

Monitoraggio acustico presso centro sportivo Pizzoli, del traffico aereo dell'aeroporto G.Marconi. Rilievi eseguiti il 25 maggio 2017

VERIFICA CONDOTTA DA:

Maurizio Gherardi*

REDAZIONE, ELABORAZIONE ED ESECUZIONE RILIEVI:

Maurizio Gherardi*
Cesare Govoni

Il responsabile del Distretto Urbano:

Cristina Regazzi

* Tecnico competente in acustica ambientale ai sensi della Legge 447/1995

Indice

1. Premessa	2
2. Norme e limiti di riferimento	2
3. Il sistema SARA	4
4. Postazione di verifica	4
5. Procedura di verifica	6
6. Risultati	7
Appendice 1. L'indice di valutazione del rumore aeroportuale	9
Appendice 2. Strumentazione utilizzata	10

1. Premessa

L'attività descritta nel presente rapporto tecnico ha riguardato l'esecuzione di un monitoraggio breve in data 25/05/2017, in corrispondenza della postazione n. 6 del Sistema di Acquisizione e analisi del Rumore Aeroportuale (SARA) gestito da ADB, al fine e ai sensi del DPR 11/12/1997 n. 496, art. 2, comma 5. Il tipo di verifica messa in atto è consistita nell'osservazione in campo degli eventi sonori di origine aeronautica prodotti dai transiti degli aerei sulla postazione in esame. 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

2. Norme e limiti di riferimento

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 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 e il periodo notturno nell'intervallo di tempo compreso fra le 23 e le 6; l'indice LVA è calcolato su base settimanale.

Relativamente alla caratterizzazione acustica del territorio sono istituite delle aree di rispetto denominate Zona A, Zona B e Zona C.

Per quanto concerne la Zona A, caratterizzata dai valori di LVA pari o inferiori a 65 dBA non sono previste limitazioni all'uso del territorio. All'interno della Zona B (indice LVA compreso fra 65 dBA e 75 dBA) 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. All'interno della Zona C (indice LVA superiori a 75 dBA) 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).

Il DM del 20/5/1999 "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. Tale decreto stabilisce inoltre la procedura da seguire in fase di classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico.

Ulteriori disposizioni e attribuzioni di competenze sono riportate nel DPR dell'11/12/1997, “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), nonché una verifica almeno biennale delle emissioni sonore degli aeromobili in esercizio, a cura dell'ente nazionale per l'aviazione civile.

Il DPR del 11/12/1997 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;

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 e alla definizione della classificazione acustica dell'intorno aeroportuale stabilendo i confini delle tre aree di rispetto: Zona A, Zona B, Zona C.

Per determinare il rumore prodotto dal sorvolo degli aeromobili il DM 31/10/1997 ha introdotto l'indice di valutazione del rumore aeroportuale LVA la cui procedura di calcolo viene descritta in Allegato A del DM stesso. Come riportato in dettaglio in Appendice 1, l'indice LVA 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 $L_{AFmax} - 10dB$. Il calcolo del SEL ottenuto nel modo indicato dal decreto, rispetto alle procedure utilizzate da SARA può comportare sia delle sottostime, caso più frequente sia delle sovrastime del SEL.

I livelli sonori riferiti a tali eventi vengono distribuiti sugli interi periodi di riferimento diurno (LVAd) e notturno (LVAn) al fine di ottenere un valore giornaliero del livello di valutazione del rumore aeroportuale (LVAj), ed infine costruire l'indice sulla base di 21 LVAj ricavati dalla settimana peggiore

per ciascuno dei tre periodi 1 ottobre - 31 gennaio, 1 febbraio - 31 maggio; 1 giugno – 30 settembre.

3. Il sistema SARA

Il sistema denominato SARA (Sistema Acquisizione e Analisi Rumore Aeroportuale) è strutturato in modo da monitorare le operazioni di decollo ed atterraggio e registrare 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. Le stazioni sono programmate per rilevare in continuo il livello di pressione sonora ponderata "A" con costante di tempo *Fast*. I dati rilevati dalle singole stazioni, corrispondenti agli eventi estratti sulla base delle soglie temporali e di livello, sono trasmessi, gestiti ed elaborati presso il 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 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 UMTS.

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, L_{Aeq} e L_{AFmax} dello stesso. L'insieme degli eventi riconosciuti e considerati correlati costituisce la base per il calcolo dell'LVA.

4. Postazione di verifica

Il punto di rilievo scelto per la presente verifica è affiancato alla torre faro del centro sportivo Pizzoli corrispondente alla Postazione 6 che si trova a circa 2,5 km dalla BOA VOR.

La stazione SARA è collocata all'interno del campo sportivo che a sua volta è posto a ridosso di nuclei



Illustrazione 1: ortofoto con posizione NMT 6

residenziali.

Oltre ai transiti aerei, le sorgenti sonore che influiscono sul clima acustico dell'area sono costituite del traffico su via Agucchi che dista circa 35 metri dalla postazione P6, nonché delle attività antropiche svolte all'interno del campo sportivo, pertanto in determinate condizioni la postazione è soggetta a falsi positivi. Il clima acustico presso la postazione di misura è caratterizzato da un rumore di fondo pari a circa 50 dB(A).

La capsula microfonica Arpae è stata posta in affiancamento a quella del sistema SARA, salvo la quota dal pavimento: il microfono SARA è infatti posto ad un'altezza di poco superiore a 20 metri mentre il microfono di ARPAE è stato posto alla massima altezza disponibile pari a circa 9 metri (img. 2)

Durante il ciclo di misura è stato caratterizzato da condizioni meteorologiche buone, con assenza di precipitazioni e vento mediamente inferiore a 5 m/s.



Illustrazione 2: posizione microfono

5 Procedura di verifica

La verifica è avvenuta in modalità assistita, un operatore ha presidiato in continuo la catena fonometrica e osservato i transiti degli aeromobili. L'aereo avvistato in transito è stato identificato in tempo reale con l'applicazione flightradar24 (img. 3). Tale applicazione raccoglie i dati direttamente dai transponder degli aeromobili essendo così possibile individuare il numero del volo e il modello di aereo. Solo alcuni aeromobili più piccoli non hanno transponder di tipologia i cui dati non vengono raccolti dall'applicazione. Nel corso della verifica due aerei transitati alle ore 10:25 e 14:56 non sono stati individuati si è pertanto successivamente assegnato il volo sulla base del dato fornito dalle tracce radar.

FR9367/RYR9PG
Ryanair

BLQ
BOLOGNA
CEST (UTC+2:00)

BCN
BARCELONA
CEST (UTC+2:00)

DEPARTURE ARRIVAL

SCHEDULED **10:35** SCHEDULED **12:20**

GREAT CIRCLE DISTANCE: 833 KM

2 KM 832 KM

FR9367 - AVERAGE FLIGHT TIME: 01:21

[More FR9367 flights](#)

TYPE (B738)
Boeing 737-8AS

REGISTRATION EI-FOE MODE-S "HEX CODE" 4CA5EA

SERIAL NUMBER (MSN) AGE (JAN 2016)
44713 1 year

3D view Route Less info Follow Share

Illustrazione 3: screenshot da flightradar24

RYR6QA
FR6018
B738
↑ 328 m

BLQ
BOLOGNA

ATH
ATHENS

CALIBRATED ALT. 347 m
GROUND SPEED 315 km/h

Boeing 737-8AS REG: EI-FOF

3D view Route More info Follow Share

6. Risultati

In fase di post elaborazione sono stati estratti dalla storia temporale acquisita gli eventi corrispondenti ai transiti di aeromobili impostando una soglia per il livello pari a 62 dB(A) per una durata non inferiore a 6 s. Gli eventi così selezionati sono stati messi a confronto con i dati SARA in riferimento ai livelli massimi, di Leq dell'evento e dei SEL. Dai SEL degli eventi è stato poi ricavato il dato LVA riferito naturalmente alle sole sei ore di monitoraggio

I risultati dei monitoraggi sono riportati nelle seguenti Tabelle 1. e 2.

Data ADB	Data Arpae	Durata ADB	Durata ARPAE	Picco ADB	Picco Arpae	OSSERVAZIONE SUL CAMPO	Lmax ADB	Lmax Arpae	Leq ADB	Leq Arpae	SEL ADB	SEL Arpae
10:25:36	10:25:37	19	14	10:25:42	10:25:45	10.25 D JBC103B BE40	75,5	71,6	68,1	68,3	80,9	79,8
10:28:34	10:28:35	23	24	10:28:46	10:28:45	10.28 D FR4327 BOEING 737-8AS	89,0	86,7	81,2	80,9	94,8	94,7
10:39:45	10:39:49	23	21	10:39:57	10:39:59	10.39 D SK2684 BOMBARDIER CRJ9	84,0	82,8	77,5	76,8	91,2	90,0
10:49:21	10:49:24	29	26	10:49:39	10:49:35	10.49 D OS548 FOKKER F100	79,0	80,7	73,3	74,0	88,0	88,2
10:52:35	10:52:37	26	26	10:52:49	10:52:48	10.52 D LH283 AIRBUS 319	80,0	79,0	73,9	73,8	88,1	88,0
10:54:59	10:55:00	29	27	10:55:10	10:55:11	10.55 D FR788 BOEING 737-8AS	86,5	83,6	79,2	78,1	93,9	92,5
				NON RILEVATO		11.11 D AEREO NON IDENTIFICATO			NON RILEVATO			
11:13:01	11:13:05	26	27	11:13:13	11:13:17	11.13 D U28990 AIRBUS 319	84,5	81,9	76,4	76,0	90,6	90,3
11:20:03	11:20:04	25	26	11:20:13	11:20:14	11.20 D FR6423 BOEING 737-8AS	86,8	85,0	79,4	79,1	93,3	93,3
11:26:50	11:26:54	24	21	11:27:01	11:27:02	11.27 D DK1322 BOEING 737-8AS	84,9	81,9	77,9	77,2	91,7	90,4
11:28:56	11:28:57	32	32	11:29:06	11:29:10	11.29 D ID8785 BOMBARDIER CRJX	84,0	78,9	74,7	73,4	89,7	88,4
11:35:22	11:35:24	23	23	11:35:35	11:35:33	11.35 D SU2425 BOEING 737-8AS	87,3	84,4	80,5	79,6	94,1	93,2
12:13:36	12:13:39	24	25	12:13:47	12:13:48	12.13 D AZ1314 EMBRAER ERJ	84,8	80,5	76,8	75,6	90,6	89,6
12:19:54		12		12:19:56		12.19 D AB8683 DASH 8 Q 400	69,5		67,0		77,8	
12:40:28	12:40:29	25	24	12:40:42	12:40:40	12.40 D 4U7837 AIRBUS 319	75,6	74,6	70,8	70,8	84,8	84,6
13:13:39	13:13:41	22	24	13:13:53	13:13:55	13.13 D TU363 BOEING 737-8AS	82,0	80,8	76,3	75,7	89,7	89,5
13:19:13	13:19:15	27	25	13:19:29	13:19:25	13.19 D 4U839 AIRBUS 319	82,5	82,2	75,6	75,0	89,9	89,0
13:28:34		11		13:28:38		EVENTO NON CORRELABILE	68,4		66,4		76,9	
13:29:02	13:29:11	27	18	13:29:21	13:29:21	13.29 D EN8241 EMBRAER ERJ	79,8	79,2	72,3	74,1	86,7	86,7
13:34:10	13:34:13	26	22	13:34:24	13:34:24	13.34 D IB8783 BOMBARDIER CRJ	80,6	79,1	74,5	74,4	88,6	87,8
13:35:58	13:36:02	24	24	13:36:12	13:36:14	13.36 D KL1584 EMBRAER ERJ	81,8	79,4	74,3	73,5	88,1	87,3
13:48:10	13:48:14	27	27	13:48:20	13:48:23	13.48 D FR9457 BOEING 737-8AS	86,3	84,0	79,4	78,5	93,8	92,8
13:56:32	13:56:37	34	25	13:56:47	13:56:48	13.56 D FR137 BOEING 737-8AS	83,9	82,0	76,3	76,6	91,6	90,6
13:57:38	13:57:42	12	9	13:57:45	13:57:48	EVENTO NON CORRELABILE	74,1	69,8	70,6	67,8	81,4	77,4
14:00:53	14:00:59	25	20	14:01:10	14:01:12	14.01 D EN9500 EMBRAER ERJ	79,5	78,9	72,5	72,1	86,5	85,1
14:04:55	14:05:00	28	26	14:05:11	14:05:10	14.05 D BA541 AIRBUS A 321	81,8	81,6	75,4	75,7	89,9	89,9
14:33:05	14:33:13	30	26	14:33:22	14:33:24	14.33 D FR4897 BOEING 737-8AS	87,6	88,3	79,8	80,3	94,6	94,5
14:46:19	14:46:22	24	24	14:46:29	14:46:33	14.46 D LH285 AIRBUS A320	82,4	80,9	75,4	74,9	89,2	88,7
14:48:21	14:48:25	22	24	14:48:31	14:48:36	14.48 D FR4321 BOEING 737-8AS	86,9	88,0	80,4	79,0	93,8	92,8
14:53:33	14:53:37	29	26	14:53:43	14:53:48	14.53 D FR2241 BOEING 737-8AS	87,5	87,8	79,8	79,5	94,4	93,7
14:56:06	14:56:10	11	11	14:56:11	14:56:15	14.56 D APX4C C56X	75,5	71,1	69,1	68,8	79,5	79,2
15:00:55	15:01:02	25	23	15:01:09	15:01:13	15.01 D FR3968 BOEING 737-8AS	83,5	82,2	77,6	77,5	91,6	91,1
15:20:00	15:20:04	20	21	15:20:10	15:20:13	15.20 D PC1218 BOEING 737-8AS	87,4	83,8	79,9	78,9	92,9	92,1
15:27:19	15:27:23	22	22	15:27:29	15:27:34	15.27 D EK94 BOEING 777	88,5	87,5	82,3	81,5	95,7	94,9
15:33:05	15:33:10	31	27	15:33:17	15:33:22	15.33 D W63164 AIRBUS A 321	84,4	83,6	77,0	76,7	91,9	91,0
15:37:21	15:37:25	13	13	15:37:28	15:37:30	15.37 D N673P GLF5	79,4	75,1	71,2	70,3	82,3	81,5
15:45:05	15:45:09	23	23	15:45:12	15:45:23	15.45 D AF1829 AIRBUS A318	79,0	75,3	72,5	71,3	86,1	84,9
15:47:22	15:47:28	27	22	15:47:36	15:47:37	15.47 D HU5310 BOEING 737-8AS	83,5	83,0	76,9	77,0	91,2	90,4
15:52:24	15:52:29	26	26	15:52:36	15:52:40	15.52 D FR4305 BOEING 737-8AS	85,4	80,8	77,0	76,0	91,1	90,1
15:57:53	15:57:56	22	25	15:58:02	15:58:05	15.57 D FR4863 BOEING 737-8AS	85,6	86,3	79,8	78,4	93,2	92,4
16:03:41	16:03:48	27	23	16:04:00	16:04:03	16.03 D AZ1318 AIRBUS	75,5	74,7	70,6	70,2	84,9	83,8
16:06:58	16:07:02	28	25	16:07:09	16:07:13	16.06 D FR789 BOEING 737-8AS	89,5	86,6	81,9	81,1	96,3	95,1
16:09:47	16:09:56	27	22	16:10:05	16:10:12	16.10 TRANSITO ELICOTTERO POLIZIA	76,3	73,5	69,6	69,8	83,9	83,2
16:12:34	16:12:39	29	26	16:12:59	16:10:12	16.12 D W63560 AIRBUS 320	83,5	80,2	77,1	75,8	91,0	89,4

Tabella 1: confronto eventi SARA ARPAE del 25/05/2017

Nelle 6 ore di monitoraggio si è verificato un transito di un piccolo aereo non riconosciuto dall'applicazione così come dalle tracce radar. Inoltre, con la soglia impostata si sono formati 2 eventi non correlabili con eventi di origine aeronautica e 1 transito non connesso con l'attività dell'aeroporto Marconi. Tali eventi, comunque caratterizzati da un basso contenuto energetico non sono stati conteggiati nei calcoli globali

Media Lmax eventi	SARA dB(A)	Arpae dB(A)	differenza
25/05/17	84,5	83,0	1,5
Media Leq eventi	SARA dB(A)	Arpae dB(A)	differenza
25/05/17	77,5	76,9	0,6
LVA (10,30–16,30)	SARA dB(A)	Arpae dB(A)	differenza
25/05/17	64,0	63,3	0,7

Tabella 2: confronto media valori SARA ARPAE

Le differenze di LVA riscontrate fra i rilievi ARPA e i dati SARA sono riconducibili, oltre che alla diversa risposta dei sistemi di acquisizione, alle diverse posizioni dei microfoni, fermo restando che l'LVA è stato costruito sugli stessi eventi acustici .

Fatto salvo quanto sopra esposto, dall'esame dei dati riportati nelle precedenti tabelle si rileva un buon accordo fra i valori riscontrati dai due sistemi di monitoraggio con un leggero ma sistematico scarto a favore della catena fonometrica SARA. Le differenze rilevate sono giudicabili entro normali margini di tolleranza per cui si ritiene che i dati utili a comporre il parametro di legge siano restituiti in modo adeguato e rappresentativo dei livelli sonori generati.

Appendice 1. L'indice di valutazione del rumore aeroportuale

Il DM 31/10/1997 (allegato A) per valutare il rumore prodotto dal sorvolo degli aeromobili introduce l'indice di valutazione del rumore aeroportuale LVA definito dalla seguente espressione

$$L_{VA} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N 10^{\frac{L_{VAj}}{10}} \right] dB(A)$$

in cui:

LVA rappresenta il livello di valutazione del rumore aeroportuale;

N è il numero dei giorni del periodo di osservazione del fenomeno pari a 21 ovvero tre settimane aventi il maggior numero di movimenti in relazione ai periodi 1 ottobre - 31 gennaio, 1 febbraio - 31 maggio, 1 giugno - 30 settembre;

LVAj è il valore giornaliero del livello di valutazione del rumore aeroportuale che si determina considerando tutte le operazioni a terra e di sorvolo che si manifestano nell'arco della giornata compreso tra le ore 0 e le 24, acquisendo, a partire da rilievi in continuo, il contenuto energetico dei singoli sorvoli.

L'espressione per il calcolo dell'indice LVAj è la seguente

$$L_{VAj} = 10 \log \left[\frac{17}{24} 10^{\frac{L_{VAjD}}{10}} + \frac{7}{24} 10^{\frac{L_{VAjN}}{10}} \right] dB(A)$$

dove

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

è il livello di valutazione del rumore aeroportuale nel periodo diurno (LVA_D) in cui T_d = 61200s (17 ore), N_d è il numero totale dei movimenti degli aeromobili in tale periodo e SEL_i è il livello dell'iesimo evento sonoro associato al singolo movimento;

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

è il livello di valutazione del rumore aeroportuale nel periodo notturno (LVA_N) in cui T_n = 25200s (7 ore), N_n è il numero totale dei movimenti degli aeromobili in tale periodo, SEL_k è il livello sonoro del k-esimo evento associato al singolo movimento.

Il livello dell'evento sonoro associato al singolo movimento di aeromobili SEL è determinato dalla seguente relazione

$$SEL_i = 10 \log \left[\frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_{Aj}^2(t)}{P_0^2} dt \right] = \left(L_{Aeq,T_i} + 10 \log \frac{T_i}{T_0} \right) dB(A)$$

in cui T₀ = 1 s è il tempo di riferimento; t₁ e t₂ rappresentano gli istanti iniziale e finale della misura, ovvero la durata dell'evento T_i = (t₂ - t₁) in cui il livello LA risulta superiore alla soglia LAF_{max} - 10 dB(A); PA_j(t) è il valore istantaneo della pressione sonora dell'evento iesimo ponderata A e P₀=20μPa rappresenta la pressione sonora di riferimento; LAeqT_i è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A dell'i-esimo evento sonoro; LAF_{max} è il livello massimo della pressione sonora in curva di ponderazione "A", con la costante di tempo "Fast" collegato all'evento.

Appendice 2. Strumentazione utilizzata

Le misure sono state eseguite impiegando strumentazione di classe 1, così come prescritto dal DM 16/3/1998, decreto attuativo della LQ n. 447 del 26/10/1995, in regolare corso di taratura biennale; l'elenco completo della strumentazione utilizzata è riportato nella seguente Tabella

La catena di misura è stata calibrata prima e dopo il ciclo di misura, ottenendo una differenza pari a 0,1 dB. Le unità microfoniche sono state accessoriate con protezione per esterni adeguata a garantire protezione per almeno una settimana.

La strumentazione è stata impostata per acquisire livelli di pressione sonora con costante di tempo *Fast* e restituire uno "short Leq" ponderato con curva "A" ogni secondo.

Strumentazione utilizzata

Fonometro 01dB SOLO n. 65150, capsula microfonica 01 dB MCE n. 134812 e preamplificatore 01dB PRE21 n. 15583
Calibratore 01dB CAL 21 n. 50241558

Cavo di collegamento lungo 10 metri

Fonometro su treppiede h. 1,5 e capsula microfonica su treppiedi h 9 m.

Software di post-elaborazione: dBTrait32 v. 4.021

1. Premessa

L'attività descritta nel presente rapporto tecnico ha riguardato l'esecuzione di un monitoraggio breve in data 25/05/2017, in corrispondenza della postazione n. 6 del Sistema di Acquisizione e analisi del Rumore Aeroportuale (SARA) gestito da ADB, al fine e ai sensi del DPR 11/12/1997 n. 496, art. 2, comma 5. Il tipo di verifica messa in atto è consistita nell'osservazione in campo degli eventi sonori di origine aeronautica prodotti dai transiti degli aerei sulla postazione in esame. 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

2. Norme e limiti di riferimento

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 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 e il periodo notturno nell'intervallo di tempo compreso fra le 23 e le 6; l'indice LVA è calcolato su base settimanale.

Relativamente alla caratterizzazione acustica del territorio sono istituite delle aree di rispetto denominate Zona A, Zona B e Zona C.

Per quanto concerne la Zona A, caratterizzata dai valori di LVA pari o inferiori a 65 dBA non sono previste limitazioni all'uso del territorio. All'interno della Zona B (indice LVA compreso fra 65 dBA e 75 dBA) 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. All'interno della Zona C (indice LVA superiori a 75 dBA) 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).

Il DM del 20/5/1999 "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. Tale decreto stabilisce inoltre la procedura da seguire in fase di classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico.

Ulteriori disposizioni e attribuzioni di competenze sono riportate nel DPR dell'11/12/1997, “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), nonché una verifica almeno biennale delle emissioni sonore degli aeromobili in esercizio, a cura dell'ente nazionale per l'aviazione civile.

Il DPR del 11/12/1997 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;

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 e alla definizione della classificazione acustica dell'intorno aeroportuale stabilendo i confini delle tre aree di rispetto: Zona A, Zona B, Zona C.

Per determinare il rumore prodotto dal sorvolo degli aeromobili il DM 31/10/1997 ha introdotto l'indice di valutazione del rumore aeroportuale LVA la cui procedura di calcolo viene descritta in Allegato A del DM stesso. Come riportato in dettaglio in Appendice 1, l'indice LVA 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 $L_{AFmax} - 10dB$. Il calcolo del SEL ottenuto nel modo indicato dal decreto, rispetto alle procedure utilizzate da SARA può comportare sia delle sottostime, caso più frequente sia delle sovrastime del SEL.

I livelli sonori riferiti a tali eventi vengono distribuiti sugli interi periodi di riferimento diurno (LVAd) e notturno (LVAn) al fine di ottenere un valore giornaliero del livello di valutazione del rumore aeroportuale (LVAj), ed infine costruire l'indice sulla base di 21 LVAj ricavati dalla settimana peggiore

per ciascuno dei tre periodi 1 ottobre - 31 gennaio, 1 febbraio - 31 maggio; 1 giugno – 30 settembre.

3. Il sistema SARA

Il sistema denominato SARA (Sistema Acquisizione e Analisi Rumore Aeroportuale) è strutturato in modo da monitorare le operazioni di decollo ed atterraggio e registrare 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. Le stazioni sono programmate per rilevare in continuo il livello di pressione sonora ponderata "A" con costante di tempo *Fast*. I dati rilevati dalle singole stazioni, corrispondenti agli eventi estratti sulla base delle soglie temporali e di livello, sono trasmessi, gestiti ed elaborati presso il 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 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 UMTS.

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, L_{Aeq} e L_{AFmax} dello stesso. L'insieme degli eventi riconosciuti e considerati correlati costituisce la base per il calcolo dell'LVA.

4. Postazione di verifica

Il punto di rilievo scelto per la presente verifica è affiancato alla torre faro del centro sportivo Pizzoli corrispondente alla Postazione 6 che si trova a circa 2,5 km dalla BOA VOR.

La stazione SARA è collocata all'interno del campo sportivo che a sua volta è posto a ridosso di nuclei



Illustrazione 1: ortofoto con posizione NMT 6

residenziali.

Oltre ai transiti aerei, le sorgenti sonore che influiscono sul clima acustico dell'area sono costituite del traffico su via Agucchi che dista circa 35 metri dalla postazione P6, nonché delle attività antropiche svolte all'interno del campo sportivo, pertanto in determinate condizioni la postazione è soggetta a falsi positivi. Il clima acustico presso la postazione di misura è caratterizzato da un rumore di fondo pari a circa 50 dB(A).

La capsula microfonica Arpae è stata posta in affiancamento a quella del sistema SARA, salvo la quota dal pavimento: il microfono SARA è infatti posto ad un'altezza di poco superiore a 20 metri mentre il microfono di ARPAE è stato posto alla massima altezza disponibile pari a circa 9 metri (img. 2)

Durante il ciclo di misura è stato caratterizzato da condizioni meteorologiche buone, con assenza di precipitazioni e vento mediamente inferiore a 5 m/s.



Illustrazione 2: posizione microfono

5 Procedura di verifica

La verifica è avvenuta in modalità assistita, un operatore ha presidiato in continuo la catena fonometrica e osservato i transiti degli aeromobili. L'aereo avvistato in transito è stato identificato in tempo reale con l'applicazione flightradar24 (img. 3). Tale applicazione raccoglie i dati direttamente dai transponder degli aeromobili essendo così possibile individuare il numero del volo e il modello di aereo. Solo alcuni aeromobili più piccoli non hanno transponder di tipologia i cui dati non vengono raccolti dall'applicazione. Nel corso della verifica due aerei transitati alle ore 10:25 e 14:56 non sono stati individuati si è pertanto successivamente assegnato il volo sulla base del dato fornito dalle tracce radar.

FR9367/RYR9PG
Ryanair

BLQ
BOLOGNA
CEST (UTC+2:00)

BCN
BARCELONA
CEST (UTC+2:00)

DEPARTURE ARRIVAL

SCHEDULED **10:35** SCHEDULED **12:20**

GREAT CIRCLE DISTANCE: 833 KM

2 KM 832 KM

FR9367 - AVERAGE FLIGHT TIME: 01:21

[More FR9367 flights](#)

TYPE (B738)
Boeing 737-8AS

REGISTRATION EI-FOE MODE-S "HEX CODE" 4CA5EA

SERIAL NUMBER (MSN) AGE (JAN 2016)
44713 1 year

3D view Route Less info Follow Share

Illustrazione 3: screenshot da flightradar24

RYR6QA
FR6018
B738
↑ 328 m

BLQ
BOLOGNA

ATH
ATHENS

CALIBRATED ALT. 347 m
GROUND SPEED 315 km/h

Boeing 737-8AS REG: EI-FOF

3D view Route More info Follow Share

6. Risultati

In fase di post elaborazione sono stati estratti dalla storia temporale acquisita gli eventi corrispondenti ai transiti di aeromobili impostando una soglia per il livello pari a 62 dB(A) per una durata non inferiore a 6 s. Gli eventi così selezionati sono stati messi a confronto con i dati SARA in riferimento ai livelli massimi, di Leq dell'evento e dei SEL. Dai SEL degli eventi è stato poi ricavato il dato LVA riferito naturalmente alle sole sei ore di monitoraggio

I risultati dei monitoraggi sono riportati nelle seguenti Tabelle 1. e 2.

Data ADB	Data Arpae	Durata ADB	Durata ARPAE	Picco ADB	Picco Arpae	OSSERVAZIONE SUL CAMPO	Lmax ADB	Lmax Arpae	Leq ADB	Leq Arpae	SEL ADB	SEL Arpae
10:25:36	10:25:37	19	14	10:25:42	10:25:45	10.25 D JBC103B BE40	75,5	71,6	68,1	68,3	80,9	79,8
10:28:34	10:28:35	23	24	10:28:46	10:28:45	10.28 D FR4327 BOEING 737-8AS	89,0	86,7	81,2	80,9	94,8	94,7
10:39:45	10:39:49	23	21	10:39:57	10:39:59	10.39 D SK2684 BOMBARDIER CRJ9	84,0	82,8	77,5	76,8	91,2	90,0
10:49:21	10:49:24	29	26	10:49:39	10:49:35	10.49 D OS548 FOKKER F100	79,0	80,7	73,3	74,0	88,0	88,2
10:52:35	10:52:37	26	26	10:52:49	10:52:48	10.52 D LH283 AIRBUS 319	80,0	79,0	73,9	73,8	88,1	88,0
10:54:59	10:55:00	29	27	10:55:10	10:55:11	10.55 D FR788 BOEING 737-8AS	86,5	83,6	79,2	78,1	93,9	92,5
				NON RILEVATO		11.11 D AEREO NON IDENTIFICATO			NON RILEVATO			
11:13:01	11:13:05	26	27	11:13:13	11:13:17	11.13 D U28990 AIRBUS 319	84,5	81,9	76,4	76,0	90,6	90,3
11:20:03	11:20:04	25	26	11:20:13	11:20:14	11.20 D FR6423 BOEING 737-8AS	86,8	85,0	79,4	79,1	93,3	93,3
11:26:50	11:26:54	24	21	11:27:01	11:27:02	11.27 D DK1322 BOEING 737-8AS	84,9	81,9	77,9	77,2	91,7	90,4
11:28:56	11:28:57	32	32	11:29:06	11:29:10	11.29 D ID8785 BOMBARDIER CRJX	84,0	78,9	74,7	73,4	89,7	88,4
11:35:22	11:35:24	23	23	11:35:35	11:35:33	11.35 D SU2425 BOEING 737-8AS	87,3	84,4	80,5	79,6	94,1	93,2
12:13:36	12:13:39	24	25	12:13:47	12:13:48	12.13 D AZ1314 EMBRAER ERJ	84,8	80,5	76,8	75,6	90,6	89,6
12:19:54		12		12:19:56		12.19 D AB8683 DASH 8 Q 400	69,5		67,0		77,8	
12:40:28	12:40:29	25	24	12:40:42	12:40:40	12.40 D 4U7837 AIRBUS 319	75,6	74,6	70,8	70,8	84,8	84,6
13:13:39	13:13:41	22	24	13:13:53	13:13:55	13.13 D TU363 BOEING 737-8AS	82,0	80,8	76,3	75,7	89,7	89,5
13:19:13	13:19:15	27	25	13:19:29	13:19:25	13.19 D 4U839 AIRBUS 319	82,5	82,2	75,6	75,0	89,9	89,0
13:28:34		11		13:28:38		EVENTO NON CORRELABILE	68,4		66,4		76,9	
13:29:02	13:29:11	27	18	13:29:21	13:29:21	13.29 D EN8241 EMBRAER ERJ	79,8	79,2	72,3	74,1	86,7	86,7
13:34:10	13:34:13	26	22	13:34:24	13:34:24	13.34 D IB8783 BOMBARDIER CRJ	80,6	79,1	74,5	74,4	88,6	87,8
13:35:58	13:36:02	24	24	13:36:12	13:36:14	13.36 D KL1584 EMBRAER ERJ	81,8	79,4	74,3	73,5	88,1	87,3
13:48:10	13:48:14	27	27	13:48:20	13:48:23	13.48 D FR9457 BOEING 737-8AS	86,3	84,0	79,4	78,5	93,8	92,8
13:56:32	13:56:37	34	25	13:56:47	13:56:48	13.56 D FR137 BOEING 737-8AS	83,9	82,0	76,3	76,6	91,6	90,6
13:57:38	13:57:42	12	9	13:57:45	13:57:48	EVENTO NON CORRELABILE	74,1	69,8	70,6	67,8	81,4	77,4
14:00:53	14:00:59	25	20	14:01:10	14:01:12	14.01 D EN9500 EMBRAER ERJ	79,5	78,9	72,5	72,1	86,5	85,1
14:04:55	14:05:00	28	26	14:05:11	14:05:10	14.05 D BA541 AIRBUS A 321	81,8	81,6	75,4	75,7	89,9	89,9
14:33:05	14:33:13	30	26	14:33:22	14:33:24	14.33 D FR4897 BOEING 737-8AS	87,6	88,3	79,8	80,3	94,6	94,5
14:46:19	14:46:22	24	24	14:46:29	14:46:33	14.46 D LH285 AIRBUS A320	82,4	80,9	75,4	74,9	89,2	88,7
14:48:21	14:48:25	22	24	14:48:31	14:48:36	14.48 D FR4321 BOEING 737-8AS	86,9	88,0	80,4	79,0	93,8	92,8
14:53:33	14:53:37	29	26	14:53:43	14:53:48	14.53 D FR2241 BOEING 737-8AS	87,5	87,8	79,8	79,5	94,4	93,7
14:56:06	14:56:10	11	11	14:56:11	14:56:15	14.56 D APX4C C56X	75,5	71,1	69,1	68,8	79,5	79,2
15:00:55	15:01:02	25	23	15:01:09	15:01:13	15.01 D FR3968 BOEING 737-8AS	83,5	82,2	77,6	77,5	91,6	91,1
15:20:00	15:20:04	20	21	15:20:10	15:20:13	15.20 D PC1218 BOEING 737-8AS	87,4	83,8	79,9	78,9	92,9	92,1
15:27:19	15:27:23	22	22	15:27:29	15:27:34	15.27 D EK94 BOEING 777	88,5	87,5	82,3	81,5	95,7	94,9
15:33:05	15:33:10	31	27	15:33:17	15:33:22	15.33 D W63164 AIRBUS A 321	84,4	83,6	77,0	76,7	91,9	91,0
15:37:21	15:37:25	13	13	15:37:28	15:37:30	15.37 D N673P GLF5	79,4	75,1	71,2	70,3	82,3	81,5
15:45:05	15:45:09	23	23	15:45:12	15:45:23	15.45 D AF1829 AIRBUS A318	79,0	75,3	72,5	71,3	86,1	84,9
15:47:22	15:47:28	27	22	15:47:36	15:47:37	15.47 D HU5310 BOEING 737-8AS	83,5	83,0	76,9	77,0	91,2	90,4
15:52:24	15:52:29	26	26	15:52:36	15:52:40	15.52 D FR4305 BOEING 737-8AS	85,4	80,8	77,0	76,0	91,1	90,1
15:57:53	15:57:56	22	25	15:58:02	15:58:05	15.57 D FR4863 BOEING 737-8AS	85,6	86,3	79,8	78,4	93,2	92,4
16:03:41	16:03:48	27	23	16:04:00	16:04:03	16.03 D AZ1318 AIRBUS	75,5	74,7	70,6	70,2	84,9	83,8
16:06:58	16:07:02	28	25	16:07:09	16:07:13	16.06 D FR789 BOEING 737-8AS	89,5	86,6	81,9	81,1	96,3	95,1
16:09:47	16:09:56	27	22	16:10:05	16:10:12	16.10 TRANSITO ELICOTTERO POLIZIA	76,3	73,5	69,6	69,8	83,9	83,2
16:12:34	16:12:39	29	26	16:12:59	16:10:12	16.12 D W63560 AIRBUS 320	83,5	80,2	77,1	75,8	91,0	89,4

Tabella 1: confronto eventi SARA ARPAE del 25/05/2017

Nelle 6 ore di monitoraggio si è verificato un transito di un piccolo aereo non riconosciuto dall'applicazione così come dalle tracce radar. Inoltre, con la soglia impostata si sono formati 2 eventi non correlabili con eventi di origine aeronautica e 1 transito non connesso con l'attività dell'aeroporto Marconi. Tali eventi, comunque caratterizzati da un basso contenuto energetico non sono stati conteggiati nei calcoli globali

Media Lmax eventi	SARA dB(A)	Arpae dB(A)	differenza
25/05/17	84,5	83,0	1,5
Media Leq eventi	SARA dB(A)	Arpae dB(A)	differenza
25/05/17	77,5	76,9	0,6
LVA (10,30–16,30)	SARA dB(A)	Arpae dB(A)	differenza
25/05/17	64,0	63,3	0,7

Tabella 2: confronto media valori SARA ARPAE

Le differenze di LVA riscontrate fra i rilievi ARPA e i dati SARA sono riconducibili, oltre che alla diversa risposta dei sistemi di acquisizione, alle diverse posizioni dei microfoni, fermo restando che l'LVA è stato costruito sugli stessi eventi acustici .

Fatto salvo quanto sopra esposto, dall'esame dei dati riportati nelle precedenti tabelle si rileva un buon accordo fra i valori riscontrati dai due sistemi di monitoraggio con un leggero ma sistematico scarto a favore della catena fonometrica SARA. Le differenze rilevate sono giudicabili entro normali margini di tolleranza per cui si ritiene che i dati utili a comporre il parametro di legge siano restituiti in modo adeguato e rappresentativo dei livelli sonori generati.

Appendice 1. L'indice di valutazione del rumore aeroportuale

Il DM 31/10/1997 (allegato A) per valutare il rumore prodotto dal sorvolo degli aeromobili introduce l'indice di valutazione del rumore aeroportuale LVA definito dalla seguente espressione

$$L_{VA} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N 10^{\frac{L_{VAj}}{10}} \right] dB(A)$$

in cui:

LVA rappresenta il livello di valutazione del rumore aeroportuale;

N è il numero dei giorni del periodo di osservazione del fenomeno pari a 21 ovvero tre settimane aventi il maggior numero di movimenti in relazione ai periodi 1 ottobre - 31 gennaio, 1 febbraio - 31 maggio, 1 giugno - 30 settembre;

LVAj è il valore giornaliero del livello di valutazione del rumore aeroportuale che si determina considerando tutte le operazioni a terra e di sorvolo che si manifestano nell'arco della giornata compreso tra le ore 0 e le 24, acquisendo, a partire da rilievi in continuo, il contenuto energetico dei singoli sorvoli.

L'espressione per il calcolo dell'indice LVAj è la seguente

$$L_{VAj} = 10 \log \left[\frac{17}{24} 10^{\frac{L_{VAjD}}{10}} + \frac{7}{24} 10^{\frac{L_{VAjN}}{10}} \right] dB(A)$$

dove

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

è il livello di valutazione del rumore aeroportuale nel periodo diurno (LVA_D) in cui T_d = 61200s (17 ore), N_d è il numero totale dei movimenti degli aeromobili in tale periodo e SEL_i è il livello dell'iesimo evento sonoro associato al singolo movimento;

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

è il livello di valutazione del rumore aeroportuale nel periodo notturno (LVA_N) in cui T_n = 25200s (7 ore), N_n è il numero totale dei movimenti degli aeromobili in tale periodo, SEL_k è il livello sonoro del k-esimo evento associato al singolo movimento.

Il livello dell'evento sonoro associato al singolo movimento di aeromobili SEL è determinato dalla seguente relazione

$$SEL_i = 10 \log \left[\frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_{Aj}^2(t)}{P_0^2} dt \right] = \left(L_{Aeq,T_i} + 10 \log \frac{T_i}{T_0} \right) dB(A)$$

in cui T₀ = 1 s è il tempo di riferimento; t₁ e t₂ rappresentano gli istanti iniziale e finale della misura, ovvero la durata dell'evento T_i = (t₂ - t₁) in cui il livello LA risulta superiore alla soglia LAF_{max} - 10 dB(A); PA_j(t) è il valore istantaneo della pressione sonora dell'evento iesimo ponderata A e P₀=20μPa rappresenta la pressione sonora di riferimento; LAeqT_i è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A dell'i-esimo evento sonoro; LAF_{max} è il livello massimo della pressione sonora in curva di ponderazione "A", con la costante di tempo "Fast" collegato all'evento.

Appendice 2. Strumentazione utilizzata

Le misure sono state eseguite impiegando strumentazione di classe 1, così come prescritto dal DM 16/3/1998, decreto attuativo della LQ n. 447 del 26/10/1995, in regolare corso di taratura biennale; l'elenco completo della strumentazione utilizzata è riportato nella seguente Tabella

La catena di misura è stata calibrata prima e dopo il ciclo di misura, ottenendo una differenza pari a 0,1 dB. Le unità microfoniche sono state accessoriate con protezione per esterni adeguata a garantire protezione per almeno una settimana.

La strumentazione è stata impostata per acquisire livelli di pressione sonora con costante di tempo *Fast* e restituire uno "short Leq" ponderato con curva "A" ogni secondo.

Strumentazione utilizzata

Fonometro 01dB SOLO n. 65150, capsula microfonica 01 dB MCE n. 134812 e preamplificatore 01dB PRE21 n. 15583

Calibratore 01dB CAL 21 n. 50241558

Cavo di collegamento lungo 10 metri

Fonometro su treppiede h. 1,5 e capsula microfonica su treppiedi h 9 m.

Software di post-elaborazione: dBTrait32 v. 4.021
