

Monitoraggio acustico presso Scuole Zucchelli – via Ca' Bianca 3/2 Bologna

Rilievi eseguiti nel mese ottobre 2017

VERIFICA CONDOTTA DA:

Maurizio Gherardi*

REDAZIONE, ELABORAZIONE ED ESECUZIONE RILIEVI:

Maurizio Gherardi*
Francesco Milazzo*
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 di misura del rumore aeroportuale di SAB	4
4. Monitoraggio ARPAE	6
5. Risultati monitoraggio esterno	9
6. Risultati monitoraggio interno	12
7. Conclusioni e considerazioni finali	15
Appendice 1. L'indice di valutazione del rumore aeroportuale	16
Appendice 2. Storia temporale ed elaborazione dati senza eventi aerei	17
Appendice 3. Elenco voli del 4 ottobre	19

1. Premessa

Il presente rapporto tecnico descrive il monitoraggio acustico svolto presso la scuola Zucchelli (scuole per l'infanzia 1-5 anni) sita in via della Ca' Bianca 3/2 a Bologna nel periodo compreso fra il 3 ed il 8 ottobre.

Tale attività è stata realizzata su richiesta del comune, a seguito di alcune posizioni pubbliche da parte di cittadini preoccupati per i livelli di rumore generati dal traffico aereo su quelle strutture scolastiche ubicate in prossimità dell'aeroporto "Guglielmo Marconi".

Contemporaneamente al monitoraggio esterno è stata effettuata anche una misura all'interno della struttura, a finestre chiuse, al fine di avere indicazioni circa il rumore immesso all'interno della struttura stessa e fornire elementi sull'eventuale disturbo alle attività ed al benessere acustico dei fruitori delle stesse strutture.

2. Norme e limiti di riferimento

L'inquinamento acustico è regolamentato dalla **Legge Quadro 26/10/1995 n. 447** e dai relativi decreti attuativi, fra cui il **DPCM 14/11/1997** "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore", il **Decreto 16/3/1998** "Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico" e, per lo specifico rumore di origine aeroportuale, il **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.

Il **DPCM 14/11/1997** indica i **valori limite dei livelli sonori** di qualità, attenzione, emissione ed immissione. I valori limite di immissione sono a loro volta suddivisi in valori assoluti riferiti all'ambiente esterno classificato per destinazione d'uso del territorio, e in valori differenziali riferiti all'ambiente abitativo. L'art. 3, comma 2 stabilisce inoltre che per le infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime, aeroportuali e le altre sorgenti sonore di cui all'art. 11, comma 1, legge 26 ottobre 1995, n. 447, i limiti di cui alla tabella C non si applicano all'interno delle rispettive fasce di pertinenza, individuate dai relativi decreti attuativi e che all'esterno di tali fasce dette sorgenti concorrono al raggiungimento dei limiti assoluti di immissione ovvero i limiti stabiliti dalla **classificazione acustica comunale attribuiti in base alla destinazione d'uso del territorio e al periodo di riferimento (diurno 6- 22, notturno 22-6)**.

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.

Ad integrazione della normativa nazionale, il comune di Bologna, con delibera del consiglio comunale n. 200 del 13/04/2015 ha approvato la carta unica del territorio in cui vengono individuati, fra gli altri, i vincoli vigenti nell'area sottesa dalla zonizzazione acustica. Nelle aree interessate dagli effetti del rumore aeroportuale, individuate sulla base della zonizzazione elaborata dalla Commissione per il rumore aeroportuale istituita ai sensi del Dm 31 ottobre 1997, non sono consentiti nuovi insediamenti o espansioni degli insediamenti esistenti né cambi di destinazione d'uso verso la funzione abitativa.

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 dell'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, può comportare sia delle sottostime 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.

Per effettuare il calcolo di tale indice occorre dunque disporre dei dati dell'intero anno sulla base dei quali individuare le tre settimane peggiori dal punto di vista del traffico. A tale proposito si evidenzia che potendo verificare solo le tre settimane di maggior traffico ed essendo l'LVA giornaliero fortemente influenzato dai voli notturni la cui presenza comporta la penalizzazione di 10 dB(A) non è detto che ai periodi con il maggior numero di voli corrispondano gli LVA maggiori.

Con particolare riferimento ai limiti delle strutture scolastiche ubicate all'interno delle zona A o B va annotata una peculiarità, in senso negativo, delle norme che sovrintendo la definizione dei limiti di legge applicate a queste funzioni. In effetti all'interno delle aree di rispetto aeroportuali le strutture scolastiche non godono di maggior tutela rispetto alle altre destinazioni d'uso come invece avviene per esempio per l'inquinamento acustico prodotto dalle altre infrastrutture di trasporto (ferrovie e strade).

3. Il sistema di misura del rumore aeroportuale di SAB

Il calcolo dell'indice di valutazione del rumore aeroportuale LVA, secondo quanto disposto dal DM 30/10/1997 e dal DM 20/5/1999, viene fatto sulla base dei dati rilevati dal sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale. Tale sistema, gestito da SAB e sottoposto a controlli periodici da parte di ARPAE, è strutturato in modo da monitorare le operazioni di decollo ed atterraggio e registrare in continuo i dati degli eventi sonori per lo 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. Monitoraggio ARPAE

Il monitoraggio è stato svolto posizionando la strumentazione su un terrazzo dell'edificio scolastico posta a ca. 3 metri da terra. Le sorgenti sonore che influiscono sul clima acustico dell'area sono riconducibili prevalentemente al traffico aereo in quanto non vi sono in prossimità della struttura scolastica infrastrutture con flussi di traffico considerevoli.

L'area ricade nella fascia A di rispetto aeroportuale, per la quale, limitatamente al traffico aereo, valgono solamente i livelli di esposizione LVA, meglio dettagliati nel capitolo precedente (65 dB(A) di LVA).



Immagine 1- Punto di misura

Come anticipato in premessa sono state eseguiti due tipi di monitoraggio, uno all'esterno, ed uno all'interno per verificare il contributo delle immissioni da aeromobile all'interno della struttura scolastica. Le misure sono state eseguite impiegando strumentazione di classe 1, così come prescritto dal DM 16/3/1998, decreto attuativo della L. n. 447 del 26/10/1995, tutta in regolare corso di taratura biennale, elencata di seguito: Fonometro 01dB SOLO n. 65154 dotato di capsula microfonica 01 dB MCE n. 134834 e preamplificatore 01dB PRE21 n. 15575; Calibratore 01dB CAL 21 n. 50241558 all'interno.

All'esterno: Fonometro e analizzatore in tempo reale Larson Davis tipo 831, n° di matricola 02613, preamplificatore PCB tipo Prm 831 n° di matricola 019181, capsula microfonica per campo libero PCB tipo 377B02 matricola 129451, calibratore CAL 200 n° di serie 8699.

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.

L'unità microfonica posizionata all'esterno è stata accessoriata con protezione per esterni adeguata a garantire protezione prolungata nel tempo nei confronti degli eventi atmosferici. Il box per esterno a tenuta stagna è stato posizionato il 2 ottobre 2017 e ritirato il 9 ottobre 2017.

Nel corso di questo periodo si sono verificate condizioni meteorologiche favorevoli all'esecuzione dei monitoraggi di rumore.

Nel corso del monitoraggio si è provveduto alla verifica periodica della stabilità della strumentazione ottenendo differenze nella calibrazione non superiori a 0,5 dB(A).

L'elaborazione dei dati è stata svolta con l'impiego del software dBTrait32 v. 4.021.



Immagine 2- Posizione dei fonometri, interno e d'esterno

L'interno della scuola è su due piani dei quali solo il piano terra viene occupato dai bambini mentre al secondo livello vi sono solo locali di servizio.

Gli ambienti sono di medie dimensioni ed in età non troppo recente il soffitto è stato trattato in parte con del poliuretano espanso bugnato.

Gli infissi, risalenti presumibilmente agli anni 80 sono dotati di vetrocamera di tipo tradizionale, pertanto pur con notevoli margini di miglioramento i requisiti della struttura per la difesa dall'inquinamento acustico non sono totalmente assenti.

Presso la scuola vi sono anche 2 aree pertinenziali verdi ben frequentate dai bambini.



Immagine 3 - Porzione di soffitto trattata con poliuretano espanso bugnato con funzione di assorbimento acustico per



Immagine 4 – Serramenti della scuola con particolare del vetrocamera tradizionale

5. Risultati monitoraggio esterno

In fase di elaborazione si è ricavato il livello di esposizione relativo alle ore di fruizione dell'edificio scolastico, pertanto si sono estratti gli eventi dalle 8.00 alle 18.00 calcolando il livello su una base di 10 ore.

I valori ottenuti nel monitoraggio esterno sono riportati nella seguente Tabella, unitamente al numero di eventi aerei.

In base all'analisi della storia temporale acquisita è stata individuata una soglia per il livello pari a 62 per un minimo di 10 secondi.

Giorno	n. eventi	Leq max dB(A)	Lmax dB(A)	SEL max dB(A)	SEL giorno
2/10 lun	48	83.2 ore 15.29	89.6 ore 15.29	97.0 ore 15.29	62.5 dB(A)
3/10 mar	58	83.2 ore 11.41	89.9 ore 11.41	96.6 ore 11.41	63.5 dB(A)
4/10 mer	54	83.3 ore 15.27	90.6 ore 15.27	97.1 ore 15.27	62.8 dB(A)
5/10 gio	52	82.4 ore 14.26	88.3 ore 13.38	96.5 ore 14.26	60.9 dB(A)
6/10 ven	79	81.2 ore 08.56	89.0 ore 13.27	95.5 ore 13.27	63.6 dB(A)
7/10 sab	66	81.4 ore 15.34	87.6 ore 15.34	95.4 ore 15.34	62.4 dB(A)
8/10 dom	43	81.9 ore 15.34	88.3 ore 15.34	95.9 ore 15.34	61.3 dB(A)

Tabella 1 - risultati del monitoraggio esterno

n. eventi: numero di eventi sonori originati dal sorvolo degli aeromobili;

Leq max: Livello equivalente che si è verificato durante il passaggio dell'aereo pertanto riferito alla durata dell'evento sono da ca. 15 a 30 secondi;

Lmax: livello massimo riferito a 1 secondo, che si è verificato durante quel giorno

SEL max: parametro tecnico di legge utile alla costruzione dei livelli LVA, riferito al valore massimo raggiunto da un transito;

SEL giorno: SEL di tutto il periodo campionato;

- E' possibile che il numero di eventi non coincida con il totale dei sorvoli su bologna soprattutto per quegli aeromobili che riescono a virare subito a nord.

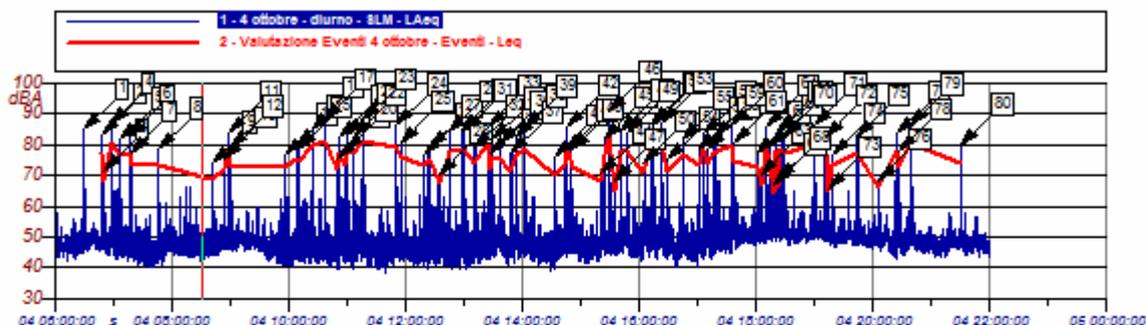
- Si sono calcolati solo gli LVA degli orari di apertura della scuola in quanto funzionali alla prestazione richiesta, tuttavia sono disponibili i dati acustici dell'intero periodo di monitoraggio

Si riporta inoltre il livello equivalente relativo aa tutto il periodo diurno del 4 ottobre, data in cui è stato effettuato anche il monitoraggio interno:



Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna
Sede legale Via Po, 5 - 40139 Bologna - tel 051 6223811 - dir@arpae.it
Sezione di Bologna - Via Francesco Rocchi, 19 - 40138 Bologna
Tel 051 396211 - urpbo@arpae.it - PEC aoo@cert.arpae.emr.it

Misura: 4 ottobre - diurno



Nome misura: 4 ottobre - diurno
Località: Scuole Zucchelli
Data: 04/10/2017
Ora: 06:00:00
Durata: 57601.0 s
Strumentazione : 831 0002613

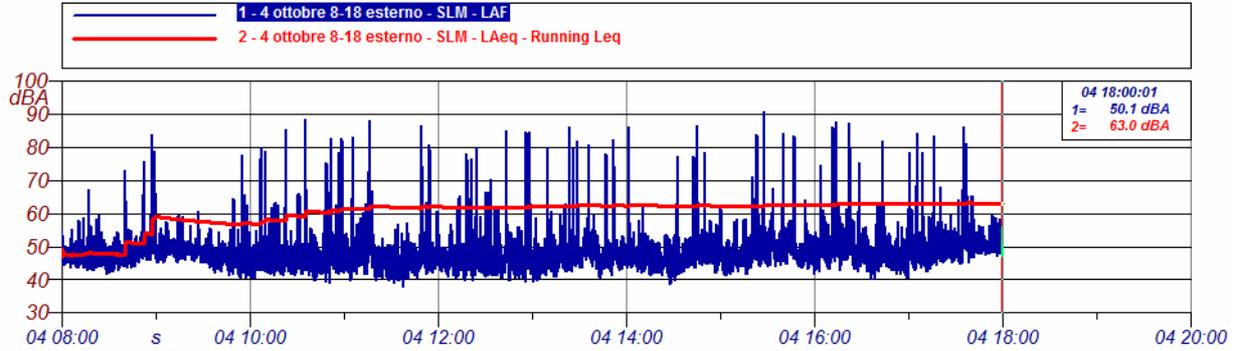
L1: 76.2
L5: 57.9
L10: 52.8
L50: 47.7
L90: 44.0
L95: 42.9

LAeq: 62.6 dB

Lva: 62.1
Lva (n): 0.0
Numero eventi: 80
Numero eventi (d): 80
Numero eventi (n): 0
Leq totale: 62.6
Leq (solo eventi): 77.1
Leq(-10) (solo eventi): 78.8
Leq (esclusi gli eventi): 49.9
Leq (6-22): 62.6
Leq totale (non mascherato): 62.6
Leq (6-22) (non mascherato): 62.6
Leq (22-6) (non mascherato): 46.6
SEL totale: 110.2
SEL (solo eventi): 109.9
SEL(-10) (solo eventi): 109.7
SEL (esclusi gli eventi): 97.3
SEL (6-22): 110.2
SEL totale (non mascherato): 110.2
SEL (6-22) (non mascherato): 110.2
SEL (22-6) (non mascherato): 46.6
Ldn: 68.9
Ldn (non mascherato): 68.9
Lden: 72.2
Lden (non mascherato): 72.2

Grafico 1 - Time history 4 ottobre esterno

Misura: 4 ottobre 8-18 esterno



Nome misura: 4 ottobre 8-18 esterno

Località: Scuole Zucchelli

Data: 04/10/2017

Ora: 08:00:00

Durata: 36001.0 s

Strumentazione : 831 0002613

L1: 76.7
 L5: 58.7
 L10: 52.9
 L50: 47.2
 L90: 43.5
 L95: 42.7

LAeq: 63.0 dB

Grafico 2 - Time history 8 - 18 esterno

6. Risultati monitoraggio interno

Il giorno 4 ottobre approfittando della chiusura delle scuole è stato eseguito il monitoraggio interno che ha fornito i risultati riportati nella tabella 2

Ora	Durata	Leq INT	Lmax	SEL	Diff Est - Int
06:27:42	0:01:12	46,4	56,3	65,0	32,1
06:46:50	0:00:51	47,8	55,0	64,9	29,6
06:48:56	0:00:27	39,7	45,0	54,0	28,7
06:55:51	0:00:41	51,2	58,2	67,3	29,1
07:05:29	0:00:47	46,2	53,1	62,9	30,6
07:14:48	0:00:46	49,6	56,4	66,2	27,7
07:16:51	0:00:53	43,5	50,2	60,7	29,8
07:44:55	0:00:37	44,3	50,6	60,0	28,9
08:40:13	0:00:33	44,3	51,8	59,5	24,4
08:52:11	0:00:39	43,7	49,2	59,6	28,6
08:57:21	0:00:44	48,9	55,7	65,3	29,0
08:59:05	0:00:34	44,4	50,7	59,7	29,3
09:54:56	0:00:35	44,7	50,9	60,2	28,2
10:06:51	0:00:45	46,4	53,2	62,9	28,8
10:09:41	0:00:39	45,6	50,9	61,5	29,0
10:22:37	0:00:48	51,3	57,9	68,1	28,7
10:35:20	0:00:44	53,3	61,1	69,8	28,0
10:48:43	0:00:39	43,0	48,5	58,9	29,4
10:51:16	0:00:40	50,6	56,4	66,6	26,8
10:56:25	0:00:40	45,6	51,9	61,6	27,8
10:58:25	0:00:44	50,2	57,0	66,6	27,9
11:05:17	0:00:49	46,8	53,8	63,7	30,3
11:16:04	0:00:45	53,3	60,3	69,8	27,8
11:49:15	0:01:04	49,8	58,7	67,9	29,2
11:54:13	0:00:39	47,4	53,8	63,3	28,6
12:18:04	0:00:39	44,6	50,6	60,5	29,2
12:20:49	0:00:30	45,4	52,6	60,2	
12:24:12	0:00:46	46,5	52,8	63,1	28,9
12:33:21	0:00:29	40,0	49,4	54,7	27,8
12:43:20	0:00:40	51,7	58,3	67,7	26,6
12:56:09	0:00:51	48,9	57,7	66,0	29,9
12:58:13	0:00:42	51,4	57,5	67,6	27,4
13:09:36	0:00:40	46,4	52,2	62,4	28,6
13:23:31	0:00:42	51,8	60,8	68,1	29,2
13:25:59	0:00:35	43,8	49,5	59,2	28,6
13:28:33	0:00:49	47,1	53,2	64,0	29,2
13:35:54	0:00:40	46,9	53,1	62,9	28,4
13:47:05	0:00:31	43,3	48,9	58,3	28,5
13:51:47	0:00:47	49,2	55,8	66,0	27,6
14:01:24	0:00:51	50,6	58,2	67,7	29,0
14:32:27	0:00:49	43,0	50,5	59,9	27,3

14:42:52	0:00:38	44,7	50,8	60,5	28,6
14:45:16	0:00:38	52,4	59,6	68,2	28,1
14:49:46	0:00:35	44,7	51,9	60,1	28,5
15:20:33	0:00:27	39,3	43,4	53,6	29,2
15:23:12	0:00:47	49,1	55,8	65,8	27,9
15:27:41	0:00:37	54,4	62,3	70,1	28,9
15:33:14	0:00:30	35,8	39,2	50,6	29,1
15:39:50	0:00:48	50,5	57,9	67,3	27,4
15:47:02	0:00:43	50,7	58,1	67,1	27,2
16:03:49	0:00:39	42,3	48,4	58,2	28,5
16:11:35	0:00:45	51,7	59,9	68,2	28,6
16:13:46	0:00:41	52,6	59,3	68,8	26,9
16:22:16	0:00:51	53,1	61,9	70,2	27,9
16:28:23	0:00:43	41,2	47,4	57,5	30,3
16:43:21	0:00:45	49,9	55,8	66,4	26,7
17:00:26	0:00:37	45,0	51,3	60,7	28,8
17:05:19	0:00:53	51,0	58,8	68,2	27,4
17:08:55	0:00:35	47,0	52,8	62,4	27,0
17:16:01	0:00:45	50,2	56,5	66,7	27,2
17:34:56	0:01:09	51,0	59,1	69,4	28,7
17:36:49	0:01:01	46,6	54,7	64,4	28,2
18:00:29	0:00:39	44,4	50,6	60,3	28,1
18:04:03	0:00:31	38,7	43,2	53,7	28,6
18:09:41	0:01:18	50,3	59,0	69,2	29,3
18:13:33	0:00:47	45,5	52,4	62,2	29,2
18:16:46	0:00:30	37,3	42,3	52,1	27,4
18:19:53	0:00:54	49,9	56,6	67,2	28,0
18:22:01	0:00:45	36,9	41,7	53,5	29,7
18:24:37	0:00:50	51,2	58,3	68,1	27,5
18:27:25	0:00:52	47,5	54,8	64,7	29,7
18:37:49	0:00:26	36,9	44,2	51,1	
18:58:39	0:00:52	50,9	59,1	68,1	28,9
19:10:21	0:00:51	47,3	54,7	64,4	30,0
19:13:14	0:00:38	37,1	41,8	52,9	27,7
19:17:31	0:00:43	44,5	51,0	60,9	28,7
19:43:09	0:01:04	47,7	55,7	65,7	29,6
20:04:54	0:00:30	37,8	40,9	52,5	28,7
20:24:24	0:00:53	50,1	57,1	67,3	27,9
20:26:31	0:00:48	43,9	50,6	60,7	29,0
20:37:41	0:00:50	51,7	59,8	68,7	28,6
21:29:21	0:00:50	46,9	53,9	63,9	27,5
22:03:07	0:00:59	50,5	58,9	68,2	28,7
22:25:12	0:01:03	49,7	58,5	67,7	28,9
22:27:47	0:01:24	50,3	59,4	69,5	30,0
22:49:45	0:00:49	45,7	51,7	62,6	28,2
22:59:28	0:00:41	44,1	52,8	60,2	26,2

Tabella 2- Eventi registrati all'interno della struttura a finestre chiuse in assenza di bimbi

Nell'ultima colonna è riportata la differenza fra il livello equivalente dell'evento aeronautico misurato dalla postazione di misura esterna e da quella interna. Risulta una **differenza media di 28,4 dB(A) ed un "valore mediano" e di "moda" superiore di 0,2 dB(A)**. Tali valori non devono essere associati in alcun modo all'isolamento acustico della facciata in quanto i valori di legge previsti dallo specifico decreto (dM 15/12/1997) sono ottenuti con procedure normalizzate che mal rappresentano il rumore di origine aeronautica.

Di seguito si riporta infine il dato di livello di pressione sonora con lo scorporo degli eventi sonori prodotto dagli aerei

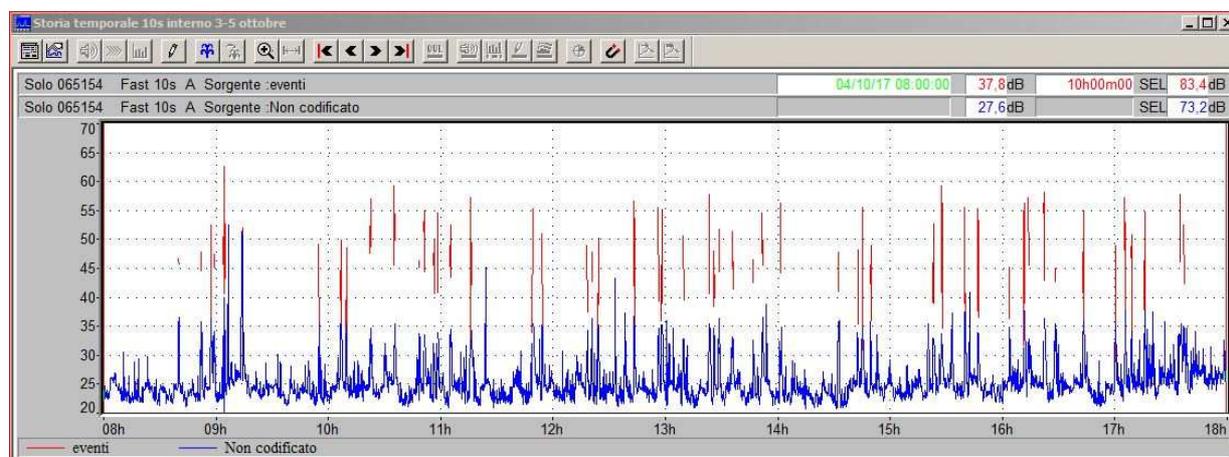


Grafico 3 - thime history misura interna 4 ottobre

File	Interno 3-5 ottobre										
Ubicazione	Solo 065154										
Tipo dati	Leq										
Pesatura	A										
Inizio	04/10/17 08:00:00										
Fine	04/10/17 18:00:00										
Sorgente	Leq	Leq	SEL	Lmin	Lmax	Conteggio	L99	L95	L90	L50	Durata complessivo
	Sorgente	(parziale)									
eventi	52,4	37,7	83,3	40,1	69,5	57	40,2	41,0	41,7	48,4	00:20:32
Non codificato	28,6	28,4	74,0	20,2	65,4	58	21,0	21,5	21,9	24,0	09:39:28
Globale	38,2	38,2	83,8	20,2	69,5	115	21,0	21,5	21,9	24,0	10:00:00

Tabella 3 - Livelli interni

Si osserva un livello equivalente per il normale periodo di fruizione della scuola, **pari a 38,2 dB(A), che a seguito dello scorporo del contributo degli aerei si attesta a 28,6 dB(A) sulle 10 ore complessive¹**

¹ Il livello può cambiare di qualche decimo di decibel a seconda della coda dell'evento acustico scorporato sulla base del un livello di soglia preso in considerazione che nella presente elaborazione è stato fissato a 35 dB(A) per aumento 10 secondi

Si fa presente che il conteggio degli eventi interni differisce da quello esterno a causa del trigger differente. In ogni caso gli eventi che possono essere sfuggiti non incidono significativamente sul dato complessivo proprio in ragione del fatto che sono eventi a bassa emissività

7. Considerazioni finali

Lo svolgimento delle attività sopra descritte sfuggono alla ordinaria attività istituzionale in quanto veniva richiesto dal comune di Bologna di eseguire un monitoraggio sulla struttura scolastica in parola al fine di acquisire ulteriori elementi informativi circa l'inquinamento acustico di origine aeronautica. Si sottolinea infatti che il fine dei monitoraggi a durata inferiore di quella annuale, non può, per come è strutturata la norma sopra descritta, restituire valori utilizzabili per formare il parametro di legge.

Si evidenzia tuttavia che i livelli rilevati presso la scuola in parola, sono comunque allineati ai livelli rilevati dalla vicina centralina sara n. 6 nel periodo oggetto di misure.

Si osserva inoltre che il livelli equivalenti registrati scorporando gli eventi acustici degli aeromobili si attestano dai 50 ai 55 dB(A) a seconda del giorno

Per quanto concerne il monitoraggio interno alla scuola durante l'assenza di bambini (il rumore antropico avrebbe coperto tutti gli eventi sonori prodotti dagli aerei) i risultati hanno fornito informazioni fino ad oggi non noti sui livelli immessi all'interno della struttura scolastica. Tuttavia non esistono limiti di riferimento reperibili all'interno della normativa italiana e l'unico parallelismo possibile è quello con la normativa delle altre infrastrutture di trasporto, ovvero il dpr 459/98 per le ferrovie e il dpr 142/2004 per le strade, pur con la consapevolezza che la dinamica del rumore aereo è completamente diversa da quello stradale pur presentando similitudini con quello ferroviario. Per tali tipologie di infrastrutture qualora non siano conseguibili i limiti dei rispettivi decreti, all'interno delle scuole a finestre chiuse, deve comunque essere assicurato il limite di 45 dB(A).

Fermo restando quanto sopra, l'isolamento acustico della struttura scolastica è sicuramente migliorabile trovandone anche giovamento il risparmio energetico. D'altronde il livello di 35 dB(A) indicato da OMS e consigliato come livello sonoro di fondo è raggiungibile con idonei interventi. Riguardo l'attuale compatibilità dei livelli con l'eventuale deterioramento cognitivo dei bambini, interferenze con la didattica e la protezione dell'intelligibilità del parlato, la scrivente Agenzia non ha le competenze per fornire compiute e argomentate risposte.

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

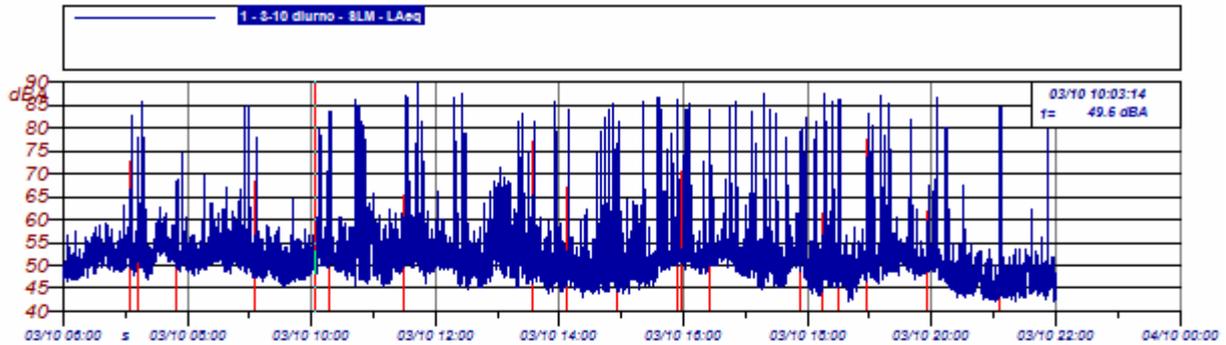
$$SEL_i = 10 \log \left[\frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_{Aj}^2(t)}{P_0^2} dt \right] = \left(L_{AeqTi} + 10 \log \frac{T_i}{T_0} \right) dB(A)$$

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); PAj(t) è il valore istantaneo della pressione sonora dell'evento iesimo ponderata A e P₀=20μPa rappresenta la pressione sonora di riferimento; LAeqTi è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A dell'iesimo 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. – Storia temporale e elaborazione dati senza eventi aerei

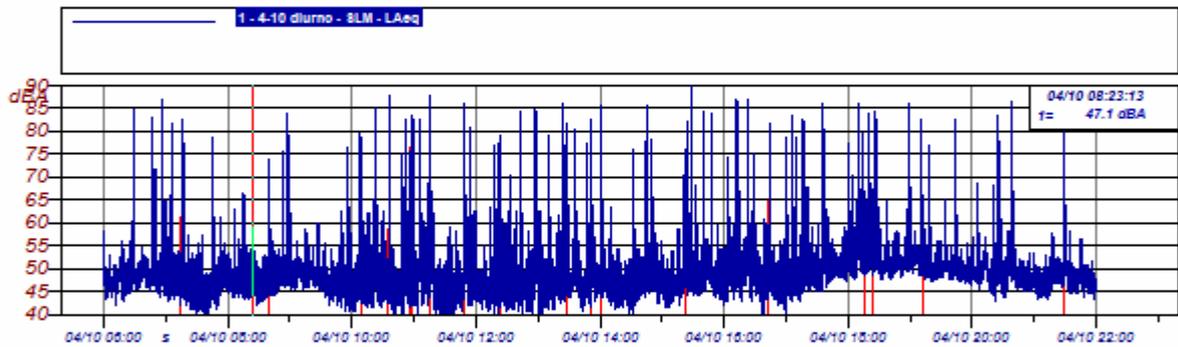


Sezione Provinciale di Bologna
 Via F. Rocchi, 19 - Via B. Tifacchini, 17
 40138 Bologna
 Tel. 051 396211
 PEC: acoo@cert.arpae.emr.it
 e-mail: urpbo@arpae.emr.it



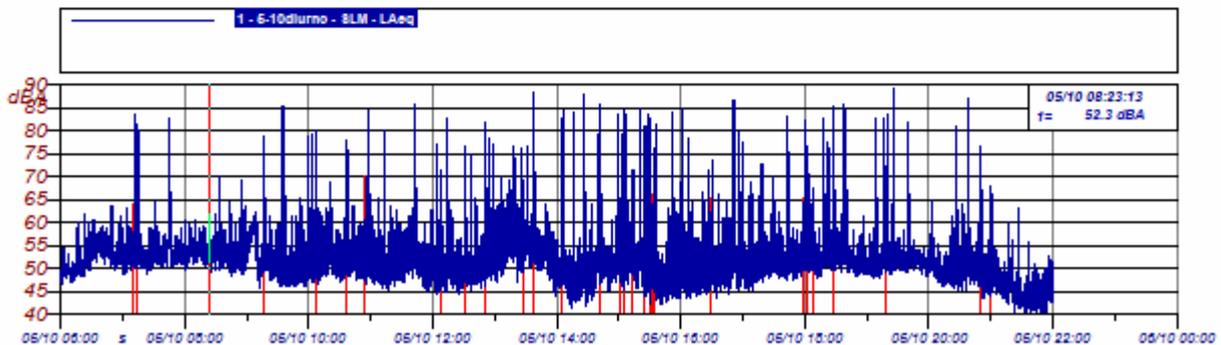
Nome misura: 3-10 diurno
Località: Scuole Zucchelli
Data: 03/10/2017
Ora: 06:00:00 **Durata:** 57601.0 s

LAeq: 52.5 dB



Nome misura: 4-10 diurno
Località: Scuole Zucchelli
Data: 04/10/2017
Ora: 06:00:00 **Durata:** 57601.0 s

LAeq: 49.7 dB

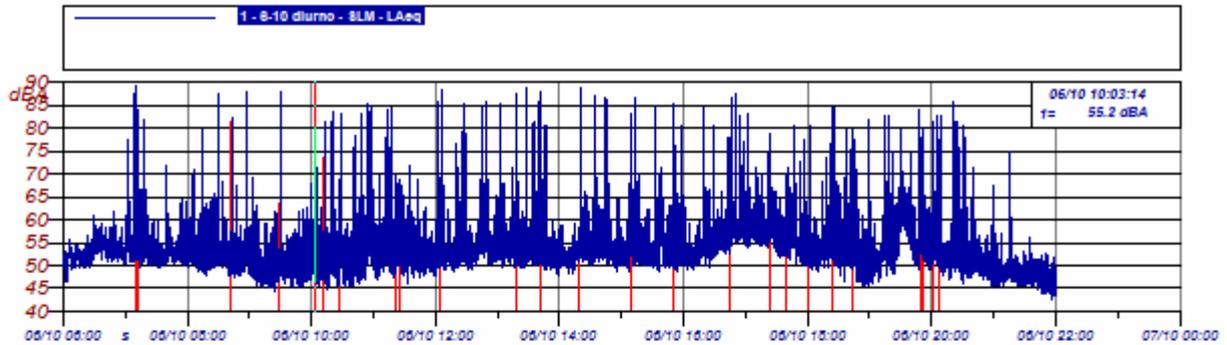


Nome misura: 5-10 diurno
Località: Scuole Zucchelli
Data: 05/10/2017
Ora: 06:00:00 **Durata:** 57601.0 s

LAeq: 52.8 dB

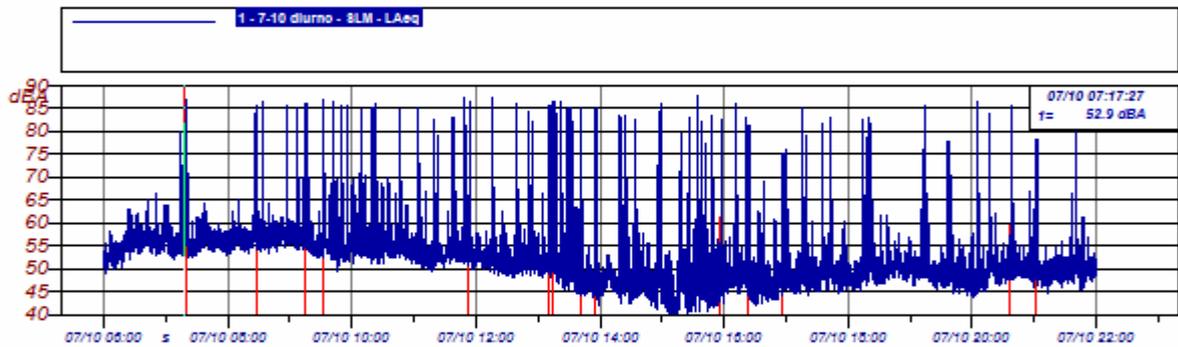


Sezione Provinciale di Bologna
 Via F. Rocchi, 19 - Via B. Tfracchini, 17
 40138 Bologna
 Tel. 051 396211
 PEC: aobbo@cert.arpae.emr.it
 e-mail: urpbo@arpae.emr.it



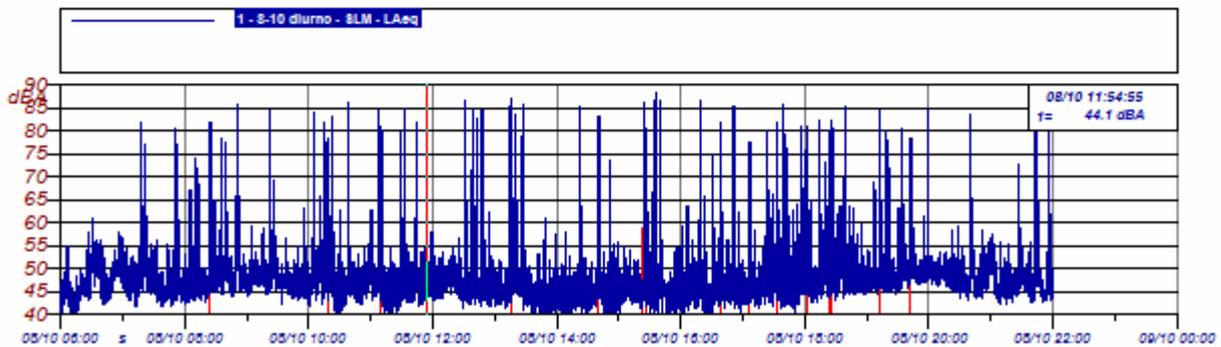
Nome misura: 6-10 diurno
 Località: Scuole Zucchelli
 Data: 06/10/2017
 Ora: 06:00:00 Durata: 57601.0 s

LAeq: 55.1 dB



Nome misura: 7-10 diurno
 Località: Scuole Zucchelli
 Data: 07/10/2017
 Ora: 06:00:00 Durata: 57601.0 s

LAeq: 54.2 dB



Nome misura: 8-10 diurno
 Località: Scuole Zucchelli
 Data: 08/10/2017
 Ora: 06:00:00 Durata: 57601.0 s

LAeq: 49.2 dB

Appendice 3. – Elenco voli 4 ottobre 2017

Data	ICAO Volo	ICAO Velivolo	Tipo Pista Velivolo IATA	Operazione	Destinazione	Sorgente in uso
04/10/2017 21:29:54	SLJ501	BE40	12 N.A.	D	LICA	ENAV
04/10/2017 20:37:40	RYR4VC	B738	12 N.A.	D	LICJ	ENAV
04/10/2017 20:26:29	DLA7LQ	E195	12 E95	D	EDDM	ENAV
04/10/2017 20:24:19	RYR2KQ	B738	12 N.A.	D	LICT	ENAV
04/10/2017 19:42:32	AZA1320	E170	12 E75	D	LIRF	ENAV
04/10/2017 19:17:29	BAW545	A320	12 320	D	EGLL	ENAV
04/10/2017 19:13:04	VLJ513L	C550	12 N.A.	D	LFPB	ENAV
04/10/2017 19:10:08	ANE8787	CRJX	12 CRK	D	LEMD	ENAV
04/10/2017 18:58:45	THY49B	B738	12 738	D	LTBA	ENAV
04/10/2017 18:38:33	BER8687	DH8D	12 DH4	D	EDDL	ENAV
04/10/2017 18:27:22	TAP873	A319	12 319	D	LPPT	ENAV
04/10/2017 18:24:35	RYR1195	B738	12 738	D	EGSS	ENAV
04/10/2017 18:21:48	OEFSS	C525	12 N.A.	D	LOWL	ENAV
04/10/2017 18:19:53	RYR1085	B738	12 738	D	LICC	ENAV
04/10/2017 18:16:25	HOP4517	AT75	12 AT7	D	LFLL	ENAV
04/10/2017 18:13:31	BEL6Q	A319	12 319	D	EBBR	ENAV
04/10/2017 18:09:38	RYR6QA	B738	12 738	D	LGAV	ENAV
04/10/2017 18:03:34	N550GW	GLF5	12 N.A.	D	N.A.	ADSB
04/10/2017 18:00:27	AFR13TA	A318	12 318	D	LFPG	ENAV
04/10/2017 17:36:46	KLM1592	B737	12 73W	D	EHAM	ENAV
04/10/2017 17:34:51	RYR5375	B738	12 738	D	LEMD	ENAV
04/10/2017 17:16:02	RYR4RZ	B738	12 N.A.	D	LIEE	ENAV
04/10/2017 17:08:55	VLG6523	A320	12 320	D	LEBL	ENAV
04/10/2017 17:05:14	RYR4597	B738	12 N.A.	D	LPPR	ENAV
04/10/2017 17:00:20	DLA43LQ	E195	12 E95	D	EDDM	ENAV
04/10/2017 16:43:17	RYR72YK	B738	12 N.A.	D	LIEA	ENAV
04/10/2017 16:28:15	NJE623D	CL35	12 N.A.	D	LFPT	ENAV
04/10/2017 16:22:16	RYR4351	B738	12 738	D	LIBR	ENAV
04/10/2017 16:13:49	RYR4863	B738	12 738	D	EBCI	ENAV
04/10/2017 16:11:37	BMS3GN	B733	12 N.A.	D	LROP	ENAV
04/10/2017 16:03:50	AZA1318	A319	12 319	D	LIRF	ENAV
04/10/2017 15:46:58	RYR7RX	B738	12 738	D	LICA	ENAV
04/10/2017 15:39:48	RYR9369	B738	12 738	D	LEBL	ENAV
04/10/2017 15:27:45	UAE94	B77W	12 77W	D	OMDB	ENAV
04/10/2017 15:23:11	WZZ2DF	A321	12 N.A.	D	LROP	ENAV
04/10/2017 14:49:34	CSA73B	AT75	12 N.A.	D	LKPR	ENAV
04/10/2017 14:45:20	PGT10EE	B738	12 738	D	LTFJ	ENAV
04/10/2017 14:42:55	DLH1TT	A319	12 319	D	EDDF	ENAV
04/10/2017 14:01:28	RYR52MD	B738	12 738	D	EDDB	ENAV
04/10/2017 13:51:51	RYR32AY	B738	12 N.A.	D	EGSS	ENAV
04/10/2017 13:35:55	WZZ182	A320	12 320	D	LHBP	ENAV
04/10/2017 13:28:22	KLM1584	E190	12 E90	D	EHAM	ENAV
04/10/2017 13:25:57	DLA41LQ	E195	12 E95	D	EDDM	ENAV
04/10/2017 13:23:35	GW1839	B738	12 738	D	EDDK	ENAV
04/10/2017 13:09:33	ERN217	A320	12 320	D	LATI	ENAV

04/10/2017 12:58:10	RYR4317	B738	12	738 D	EPWR	ENAV
04/10/2017 12:55:56	ANE83EB	CRJX	12 N.A.	D	LEMD	ENAV
04/10/2017 12:43:18	AFL2425	B738	12	738 D	UUEE	ENAV
04/10/2017 12:33:07	BER3VA	DH8D	12 N.A.	D	EDDL	ENAV
04/10/2017 12:24:21	BAW34BQ	A320	12 N.A.	D	EGLL	ENAV
04/10/2017 12:20:33	PRG403	BE20	12 N.A.	D	LIEE	ENAV
04/10/2017 12:17:39	AZA1314	E170	12 E75	D	LIRF	ENAV
04/10/2017 11:54:23	WZZ6AW	A320	12 N.A.	D	LUKK	ENAV
04/10/2017 11:49:18	THY4DA	B738	12	738 D	LTBA	ENAV
04/10/2017 11:16:06	4CA64E	B738	12 N.A.	D	N.A.	ADSB
04/10/2017 11:05:18	EZY72GK	A319	12	319 D	EGKK	ENAV
04/10/2017 10:58:23	RYR96WR	B738	12 N.A.	D	LEVC	ENAV
04/10/2017 10:56:23	AUA548	F100	12	100 D	LOWW	ENAV
04/10/2017 10:51:16	RYR43CQ	B738	12 N.A.	D	LFOB	ENAV
04/10/2017 10:48:40	SAS2684	CRJ9	12 CR9	D	EKCH	ENAV
04/10/2017 10:35:22	RYR2UM	B738	12 N.A.	D	EGGD	ENAV
04/10/2017 10:22:42	RYR4MH	B738	12 N.A.	D	LEIB	ENAV
04/10/2017 10:09:40	AFR12MG	A319	12 N.A.	D	N.A.	ADSB
04/10/2017 10:06:48	AZA1366	A320	12	320 D	LICC	ENAV
04/10/2017 09:54:57	DLA39LQ	E195	12 E95	D	EDDM	ENAV
04/10/2017 08:59:05	MLD880	E190	12 E90	D	LUKK	ENAV
04/10/2017 08:57:21	RYR9PG	B738	12 N.A.	D	LEBL	ENAV
04/10/2017 08:52:09	BAW43LQ	A319	12 N.A.	D	EGLL	ENAV
04/10/2017 08:40:01	FXR18G	P180	12 N.A.	D	LIPX	ENAV
04/10/2017 07:44:25	AUA38W	E190	12 N.A.	D	LOWW	ENAV
04/10/2017 07:16:35	AZA1312	E170	12 E75	D	LIRF	ENAV
04/10/2017 07:14:43	RYR8TP	B738	12 N.A.	D	LICT	ENAV
04/10/2017 07:05:24	ANE87CC	CRJX	12 N.A.	D	LEMD	ENAV
04/10/2017 06:55:49	RYR4895	B738	12	738 D	GCRR	ENAV
04/10/2017 06:48:51	TAY108F	F50	12 N.A.	D	LIEE	ENAV
04/10/2017 06:46:51	RYR3ZF	B738	12	738 D	LICA	ENAV
04/10/2017 06:28:02	NOS864	B738	12 N.A.	D	LIRF	ENAV