni decimali.

Diverso è il caso più infrequente in cui la procedura di cui al decreto porta ad una sovrastima rispetto al calcolo SARA, ciò può avvenire per eventi il cui LAFmax è basso o il rumore di fondo presso la centralina è sostenuto dai rumori di sorgenti terze oppure se sussistono entrambe le condizioni. In tali casi si possono avere dei SEL-10 molto superiori ai SEL calcolati solo con i campioni sopra soglia in quanto la durata dei due eventi può essere molto diversa. Quando ciò accade il SEL-10 dB(A) assegnato al transito aereo è probabilmente falsata. Si prenda l'esempio riportato in figura 23 dove è raffigurato un evento sonoro registrato dalla Stazione 5 e correlato con il decollo del volo CSA733 delle ore 8.17 delle Czech Airlines per pista 12; il calcolo del SEL secondo il DM 31/10/1997 viene eseguito sommando i livelli da -10dB dal livello massimo di 65,2 dB(A) dando origine ad un SEL di 77,7 dB(A). Si noti che ciò comporta la marcatura di un falso evento all'interno del quale è compreso il decollo. Ne consegue una sovrastima dell'evento in quanto nel calcolo del SEL viene compreso parte del rumore ambientale estraneo al rumore aeronautico. Il sistema SARA invece assegnerebbe il SEL sommando tutti i livelli sopra la soglia che nel nostro caso è stata fissata a 62 dB(A) e ne deriverebbe un SEL di

74,4 dB(A), come mostrato in figura 24.

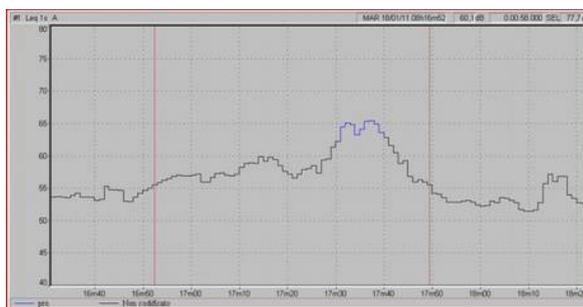


Fig. 23. SEL da LaFmax -10 dB(A)max

Fig. 24. SEL da campioni sopra soglia

Si riportano di seguito, in forma tabellare i calcoli effettuati per le stazioni P1 e P6 in quanto stazioni maggiormente sensibili alla maggior parte delle operazioni di volo, e per come è strutturato ad oggi SARA presso tali postazioni si riscontra il valore maggiore del livello di esposizione aeroportuale.

Tab. 22. Indici LVAJ e settimanali delle 3 settimane di riferimento - P1 e P6

Settimana 1 10_16 maggio	P1 Bargellino		P6 Centro Pizzoli	
	LVAj SEL sopra soglia dBA	LVAj SEL Lmax-10 dBA	LVAj SEL sopra soglia	LVAj SEL Lmax-10 dBA
10	67,5	67,4	66,9	66,6
11	66,4	66,2	68,9	68,6
12	67,1	66,9	66,3	65,9
13	65,7	65,4	62,9	62,6
14	66,7	66,6	64,5	64,2
15	66,4	66,1	66,8	66,5
16	67,3	67,1	67,5	67,1
LVA SETTIMANALE	66,8 dB(A)	66,6 dB(A)	66,6 dB(A)	66,3 dB(A)

Settimana 2 26 lug _ 01 ago	LVAj SEL sopra soglia dBA	LVAj SEL Lmax-10 dBA	LVAj SEL sopra soglia	LVAj SEL Lmax-10 dBA
26	68,5	68,3	64,2	64,2
27	68,6	68,5	62,8	62,3
28	67,7	67,5	63,3	62,5
29	64,7	64,6	63,8	63,5
30	66,0	65,7	66,7	66,3
31	67,4	67,2	62,9	62,5
1	67,8	67,6	63,9	63,6
LVA SETTIMANALE	67,4 dB(A)	67,2 dB(A)	64,1 dB(A)	63,8 dB(A)
Settimana 3 01_07 ottobre	LVAj SEL sopra soglia dBA	LVAj SEL Lmax-10 dBA	LVAj SEL sopra soglia	LVAj SEL Lmax-10 dBA
1	64,8	64,6	63,0	62,7
2	68,6	66,6	62,1	61,8
3	67,0	66,9	64,0	63,6
4	67,0	66,8	62,7	61,9
5	67,0	66,9	63,3	62,9
6	67,0	66,7	62,2	62,0
7	65,8	65,6	63,3	63,0
LVA SETTIMANALE	66,6 dB(A)	66,4 dB(A)	63,0 dB(A)	62,6 dB(A)

Tab. 23. LVA annuale 2023

Postazioni	LVA 2023 da SEL sopra soglia	LVA 2023 da SEL Lmax-10 dBA
P1	66,9 dB(A)	66,7 dB(A)
P6	64,8 dB(A)	64,5 dB(A)

Fra le stazioni maggiormente sensibili alle operazioni di volo, non si è proceduto al confronto delle stazioni n. 4 (Lippo) e della n. 5 (Zanardi), in quanto la settimana di maggior traffico del secondo quadrimestre è ricaduta alla fine di luglio: tali stazioni sono particolarmente sensibili al rumore del frinire delle cicale e producono dei falsi eventi che non rendono possibile il confronto. Si veda a titolo di esempio la figura 25 che raffigura lo screenshot di alcuni eventi che il sistema ha correlato erroneamente.

Postazione	Data inizio	Ora inizio	Durata (sec.)	Laf Max dB(A)	Leq dB(A)	Sel dB(A)	EPNL dB(A)	Validità	Correlato	Codice ICAO	Tipo Velivolo	Pista	Operazione	Dest/Prov	Pioggia (mm/min)
P4	26/07/2023	09:38:55	35205	87,1	71,4	116,8	118,9	Validato da sistema	✓	RYR2BA	B738	12	Decolli	LIPE / LEBL	(
P4	30/07/2023	08:26:21	33122	87,9	70,8	116,0	118,0	Validato da sistema	✓	RVR310D	B738	12	Decolli	LIPE / LICC	(
P4	28/07/2023	10:44:59	31924	88,9	70,6	115,7	117,8	Validato da sistema	✓	FIA232	A320	12	Decolli	LIPE / LUKK	(
P4	29/07/2023	08:28:09	26556	86,1	70,9	115,1	117,1	Validato da sistema	✓	RYR1085	B738	12	Decolli	LIPE / LICC	(
P5	29/07/2023	15:21:40	17872	79,1	70,5	113,0	115,5	Validato da sistema	✓	ITY1318	A320	12	Decolli	LIPE / LIRF	(
P5	27/07/2023	11:45:16	16654	81,1	72,8	115,0	117,4	Validato da sistema	✓	RVR67KP	B738	12	Decolli	LIPE / EDDK	(
P4	27/07/2023	11:50:41	16530	89,0	71,1	113,3	115,3	Validato da sistema	✓	RVR67KP	B738	12	Decolli	LIPE / EDDK	(
P5	30/07/2023	13:27:58	14168	89,3	71,7	113,2	115,3	Validato da sistema	✓	RVR59YN	B738	12	Decolli	LIPE / LGKR	(
P5	31/07/2023	11:38:26	12199	79,3	71,6	112,5	114,9	Validato da sistema	✓	ITY9925	A319	12	Decolli	LIPE / LIML	(
P5	30/07/2023	07:55:47	11046	77,0	70,8	111,3	113,4	Validato da sistema	✓	RVR3VG	B738	12	Decolli	LIPE / LGAV	(
P4	29/07/2023	17:02:40	7746	85,6	69,5	108,4	110,4	Validato da sistema	✓	RYR1G	B738	12	Decolli	LIPE / LMML	(
P5	01/08/2023	17:11:10	7447	75,0	70,1	108,8	111,4	Validato da sistema	✓	RYR58MW	B738	30	Atterraggi	LEZL / LIPE	(
P5	31/07/2023	16:45:24	5644	78,4	69,8	107,4	109,9	Validato da sistema	✓	RAM953Q	B738	12	Decolli	LIPE / GMM...	(
P5	30/07/2023	18:14:16	5450	82,9	70,0	107,4	109,7	Validato da sistema	✓	RYR27AG	B38M	12	Decolli	LIPE / LEMG	(
P4	31/07/2023	10:39:34	5399	83,4	69,7	107,0	109,0	Validato da sistema	✓	THV34SD	A321	12	Decolli	LIPE / LTFM	(
P5	30/07/2023	11:51:44	5327	80,5	72,1	109,4	111,6	Validato da sistema	✓	RVR310D	B738	12	Decolli	LIPE / LICC	(
P4	30/07/2023	17:38:39	5207	87,5	69,5	106,7	108,6	Validato da sistema	✓	RYR40BE	B738	12	Decolli	LIPE / LGSA	(

Fig. 25. Esempio di eventi correlati erroneamente dal sistema SARA

Per esempio in P4, il 26 luglio, al Boeing 738 delle 9.38 è stato assegnato un evento di quasi 10 ore, nella stessa immagine sono visibili altri eventi correlati erroneamente della durata di più di 3600 secondi.

Per quanto concerne la stazione P1 ha misurato un indice LVA annuale, ampiamente inferiore al limite della zona B pari a 75 dB(A), mentre la stazione P6 ha fornito valori prossimi, ma conformi, al limite della zona A dell'intorno aeroportuale, pari a 65 dB(A).

Nelle immagini che seguono (fig. n.26 e n.27) è evidente il contenuto energetico alle alte frequenze dovuto al frinire delle cicale che contribuisce a mantenere il livello sopra la soglia impostata presso la centralina P4.

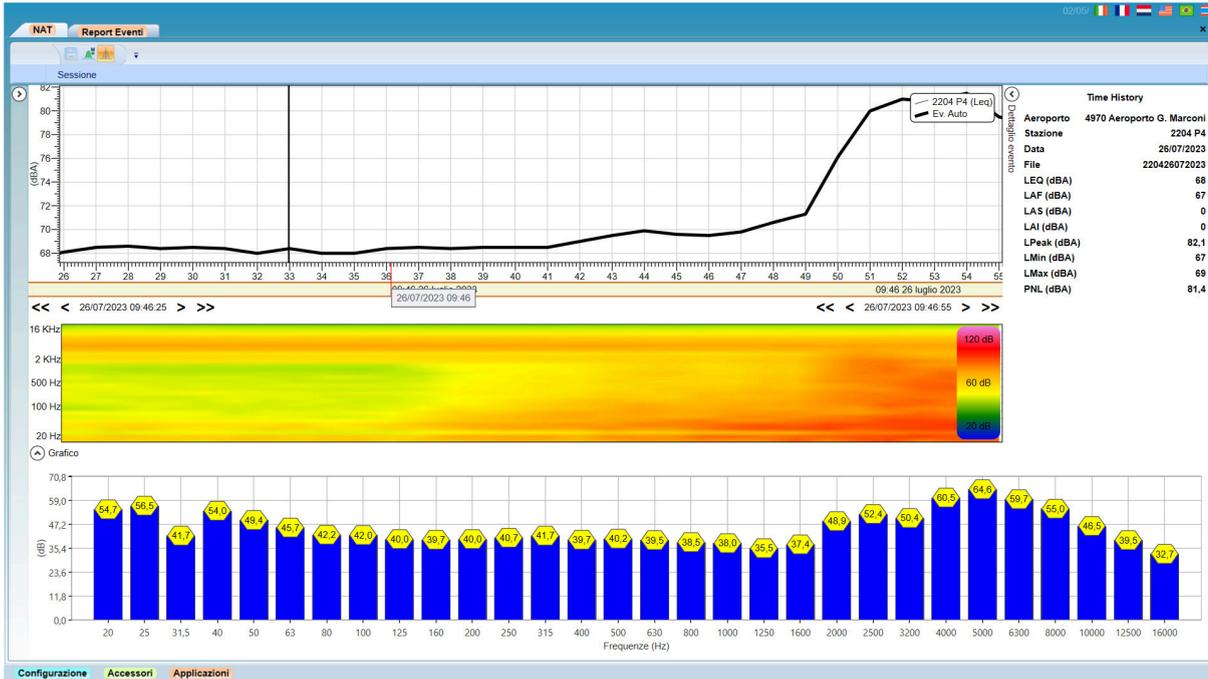


Fig. 26. Spettro in 1/3 di ottava riferito ad un campione di rumore con presenza di cicale (sistema SARA)

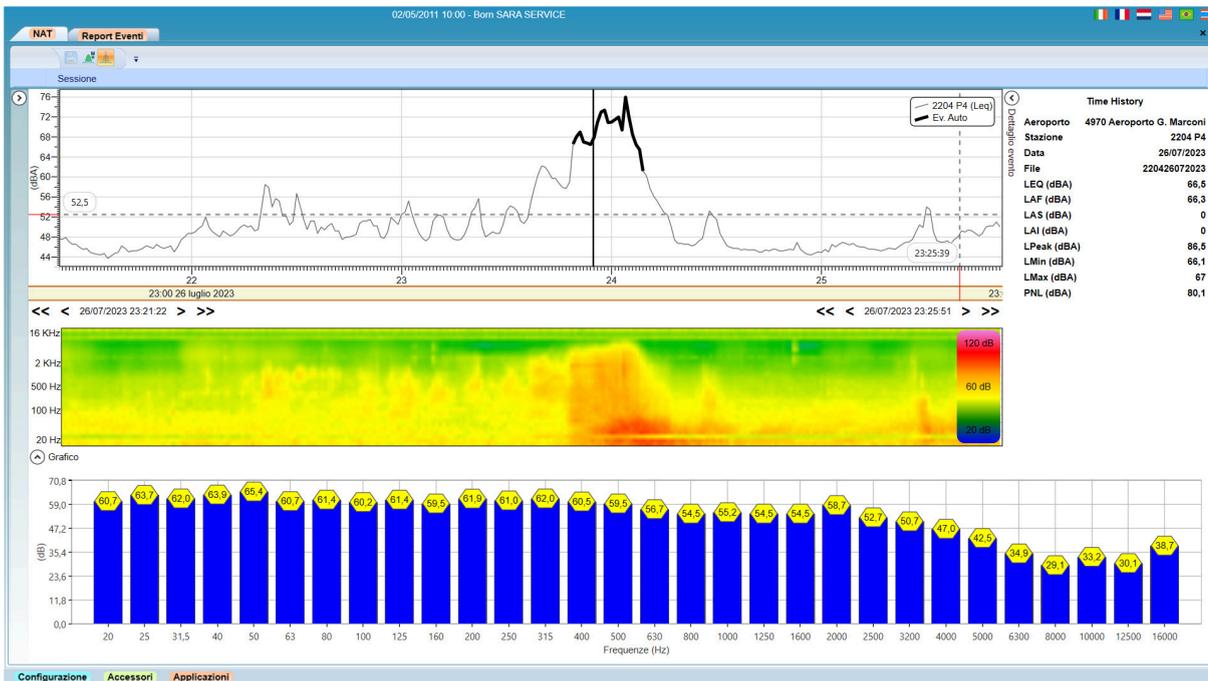


Fig. 27. Spettro in 1/3 di ottava riferito ad un campione di rumore durante il passaggio di un aereo (sistema SARA)

8. Verifica a mezzo di misure simultanee da parte di Arpae

Le verifiche in parallelo sono state eseguite in modalità assistita, un operatore Arpae ha presidiato in continuo la catena fonometrica e osservato i transiti degli aeromobili.

Si è pertanto valutata nella post elaborazione la risposta del sistema sia in termini di pressione sonora sia per quanto riguarda la correlazione con le tracce radar.

L'aereo avvistato in transito è stato identificato in tempo reale con l'applicazione flightradar24. Tale applicazione raccoglie i dati direttamente dai transponder degli aeromobili essendo così possibile, quasi sempre, individuare il numero del volo e il modello di aereo (fig. n.28 e n.29).

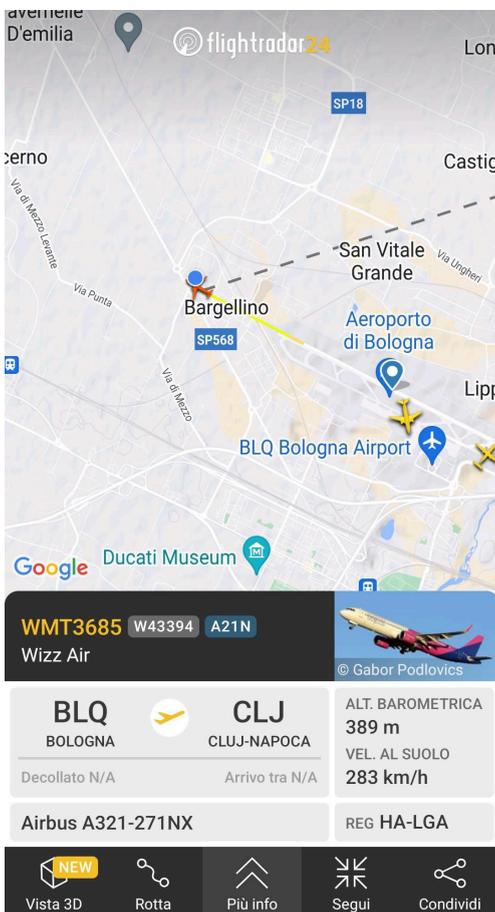


Fig. 28. - Fig. 29. Applicazione flightradar24

Successivamente si sono estratti gli eventi dal sistema SARA e dalla time history del fonometro impostando le medesime soglie livello/tempo di SARA e in fase di post elaborazione sono stati estratti, dalla storia temporale acquisita, gli eventi corrispondenti ai transiti di aeromobili.

I valori rilevati e calcolati hanno il solo scopo di comparare i livelli delle due catene di misura e non danno alcuna indicazione sul rispetto o meno della norma.

Tab. 24. Elenco monitoraggi simultanei presso stazioni SARA

Postazione SARA	Data inizio misura	Durata monitoraggio
P1 Bargellino	31/05/2023 ore 10.30	10472 s
	23/11/2023 ore 14.23	8101 s
P4 Lippo	08/05/2023 ore 10.40	12035 s
	07/12/2023 ore 12.55	9105 s
P5 Zanardi – Noce	23/05/2023 ore 10.48	10671 s
	15/11/2023 ore 13.10	9007 s
P6 Centro Pizzoli	27/04/2023 ore 08.47	13895 s
	10/11/2023 ore 10.28	10551 s

Le misure sono state eseguite con la seguente strumentazione:

Elenco strumenti di misura, tutti regolarmente in corso di taratura biennale:

- Fonometro e analizzatore in tempo reale LD tipo 831 N.di matricola 2613. Certificato di taratura Lat 163 27294-A del 12/05/2022.
- Filtri 1/3 Larson Davis 831 n. serie 2613 e Preamplificatore PCB Piezotronics PRM831 n. serie 19181. Certificato di taratura 163 27295-A del 12/05/2022.
- Preamplificatore PCB Piezotronics tipo PRM831 n° di matricola 19181. Certificato di taratura Lat 163 27294-A del 12/05/2022.
- Capsula microfonica per campo libero PCB Piezotronics modello 377B02 n° di matricola 124951. Certificato di taratura Lat 163 27294-A del 12/05/2022.
- Calibratore Larson Davis modello cal 200 n° di serie 8699. Certificato di taratura Lat 163 27293-A del 12/05/2022.

L'analizzatore sonoro è stato impostato per acquisire il LAeq, quale grandezza acustica rappresentativa del rumore in osservazione; costante di integrazione «Fast» con campionamento ogni secondo; scala di ponderazione «A»; adeguata scala dinamica; adottando T_M rappresentativi dell'evento sonoro in studio. Inoltre è stato regolato con la funzione «autoregistrazione» che consente la successiva rappresentazione della «time-history» e quindi di tutti gli eventi acustici acquisiti nell'intero arco del T_M di riferimento.

Per le postazioni la strumentazione è stata posizionata su treppiede dotato di asta telescopica in modo di affiancare il più possibile il microfono SARA, tuttavia, per la postazione P6, a causa dell'altezza della postazione SARA, vi sono differenze di posizionamento notevole. Nelle seguenti figure sono riportate le immagini delle misure effettuate nelle stazioni P1, P4, P5 e P6.



Fig. 30. Esecuzione delle verifiche simultanee in P1



Fig. 31. Esecuzione delle verifiche simultanee in P4



Fig. 32. Esecuzione delle verifiche simultanee in P5



Fig. 33. Esecuzione delle verifiche simultanee in P6

8.1. Confronto fra le misure di Arpae e delle centraline SARA

8.1.1. Confronto dei parametri relativi agli eventi

A seguito del campionamento si sono estratti gli eventi impostando le medesime soglie di livello e durata impostate sulle centraline SARA e si sono affiancati i dati estratti confrontando il Leq, SEL, LAF_{Max}.

Di seguito si riportano i risultati delle misure eseguite in simultanea.

8.1.1.2. Monitoraggio simultaneo presso P1 - 31/05/23

ORA	Leq dB(A)		SEL dB(A)		LMax dB(A)	
	Arpae	ADB	Arpae	ADB	Arpae	ADB
31/05 - 00:35:19	77,8	77,5	88,9	88,7	82,3	83,0
31/05 - 10:45:44	76,3	75,2	86,8	86,4	80,2	79,9
31/05 - 10:48:56	78,1	77,6	89,3	89,1	82,9	84,4
31/05 - 10:54:36	78,4	78,2	88,8	88,2	83,0	82,5
31/05 - 10:58:33	74,8	73,9	84,3	83,9	78,1	77,0
31/05 - 11:32:55	74,8	74,6	85,6	85,0	79,4	77,1
31/05 - 11:37:34	77,8	77,5	89,3	89,0	82,6	82,8
31/05 - 12:08:26	73,1	72,8	82,7	81,9	76,5	76,4
31/05 - 12:15:07	77,8	77,4	88,9	88,5	82,8	82,3
31/05 12:36:54	80,7	79,9	92,7	92,6	86,3	86,5
31/05 - 12:53:18	77,8	77,5	88,9	88,7	82,6	82,4
31/05 - 12:57:04	77,1	76,7	87,8	87,5	82,0	82,5
31/05/ - 13:00:20	77,1	76,9	88,2	88,0	81,6	81,0
31/05 - 13:04:08	76,0	76,0	88,1	87,8	81,8	81,8
31/05 - 13:17:13	75,7	75,3	85,7	85,3	79,4	78,8
31/05 - 13:21:46	80,9	80,4	92,7	92,4	86,4	86,4
MEDIE	77,6	77,1	88,8	88,5	82,5	82,5

8.1.1.3. Monitoraggio simultaneo presso P1 - 23/11/23

ORA	Leq dB(A)		SEL dB(A)		LMax (dB(A))	
	Arpae	ADB	Arpae	ADB	Arpae	ADB
23/11 - 14:31:50	77,2	77,7	90,5	90,5	80,7	82,0
23/11 - 14:42:20	79,4	79,5	92,0	92,0	84,4	83,5
23/11 - 14:47:33	83,1	82,9	96,3	96,1	89,4	89,6
23/11 - 15:01:36	79,5	79,5	91,6	91,5	83,1	83,0
23/11 - 15:29:56	75,1	75,1	87,2	86,8	79,0	78,9
23/11 - 15:31:58	78,1	78,2	91,9	92,5	83,6	84,0
23/11 - 15:55:40 ⁵	72,3	71,9	82,7	82,3	75,5	74,5
23/11 - 16:12:20	78,3	77,2	90,4	90,2	83,9	83,1
23/11 - 16:14:32	76,8	77,6	88,3	89,0	81,3	83,3
23/11 - 16:20:49	70,8	72,0	79,8	82,4	72,0	75,1
MEDIE	78,3	78,3	91,0	91,0	83,4	83,6

⁵ questi eventi acustici sono stati riconosciuti direttamente dal tecnico che ha eseguito le misure “in campo” e che ha osservato il transito dell’aeromobile ma non sono stati riconosciuti in automatico dal sistema SARA in quanto le condizioni di riconoscimento dell’evento acustico non si sono verificate (68.5 dB(A) per almeno 7 secondi).

8.1.1.4. Monitoraggio simultaneo presso P4 - 08/05/23

ORA	Leq dB(A)		SEL dB(A)		LMax dB(A)	
	Arpae	ADB	Arpae	ADB	Arpae	ADB
08/05 - 10:41:14	77,4	76,5	87,8	86,9	82,8	82,0
08/05 - 10:46:13	78,7	78,5	91,0	90,5	84,0	82,8
08/05 - 11:09:41	77,7	77,2	87,7	87,2	80,8	79,6
08/05 - 11:11:17	78,4	78,1	89,8	88,9	81,8	81,3
08/05 - 11:14:43	76,6	76,0	87,0	86,4	81,7	80,9
08/05 - 11:20:09	79,4	78,2	90,1	89,3	84,2	83,5
08/08 - 11:22:01	75,9	75,6	88,0	87,3	79,9	78,8
08/05 - 11:24:01	79,4	78,9	92,0	91,2	85,5	84,1
08/05 - 12:01:13	79,1	79,2	90,8	90,7	84,1	84,4
08/05 - 12:02:57	73,9	73,6	86,6	86,2	76,7	75,5
08/05 - 12:18:44	79,7	79,7	91,5	91,1	84,7	82,8
08/05 - 12:24:27	73,3	73,7	85,1	84,1	79,4	77,4
08/05 - 12:55:52	80,6	80,3	92,7	92,1	88,0	87,1
08/05 - 12:58:57	76,2	75,4	87,0	86,2	79,6	79,0
08/05 - 13:22:56	81,5	81,0	94,1	93,5	88,1	87,9
08/05 - 13:50:42	78,0	77,4	89,8	89,2	84,7	84,0
08/05 - 14:00:16	78,1	77,5	89,2	88,7	81,9	81,0
MEDIE	80,7	80,2	92,4	91,8	86,1	85,3

8.1.1.5. Monitoraggio simultaneo presso P4 - 07/12/23

ORA	Leq dB(A)		SEL dB(A)		LMax dB(A)	
	Arpae	ADB	Arpae	ADB	Arpae	ADB
07/12 - 13:11 ⁶	66,1	65,5	77,2	78,3	70,2	70,8
07/12 - 13:38 ⁶	62,0	63,4	75,0	76,2	66,8	66,8
07/12 - 13:33 ⁶	63,4	64,6	75,1	76,4	68,0	69,1
07/12 - 13:51 ⁶	59,7	60,1	71,9	73,3	64,8	65,0
07/12 - 13:53	71,3	72,4	83,6	84,7	74,8	76,9
07/12 - 14:06	68,4	69,1	78,4	79,1	72,7	74,0
07/12 - 14:35	70,2	70,4	81	81,8	74,2	75,5
07/12 - 14:43	75,0	76,1	87,3	88,4	79,5	80,9
07/12 - 14:49 ⁶	60,3	61,7	77,2	78,1	69,6	70,5
07/12 - 14:53 ⁶	64,1	63,0	74,8	75,7	67,7	69,5
07/12 - 14:55	67,2	68,3	79,0	80,0	69,6	72,5
MEDIE	68,6	69,5	80,6	81,6	72,9	74,3

⁶ questi eventi non sono stati riconosciuti in automatico dal sistema SARA in quanto le condizioni di riconoscimento dell'evento acustico non si sono verificate (65 dB(A) per almeno 10 secondi).

8.1.1.6. Monitoraggio simultaneo presso P5 - 23/05/23⁷

ORA	Leq (dB(A))		SEL (dB(A))		LMax (dB(A))	
	Arpae	ADB	Arpae	ADB	Arpae	ADB
23/05- 10:53:10	70,5	70,7	83,7	83,9	74,3	76,1
23/05- 10:58:35	71,7	72	86,9	87	76,3	76,8
23/05 - 11:01:39	67	67	80,3	79,5	71,3	69,5
23/05/ - 1:32:33	72,8	72	84,9	84,8	76,8	77
23/05 - 11:40:20	70,1	69,6	80,5	80	72,9	73,5
23/05 - 11:49:31	72,1	72,1	86,5	86,6	76,2	76,6
23/05 - 12:02:54 ⁸	65,4	64,6	76,2	76,9	66,6	66,5
23/05 - 12:38:42	65,8	66,1	76,2	76,1	69,2	69,5
23/05 - 12:43:48 ⁸	64,3	64,2	78,4	78,5	68,4	69,5
23/05 - 12:48:41 ⁸	60,1	60,3	75,6	75,5	64,6	65
23/05 - 12:50:35	66	66,6	77,5	77,7	69,4	69,6
23/05 - 12:52:30	70,2	70,4	85,8	83,5	77,5	77,4
23/05 - 13:10:23	70,2	71,4	85,7	86,9	73,8	74,5
23/05 - 13:12:54	70,4	69,7	84,9	84	74,6	73,5
23/05 - 13:19:51	70,2	70,2	84,9	84,7	74,6	74
23/05 - 13:44:54	66,1	66	76,1	76	67,6	67,3
MEDIE	69,4	69,3	83,2	83,1	73,6	73,8

⁷ In tale postazione è stato effettuato anche un secondo monitoraggio parallelo il 15/11, ma non essendosi verificato alcun transito di aeromobili, tali campioni sono stati utilizzati esclusivamente per il raffronto statistico.

⁸ questi eventi non sono stati riconosciuti in automatico dal sistema SARA in quanto le condizioni di riconoscimento dell'evento acustico non si sono verificate (65 dB(A) per almeno 10 secondi).

8.1.1.7. Monitoraggio simultaneo presso P6 - 27/04/23

ORA	Leq dB(A)		SEL dB(A)		LMax dB(A)	
	Arpae	ADB	Arpae	ADB	Arpae	ADB
27/04 - 08:50:40	80,6	80,4	92,3	92,1	86,9	87,4
27/04 - 08:53:51	81,1	80,6	92,6	92,6	86,8	87,8
27/04 - 09:48:08	75	74,4	87,5	87,2	78,9	78,1
27/04 - 09:58:54	74,5	74,6	86	86,4	78,6	78,5
27/04 - 10:07:00 ⁹	65,2	65,1	77,6	77,6	69,5	69,1
27/04 - 10:08:54 ⁹	65	63,9	78,7	78,3	71,7	69,4
27/04 - 10:14:32	73,6	73,1	84,7	84,6	77,7	77,8
27/04 - 10:21:43	75,9	76,2	88,9	89,6	80,7	81,9
27/04 - 10:24:33	78,3	78,5	90,9	91,3	84,6	84,5
27/04 - 10:34:05	82	81,6	95	94,6	87,6	87,9
27/04 - 10:46:58	80,9	80,8	95,2	95	89,6	89,9
27/04 - 10:55:11	77,9	77,7	88,6	89,2	82,8	82,6
27/04 - 11:33:22	81,4	81,5	94,4	94,3	88,7	88,5
27/04 - 11:39:33	77,7	79	89,8	90,1	84	84
27/04 - 12:27:29	80,3	79,6	92,6	92,2	88,2	86,5
27/04 - 12:33:26	69,2	69,8	79,6	80,2	72,3	73
MEDIE	78,4	78,2	90,9	90,8	84,9	85,0

⁹ questi eventi non sono stati riconosciuti in automatico dal sistema SARA in quanto le condizioni di riconoscimento dell'evento acustico non si sono verificate (65 dB(A) per almeno 10 secondi).

8.1.1.8. Monitoraggio simultaneo presso P6 - 10/11/23

ORA	Leq dB(A)		SEL dB(A)		LMax dB(A)	
	Arpae	ADB	Arpae	ADB	Arpae	ADB
10/11 - 10:30:14	75,1	76,7	87,6	89,0	79,6	81,0
10/11 - 10:37:19	78,6	79,0	91,8	92,3	83,3	84,3
10/11 - 10:39:53	79,1	79,7	91,9	92,0	84,8	85,1
10/11 - 10:52:02	80,3	80,8	93,1	93,3	85,4	86,6
10/11 - 10:54:20	72,1	71,9	83,9	83,9	75,8	75,3
10/11 - 10:58:33	79,4	79,7	91,7	92,5	85,1	85,3
10/11 - 11:01:14	78,5	78,9	91,8	92,1	83,8	83,5
10/11 - 11:18:25	71,9	71,4	83,4	83,7	76,5	76,6
10/11 - 11:22:28	79,9	80,4	92,9	93,6	85,0	87,0
10/11 - 11:24:47	80,4	80,8	94,2	94,6	85,8	86,3
10/11 - 11:27:01	73,5	74,0	85,3	86,0	76,9	77,5
10/11 - 12:05:21	80,9	80,6	93,9	93,6	87,2	86,5
10/11 - 12:25:20	81,0	81,2	94,4	94,4	88,3	88,8
10/11 - 12:34:38	78,3	78,4	91,0	91,1	82,5	81,3
10/11 - 12:39:03	80,0	80,6	93,2	93,6	85,6	85,8
10/11 - 13:18:55	80,6	80,9	93,6	93,7	85,9	86,3
10/11 - 13:20:56	78,6	79,2	90,1	90,6	84,4	84,0
10/11 - 13:22:41	76,3	76,3	88,9	88,8	81,1	80,1
MEDIA	79,0	79,4	92,0	92,3	84,6	84,9

8.2. Considerazioni

In questa analisi si è ritenuto di considerare unicamente il contributo dato dall'incertezza strumentale associata alle misure (nota Arpae rev.00 del 04/08/2015). Tale incertezza risulta conforme alla tolleranza fissata per la strumentazione in classe 1, Norma UNI EN 60651/1994 – CEI EN 60651:2002-01 ed è mediamente / pari a $\pm 0,7$ dB per catena fonometrica.

Pertanto, dal confronto tra gli eventi individuati dalle misure delle centraline della rete di monitoraggio aeroportuale e da quelle di Arpae, si riscontra in generale una buona corrispondenza tra i livelli di SEL misurati. Per quanto sopra esposto, una differenza fino a 1,4 dB tra le due serie di valori rientra in un intervallo accettabile.

Si riportano nella tabella di seguito i risultati delle medie dei SEL, delle misure in parallelo, che evidenzia le differenze fra i due dataset:

Tab. 25. Differenza fra le medie dei SEL Arpae e AdB

Monitoraggi simultanei	Arpae MEDIA SEL dB(A)	AdB MEDIA SEL dB(A)	Differenza Δ SEL
P1 31/05/23	88,8	88,5	0,3
P1 23/11/23	91,0	91,0	/
P4 08/05/23	92,4	91,8	0,6
P4 07/12/23	80,6	81,6	1,0
P5 23/05/23	83,2	83,1	0,1
P6 27/04/23	90,9	90,8	0,1
P6 10/11/23	92,0	92,3	0,3

9. Confronto tra le serie di dati

Sono state anche condotte delle analisi statistiche per il confronto delle serie di dati. Tali analisi sono state applicate ai valori di Livello equivalente ($Leq(A)$) con tempo di integrazione di un secondo.

Per ogni stazione di misura sono state confrontate le serie di dati istantanei misurati dalla centralina del gestore SARA e da Arpae durante le misure simultanee. Sono stati eliminati i valori nulli riscontrati nel sistema SARA causati dalla mancata acquisizione del software in cabina che pertanto si riavvia senza acquisire i campioni in quei determinati secondi.

Al fine di individuare la presenza di eventuali errori casuali o sistematici, sono state effettuate le seguenti elaborazioni:

- tipologia di distribuzione: grafico QQ-plot. Si tratta di un grafico a dispersione che permette di osservare i quantili della variabile osservata con quelli di una distribuzione normale. Se la variabile ha una distribuzione normale i punti saranno vicini alla linea che indica la diagonale;
- tendenza centrale e dispersione, rappresentati con grafici box plot: media, mediana, I e III quartile, minimo, massimo. Si tratta di grafici per capire se la distribuzione è simmetrica o meno e per confrontare la forma di più distribuzioni. Ti permette di identificare in modo rapido valori anomali e outliers. In particolare la scatola rappresenta il 50% dei valori osservati, i baffi le code di distribuzione, i punti isolati i possibili outliers;
- correlazione: coefficiente di Pearson (parametrico), misura la covarianza normalizzata tra le due variabili. Il coefficiente di Spearman (non parametrico), misura la correlazione tra i ranghi delle due variabili. Il coefficiente di Kendall (non parametrico), esegue il confronto tra coppie ordinate (concordanti e discordanti). I metodi parametrici impongono come assunzione la normalità del dataset per calcolarne la significatività, mentre quelli non parametrici sono validi con qualsiasi distribuzione pur essendo meno potenti. Il metodo di Pearson è più sensibile agli outlier rispetto ai metodi di Spearman e Kendall.
- regressione ortogonale: intercetta e coefficiente angolare (scatter plot). La regressione ortogonale stima i parametri minimizzando la distanza dei punti dalla retta, misurata ortogonalmente alla retta stessa. Viene utilizzata per confrontare dataset affetti entrambi da errore. Eventuali disallineamenti tra i due dataset vengono evidenziati dai coefficienti di regressione.

Se la pendenza $\neq 1$, c'è un bias sistematico proporzionale.

Se l'intercetta $\neq 0$, c'è un bias sistematico costante.

Viene poi eseguita l'analisi dei residui per verificare l'esistenza di pattern non casuali. Nel caso in cui i residui non siano casuali avremo una distribuzione lontana dalla normalità. Un grafico dei residui che mostra una distribuzione casuale attorno allo zero suggerisce che il modello è appropriato. Al contrario, la presenza di pattern sistematici indica possibili problemi nel modello, come non linearità o eteroschedasticità (diversa varianza). Inoltre, punti isolati, possono evidenziare la presenza di outlier.

- dispersione: Bland Altman plot. Si tratta di un grafico a dispersione che permette di valutare la concordanza fra due misurazioni quantitative. Il grafico permette di individuare eventuali bias sistematici tra i due metodi e di valutare l'ampiezza delle differenze. Se la maggior parte dei punti si trova all'interno dei limiti di concordanza e non esiste un pattern evidente, si può concludere che i due metodi sono concordanti. I limiti di concordanza (o "limits of agreement") rappresentano l'intervallo entro cui ci si aspetta che cadano la maggior parte delle differenze tra due metodi di misurazione. Nelle seguenti analisi dei dati, sono state impostati come la media delle differenze $\pm 1,96$ volte la deviazione standard delle differenze.

Si ritengono maggiormente significative per i fini dell'analisi, le evidenze che emergono dall'elaborazione delle differenze tra i due dataset.

9.1. P1 Bargellino - 31/05/23

Le misure in parallelo effettuate il 31/05/2023 presso la centralina di Bargellino sono state condotte per circa 3 ore, pertanto, sono state analizzate 10421 coppie di dati di Leq istantaneo.

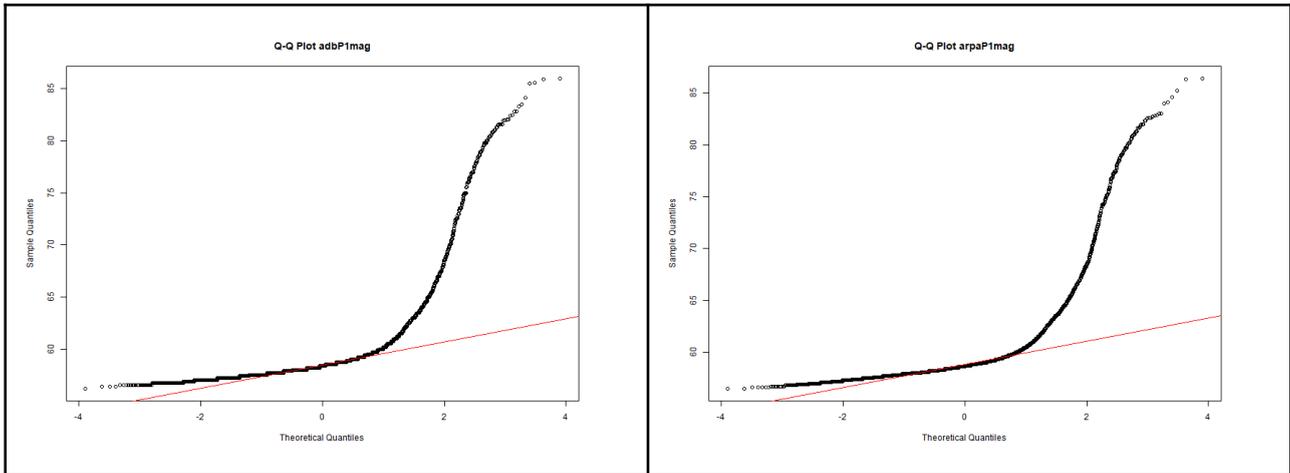


Fig. 34. - Fig. 35. Q-Q plot serie dati AdB e Arpae per P1 Bargellino del 31/05/23

Dai due grafici (figg. n.34 e n.35) si evince che le variabili osservate non hanno una distribuzione normale in quanto i punti si discostano dalla linea che indica la diagonale.

Il box plot di figura 36 presenta una dispersione contenuta per entrambe le serie.

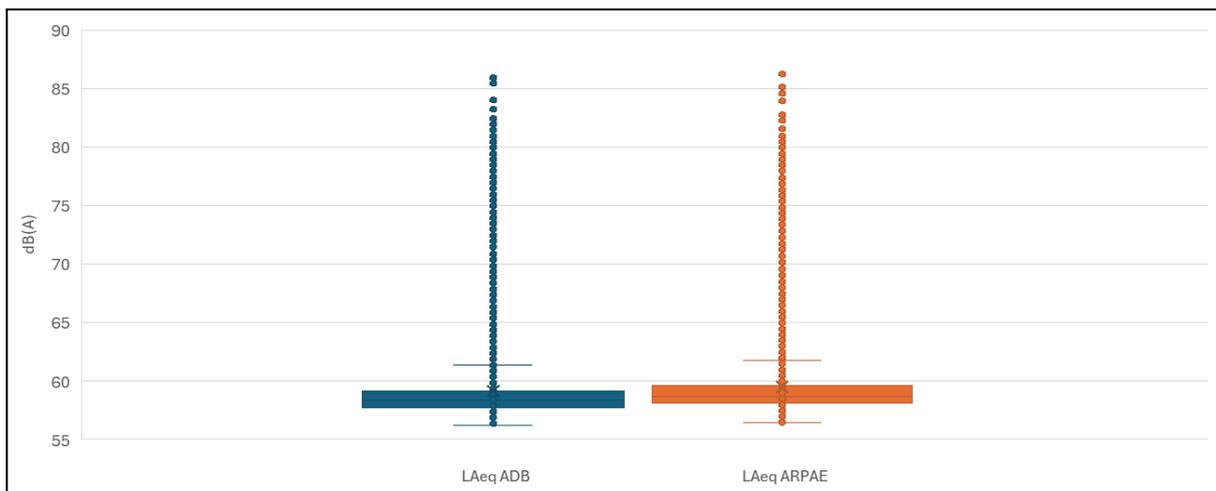


Fig. 36. Box plot serie istantanee per P1 Bargellino del 31/05/23

	AdB	Arpae
VALORE MINIMO	56,20	56,50
PRIMO QUARTILE	57,70	58,10
VALORE MEDIANO	58,40	58,70
MEDIA	59,18	59,50
TERZO QUARTILE	59,20	59,60
VALORE MASSIMO	86,00	86,40
DEVIAZIONE STANDARD	3,01	3,03

Tab. 26. Parametri box plot P1 Bargellino del 31/05/23

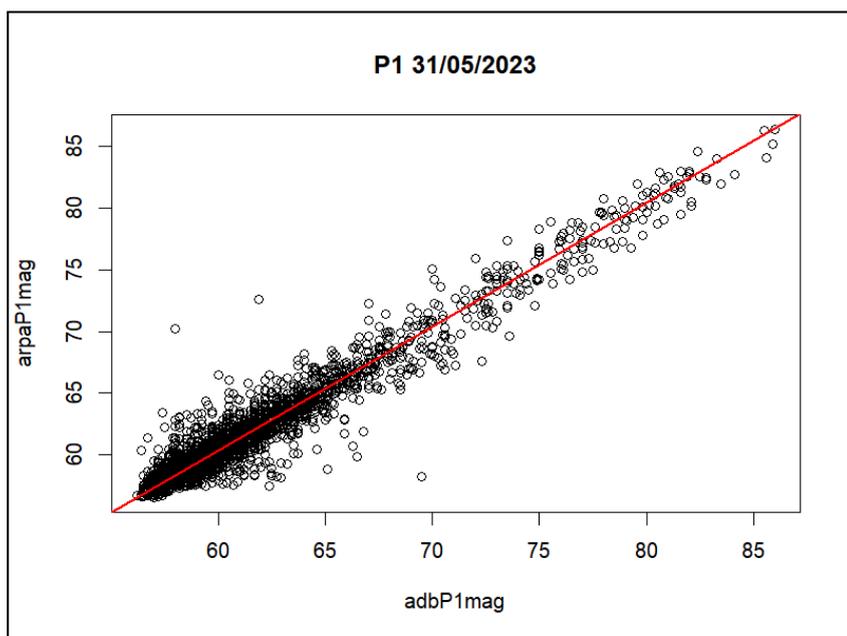


Fig. 37. Scatter plot confronto Leq per P1 Bargellino del 31/05/2023

Lo scatter plot, riportato in figura 37, evidenzia una buona correlazione lineare tra i dataset con un coefficiente di correlazione di Pearson pari a 0,971, Spearman 0,881, Kendall 0,744. La retta di regressione è caratterizzata da un coefficiente angolare b_1 pari a 1,006 e intercetta -0,077.

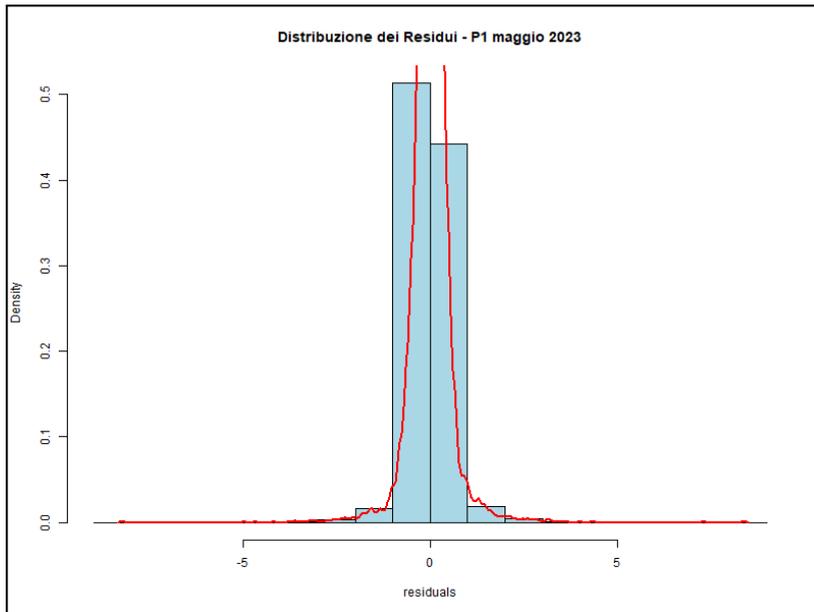


Fig. 38. Distribuzione del dataset dei residui per P1 Bargellino del 31/05/2023

La distribuzione del dataset dei residui, evidenzia una buona approssimazione alla distribuzione normale e di conseguenza la casualità dei residui.

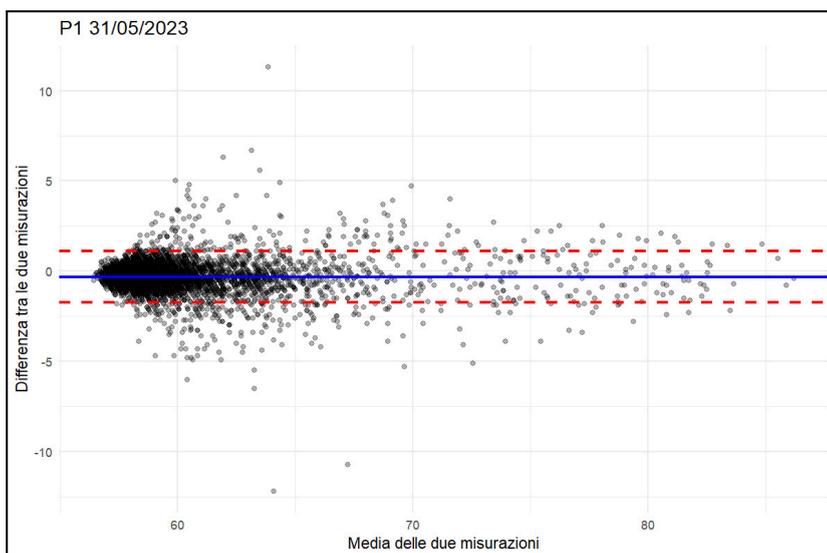


Fig. 39. Bland Altman plot per P1 Bargellino del 31/05/2023

Considerazioni

Le elaborazioni effettuate non evidenziano scostamenti tra i due dataset che necessitano di analisi ulteriori.

9.2. P1 Bargellino - 23/11/23

Le misure in parallelo effettuate il 23/11/2023 presso la centralina di Bargellino sono state condotte per circa 2 ore, pertanto, sono state analizzate 8057 coppie di dati di Leq istantaneo.

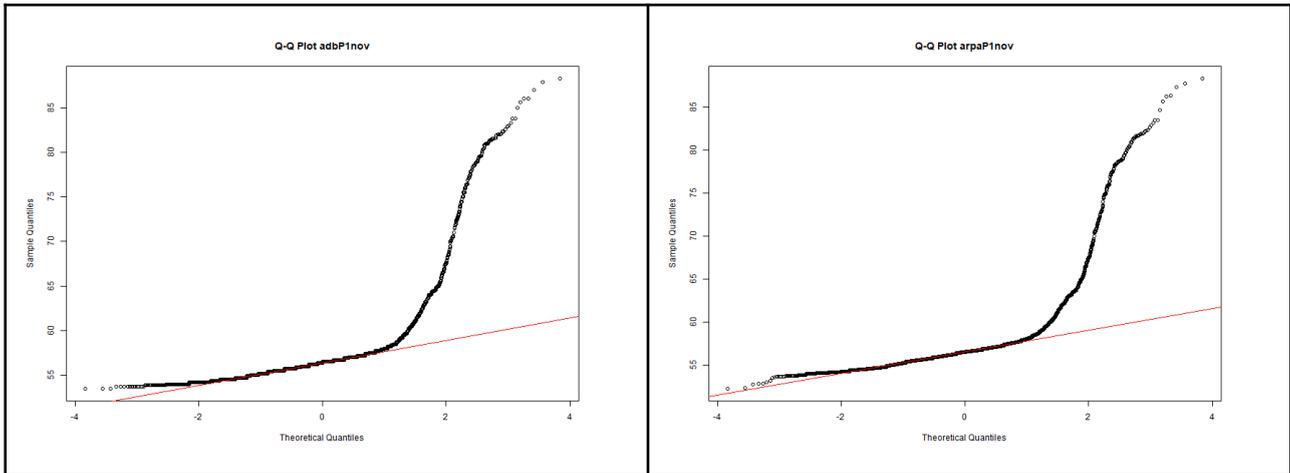


Fig. 40. - Fig. 41. Q-Q plot serie dati AdB e Arpae per P1 Bargellino del 23/11/23

Dai due grafici (figg. n.40 e n.41) si evince che le variabili osservate non hanno una distribuzione normale in quanto i punti si discostano dalla linea che indica la diagonale.

Il box plot di figura 42 presenta una dispersione contenuta per entrambe le serie.

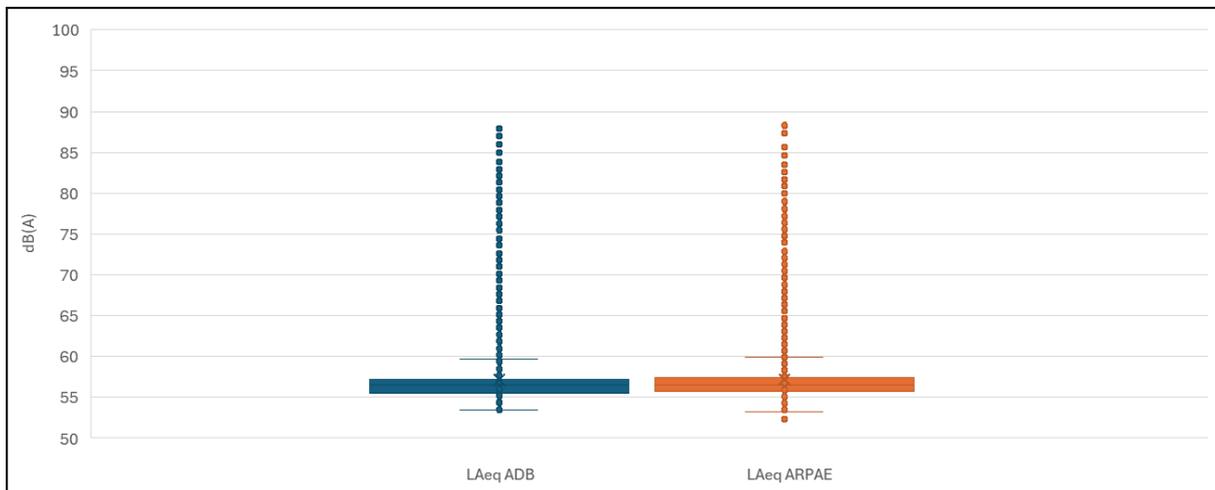


Fig. 42. Box plot serie istantanee per P1 Bargellino del 23/11/23

	AdB	Arpae
VALORE MINIMO	53,50	52,30
PRIMO QUARTILE	55,50	55,70
VALORE MEDIANO	56,50	56,50
MEDIA	57,11	57,20
TERZO QUARTILE	57,20	57,40
VALORE MASSIMO	88,30	88,30
DEVIAZIONE STANDARD	3,51	3,44

Tab. 27. Parametri box plot P1 Bargellino del 23/11/23

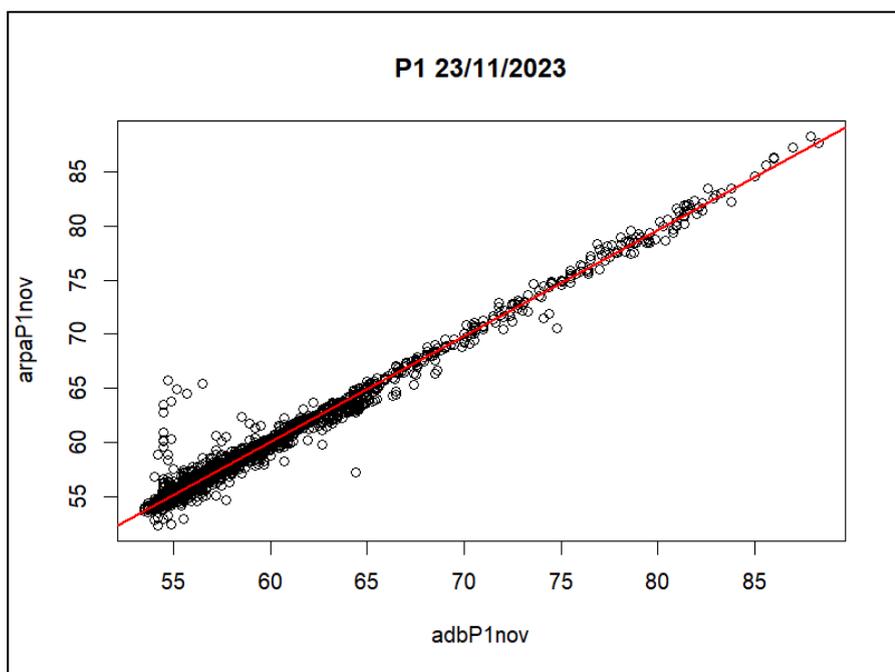


Fig. 43. Scatter plot confronto Leq per P1 Bargellino del 23/11/2023

Lo scatter plot, riportato in figura 43, evidenzia una buona correlazione lineare caratterizzata da un coefficiente di correlazione lineare di Pearson pari a 0,991, Spearman 0,974, Kendall 0,917. Il coefficiente angolare b_1 della retta risulta pari a 0,979, mentre l'intercetta vale 1,272.

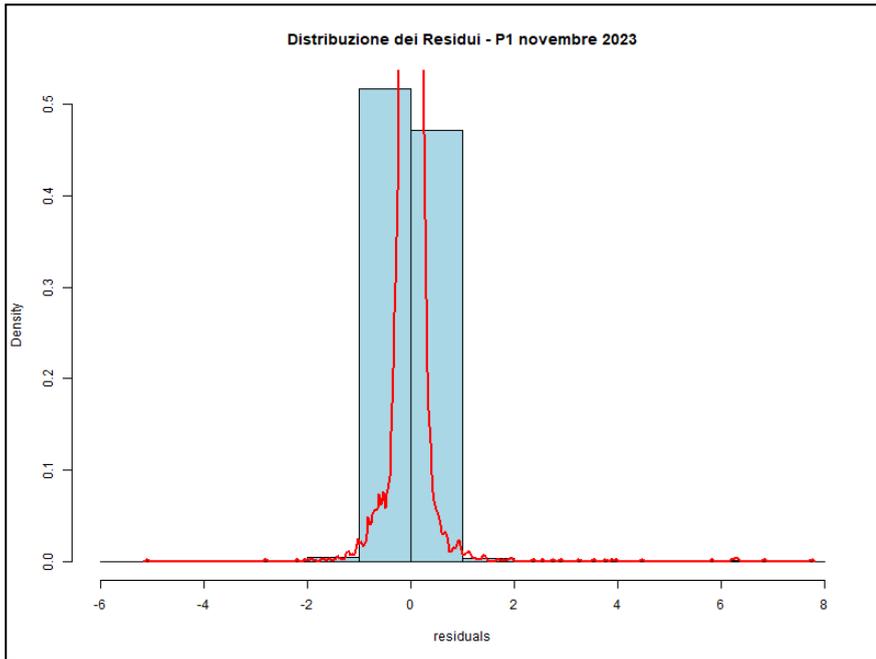


Fig. 44. Distribuzione del dataset dei residui per P1 Bargellino de 23/11/2023

La distribuzione del dataset dei residui, evidenzia una leggera asimmetria nella distribuzione e di conseguenza la presenza di un pattern nei residui.

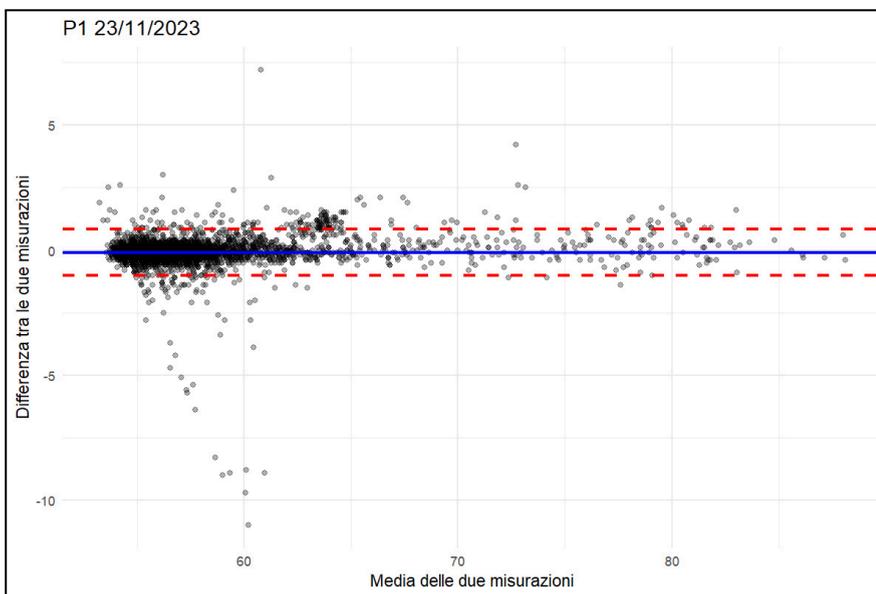


Fig. 45. Bland Altman plot per P1 Bargellino del 23/11/2023

Il grafico evidenzia una leggera asimmetria nelle differenze per valori delle medie inferiori a 60 dB(A).

Considerazioni

Le elaborazioni effettuate non evidenziano scostamenti tra i due dataset che necessitano di analisi ulteriori in quanto la soglia impostata per la registrazione degli eventi, nella centralina di AdB SARA, è di 68.5 dB(A).

9.3. P4 Lippo - 08/05/23

Le misure in parallelo effettuate il 23/11/2023 presso la centralina di Bargellino sono state condotte per circa 3 ore e mezza, pertanto, sono state analizzate 12037 coppie di dati di Leq istantaneo.

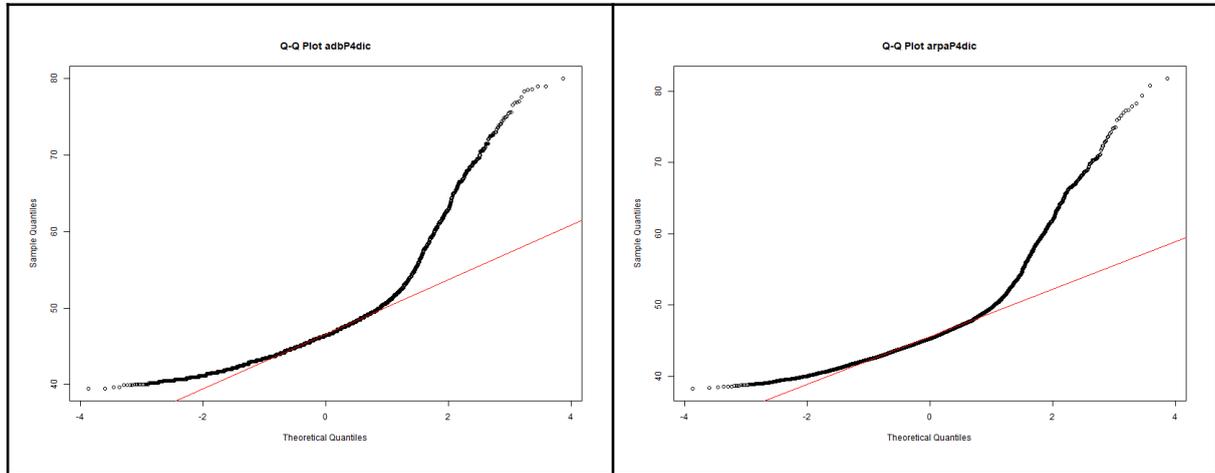


Fig. 46. - Fig. 47. Q-Q plot serie dati AdB e Arpae per P4 Lippo del 08/05/23

Dai due grafici (figg. n.39 e n.40) si evince che le variabili osservate non hanno una distribuzione normale in quanto i punti si discostano dalla linea che indica la diagonale.

Il box plot di figura 48 presenta una dispersione contenuta per entrambe le serie.

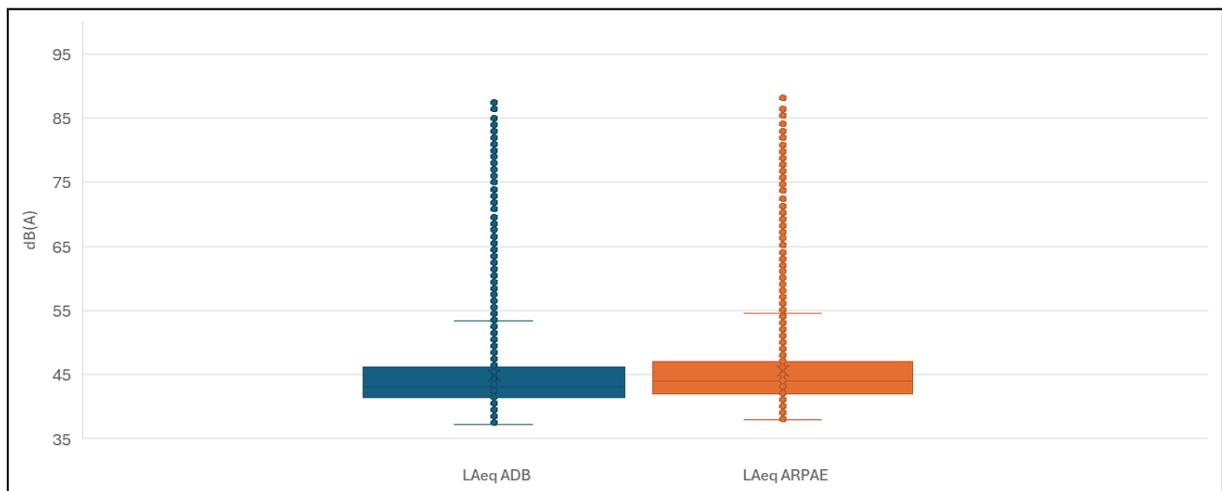


Fig. 48. Box plot serie istantanee per P4 Lippo del 08/05/23

	AdB	Arpae
VALORE MINIMO	37,20	38,00
PRIMO QUARTILE	41,40	42,00
VALORE MEDIANO	43,20	44,00
MEDIA	44,88	45,61
TERZO QUARTILE	46,20	47,00
VALORE MASSIMO	87,50	88,20
DEVIAZIONE STANDARD	6,19	6,18

Tab. 28. Parametri box plot per P4 Lippo del 08/05/23

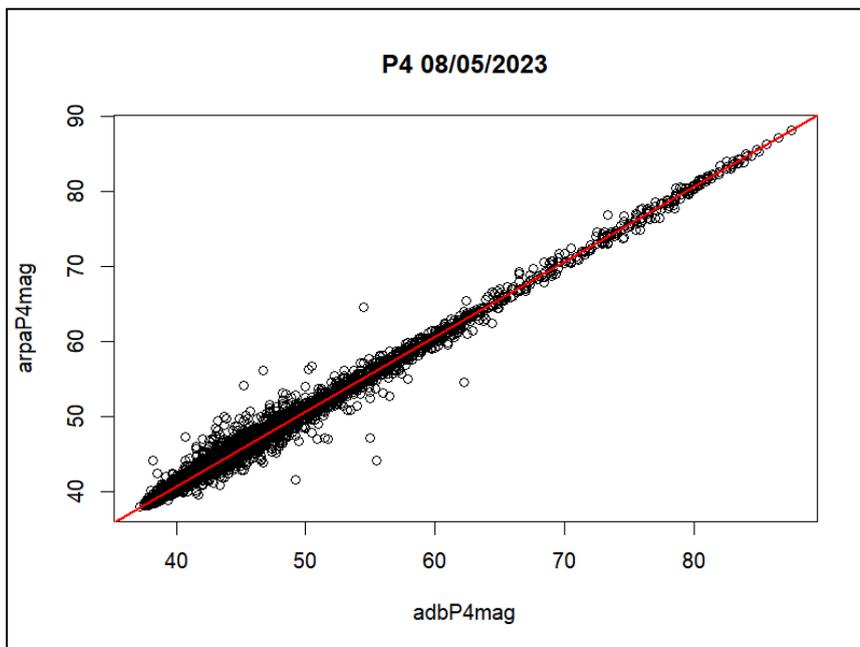


Fig. 49. Scatter plot confronto Leq per P4 Lippo del 08/05/2023

Lo scatter plot, riportato in figura 49, evidenzia una buona correlazione lineare caratterizzata da un coefficiente di correlazione lineare di Pearson pari a 0,995. Spearman 0,989, Kendall 0,933.

Il coefficiente angolare b_1 della retta risulta pari a 0,999, mentre l'intercetta vale 0,765.

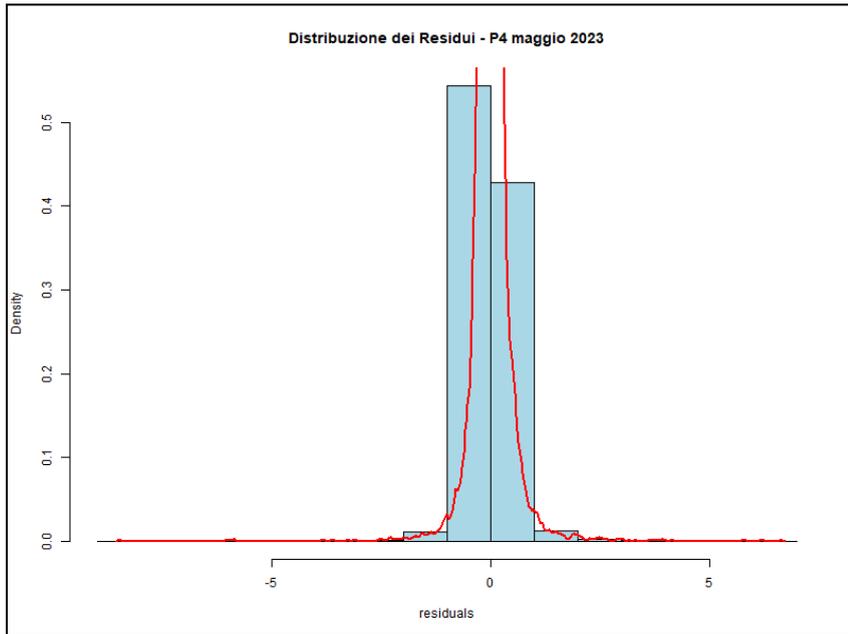


Fig. 50. Distribuzione del dataset dei residui per P4 Lippo del 08/05/2023

La distribuzione del dataset dei residui, evidenzia una buona approssimazione alla distribuzione normale e di conseguenza la casualità dei residui.

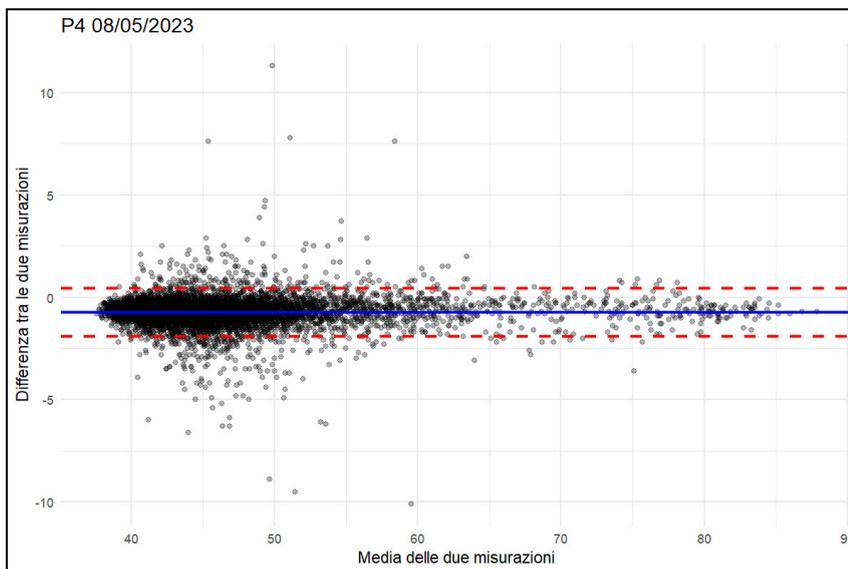


Fig. 51. Bland Altman plot per P4 Lippo del 08/05/2023

Considerazioni

Le elaborazioni effettuate non evidenziano scostamenti tra i due dataset che necessitano di analisi ulteriori.

9.4. P4 Lippo - 07/12/23

Le misure in parallelo effettuate il 07/12/2023 presso la centralina di Bargellino sono state condotte per circa 2 ore e mezza, pertanto, sono state analizzate 9107 coppie di dati di Leq istantaneo.

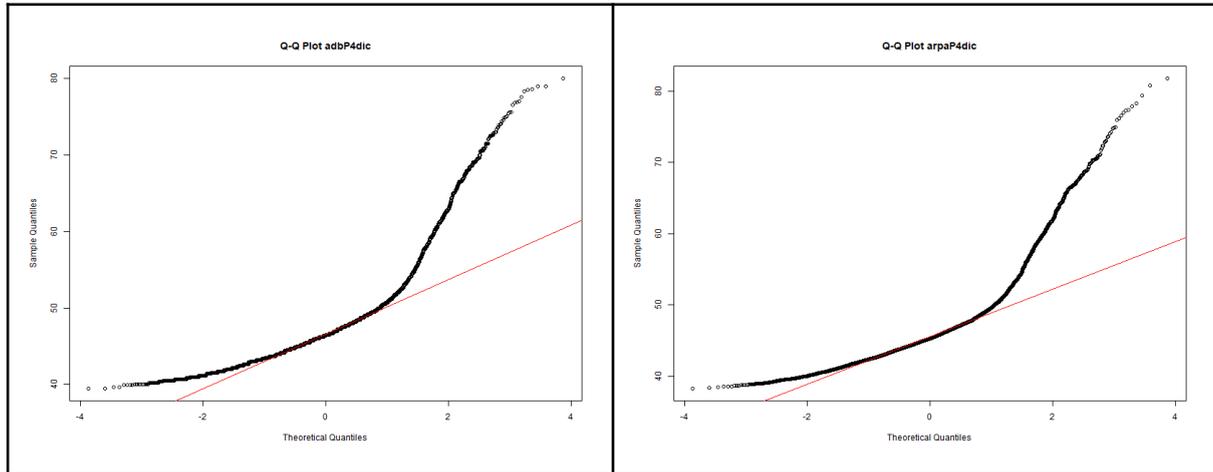


Fig. 52. - Fig. 53. Q-Q plot serie dati AdB e Arpae per P4 Lippo del 07/12/23

Dai due grafici (figg. n.52 e n.53) si evince che le variabili osservate non hanno una distribuzione normale in quanto i punti si discostano dalla linea che indica la diagonale.

Il box plot di figura 54 presenta una dispersione contenuta per entrambe le serie.

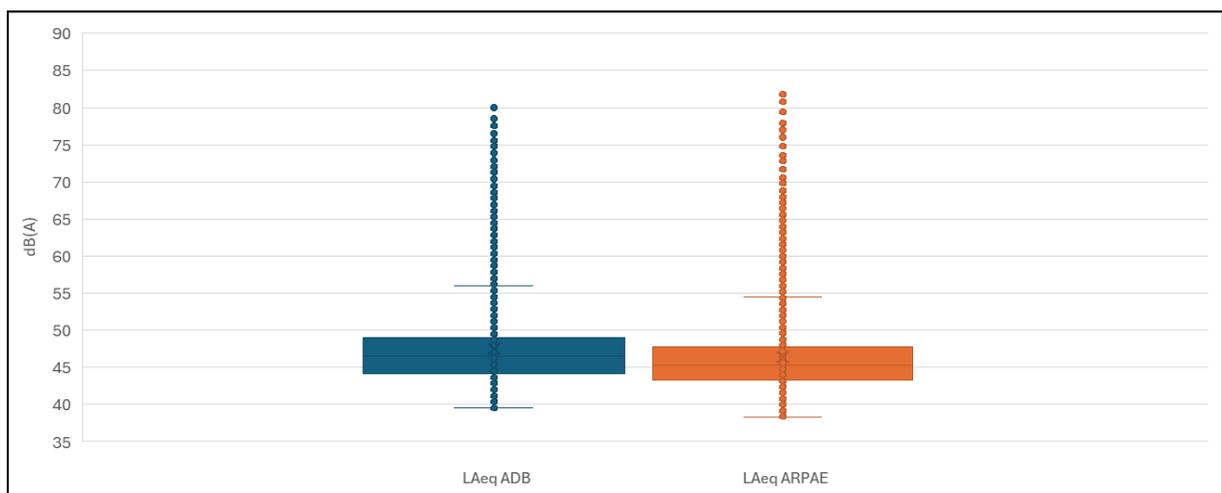


Fig. 54. Box plot serie istantanee per P4 Lippo del 07/12/23

	AdB	Arpae
VALORE MINIMO	39,50	38,30
PRIMO QUARTILE	44,20	43,30
VALORE MEDIANO	46,50	45,30
MEDIA	47,50	46,40
TERZO QUARTILE	49,00	47,80
VALORE MASSIMO	80,00	81,80
DEVIAZIONE STANDARD	5,14	5,14

Tab. 29. Parametri box plot per P4 Lippo del 07/12/23

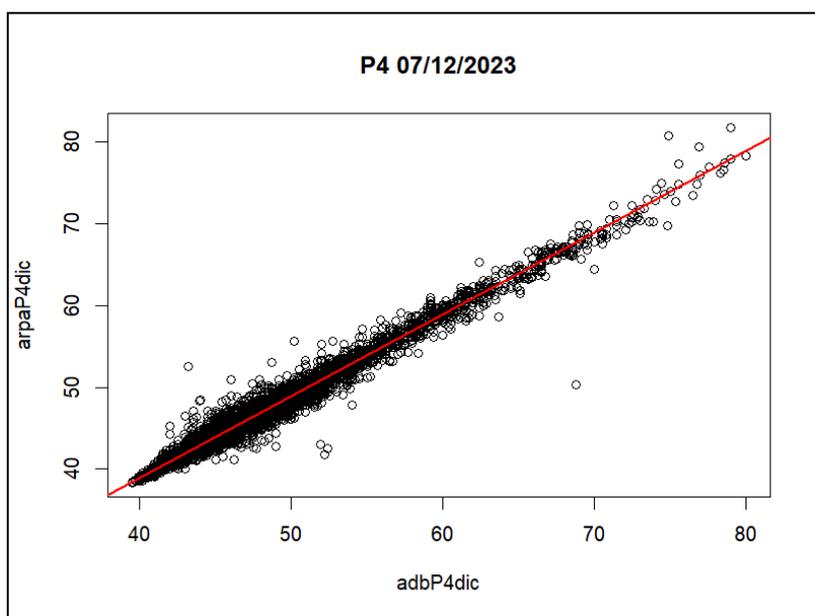


Fig. 55. Scatter plot confronto Leq per P4 Lippo del 07/12/23

Lo scatter plot, riportato in figura 55, evidenzia una buona correlazione lineare caratterizzata da un coefficiente di correlazione lineare di Pearson pari a 0,987. Spearman 0,973, Kendall 0,884.

Il coefficiente angolare b_1 della retta risulta pari a 0,999, mentre l'intercetta vale -1,087.

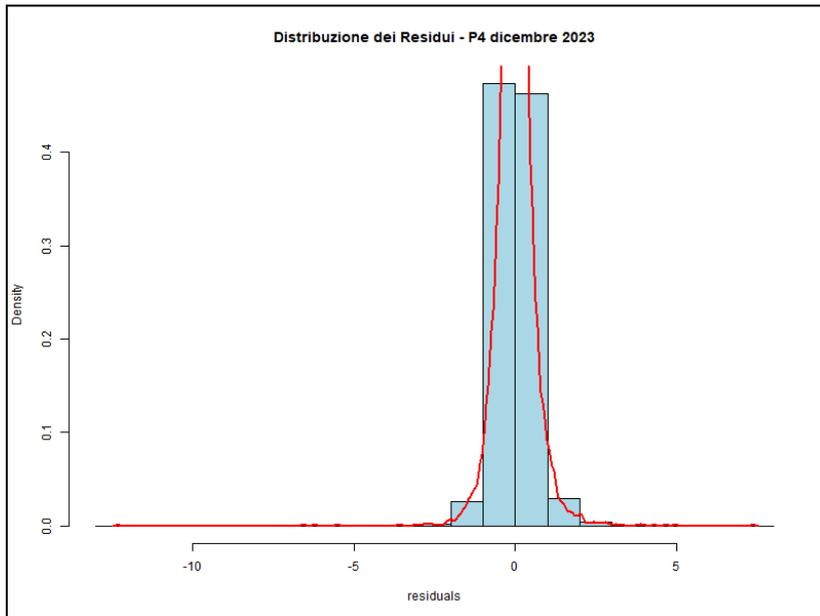


Fig. 56. Distribuzione del dataset dei residui per P4 Lippo del 07/12/23

La distribuzione del dataset dei residui, evidenzia una buona approssimazione alla distribuzione normale e di conseguenza la casualità dei residui.

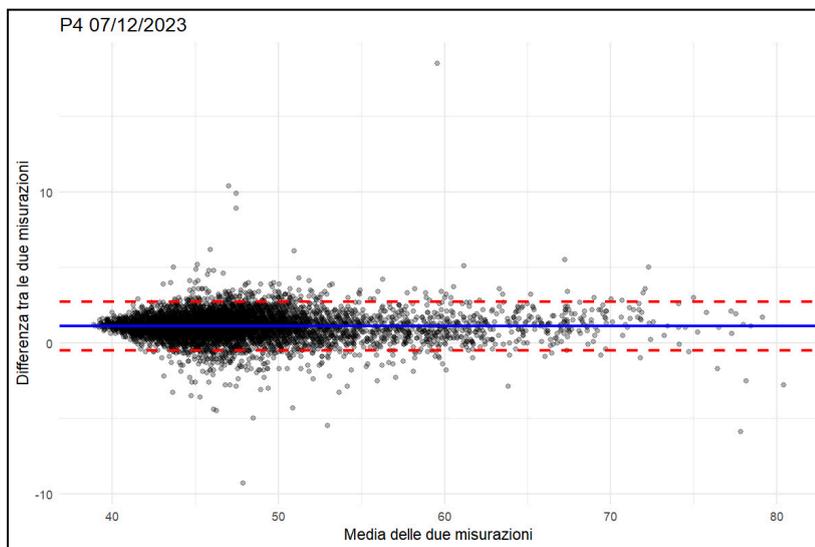


Fig. 57. Bland Altman plot per P4 Lippo del 07/12/23

Considerazioni

Le elaborazioni effettuate non evidenziano scostamenti tra i due dataset che necessitano di analisi ulteriori.

9.5. P5 Zanardi Noce - 23/05/23

Le misure in parallelo effettuate il 23/05/2023 presso la centralina di Bargellino sono state condotte per circa 3 ore, pertanto, sono state analizzate 10673 coppie di dati di Leq istantaneo.

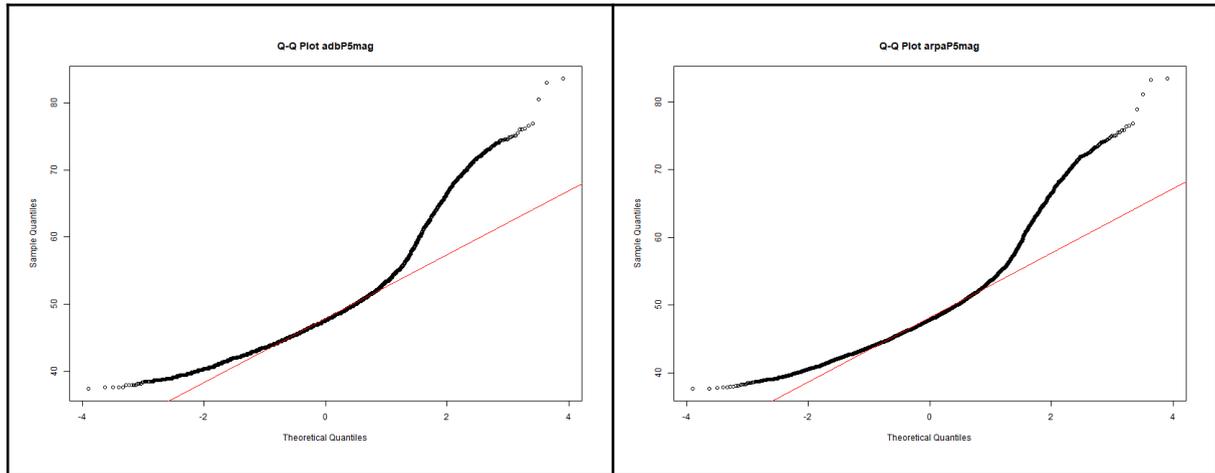


Fig. 58. - Fig. 59. Q-Q plot serie dati AdB e Arpae per P5 Zanardi Noce del 23/05/23

Dai due grafici (figg. n.58 e n.59) si evince che le variabili osservate non hanno una distribuzione normale in quanto i punti si discostano dalla linea che indica la diagonale.

Il box plot di figura 60 presenta una dispersione contenuta per entrambe le serie.

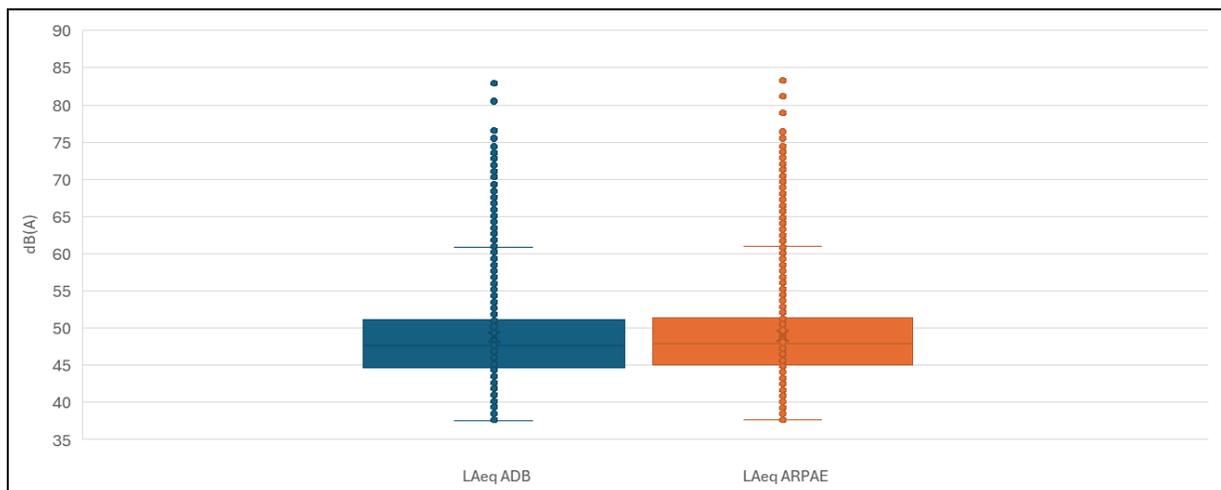


Fig. 60. Box plot serie istantanee per P5 Zanardi Noce del 23/05/23

	AdB	Arpae
VALORE MINIMO	37,50	37,70
PRIMO QUARTILE	44,70	45,00
VALORE MEDIANO	47,70	47,90
MEDIA	48,78	48,98
TERZO QUARTILE	51,10	51,40
VALORE MASSIMO	83,60	83,50
DEVIAZIONE STANDARD	6,04	6,04

Tab. 30. Parametri box plot per P5 Zanardi Noce del 23/05/23

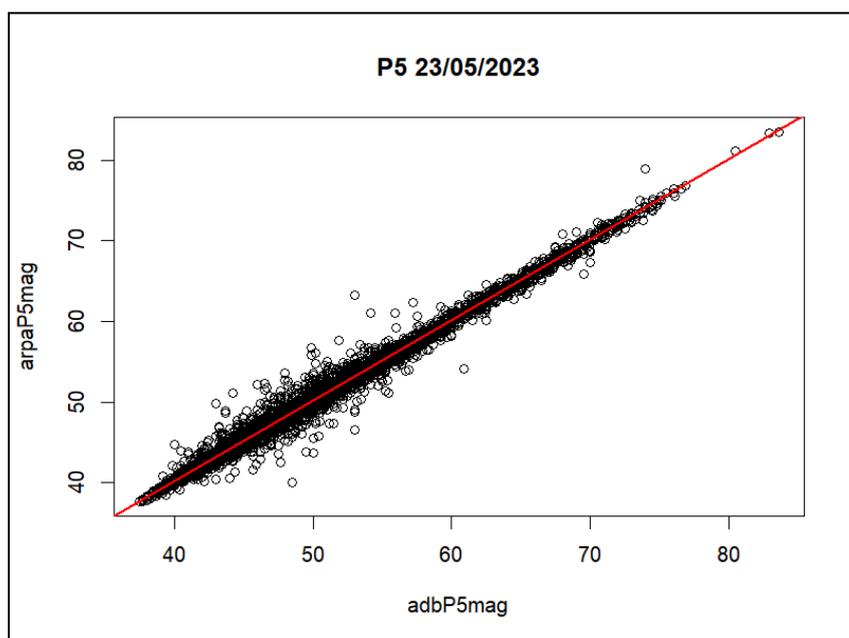


Fig. 61. Scatter plot confronto Leq per P5 Zanardi Noce del 23/05/23

Lo scatter plot, riportato in figura 61, evidenzia una buona correlazione lineare caratterizzata da un coefficiente di correlazione lineare di Pearson pari a 0,994, Spearman 0,989, Kendall 0,936.

Il coefficiente angolare b_1 della retta risulta pari a 0,999, mentre l'intercetta vale 0,201.

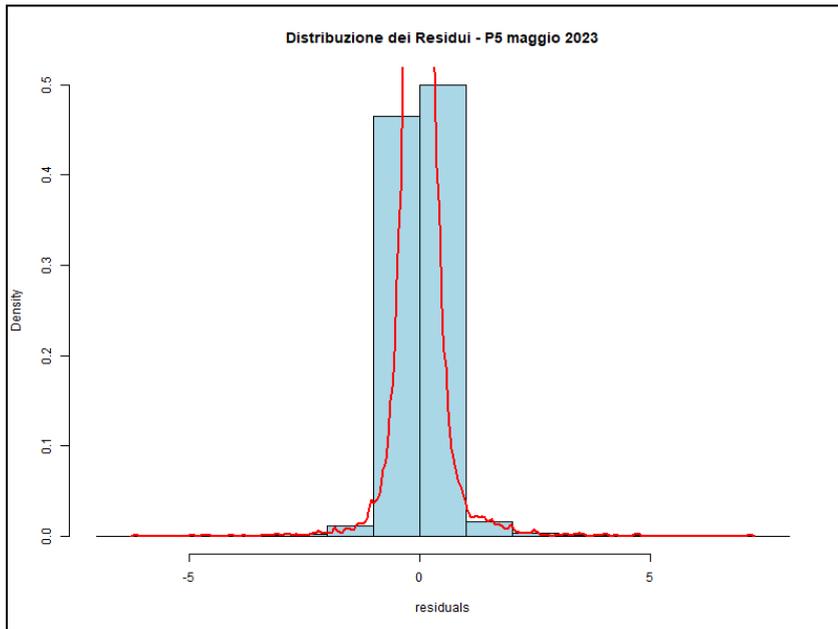


Fig. 62. Distribuzione del dataset dei residui per P5 Zanardi Noce del 23/05/23

La distribuzione del dataset dei residui, evidenzia una buona approssimazione alla distribuzione normale e di conseguenza la casualità dei residui.

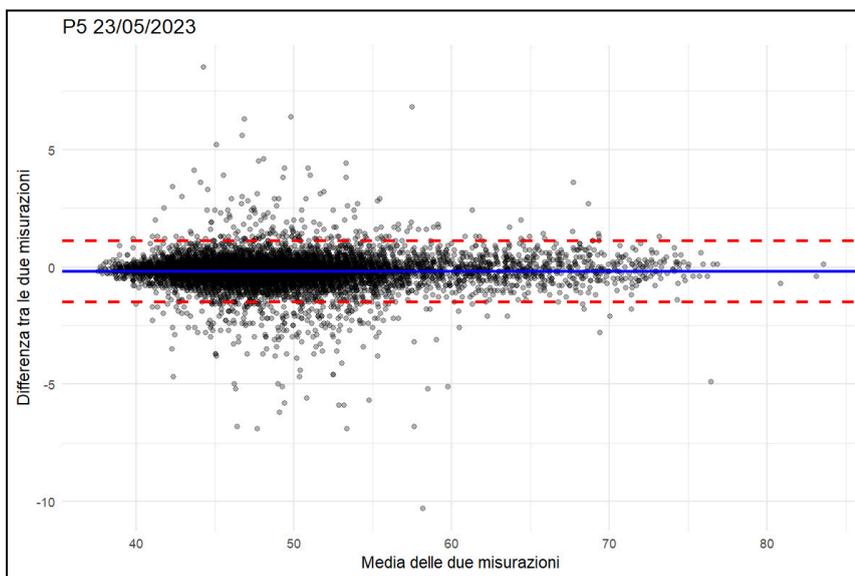


Fig. 63. Bland Altman plot per P5 Zanardi Noce del 23/05/23

Considerazioni

Le elaborazioni effettuate non evidenziano scostamenti tra i due dataset che necessitano di analisi ulteriori.

9.6. P5 Zanardi Noce - 15/11/23

Le misure in parallelo effettuate il 15/11/2023 presso la centralina di Bargellino sono state condotte per circa 2 ore e mezza, pertanto, sono state analizzate 9008 coppie di dati di Leq istantaneo.

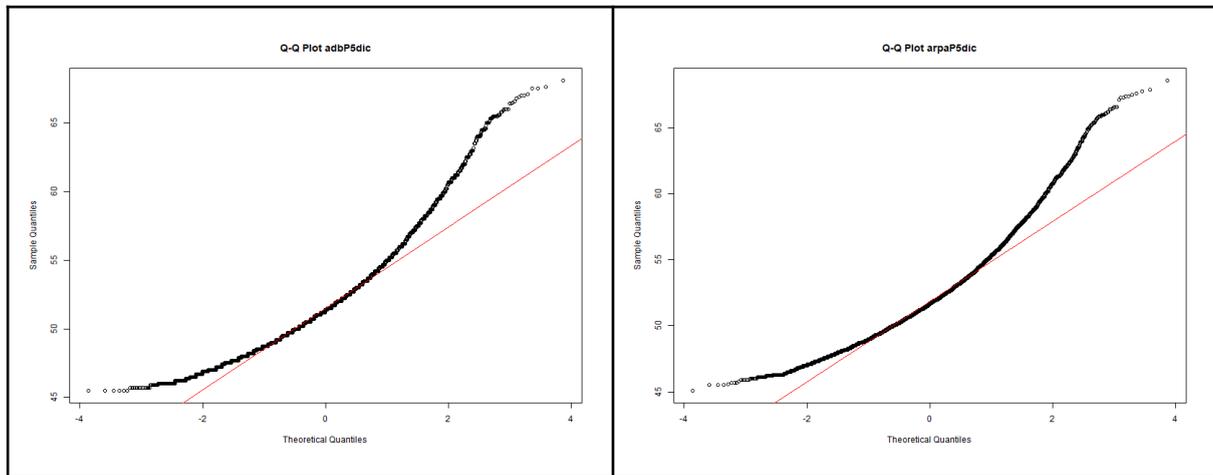


Fig. 64. - Fig. 65. Q-Q plot serie dati AdB e Arpae per P5 Zanardi Noce del 15/11/23

Dai due grafici (figg. n.64 e n. 65) si evince che le variabili osservate non hanno una distribuzione normale in quanto i punti si discostano dalla linea che indica la diagonale.

Il box plot di figura 66 presenta una dispersione contenuta per entrambe le serie.

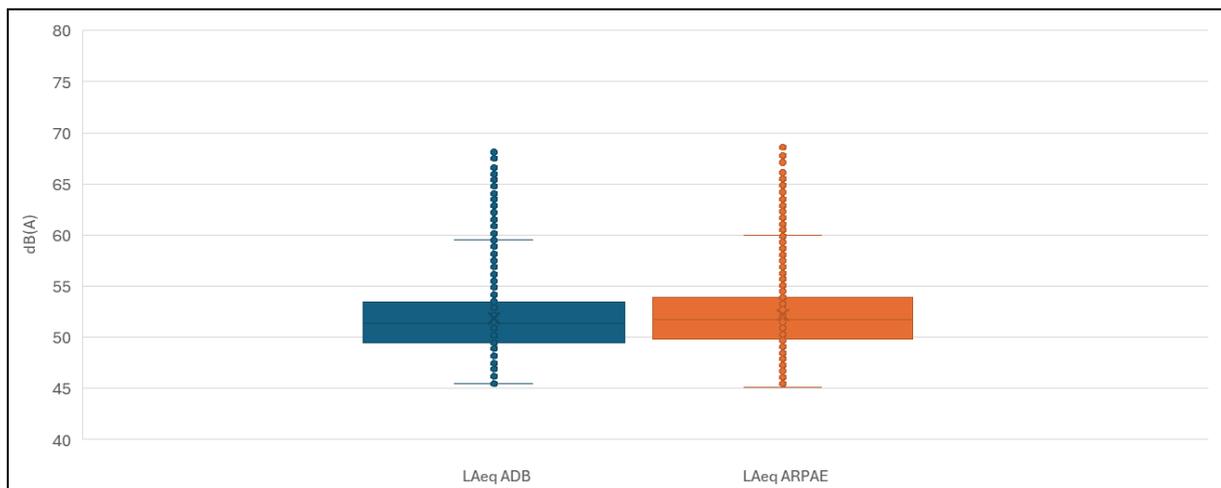


Fig. 66. Box plot serie istantanee per P5 Zanardi Noce del 15/11/23

	AdB	Arpae
VALORE MINIMO	45,50	45,10
PRIMO QUARTILE	49,50	49,80
VALORE MEDIANO	51,40	51,70
MEDIA	51,86	52,18
TERZO QUARTILE	53,50	53,90
VALORE MASSIMO	68,10	68,60
DEVIAZIONE STANDARD	3,38	3,39

Tab. 31. Parametri box plot per P5 Zanardi Noce del 15/11/23

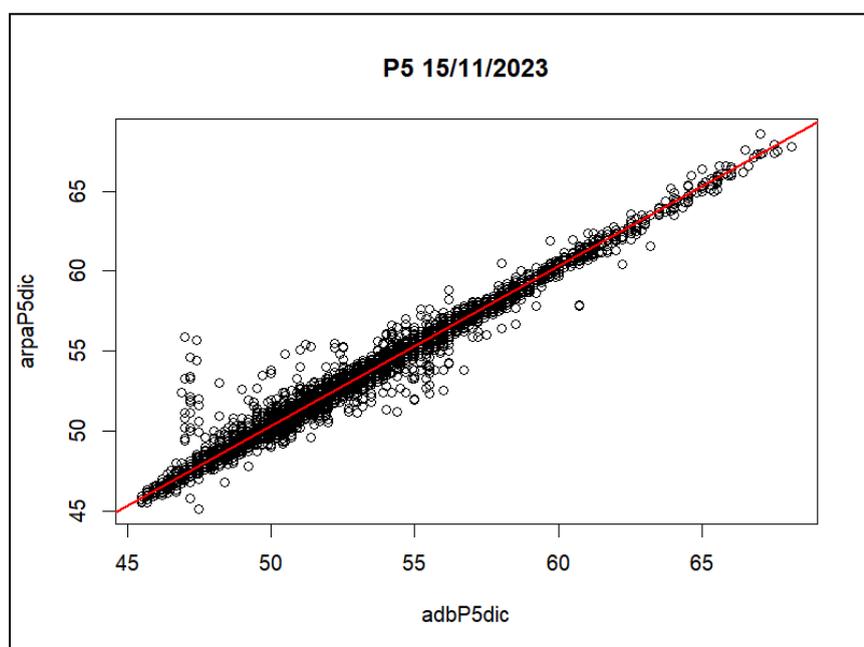


Fig. 67. Scatter plot confronto Leq per P5 Zanardi Noce del 15/11/23

Lo scatter plot, riportato in figura 67, evidenzia una buona correlazione lineare caratterizzata da un coefficiente di correlazione lineare di Pearson pari a 0,990. Spearman 0,987, Kendall 0,938.

Il coefficiente angolare b_1 della retta risulta pari a 1,001, mentre l'intercetta vale 0,218.

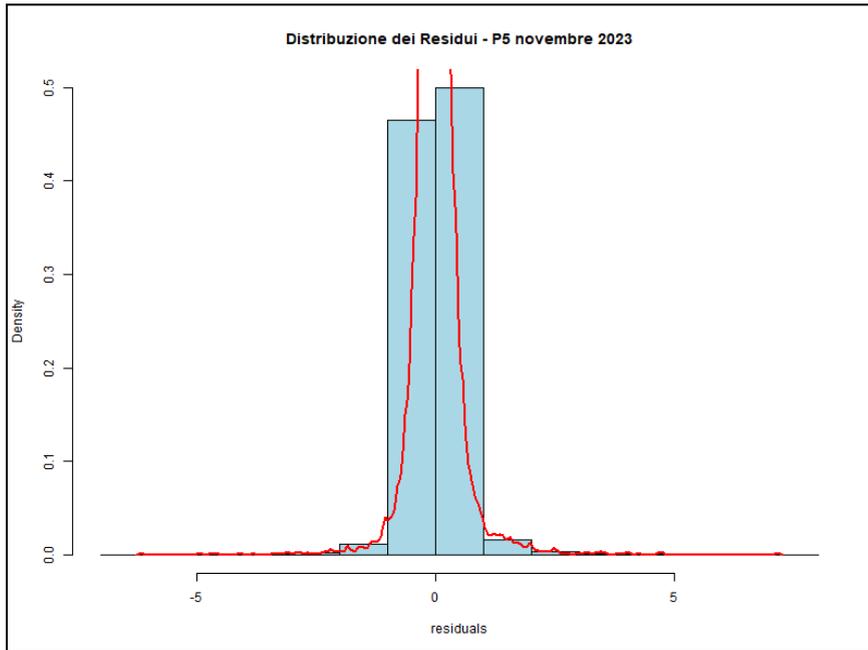


Fig. 68. Distribuzione del dataset dei residui per P5 Zanardi Noce del 15/11/23

La distribuzione del dataset dei residui, evidenzia una buona approssimazione alla distribuzione normale e di conseguenza la casualità dei residui.

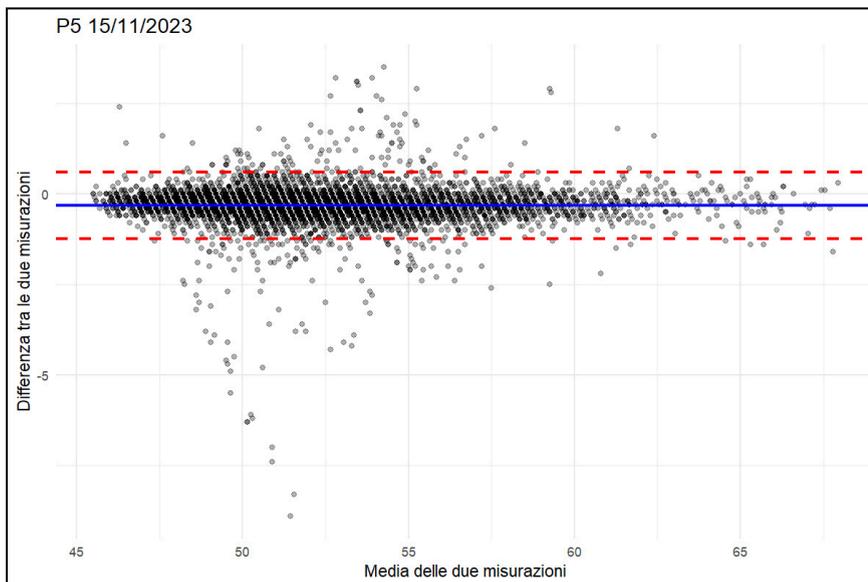


Fig. 69. Bland Altman plot per P5 Zanardi Noce del 15/11/23

Il grafico evidenzia una leggera asimmetria nelle differenze per valori delle medie inferiori a 60 dB(A).

Considerazioni

Le elaborazioni effettuate non evidenziano scostamenti tra i due dataset che necessitano di analisi ulteriori in quanto la soglia impostata per la registrazione degli eventi, nella centralina AdB SARA, è di 65 dB(A).

9.7. P6 Centro Pizzoli - 27/04/23

Le misure in parallelo effettuate il 27/04/2023 presso la centralina di Bargellino sono state condotte per circa 4 ore, pertanto, sono state analizzate 13839 coppie di dati di Leq istantaneo.

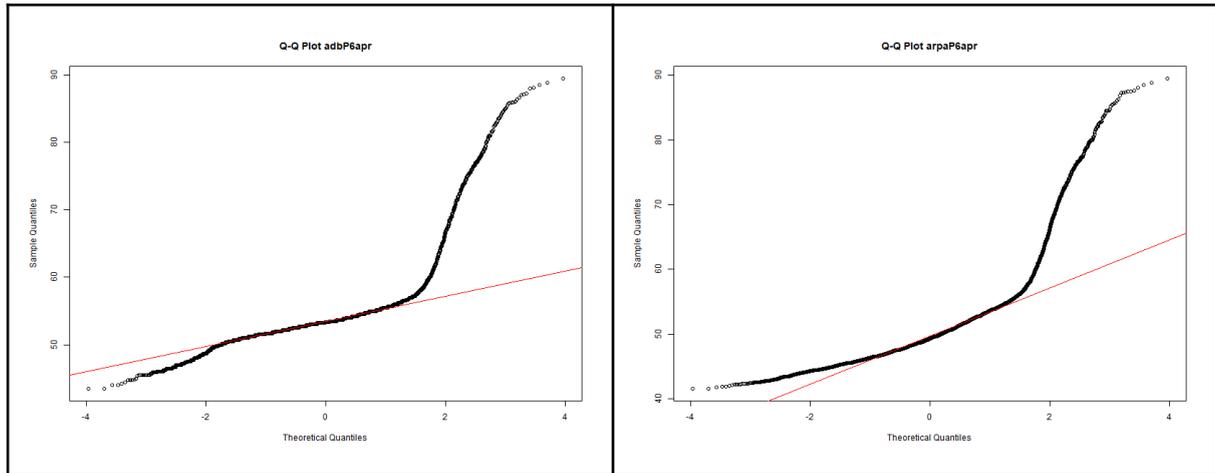


Fig. 70. - Fig. 71. Q-Q plot serie dati AdB e Arpae per P6 Centro Pizzoli del 27/04/23

Dai due grafici (figg. n.70 e n.71) si evince che le variabili osservate non hanno una distribuzione normale in quanto i punti si discostano dalla linea che indica la diagonale.

Il box plot di figura 72 presenta una diversa dispersione e una differente tendenza centrale delle due serie di dati.

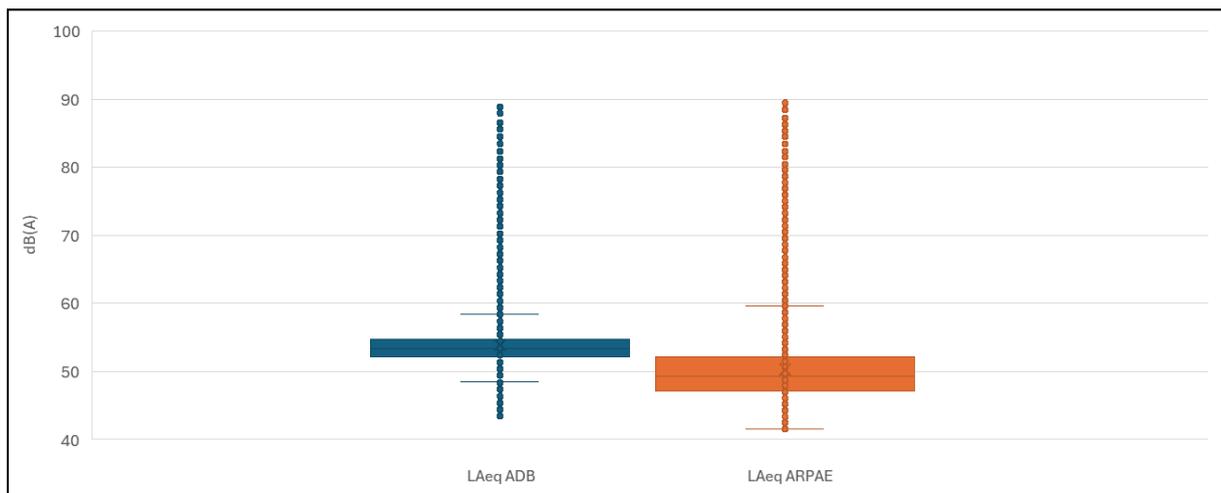


Fig. 72. Box plot serie istantanee per P6 Centro Pizzoli del 27/04/23

	AdB	Arpae
VALORE MINIMO	43,50	41,60
PRIMO QUARTILE	52,20	47,20
VALORE MEDIANO	53,40	49,30
MEDIA	53,94	50,30
TERZO QUARTILE	54,70	52,20
VALORE MASSIMO	89,50	89,50
DEVIAZIONE STANDARD	3,96	5,17

Tab. 32. Parametri box plot per P6 Centro Pizzoli del 27/04/23

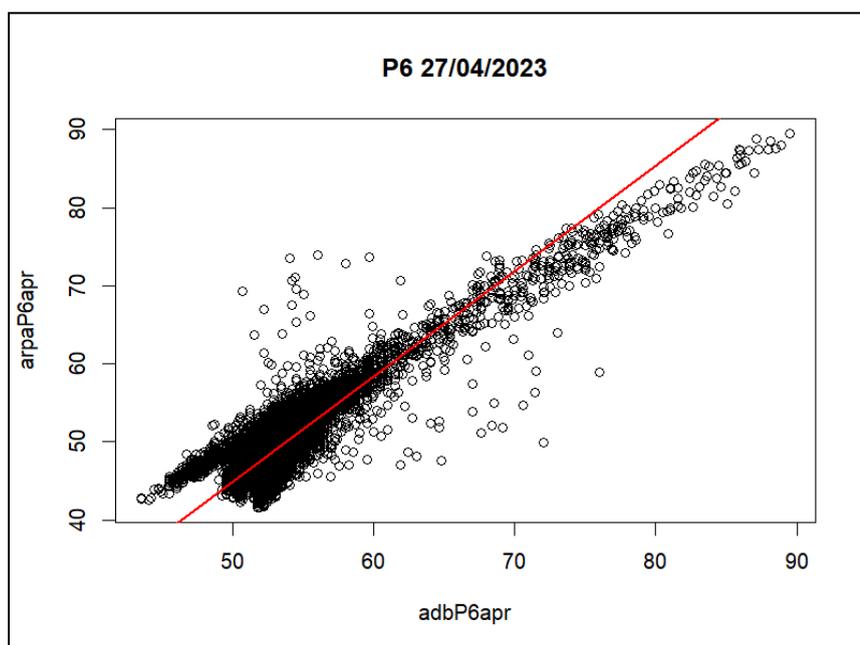


Fig. 73. Scatter plot confronto Leq per per P6 Centro Pizzoli del 27/04/23

Lo scatter plot, riportato in figura 73, evidenzia una correlazione lineare decisamente minore rispetto agli altri dataset, caratterizzata da un coefficiente di correlazione lineare di Pearson pari a 0,891, Spearman 0,770, Kendall 0,594.

Il coefficiente angolare b_1 della retta risulta pari a 1,348, mentre l'intercetta vale -22,435.

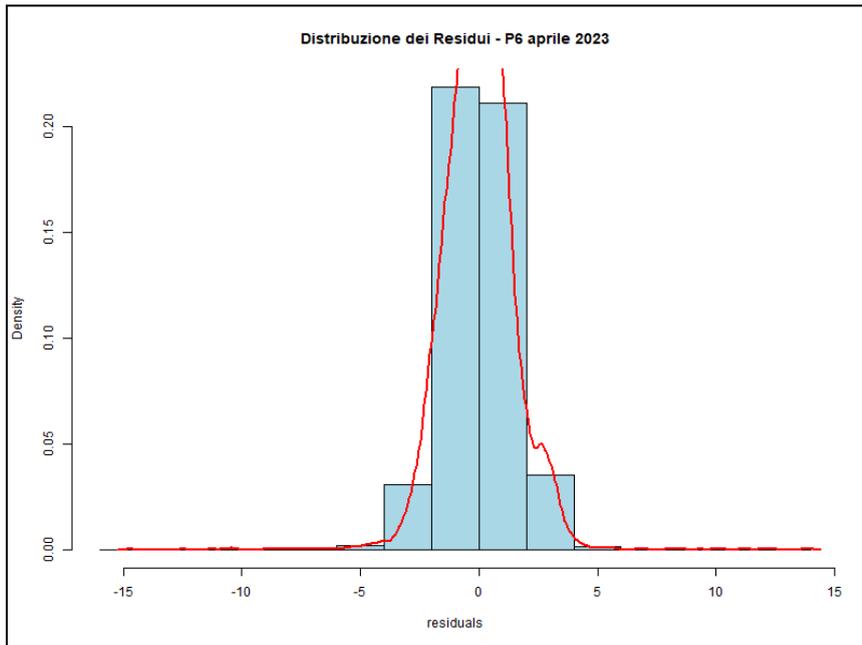


Fig. 74. Distribuzione del dataset dei residui per P6 Centro Pizzoli del 27/04/23

La distribuzione del dataset dei residui è leggermente bimodale ed evidenzia la presenza di un pattern rilevante.

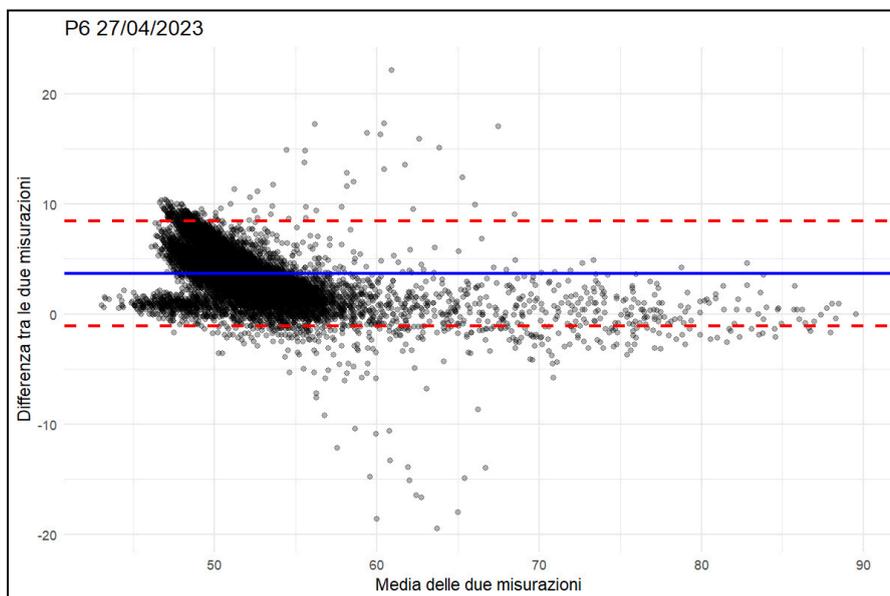


Fig. 75. Bland Altman plot per P6 Centro Pizzoli del 27/04/23

Il grafico evidenzia una rilevante asimmetria nelle differenze per valori delle medie inferiori a 50 dB(A).

Considerazioni

La scarsa correlazione fra le due serie di dati evidenziata dall'analisi statistica, pur in presenza di un'ottima corrispondenza tra i parametri acustici del Leq, SEL ed LMax, come evidenziato al punto 8.1.1.7, ha reso necessaria la disamina della storia temporale mettendo a confronto quella delle due misure di cui alla figura 76 si riporta uno stralcio.

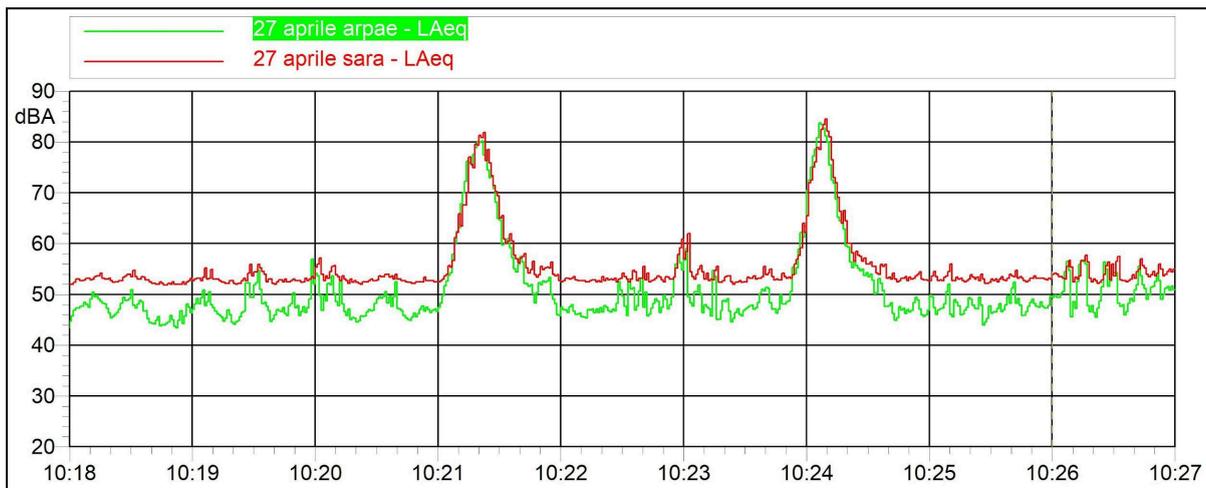


Fig. 76. Stralcio confronto time history fonometro Arpae e stazione AdB

Dai due tracciati messi in parallelo si rileva che i tracciati rispondono alla pressione sonora in modo coerente fra loro tuttavia i campioni acquisiti da Arpae sono più bassi di qualche decibel per livelli inferiori a 60 dB(A). Situazione che non si ripete durante i transiti degli aerei caratterizzati da maggiore energia sonora.

9.8. P6 Centro Pizzoli - 10/11/23

Le misure in parallelo effettuate il 10/11/2023 presso la centralina di Bargellino sono state condotte per circa 3 ore, pertanto, sono state analizzate 10542 coppie di dati di Leq istantaneo.

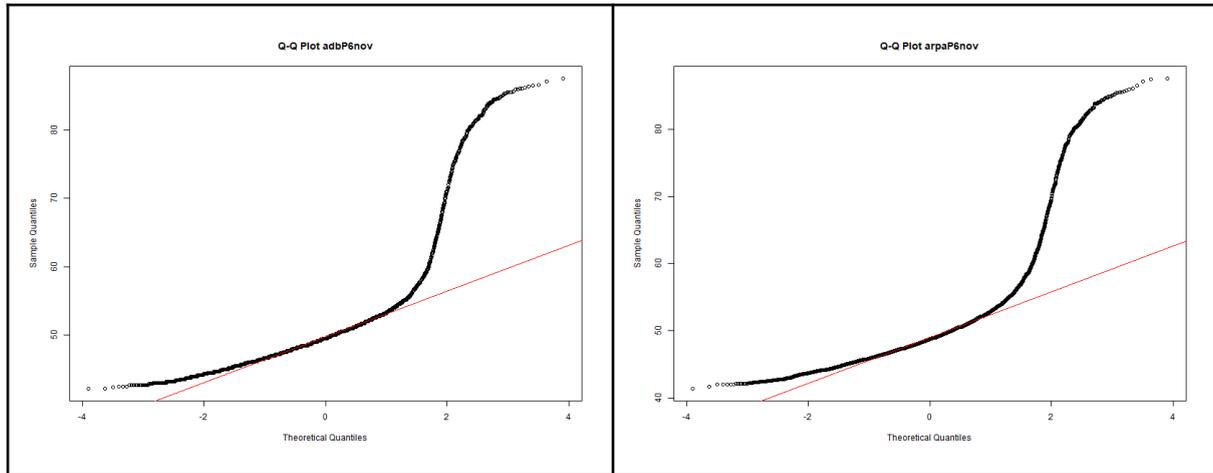


Fig. 77. - Fig. 78. Q-Q plot serie dati AdB e Arpae per P6 Centro Pizzoli del 10/11/23

Dai due grafici (figg. n.77 e n.78) si evince che le variabili osservate non hanno una distribuzione normale in quanto i punti si discostano dalla linea che indica la diagonale.

Il box plot di figura 79 presenta una dispersione contenuta per entrambe le serie.

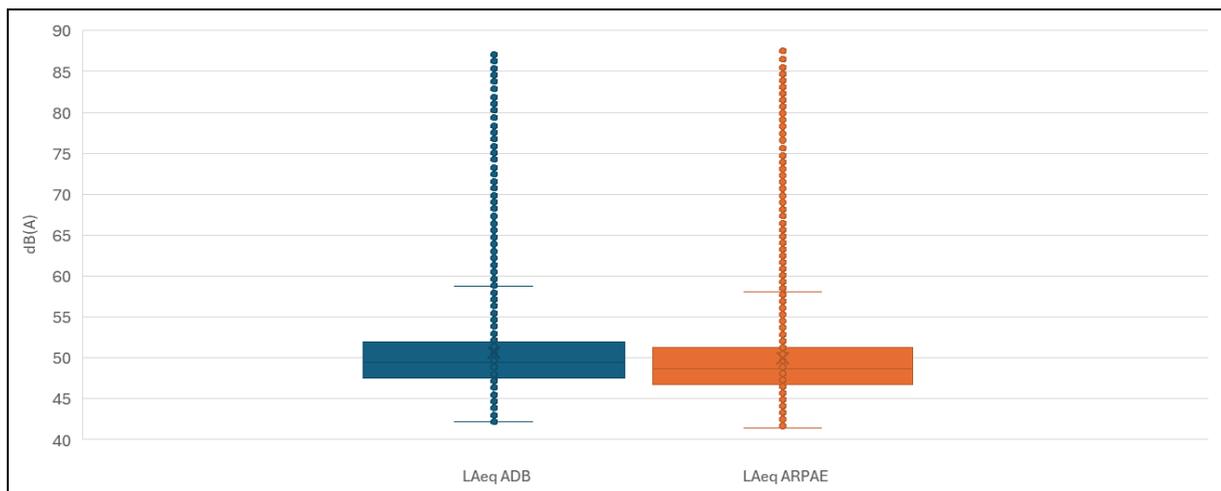


Fig. 79. Box plot serie istantanee per P6 Centro Pizzoli del 10/11/23

	AdB	Arpae
VALORE MINIMO	42,20	41,40
PRIMO QUARTILE	47,50	46,70
VALORE MEDIANO	49,50	48,70
MEDIA	50,65	49,98
TERZO QUARTILE	52,00	51,30
VALORE MASSIMO	87,50	87,60
DEVIAZIONE STANDARD	5,78	5,88

Tab. 33. Parametri box plot per P6 Centro Pizzoli del 10/11/23

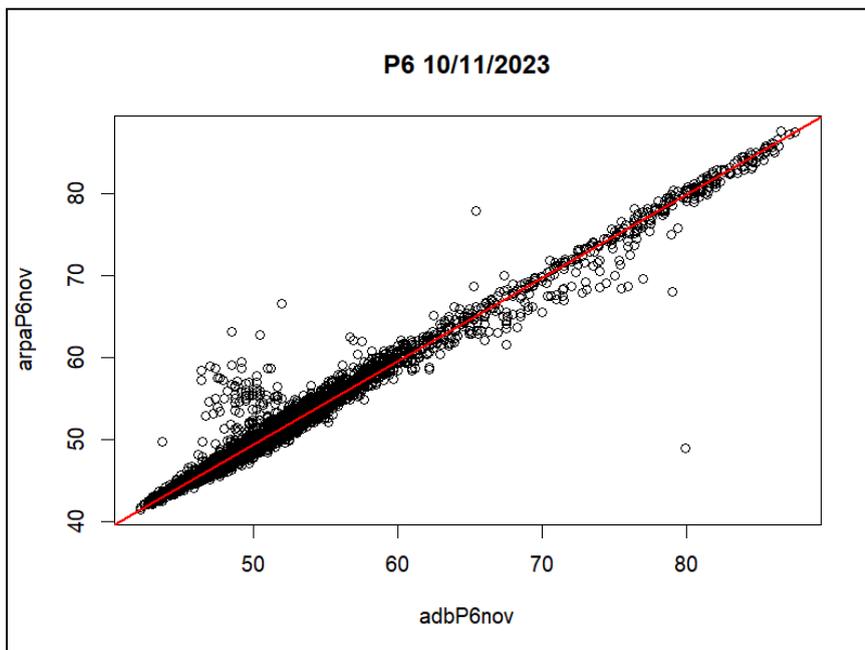


Fig. 80. Scatter plot confronto Leq per per P6 Centro Pizzoli del 10/11/23

Lo scatter plot, riportato in figura 80, evidenzia una correlazione lineare caratterizzata da un coefficiente di correlazione lineare di Pearson pari a 0,987, Spearman 0,979, Kendall 0,912.

Il coefficiente angolare b_1 della retta risulta pari a 1,017, mentre l'intercetta vale -1,509.

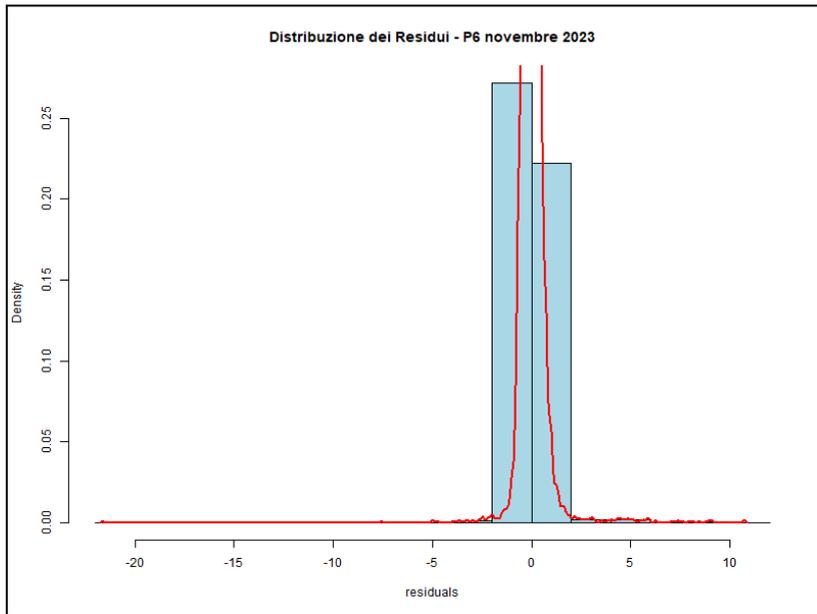


Fig. 81. Distribuzione del dataset dei residui per P6 Centro Pizzoli del 10/11/23

La distribuzione del dataset dei residui, evidenzia una buona approssimazione alla distribuzione normale e di conseguenza la casualità dei residui.

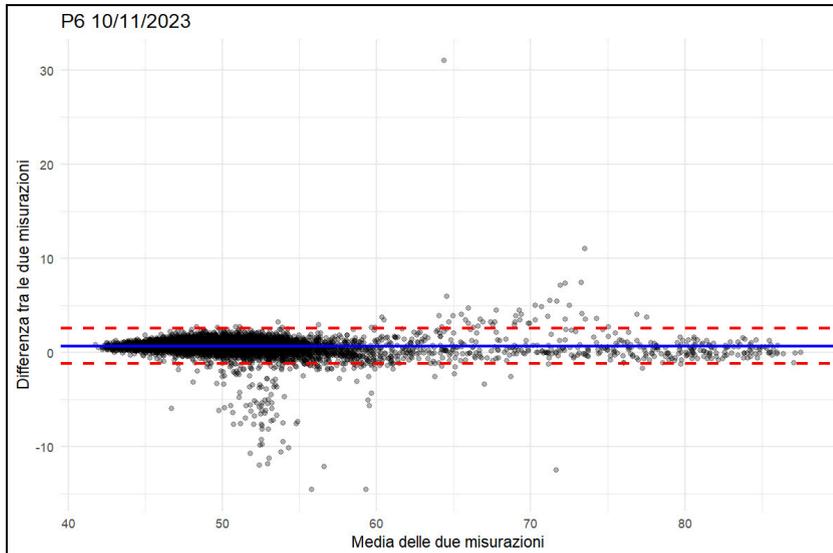


Fig. 82. Bland Altman plot per P6 Centro Pizzoli del 10/11/23

Il grafico evidenzia una leggera asimmetria nelle differenze per valori delle medie inferiori ai 55 dB(A) e dai 65 dB(A) ai 75 dB(A).

Considerazioni per P6

Dalla disamina emerge uno scostamento, più rilevante per la misura del 27/04 e meno accentuata il 10/11, particolarmente a bassi livelli di rumore, mentre, in corrispondenza di eventi aeronautici, caratterizzati da un maggior contenuto energetico, i tracciati di SARA e Arpae si allineano.

Occorre precisare che in tale postazione il microfono della stazione di monitoraggio è posta ad un'altezza superiore a 10 metri. Durante la sessione di misura del 27/04/2023, Arpae stante l'indisponibilità temporanea dello stativo normalmente utilizzato per misure ad altezze maggiori, ha posizionato il fonometro su un treppiedi di 4 metri di altezza, mentre per la misura del 10/11 il microfono era a circa 7 metri.

In entrambe le misure la differenza di altezza fra i due microfoni è rilevante essendo potenziale causa di divergenza fra le due serie di dati, soprattutto per il rumore diffuso generato per lo più dalla rumorosità infrastrutturale. In proposito si segnala che, a Nord-Ovest, a circa 250 metri, scorre la complanare, la posizione della stazione di monitoraggio è schermata dalla stessa da palazzi di 12 metri che pertanto possono produrre una diversa ombra acustica sui microfoni posti a diverse altezze. Lo scarto fra le serie di valori si "normalizza" per i campioni acquisiti durante l'evento aeronautico per cui la differenza di altezza diventa marginale.

9.9 Considerazioni complessive sul confronto tra le serie di dati

Di seguito si riporta una tabella di sintesi dei parametri ritenuti più significativi dell'analisi statistica effettuata ai fini del nostro studio.

Tab. 34. Tabella riassuntiva parametri statistici per P1, P4, P5 e P6

Stazioni	Intercetta	Coefficiente angolare	Coefficiente di Kendall	Coefficiente di Spearman
P1-31/05/23	-0,077	1,006	0,744	0,881
P1-23/11/23	1,272	0,979	0,917	0,974
P4-08/05/23	0,765	0,999	0,933	0,989
P4-07/12/23	-1,087	0,999	0,884	0,973
P5-23/05/23	0,201	0,999	0,936	0,989
P5-15/11/23	0,218	1,001	0,938	0,987
P6-27/04/23	-22,435	1,348	0,594	0,770
P6-10/11/23	-1,509	1,017	0,912	0,979

Da una prima analisi dei parametri statistici riportati nella tabella 34, la centralina P6 ha dei valori che evidenziano potenziali problematiche. Nel nostro studio è stato approfondito tale aspetto con le considerazioni, riportate ai paragrafi 9.7. e 9.8, che hanno evidenziato come possibile causa primaria un'altezza dei microfoni diversa durante le misure effettuate in parallelo.

Successive elaborazioni, non oggetto del presente studio, potrebbero riguardare un'analisi dei parametri acustici sull'intero dataset e non solo sui dataset correlati agli eventi sopra soglia registrati dalle centraline, per poter prevenire eventuali disallineamenti e capire le loro cause.

10. Sintesi della verifica

Visto quanto emerso dalle verifiche del sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale presso l'aeroporto G.Marconi di Bologna eseguite, per l'anno 2023, sulle 4 centraline ubicate all'interno della zonizzazione aeroportuale, si riassume quanto emerso:

- stazione P1: tale centralina, che per la sua posizione ha una buona sensibilità agli atterraggi in pista 12 e ai decolli in pista 30, ha dimostrato una buona continuità delle rilevazioni nonché un'ottima correlazione delle operazioni di voli con gli eventi acustici. Anche il confondimento degli eventi acustici rilevati dalla centralina rispetto alle operazioni aeree risulta buono pertanto il sistema presso questa stazione è in grado di restituire tutti i dati utili a fornire correttamente il parametro di legge. Si riscontra anche una buona concordanza fra le misure effettuate da Arpae e dal sistema di monitoraggio di AdB.
- stazione P4: posta nell'intorno aeroportuale estremamente prossima alle pertinenze dell'aeroporto, ha dimostrato una buona continuità di acquisizione dati. Ha una scarsa correlazione degli eventi a tutte le operazioni di volo, in quanto poco sensibile agli atterraggi in pista 30 (rileva solo le fase della frenata post-atterraggio) ed è abbastanza lontano dai decolli in pista 30, buona invece la sensibilità ai decolli in pista 12. Tuttavia va osservato che tale stazione era stata pensata inizialmente per monitorare anche il rumore delle operazioni a terra e risente del terrapieno realizzato appositamente per schermare la frazione di Lippo. La percentuale degli eventi sonori correlati rispetto al totale degli eventi registrati dalla centralina con la probabilità di registrare falsi positivi è solo discreta, infatti si osserva un problema durante la settimana del secondo quadrimestre, periodo in cui l'elevata temperatura induce le cicale a frinire; la vicinanza dei microfoni alle alberature provoca il costante innalzamento del rumore di fondo registrato, oltre le soglie impostate e di conseguenza l'impossibilità di riconoscere l'evento acustico in quanto la registrazione e la successiva correlazione con la traccia radar avviene al verificarsi di 3 condizioni: salita e superamento del livello di soglia (nella fattispecie 65 dB(A)), permanenza sopra la soglia di almeno 10 secondi e ripiegamento del livello sotto la soglia. Tuttavia, qualora, come in questo caso, il rumore di fondo è già costantemente sopra il valore di soglia, il sistema SARA registra eventi della durata irrealistica di qualche ora (fig. n.25 capitolo 9), con la conseguenza che non si verificano più le condizioni minime necessarie per il corretto funzionamento ed il riconoscimento automatico degli eventi. Tale inconveniente impedisce il corretto calcolo del LVA qualora

la settimana di maggior traffico ricadesse nel “periodo delle cicale”. In tal caso occorre riconoscere gli eventi correlati manualmente. Si riscontra infine una concordanza accettabile fra le misure effettuate da Arpae e dal sistema di monitoraggio di AdB.

- stazione P5: ha dimostrato un'ottima continuità di acquisizione dei dati; questa centralina di monitoraggio, ubicata in via Zanardi, risulta spazialmente decentrata rispetto alla traiettoria della procedura iniziale di salita della pista 12 e pertanto il sistema non riesce a correlare in modo ottimale le operazioni di volo con gli eventi acustici come dimostra la percentuale di operazioni di volo correlate rispetto al numero totale delle operazioni di volo alle quali dovrebbe essere sensibile. Come per la P4, la percentuale degli eventi sonori correlati rispetto al totale degli eventi registrati dalla centralina e pertanto la probabilità di registrare falsi positivi è solo discreta. Le motivazioni sono le stesse già illustrate per la centralina P4, pertanto si possono trarre le medesime conclusioni. Si riscontra, infine, una buona concordanza fra le misure effettuate da Arpae e dal sistema di monitoraggio di AdB.
- stazione P6: essendo posizionata esattamente sotto la traiettoria di avvicinamento all'aeroporto è altamente sensibile agli atterraggi in pista 30, per quanto riguarda i decolli in pista 12 occorre ricordare che nel corso del 2023 è diventata definitiva la variante alle procedure operative antirumore che prevedono, l'inizio della virata verso Nord all'attraversamento della quota di 520 piedi da raggiungere con un rateo di salita non inferiore a 7,3°; ciò comporta che la postazione P6 non sia più in piena corrispondenza della proiezione al suolo della traiettoria di decollo, così come previsto dall'art.5 del DM 20/05/1999, perdendo, pur limitatamente, sensibilità ai decolli in pista 12, possono infatti sfuggire gli aeromobili che eseguono presto la virata verso Nord prevista dalle procedure operative antirumore, spesso si tratta di aeromobili dell'aviazione generale, pertanto non in grado di incidere significativamente sull'indice LVA calcolato sul tale centralina.

In effetti, si rileva nel complesso un'ottima correlazione delle operazioni di volo con gli eventi acustici (eccellente per gli atterraggi) mentre è più scarsa, probabilmente a causa degli eventi antropici nell'intorno della stessa, la percentuale degli eventi sonori correlati rispetto al totale degli eventi registrati dalla centralina. Nel complesso in P6 il sistema è in grado di restituire tutti i dati utili a fornire correttamente il parametro di legge. Si riscontra, infine, una buona concordanza fra le misure effettuate da Arpae e dal sistema di monitoraggio di AdB.

A completamento della relazione, pur non essendo stata oggetto di verifica, è doveroso fare alcune osservazioni sulla stazione P8, postazione sensibile esclusivamente ai decolli verso Bologna, che più ha risentito della messa in atto delle procedure antirumore. A testimonianza di ciò si osservi che nel mese di ottobre 2023, mese in cui era già operativa da qualche mese, la variante per la ICP su pista 12, la postazione ha correlato 1484 eventi sonori su un totale di 2176 decolli, pari al 68,2 %. Tale percentuale era quasi dell'80% (1612 eventi su 2018 decolli) nel 2022 prima dell'entrata in vigore dell'ultima procedura antirumore. In ottobre 2024 la percentuale di eventi che hanno prodotto il superamento dei valori di soglia correlati a transiti di aeromobili è stata solo del 44,6 % (1083 eventi su 2428 decolli). Questa progressiva divergenza della traiettoria degli aerei in decollo su pista 12 rispetto l'ubicazione della centralina è ben riscontrabile anche dalle seguenti immagini che rappresentano le tracce radar della settimana di maggior traffico del terzo quadrimestre del 2023 (1-07 ottobre) con gli anni precedenti, escluso periodo della pandemia (cerchiata in rosso la centralina P8).

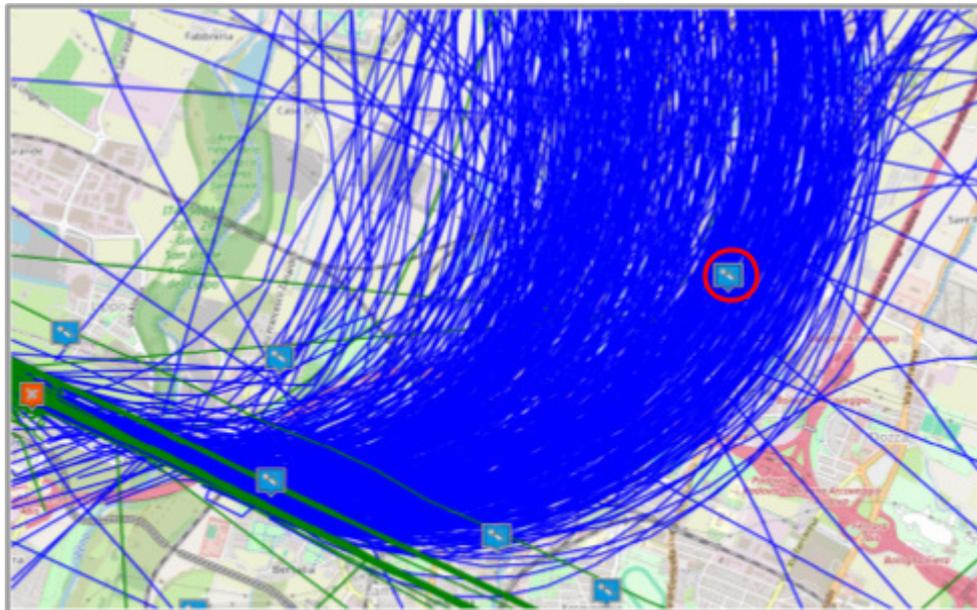


Fig.83 - Tracce radar 1-7/10/2019

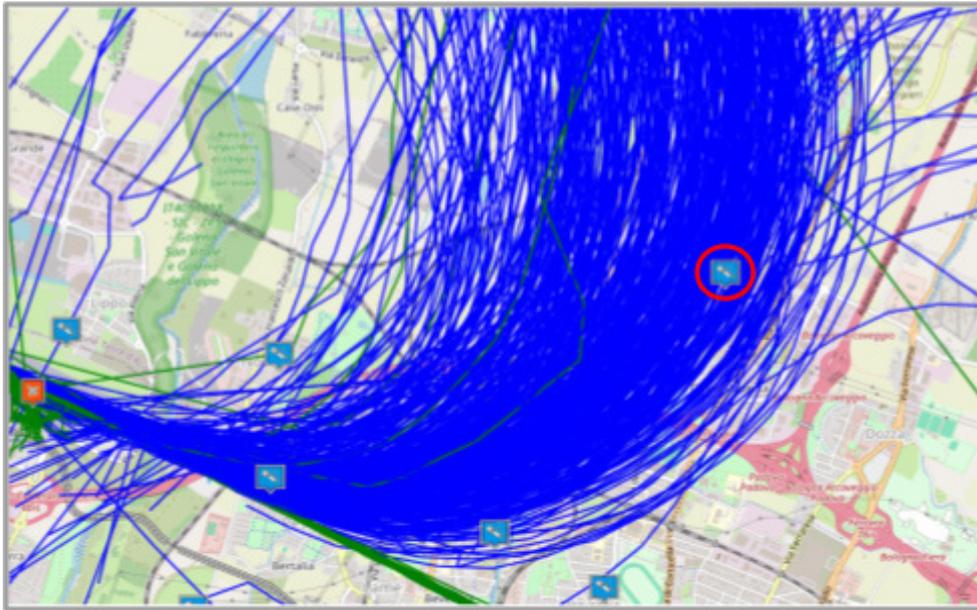


Fig. 84 - Tracce radar 1-7/10/2022

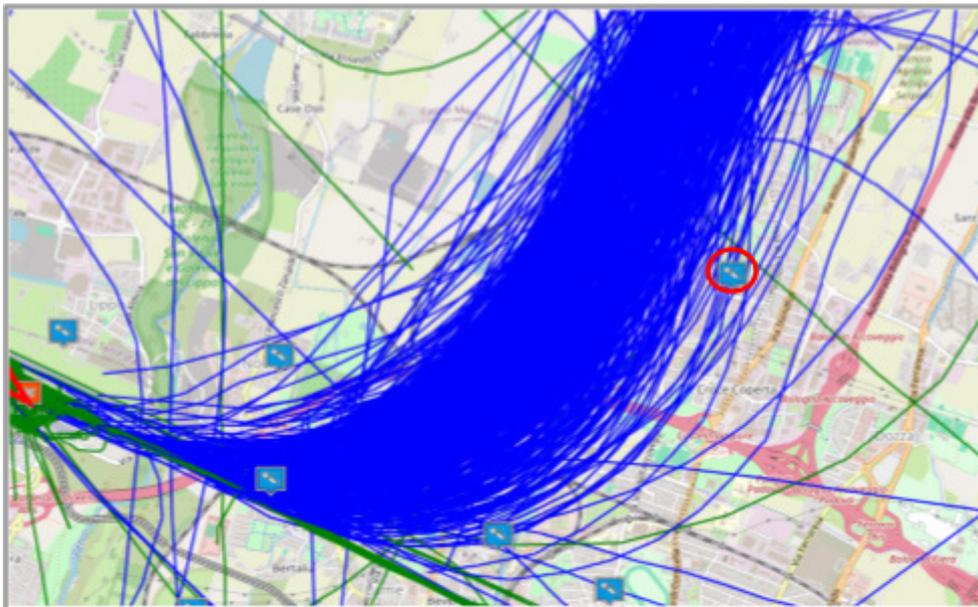


Fig. 85 - Tracce radar 1-7/10/2023

Quanto sopra, testimonia il venir meno della conformità della postazione n. 8 a un criterio principe ovvero il posizionamento dei fonometri in corrispondenza della proiezione al suolo delle traiettorie degli aerei.

11. Conclusioni

In generale, il sistema di monitoraggio riesce a rappresentare correttamente l'impatto acustico dell'aeroporto grazie soprattutto alle stazioni di monitoraggio numero 1 e 6. Tuttavia, poiché i valori rilevati, soprattutto dalla stazione numero 6 (LVA = 64,8 dBA), sono molto vicini al limite di legge (65,0 dB(A)), si ritiene necessario migliorare l'attuale infrastruttura di sorveglianza del rumore per garantire delle rilevazioni più complete delle emissioni sonore degli aerei, tenuto conto delle variazioni nelle procedure di decollo iniziale. D'altronde anche la linea guida SNPA prevede che la modifica delle procedure antirumore di un aeroporto comporti necessariamente un'attenta valutazione ed una riconsiderazione della localizzazione di ciascuna stazione di monitoraggio o, quantomeno, di quelle interessate dalle modifiche. Tale principio assume rilevanza maggiore dalla constatazione che oltre alla stazione n. 8 per i motivi illustrati al paragrafo precedente, altre stazioni, segnatamente la n.4 e la n.5, presentano aspetti di difformità legati al riconoscimento e correlazione automatica degli eventi acustici di origine aeronautica, in alcuni periodi dell'anno.

Quanto sopra porta alla necessità di un riassetto dell'infrastruttura di sorveglianza del rumore in essere, esplorando nuove posizioni per alcune stazioni ovvero implementando le stesse. Come principio generale si ritiene che le nuove posizioni debbano essere ricercate in corrispondenza della proiezione al suolo delle rotte prevalenti di decollo/atterraggio e in prossimità dei confini delle aree di rispetto aeroportuale (A/B e B/C).

In attesa della riorganizzazione della rete di monitoraggio, relativamente alle centraline n. 4 e n. 5, è quanto meno opportuno adottare interventi volti a ripristinare le condizioni necessarie per il corretto riconoscimento automatico degli eventi sonori durante specifici periodi estivi. A tal fine, si raccomanda fortemente di ridurre il rumore di fondo al di sotto dei 65 dB(A), utilizzando sistemi che permettano di distanziare maggiormente le cicale stanziali sugli alberi maggiormente prossimi al microfono.