



ARPALAZIO

AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO

IL RUMORE AEROPORTUALE



2015

IL RUMORE AEROPORTUALE

Rapporto a cura di:

ARPA Lazio, Divisione atmosfera e impianti

Tina Fabozzi, Gianmario Bignardi, Valerio Briotti, Roberta Caleprico, Raffaele Piatti

RIASSUNTO

Il rumore prodotto dagli aerei in fase di decollo e atterraggio rappresenta una fonte importante di disturbo per la popolazione che risiede nelle vicinanze degli aeroporti. In Italia, in particolare, le caratteristiche morfologiche e orografiche, legate a una forte urbanizzazione del territorio, sono tali per cui queste infrastrutture spesso sono localizzate in aree limitrofe ai centri urbani. La normativa che regola il rumore aeroportuale si trova oggi a dover combinare diverse esigenze spesso conflittuali tra di loro. Se da una parte vige la necessità di consentire sempre più lo sviluppo del traffico aereo, dall'altra aumenta l'esigenza di tutela della popolazione residente sotto le rotte di atterraggio e decollo degli aerei. Il percorso normativo definito dal legislatore risulta apparentemente chiaro, ma l'applicazione pratica delle regole ha evidenziato diversi problemi sia di natura regolatoria-gestionale che di natura tecnica. La normativa, infatti, ha incontrato notevoli difficoltà dovute ad alcune questioni interpretative che hanno portato in diversi casi a una situazione di stallo o comunque ad applicazioni difformi tra i diversi aeroporti nazionali. Ai fini del controllo dell'inquinamento acustico aeroportuale la normativa vigente richiede l'applicazione di metodologie e strumenti gestionali sofisticati che non sono di immediata applicazione. La necessità di separare il rumore di origine aeronautica dalle restanti forme di inquinamento acustico influenza, tra l'altro, la scelta del posizionamento delle stazioni di monitoraggio. Nel presente lavoro sono illustrati gli elementi tecnici e normativi sul rumore aeroportuale. Inoltre, sono descritte le principali caratteristiche del rumore generato dagli aeromobili, i principali riferimenti normativi e i ruoli istituzionali. Particolare attenzione è stata riservata alla zonizzazione acustica aeroportuale che, analogamente a quella comunale, rappresenta un atto tecnico-politico di governo del territorio, visto che, oltre a definire limiti acustici per la specifica sorgente di rumore, ne introduce anche gli specifici vincoli di utilizzo.

Parole chiave: acustica, aeroporto, monitoraggio, rumore, zonizzazione.

Contatti autori: tina.fabozzi@arpalazio.it

ARPA Lazio – 2015



Quest'opera è distribuita con Licenza
Creative Commons Attribuzione 3.0 Italia

Foto di copertina

Stazione di misura del rumore – Foto ARPA Lazio

Tutte le fotografie pubblicate, laddove non diversamente riportato, sono dell'Archivio fotografico dell'ARPA Lazio

Coordinamento editoriale: ARPA Lazio – Divisione polo didattico

Progetto grafico e stampa: Tiburtini - Roma

INDICE

LEGENDA	Pag.	5
INTRODUZIONE	"	7
1. RIFERIMENTI NORMATIVI	"	11
1.1. NORMATIVA INTERNAZIONALE PER MISURE PREVENTIVE E MITIGATIVE DEL RUMORE AEROPORTUALE.....	"	11
1.2. NORMATIVA NAZIONALE.....	"	12
1.2.1. <i>Indice di valutazione del rumore aeroportuale e sistemi di monitoraggio</i>	"	14
2. RUOLI ISTITUZIONALI	"	19
2.1. COMMISSIONI AEROPORTUALI.....	"	19
2.1.1. <i>Procedure antirumore</i>	"	20
2.1.2. <i>Zonizzazione acustica aeroportuale</i>	"	20
2.1.3. <i>Definizione degli indici per la classificazione degli aeroporti ..</i>	"	21
2.2. COMPITI DELLA REGIONE.....	"	22
2.2.1. <i>Imposta regionale sulle emissioni sonore degli aeromobili (IRESA)</i>	"	22
2.3. RUOLO DELL'ARPA.....	"	23
2.3.1. <i>IL CRISTAL</i>	"	24
2.4. RUOLO DEL DIRETTORE DELLA CIRCOSCRIZIONE.....	"	25
2.5. RUOLO DELL'ENAV.....	"	25
2.6. RUOLO DELL'ENAC.....	"	25
2.7. COMPITI DELLE SOCIETÀ E DEGLI ENTI GESTORI.....	"	25
2.7.1. <i>Sistema di monitoraggio aeroportuale</i>	"	25
2.7.2. <i>Piani di risanamento</i>	"	26
2.7.3. <i>Mappature acustiche e piani di azione</i>	"	26
3. CRITICITÀ NORMATIVE RELATIVE ALLA ZONIZZAZIONE ACUSTICA AEROPORTUALE	"	29
4. RUMORE GENERATO DAGLI AEROMOBILI	"	33
4.1. DESCRIZIONE DEL RUMORE DEGLI AEROMOBILI.....	"	34
4.1.1. <i>Motore a turbojet</i>	"	35
4.1.2. <i>Motore a turbofan</i>	"	36
4.1.3. <i>Rumore aerodinamico di forma</i>	"	38
5. IL CONTROLLO DEL RUMORE AEROPORTUALE	"	41
5.1. ARPA LAZIO: AEROPORTI CIAMPINO E FIUMICINO.....	"	42
5.1.1. <i>Catena strumentale e software</i>	"	43
5.1.2. <i>Indicatori acustici</i>	"	43
5.1.3. <i>Verifica dei limiti di legge</i>	"	43
5.1.4. <i>Metodologia di analisi dei dati</i>	"	45
5.1.5. <i>Determinazione del rumore di origine aeronautica: individuazione degli eventi acustici aeronautici</i>	"	46
5.1.6. <i>Metodologia di correlazione degli eventi acustici ai tracciati radar</i>	"	46
5.2. AEROPORTO DI CIAMPINO: RISULTATI.....	"	48
5.3. AEROPORTO DI FIUMICINO: RISULTATI.....	"	53

6. PREVISIONI DEI LIVELLI DI RUMORE	"	57
6.1. MODELLO PREVISIONALE	"	57
6.1.1. <i>OUTPUT INM: CALCOLO IMPRONTA ACUSTICA AEROPORTUALE DI CIAMPINO</i>	"	58
6.1.2. <i>OUTPUT INM: CALCOLO IMPRONTA ACUSTICA AEROPORTUALE DI FIUMICINO</i>	"	59
POPOLAZIONE RESIDENTE NEGLI INTORNI AEROPORTUALI	"	60
6.2. POPOLAZIONE ESPOSTA CIAMPINO E FIUMICINO.....	"	60
INDICE DELLE FIGURE	"	65
INDICE DELLE TABELLE	"	67

LEGENDA

ADR	Aeroporti di Roma
AIP	Aeronautical Information Publication (Pubblicazione delle informazioni aeronautiche)
APAT	Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici
APU	Auxiliary Power Unit (Unità ausiliaria di potenza)
ARP	Aerodrome Reference Point (punto di riferimento geografico per la localizzazione dell'aeroporto)
ARPA	Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente
CRISTAL	Centro Regionale Infrastrutture Sistemi Trasporto Aereo del Lazio
ENAC	Ente Nazionale per l'Aviazione Civile



INTRODUZIONE

L'aeroporto è una delle infrastrutture civili sulle quali si concentrano interessi economici, sociali, strategici di notevole importanza per lo sviluppo dell'economia del nostro Paese. Il trasporto aereo crea, però, un impatto ambientale sul territorio circostante, non solo per la superficie che occupa (numero di piste, estensione della via di rullaggio, sviluppo aree di parcheggio, ecc.), ma anche per la continua crescita del traffico aereo e del livello di urbanizzazione attorno ai principali aeroporti.

Gli aeroporti italiani aperti al traffico commerciale sono 46. Tale traffico comprende il trasporto aereo di linea, charter e aerotaxi (fonte: Assaeroporti). Negli ultimi anni gli aeroporti minori hanno mostrato un accentuato ritmo di crescita dovuto a un maggior utilizzo per il trasporto delle merci e all'introduzione di compagnie low cost (aeroporto di Ciampino, Bergamo e Catania).

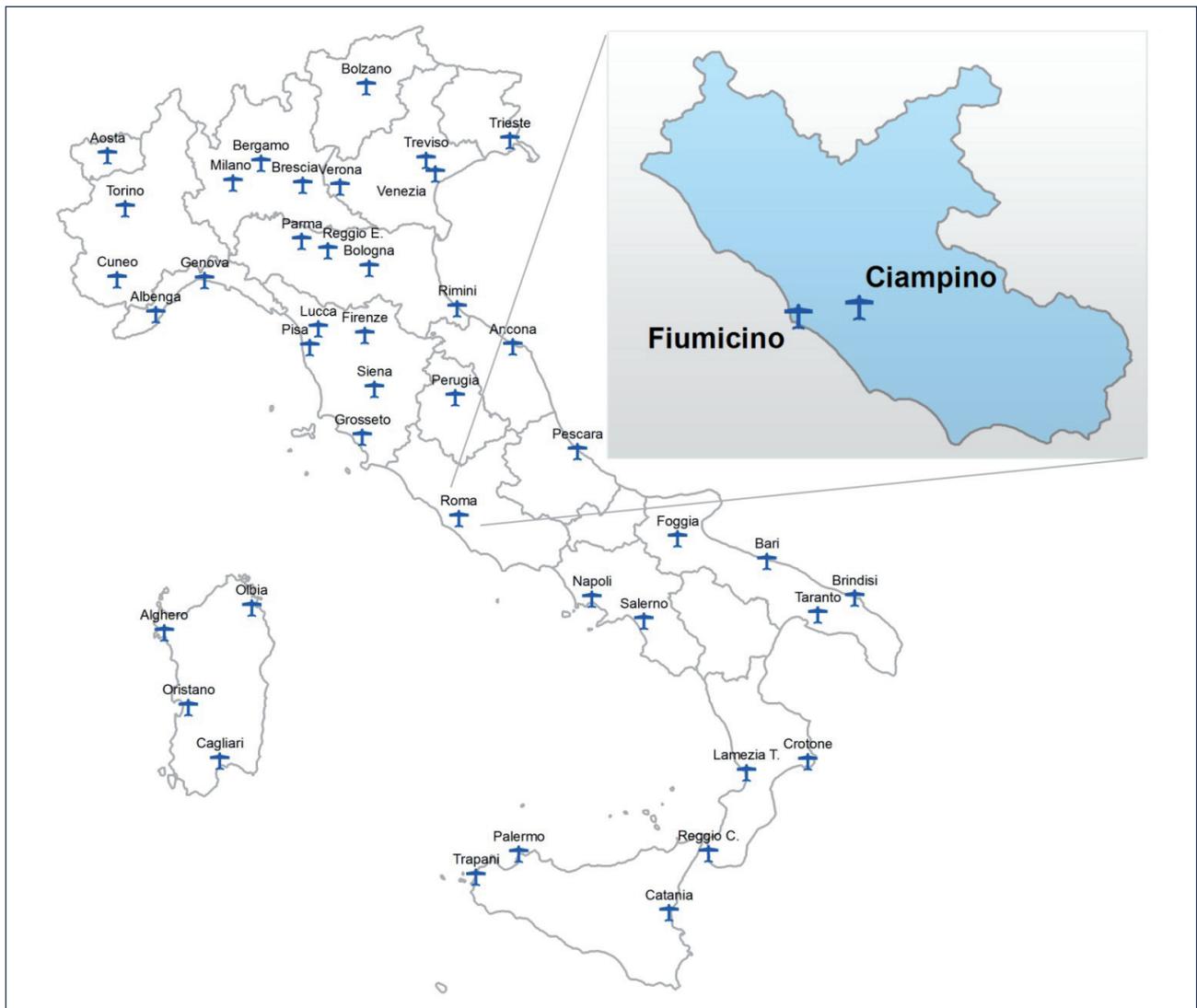


Fig. 1- Aeroporti in Italia

Nel 2014, dopo due anni di contrazioni, è stata riscontrata una crescita del traffico aereo negli aeroporti italiani che, rispetto al 2013, ha fatto registrare un incremento dei movimenti degli aeromobili pari allo 0.6% e pari al 4.4% dei passeggeri.

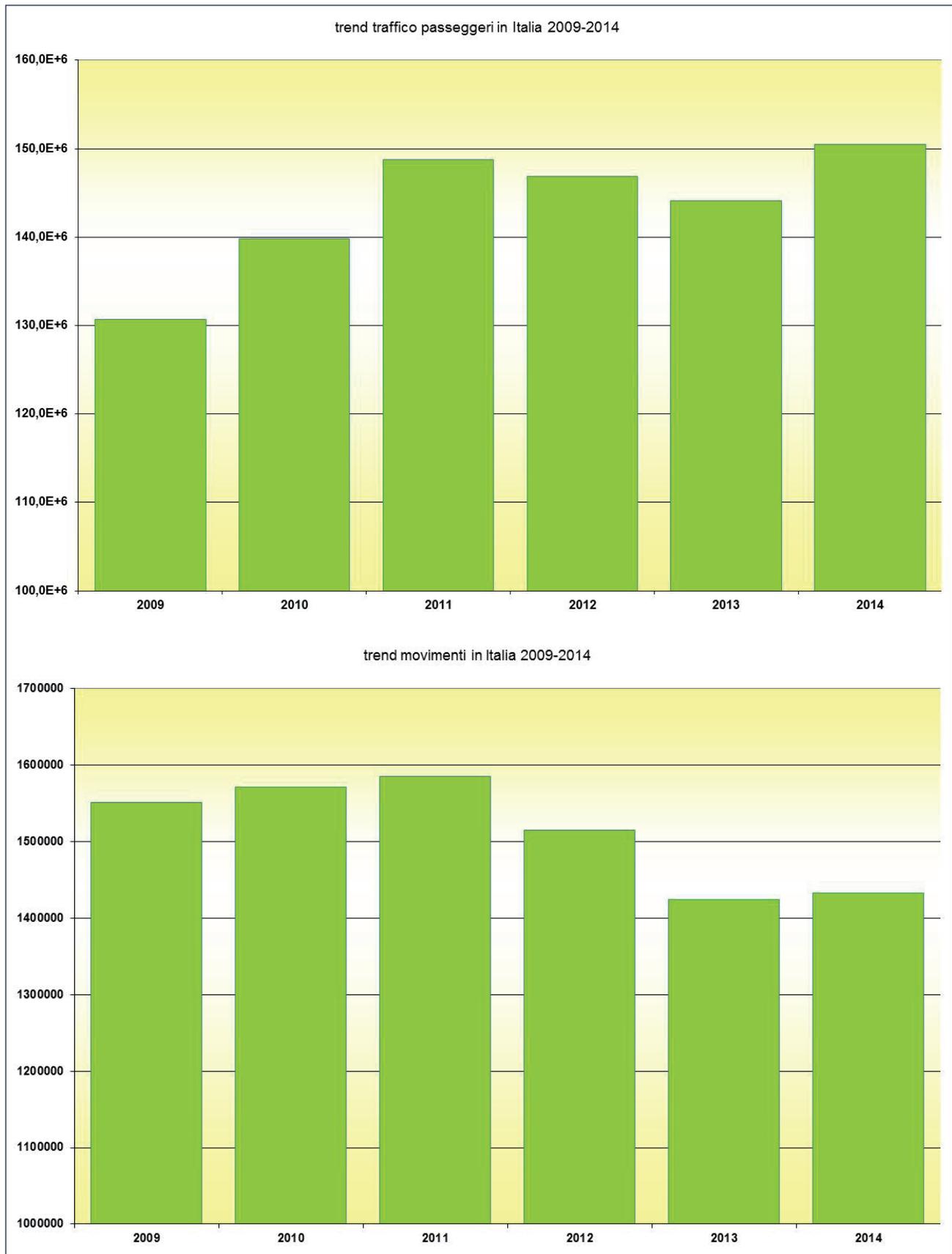


Fig. 2 - Traffico passeggeri e movimenti aerei periodo 2009-2014

Nel 2014 gli scali di Roma Fiumicino, Milano Malpensa, Milano Linate, Bergamo e Venezia sono stati gli aeroporti con maggiori movimentazioni come riportato nella figura seguente.

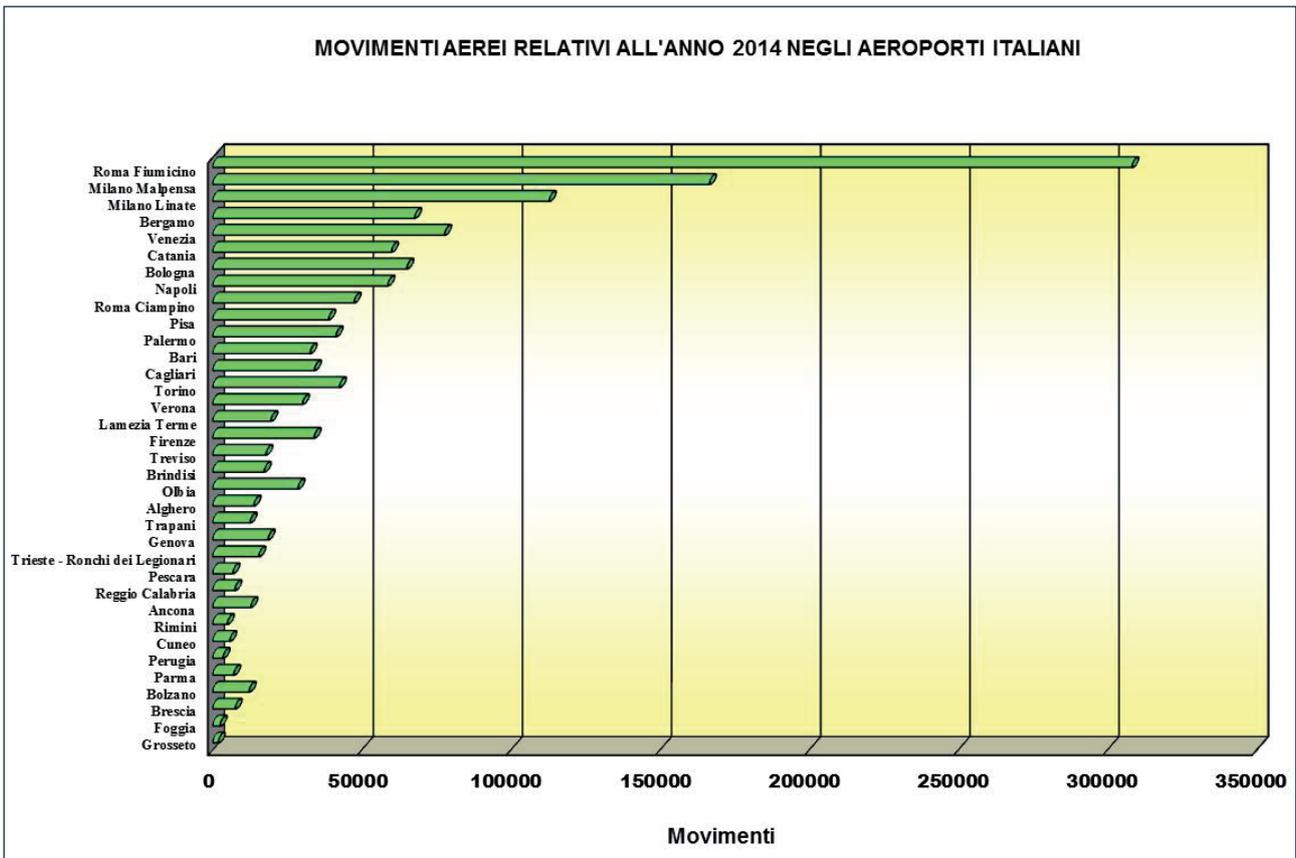


Fig. 3 - Movimenti aerei relativi all'anno 2014 negli aeroporti italiani (fonte: Assaeroporti)

I problemi ambientali connessi alla presenza di un aeroporto non sono mai trascurabili e riguardano la gestione dei rifiuti, l'inquinamento atmosferico (emissioni gassose degli aerei che operano sull'aeroporto e dei mezzi di supporto), il traffico autoveicolare indotto dalla presenza fisica in una significativa porzione di territorio, lo sfruttamento delle falde idriche locali e il rumore aeroportuale.

Tra gli impatti sopra elencati l'inquinamento da rumore aeronautico sulle aree in prossimità degli aeroporti costituisce l'elemento di disturbo più evidente e più frequentemente segnalato dalla popolazione. L'entità del rumore generato dagli aeromobili dipende da diversi fattori, tra i quali l'architettura dello spazio aereo (le rotte di ingresso e uscita che servono uno specifico aeroporto), le procedure operative adottate nel percorrere la rotta assegnata, le emissioni degli aerei, la prova dei motori, nonché il disturbo prodotto dai mezzi di collegamento e dal traffico stradale indotto. In particolare, il rumore prodotto dagli aerei impatta maggiormente sulle comunità locali, soprattutto nelle aree caratterizzate da un buon clima acustico, durante le fasi iniziali di decollo e di atterraggio (fase finale di discesa e frenata).

La normativa italiana che disciplina il rumore aeroportuale si trova oggi a dover combinare diverse esigenze spesso conflittuali. Se da una parte vige la necessità di consentire sempre più lo sviluppo del traffico aereo, dall'altra aumenta l'esigenza di tutela della popolazione residente sotto le rotte di atterraggio e decollo degli aerei. La presenza delle infrastrutture aeroportuali, inoltre, limita i Comuni nella pianificazione territoriale delle aree coinvolte.

Oggi in Italia il rumore aeroportuale viene regolamentato da diversi decreti che definiscono le seguenti linee di azione principali:

- caratterizzazione delle aree circostanti l'aeroporto mediante la definizione di 3 zone, definite come A, B e C, a cui corrispondono specifiche limitazioni nella destinazione d'uso delle stesse;

-
- definizione dei limiti di rumore da rispettare dall'infrastruttura in ciascuna zona;
 - applicazione di una specifica metodologia di misura del rumore prodotto dal trasporto aereo;
 - definizione, per ciascun aeroporto, di procedure antirumore che devono essere rispettate dagli aerei in fase di atterraggio e decollo e nelle operazioni a terra;
 - obbligo di realizzare e gestire un sistema di monitoraggio in continuo del rumore aeroportuale al fine di garantire il rispetto dei limiti;
 - limitazione del traffico aereo nel periodo notturno;
 - obbligo di adozione di misure di risanamento nel caso di non rispetto dei limiti di classificazione degli aeroporti nazionali sulla base dei livelli di rumore prodotti nell'ambiente circostante.

Il percorso normativo definito dal legislatore è apparentemente chiaro ma l'applicazione pratica delle regole ha evidenziato diversi problemi sia di natura regolatoria-gestionale sia di natura tecnica. La normativa, infatti, ha incontrato notevoli difficoltà nell'applicazione pratica, dovute ad alcune questioni interpretative che hanno portato in diversi casi a una situazione di stallo o comunque ad applicazioni difformi tra i diversi aeroporti nazionali.

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Per la valutazione dell'impatto delle infrastrutture aeroportuali sulle aree circostanti la normativa nazionale ed europea dà indicazioni sia sulla pianificazione territoriale sia sulla verifica e sul controllo della rumorosità ambientale, con l'obiettivo di limitare il rumore al suolo generato dai singoli sorvoli. La legislazione presenta un quadro di riferimento molto articolato che considera le metodologie di misurazione del rumore aeroportuale, i criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio e quelli per la classificazione degli aeroporti in base all'inquinamento acustico, la riduzione del rumore, le zone di rispetto nelle aree circostanti il sedime aeroportuale, i limiti, i periodi temporali da prendere a riferimento, la manutenzione, le prove motori e i compiti istituzionali.

In questo capitolo si cercherà, pertanto, di delineare la normativa di riferimento.

1.1. NORMATIVA INTERNAZIONALE PER MISURE PREVENTIVE E MITIGATIVE DEL RUMORE AEROPORTUALE

La riduzione del rumore aeroportuale trova il suo fondamento nella norma ISO 3891:1978 *Procedure for describing aircraft noise heard on the ground* e nelle norme standard/pratiche raccomandate (dette Annessi) definite dall'ICAO (International Civil Aviation Organization). La norma ISO 3891:1978 stabilisce le procedure e il metodo di calcolo del rumore a terra prodotto dalle operazioni di volo degli aerei, la pianificazione territoriale e la certificazione. In particolare definisce il SEL (livello di esposizione al singolo evento) che esprime l'esposizione su base energetica del rumore prodotto da una determinata operazione di volo.

Nel 2001 l'ICAO ha sviluppato un approccio equilibrato alla gestione del rumore nelle infrastrutture aeroportuali che definisce le misure più appropriate per affrontare il problema dell'inquinamento acustico di un aeroporto. L'approccio equilibrato comprende quattro elementi: la riduzione alla fonte, la pianificazione territoriale e la sua gestione, le procedure operative per l'abbattimento del rumore e le restrizioni operative. Le linee guida per applicare l'approccio equilibrato sono contenute nel documento ICAO 9289-AN/451 *Linee guida per l'abbattimento del rumore aeroportuale*, nel quale vengono descritte le procedure, le tecniche di valutazione, i metodi analitici per valutare i costi e i benefici associati alle diverse misure disponibili.

Per quanto riguarda le emissioni sonore è stato pubblicato l'Annesso 16 *Aircraft noise* dall'ICAO che si divide in due volumi: *Environmental Protection – Aircraft Noise* e *Environmental Protection – Aircraft Engine Emissions*. Nel volume 1 (aircraft noise) gli aeromobili sono stati suddivisi in quattro classi (STAGE/capitoli) con differenti livelli di rumorosità:

- capitolo 1: appartiene a questa categoria la prima generazione di motori degli anni Cinquanta e Sessanta (turbogetto), estremamente rumorosi e ritirati a partire dal 1990 (aeromobili tipo Caravelle, B707);
- capitolo 2: il motore di questa tipologia di aeromobili (turbofan) è reso meno rumoroso e maggiormente efficiente rispetto al turbogetto grazie a una tecnologia di costruzione più avanzata (aeromobili del tipo B727, B737-200);
- capitolo 3: i moderni motori sono meno rumorosi e inquinanti grazie a un maggiore utilizzo di materiale foncoassorbente e all'impiego di più turbine (aeromobili del tipo B747 e A320). Sono immatricolati in questa categoria anche gli aviogetti dotati di silenziatore ricertificati.

La maggior parte degli aeroplani per uso commerciale attualmente in esercizio in Italia soddisfano le specifiche del capitolo 3 dell'Annesso 16 (per esempio Boeing 737-300/400, Boeing 767, Airbus A319). Nel giugno 2001 il Consiglio dell'ICAO ha adottato un ulteriore capitolo di classificazione acustica:

- capitolo 4: appartengono a questa categoria i motori più recenti in grado di rispettare il più restrittivo standard ICAO, entrato in vigore per gli aerei prodotti a partire dal 2006 (es. B777).

1.2. NORMATIVA NAZIONALE

Con l'emanazione della legge quadro sull'inquinamento acustico (L. 26-10-1995 n. 447) è stato avviato un percorso di riassetto e di ricostruzione dell'impalco normativo in tema di rumore ambientale dal quale scaturiscono anche i decreti applicativi che regolamentano l'inquinamento acustico di natura aeroportuale.

Gli attuali riferimenti normativi riguardanti il rumore aeroportuale sono di seguito schematizzati:

L. 26-10-1995 n. 447	Legge quadro sull'inquinamento acustico
D.P.C.M. 14-11-1997	Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore
D.M. 31-10-1997	Metodologia di misura del rumore aeroportuale
D.P.R. 11-12-1997 n. 496	Regolamento recante norme per la riduzione dell'inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili civili
D.M. 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
D.P.R. 09-11-1999 n. 476	Regolamento recante modificazioni al D.P.R. 11 dicembre 1997, n. 496, concernente il divieto di voli notturni
D.M. 03-12-1999	Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti
L. 21-11-2000 n. 342	Misure in materia fiscale CAPO IV – Imposta regionale sulle emissioni sonore degli aeromobili
D.Lgs. 17-01-2005 n.13	Attuazione della direttiva 2002/30/CE (verrà abrogata il 13 giugno 2016 come da art. 15 Regolamento UE n°598/2014) relativa all'introduzione di restrizioni operative ai fini del contenimento del rumore negli aeroporti comunitari
D.Lgs. 19-08-2005 n.194	Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale

L'impalcatura normativa derivante dalla Legge quadro n. 447/1995 prevede il coinvolgimento di vari soggetti ed enti istituzionali nella gestione dei problemi inerenti al rumore aeroportuale, come di seguito specificato:

- l'ENAC istituisce e presiede una Commissione per ogni aeroporto aperto al traffico civile e verifica le certificazioni delle emissioni acustiche degli aeromobili;
- l'ENAV fornisce, quando disponibili, i tracciati radar delle traiettorie degli aeromobili civili, relativi ai sorvoli delle aree di interesse, ai gestori delle infrastrutture aeroportuali;

- le commissioni aeroportuali propongono le procedure antirumore e i confini delle aree di rispetto (zone A, B e C) di ciascun aeroporto, determinano, inoltre, gli indici di inquinamento acustico degli stessi;
- i direttori di circoscrizione aeroportuale adottano le procedure antirumore, contestano ai vettori le violazioni su segnalazione degli enti gestori e riscuotono le sanzioni amministrative;
- il vettore applica le procedure antirumore;
- l'esercente gestisce la rete di monitoraggio del rumore aeroportuale e attua i piani di risanamento acustico;
- l'ISPRA (ex ANPA e APAT) valida i modelli matematici per la determinazione delle curve di isolivello;
- le ARPA controllano l'efficienza dei sistemi di monitoraggio, il loro corretto impiego e verificano la documentazione delle emissioni degli aeromobili.

L'assetto normativo nazionale contempla anche due decreti legislativi, di seguito sintetizzati nei contenuti, emanati in attuazione di due direttive CE (Direttiva 2002/30/CE e Direttiva 2002/49/CE) che, ai fini del contenimento del rumore aeroportuale, introducono restrizioni operative per gli aeroporti che superano i limiti acustici e individuano scadenze temporali che le società di gestione aeroportuale devono rispettare per conseguire specifici adempimenti tecnico-gestionali.

In particolare, il **D.Lgs. 17-01-2005 n. 13** *Attuazione della direttiva 2002/30/CE* (verrà abrogata il 13 giugno 2016 come da art.15 Regolamento UE n°598/2014) *relativa all'introduzione di restrizioni operative ai fini del contenimento del rumore negli aeroporti comunitari*, stabilisce condizioni e modalità per l'adozione di restrizioni operative volte a favorire il raggiungimento di obiettivi di riduzione dell'inquinamento acustico a livello dei singoli aeroporti. I contenuti del decreto si applicano esclusivamente agli aeroporti che registrano un traffico superiore a 50.000 movimenti/anno di velivoli la cui massa massima al decollo è maggiore o uguale a 34 tonnellate e agli "aeroporti metropolitani" individuati nell'allegato 1 (Berlino – Tempelhof, Stockholm Bromma, London City, Belfast City).

Le restrizioni operative sono misure relative alle emissioni acustiche mediante le quali viene limitato, ridotto, oppure vietato nel caso dei velivoli marginalmente conformi¹, l'accesso di velivoli subsonici civili a reazione in uno specifico aeroporto. Le restrizioni operative sono adottate, tenuto conto dell'approccio equilibrato, esclusivamente nel caso in cui venga dimostrato che l'attuazione di ogni altra misura di contenimento dell'inquinamento acustico, prevista dalla normativa vigente in attuazione della legge 447/1995, non consenta di raggiungere gli obiettivi stabiliti dal decreto.

Nel decreto viene introdotto il cosiddetto "approccio equilibrato" definito come il metodo in base al quale sono prese in considerazione le misure disponibili per affrontare il problema dell'inquinamento acustico in un aeroporto e, in particolare, la riduzione alla fonte del rumore degli aeromobili, la pianificazione e la gestione del territorio, le procedure operative di riduzione del rumore e le restrizioni operative, tenuto conto dei criteri e delle linee guida pubblicati dall'ICAO e comunque degli obiettivi del decreto stesso.

¹ *Velivolo marginalmente conforme*: un velivolo subsonico civile a reazione che soddisfa i limiti di certificazione definiti nel volume 1, parte II, capitolo 3, dell'annesso 16 della convenzione sull'Aviazione civile internazionale, stipulata a Chicago il 7 dicembre 1944, approvata e resa esecutiva con D.Lgs. 6-03-1948, n. 616, e ratificata con L. 17-04-1956, n. 561, con margine cumulativo non superiore a 5 EPNdB (Effective Perceived Noise in decibels - unità di misura del livello effettivo di rumorosità percepita). Per margine cumulativo si intende la cifra espressa in EPNdB ottenuta sommando le singole eccedenze, cioè le differenze tra il livello di rumore certificato e il livello di rumore massimo autorizzato, misurate in ciascuno dei tre punti di riferimento per la misurazione del rumore, quali definiti nel volume 1, parte II, capitolo 3, del citato annesso 16.

Per l'adozione delle restrizioni operative il decreto prevede l'istituzione presso il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti di un Comitato tecnico-consultivo composto da dieci tecnici indicati rispettivamente da:

- 1) Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, con funzioni di presidente;
- 2) Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio;
- 3) ENAC;
- 4) ENAV S.p.A;
- 5) Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici;
- 6) Regioni e Province autonome;
- 7) Unione delle Province d'Italia;
- 8) Associazione nazionale dei Comuni italiani;
- 9) Associazioni dei vettori aerei più rappresentativi a livello nazionale;
- 10) Associazione delle società di gestione aeroportuale.

Tale Comitato ha il compito di emanare le linee-guida di indirizzo per l'adozione delle restrizioni operative, individuare e proporre all'ENAC le ipotesi di eventuali restrizioni operative ritenute idonee, alla luce delle valutazioni eseguite dalla Commissione aeroportuale. Tale Comitato è stato costituito ma, ad oggi, non si è ancora riunito.

Il D.Lgs. 19-08-2005, n. 194 Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale recepisce la direttiva 2002/49/CE ed è rivolto alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale delle industrie e delle grandi infrastrutture di comunicazione, in particolare fa riferimento agli aeroporti principali definiti come aeroporti civili o militari con più di 50.000 movimenti l'anno. Tale decreto definisce le competenze e le procedure per:

- 1) l'elaborazione della mappatura acustica, in termini di rappresentazione dell'ambiente acustico relativamente alla presenza di una determinata sorgente, e la redazione della mappa acustica strategica, finalizzata alla determinazione dell'esposizione globale al rumore causato da tutte le sorgenti presenti in una determinata zona;
- 2) l'elaborazione e l'adozione dei piani di azione, destinati a gestire i problemi relativi all'inquinamento acustico;
- 3) la diffusione dell'informazione e la partecipazione del pubblico.

Il decreto definisce i nuovi descrittori acustici L_{den} (day-evening-night) e impegna le società o gli enti gestori a elaborare le mappe acustiche entro il 30/06/2007 e, entro il 18/07/2008, a definire i piani d'azione per l'abbattimento del rumore.

1.2.1. Indice di valutazione del rumore aeroportuale e sistemi di monitoraggio

Attualmente le funzioni assegnate alle ARPA, all'ENAC, alla società di gestione aeroportuale e agli enti locali per il rispetto delle norme in materia di inquinamento acustico, vengono descritte nel D.M. 20-05-1999 *Criteria 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* che dà indicazioni sulla progettazione dei sistemi di monitoraggio e nel D.M. 31-10-1997 *Metodologia di misura del rumore aeroportuale per la determinazione del livello di valutazione del rumore aeroportuale LVA*.

In Italia il descrittore acustico individuato dal legislatore per la determinazione del livello di rumore aeroportuale è l'LVA, per il calcolo del quale, come di seguito sarà meglio descritto, è necessario eseguire rilevazioni acustiche per almeno un anno. L'indice LVA, in particolare, è un indicatore che per la sua determinazione richiede una complessa e lunga procedura

di calcolo tale per cui, purtroppo, diventa spesso non immediato eseguire la verifica del rispetto dei limiti imposti agli aeroporti derivante dalle regolamentazioni oggi vigenti. Inoltre, si fa osservare che l'indicatore LVA perde di significato a mano a mano che ci si allontana dall'aeroporto e può assumere anche valore nullo laddove il livello di rumore di fondo maschera gli eventi aeronautici.

È doveroso anche sottolineare come, alla difficoltà di determinare in maniera corretta tale indicatore, si somma un importante inconveniente visto che, essendo l'indice LVA un parametro di valore mediato nel lungo periodo e relativo alla sommatoria di tutti gli eventi di origine aeronautica, non risulta idoneo per la determinazione delle violazioni delle procedure antirumore dei singoli velivoli, prevista dal D.P.R. 496/1997.

Il **D.M. 31-10-1997** definisce il campo di applicazione ai fini del contenimento dell'inquinamento acustico negli aeroporti civili e negli aeroporti militari aperti al traffico civile, i criteri di misura del rumore emesso dagli aeromobili nelle attività aeroportuali, fissa l'indice di riferimento (LVA) e individua le aree di rispetto intorno agli aeroporti. La procedura per la determinazione del valore di LVA è riportata nell'allegato A.

Il decreto, oltre a elencare le importanti definizioni di aeromobile, esercente, aeroporto, aviosuperficie, curve di isolivello, attività aeroportuali, intorno aeroportuale, definisce nell'allegato A i periodi di riferimento diurno e notturno che, diversamente dalle altre sorgenti acustiche, sono compresi rispettivamente tra le 06:00 e le 23:00 e tra le 23:00 e le 06:00.

Il livello di valutazione del rumore aeroportuale (LVA) è definito dalla seguente espressione, dove N è il numero dei giorni del periodo di osservazione del fenomeno, LVA_j è il valore giornaliero del livello di valutazione del rumore aeroportuale:

$$LVA = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N 10^{LVA_j/10} \right] dB(A)$$

Il decreto stabilisce che il numero dei giorni N del periodo di osservazione del fenomeno deve essere pari a 21, che corrispondono a tre settimane nel corso dell'anno, ciascuna delle quali scelta nell'ambito dei seguenti tre periodi:

- tra il 1° ottobre e il 31 gennaio;
- tra il 1° febbraio e il 31 maggio;
- tra il 1° giugno e il 30 settembre.

La settimana di osservazione selezionata all'interno di ogni periodo deve essere quella a maggior numero di movimenti e la misura del rumore, durante ciascuna settimana di osservazione, deve essere effettuata di continuo nel tempo.

Il valore giornaliero del livello di valutazione del rumore aeroportuale (LVA_j) si determina mediante la relazione sotto indicata, dove LVA_d e LVA_n rappresentano, rispettivamente, il livello di valutazione del rumore aeroportuale nel periodo diurno (06.00 - 23.00) e notturno (23.00 - 06.00). Per il calcolo dell'LVA_j devono essere considerate tutte le operazioni a terra e di sorvolo che si manifestano nell'arco della giornata compreso tra le ore 00:00 e le 24:00:

$$LVA_j = 10 \log \left[\frac{17}{24} 10^{LVA_d/10} + \frac{7}{24} 10^{LVA_n/10} \right] dB(A)$$

Il livello di valutazione del rumore aeroportuale nel periodo diurno (LVA_d) è determinato dalla seguente relazione, in cui T_d è la durata in secondi del periodo diurno (61.200 sec.), N_d è il numero totale dei movimenti degli aeromobili in detto periodo, SEL_i è il livello dell'i-esimo evento sonoro associato al singolo movimento:

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

Il livello di valutazione del rumore aeroportuale nel periodo notturno (LVA_n) è determinato mediante la seguente relazione, in cui T_n è la durata in secondi del periodo notturno (25.200 secondi), N_n è il numero totale dei movimenti degli aeromobili in detto periodo, SEL_k è il livello sonoro del k-esimo evento associato al singolo movimento:

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

Il livello sonoro dell'i-esimo evento associato al singolo movimento di aeromobile (SEL_i) è pari alla seguente relazione:

$$SEL_i = 10 \log \left[\frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_{A_i}^2(t)}{p_0^2} dt \right] = \left(L_{Aeq,T_i} + 10 \log \frac{T_i}{T_0} \right) dB(A)$$

in cui:

T₀ = 1 s, è il tempo di riferimento;

t₁ e t₂ rappresentano gli istanti iniziale e finale della misura, cioè la durata dell'evento T_i = (t₂ - t₁) in cui il livello LA risulta superiore alla soglia LAF_{max} - 10 dB(A);

p_{Aj}(t) è il valore istantaneo della pressione sonora dell'evento i-esimo ponderata A;

p₀ = 20 μPa, rappresenta la pressione sonora di riferimento;

L_{Aeq,T_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.

Per la strumentazione da adottare e le modalità di misura ai fini della caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale si rimanda ai contenuti dell'allegato B in cui vengono descritti:

- il sistema di misura da adottare (sistema assistito e sistema non assistito);
- il metodo di individuazione degli eventi per i sistemi assistiti;
- il metodo di individuazione degli eventi per i sistemi non assistiti;
- il metodo di determinazione del SEL e dei parametri correlati;
- la posizione del microfono;
- le caratteristiche del microfono;
- le condizioni meteorologiche;
- il metodo di verifica di stabilità e calibrazione;
- il metodo di verifica di conformità e taratura;
- l'utilizzo di modelli previsionali.

Il **D.M. 20-05-1999** definisce nel dettaglio le caratteristiche tecniche che deve possedere il sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale, con particolare riferimento alla composizione del sistema stesso, alle caratteristiche delle stazioni di misura, all'ubicazione di tali stazioni e alle informazioni necessarie al fine di caratterizzare acusticamente ogni singolo evento.

Per quanto riguarda l'ubicazione delle stazioni di monitoraggio esse devono essere situate nell'intorno aeroportuale, in corrispondenza della posizione più vicina alle proiezioni al suolo delle rotte di avvicinamento e di allontanamento dei velivoli. La scelta del luogo deve essere preceduta da un'analisi del livello di rumore di origine aeronautica (LAFmax) e del livello residuo: la differenza dei due livelli nei dieci minuti di massimo rumore deve essere superiore a 20 dB. Al fine di caratterizzare in maniera completa il singolo evento prodotto dall'attività aerea, alcune stazioni di monitoraggio possono essere posizionate secondo le normative internazionali ICAO, annesso 16, volume 1.

I sistemi di monitoraggio devono essere costituiti da:

- stazioni periferiche di rilevamento dei livelli sonori prodotti, idonei a monitorare l'intorno aeroportuale;
- stazioni microclimatiche, idonee a correlare gli eventi sonori con i dati meteo-climatici, per verificare il rispetto della metodologia di misura del rumore aeroportuale (di cui al D.M. 31-10-1997 allegato B);
- centro di elaborazione dati, che, utilizzando opportuni software, sia in grado di raccogliere ed elaborare i dati rilevati in ogni stazione al fine di ricavare i parametri necessari per il calcolo dell'indice LVA. Il centro di elaborazione dovrà eseguire in maniera automatica la correlazione tra i parametri di rumore (SELi) e i dati aeronautici del velivolo che lo ha provocato, contenuti nei tracciati radar rilevati dall'ENAV o dai sistemi informatici del gestore aeroportuale.

Tali sistemi di monitoraggio devono essere realizzati allo scopo di:

- monitorare le singole operazioni di decollo e atterraggio;
- registrare in continuo i dati di ogni singolo evento ed effettuare il calcolo degli indici di inquinamento acustico;
- essere predisposti a recepire e gestire le eventuali lamentele da parte dei cittadini.

Dalla registrazione in continuo del rumore effettuato dalle stazioni di monitoraggio, il sistema deve essere in grado di calcolare il rumore ambientale in assenza di quello prodotto dall'attività aeronautica.

Ogni stazione di monitoraggio dovrà rendere disponibili le seguenti informazioni:

- ubicazione della postazione di rilevamento;
- data e ora dell'evento;
- durata dell'evento;
- SEL dell'evento;
- LAFmax dell'evento.



2. RUOLI ISTITUZIONALI

Il processo di regolamentazione del rumore aeroportuale prevede la partecipazione di diversi soggetti istituzionali e non, con una chiara suddivisione di ruoli. Nei paragrafi che seguono, viene eseguita una rassegna dei soggetti coinvolti, con la descrizione delle relative funzioni derivanti dalla normativa vigente, che sinteticamente vengono di seguito elencate:

- la Commissione aeroportuale definisce le procedure antirumore, la zonizzazione acustica (zone A, B, C) e gli indici Ia, Ib, Ic;
- la Società esercente gestisce il sistema di monitoraggio, provvede alla sua manutenzione e predispone il piano di contenimento e abbattimento del rumore. Predispone, inoltre, la mappatura acustica e il piano d'azione ai sensi del D.Lgs. 194/2005;
- l'Agenzia regionale per la protezione ambientale (ARPA) svolge la propria attività di controllo in merito al rispetto della regolamentazione vigente derivante dal D.P.R. 496/1997 e trasmette una relazione periodica al Ministero dell'ambiente circa l'attività di controllo effettuata e le infrazioni rilevate;
- il Direttore della circoscrizione aeroportuale (ENAC) contesta e sanziona le violazioni delle procedure antirumore;
- la Regione verifica il raggiungimento degli obiettivi di risanamento ed effettua le valutazioni di competenza.

2.1. COMMISSIONI AEROPORTUALI

Secondo il decreto legislativo D.M. 31-10-1997 *Metodologia di misura del rumore aeroportuale*, sono stati istituite le seguenti commissioni:

- Commissioni ai sensi dell'art. 4 del D.M. 31-10-1997: il decreto ha istituito due diverse commissioni con il compito di predisporre i criteri generali per la definizione delle procedure antirumore, della caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale e della classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico. I lavori delle commissioni hanno portato all'emanazione dei decreti del 20-05-1999 e del 03-12-1999, di cui:
 - a) il D.M. 20-05-1999 stabilisce i criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimità degli aeroporti e i criteri per la classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico;
 - b) il D.M. 03-12-1999 detta i criteri metodologici per la definizione delle procedure antirumore e delle zone di rispetto negli aeroporti.
- Commissione aeroportuale ai sensi dell'art. 5 del D.M. 31-10-1997: dal termine dei lavori delle commissioni di cui al precedente punto, l'ENAC, per ciascun aeroporto aperto al traffico civile, ha istituito una commissione così composta:
 - il Direttore della circoscrizione aeroportuale, nel ruolo di presidente;
 - un rappresentante per ognuno dei seguenti soggetti:
 - Regione, Provincia e Comuni interessati
 - ARPA
 - ENAV
 - Vettori aerei
 - Società di gestione aeroportuale.

La commissione aeroportuale ha l'importante compito di rispondere a tre obiettivi fondamentali, che sono:

- definizione procedure antirumore
- calcolo intorno aeroportuale (zone A , B, C)
- calcolo indici Ia, Ib, Ic.

2.1.1. Procedure antirumore

Le procedure antirumore, definite da ciascuna commissione aeroportuale, sono adottate dal direttore della circoscrizione aeroportuale e vengono applicate dal vettore quando l'aeromobile manovra in aria. Esse devono seguire i seguenti criteri generali:

- ottimizzare le proiezioni al suolo delle rotte a tutela delle popolazioni esposte;
- disegnare le proiezioni al suolo delle rotte antirumore nelle fasi di decollo e di atterraggio, in accordo con quanto previsto nel D.M. 30-3-1998, n. 38-T, da parte delle commissioni locali;
- disegnare, in accordo a quanto indicato nel D.M. 30-3-1998, n. 38-T e nelle regolamentazioni ICAO, le rotte di partenza e di arrivo in modo tale da essere percorse, fatte salve le esigenze di sicurezza delle operazioni di volo, da tutti gli aeromobili in possesso di certificazione conforme al D.M. 3-12-1983 e successive modificazioni;
- recepire integralmente e senza modificazioni i profili di atterraggio e decollo come definiti dalla normativa ICAO;
- utilizzare la spinta inversa superiore al minimo nei soli casi di necessità.

Inoltre la normativa stabilisce che per ogni aeroporto vengano definite le aree idonee alle prove motori al fine di ridurre la generazione di rumore verso le zone abitate (tempi di prova motore contenuti, orientamento del velivolo, schermi fonoassorbenti e/o fonoisolanti).

2.1.2. Zonizzazione acustica aeroportuale

Il D.M. 31-10-1997 individua, in corrispondenza di ciascun aeroporto aperto al traffico civile, tre aree di rispetto, meglio definite come zona A, zona B e zona C, all'interno delle quali vengono identificati limiti acustici, definiti in termini di valori dell'indice LVA, e vincoli urbanistici, come di seguito schematizzati.

INTORNO AEROPORTUALE		
Area di rispetto	Limite indice LVA	Vincoli urbanistici
Zona A	Non può superare il valore di 65 dB(A)	Nessun vincolo
Zona B	Non può superare il valore di 75 dB(A)	Esclusivamente attività agricole e allevamenti di bestiame, attività industriali e assimilate, attività commerciali, attività di ufficio, terziario e assimilate, previa adozione di adeguate misure di isolamento acustico. Non possono essere realizzati fabbricati a uso residenziale
Zona C	Può superare il valore di 75 dB(A)	Esclusivamente le attività funzionalmente connesse con l'uso e i servizi delle infrastrutture aeroportuali
Al di fuori delle zone A, B e C	Non può superare il valore di 60 dB(A). Il rumore immesso sul territorio dai sorvoli aerei deve concorrere, insieme alle altre sorgenti acustiche, al rispetto dei limiti della zonizzazione acustica comunale, dettati dal D.P.C.M. 14-11-1997	Nessun vincolo

La zonizzazione acustica aeroportuale, analogamente a quella comunale, rappresenta un atto tecnico-politico di governo del territorio, visto che, oltre a definire limiti acustici per la

specifica sorgente di rumore, introduce anche specifici vincoli di utilizzo. La definizione delle zone di rispetto aeroportuale A, B e C rappresenta quindi una fase delicata del processo regolatore, dal momento che nella zona C sono possibili soltanto attività strettamente connesse con l'uso dell'infrastruttura stessa, nella zona B sono autorizzate solo attività di tipo produttivo, commerciale, agricolo e uffici adeguatamente insonorizzati, e solo nella zona A non è prevista alcuna limitazione legata all'uso del territorio. Inoltre, successivamente all'adozione della zonizzazione acustica, gli strumenti urbanistici comunali e quindi anche la classificazione del territorio redatta ai sensi del D.P.C.M. 14-11-1997, devono adeguarsi alla zonizzazione acustica aeroportuale, sia in termini di vincoli che di limiti acustici.

L'importante compito di definire nell'intorno aeroportuale i confini delle tre zone A, B e C (aree di rispetto) è assegnato alla commissione aeroportuale che, tenendo conto del piano regolatore aeroportuale, degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica vigenti e delle procedure antirumore adottate, deve approvarla con votazione unanime da parte di tutti i partecipanti alla commissione stessa. Nel caso in cui l'unanimità non sia raggiunta o in caso di non coincidenza dei piani regolatori comunali con i piani regolatori e di sviluppo aeroportuali e le deliberazioni delle commissioni, la competenza è trasferita a un'apposita Conferenza di Servizi convocata dal Ministro dei trasporti oppure, su delega, dalla Regione o dalla Provincia autonoma interessata.

2.1.3. Definizione degli indici per la classificazione degli aeroporti

La classificazione su base nazionale degli aeroporti in relazione all'inquinamento acustico a essi associato viene eseguita mediante il calcolo degli indici I_a , I_b , I_c secondo le modalità descritte nel D.M. 20-05-1999. Ai fini del calcolo di tali indici la Commissione aeroportuale deve elaborare i seguenti parametri:

- estensione dell'intorno aeroportuale (misurata in ettari);
- estensione delle zone A, B e C di cui alla zonizzazione acustica (misurata in ettari);
- estensione delle aree residenziali (A_r , B_r , C_r) ricadenti in ciascuna delle zone A, B e C;
- densità abitativa territoriale (numero di abitanti per ettaro).

I parametri A_r , B_r e C_r devono essere corretti (A_{rc} , B_{rc} e C_{rc}) in funzione della densità abitativa mediante i coefficienti moltiplicativi riportati di seguito:

Area residenziale	Densità abitativa (abitanti/ha)	Coefficiente correttivo
estensiva	10-150	$k = 1.1$
semiestensiva	150-250	$k = 1.2$
intensiva	> 250	$k = 1.3$

I tre indici numerici, che caratterizzano l'aeroporto dal punto di vista dell'inquinamento acustico generato, vengono dunque calcolati sulla base dell'estensione delle zone A, B e C, e delle aree residenziali A_{rc} , B_{rc} e C_{rc} ottenute dalle aree residenziali A_r , B_r e C_r a seguito dell'applicazione dei coefficienti moltiplicativi nel seguente modo:

$$I_a = A_{rc} \times A$$

$$I_b = B_{rc} \times B$$

$$I_c = C_{rc} \times C.$$

Tali indici vengono inoltre presi a riferimento per le azioni di risanamento acustico di cui all'art. 10, comma 5, della L. 26-10-1995, n. 447, le quali devono essere rivolte alla riduzione del valore degli indici I_b e I_c .

2.2. COMPITI DELLA REGIONE

La Regione è l'organo istituzionale con funzione di indirizzo ai fini della corretta gestione del territorio anche sotto il profilo della tutela ambientale (inquinamento acustico) e in coerenza con i piani programmatici regionali. In particolare, secondo il D.M. 31-10-1997, le regioni disciplinano con propria legge le modalità per la presentazione della documentazione di impatto acustico (di cui alla L. 447/1995 art. 8, comma 2), per le aree dove sono effettuati gli atterraggi e i decolli degli apparecchi utilizzati per il volo da diporto o sportivo (di cui alla L. 106/1985 e al D.P.R. 404/1988) e per le aviosuperfici, prevedendo l'obbligo, per i comuni, di dare comunicazione delle loro valutazioni all'ENAC, per le eventuali azioni di competenza. A tal riguardo, la Regione Lazio, con L.R. 18/2001, all'art. 18 descrive tali modalità per la presentazione della documentazione di impatto acustico, uguali per tutte le nuove sorgenti acustiche che si inseriscono sul territorio. La legge specifica, tuttavia, che per la realizzazione, modifica o potenziamento delle aree e delle aviosuperfici, la Giunta può definire, con propria deliberazione, ulteriori contenuti e modalità di presentazione della documentazione di impatto acustico che, allo stato attuale, non sono mai stati determinati. Secondo il D.P.R. 476/1999, le Regioni trasmettono ai Ministri dell'ambiente e dei trasporti una relazione mensile sul monitoraggio del rumore aeroportuale ai fini della verifica che i voli notturni siano effettuati con velivoli che soddisfino i requisiti acustici previsti dal capitolo 3, parte seconda, volume primo, dell'allegato 16 alla Convenzione relativa all'aviazione civile internazionale.

In riferimento ai piani di risanamento acustico da parte dei gestori dell'infrastruttura aeroportuale, in accordo al D.M. 29-11-2000, la Regione riceve dal gestore la stima delle aree critiche e il piano di contenimento e abbattimento del rumore e ha un ruolo di vigilanza rispetto al raggiungimento degli obiettivi di risanamento stimati. In base a proprie valutazioni di importanza, può stabilire, d'intesa con i comuni interessati, un ordine di priorità degli interventi da eseguire che prescinde dall'indice di priorità individuato dal gestore dell'infrastruttura e può fissare termini diversi dai 5 anni previsti per gli aeroporti, quale tempistica da rispettare per il raggiungimento degli obiettivi di risanamento.

In riferimento al D.Lgs. 194/2005, le Regioni ricevono le mappature acustiche e i piani d'azione elaborati dal gestore aeroportuale. La regione di competenza territoriale verifica che la mappatura acustica e il piano d'azione soddisfino i requisiti richiesti.

2.2.1. Imposta Regionale sulle Emissioni Sonore degli Aeromobili (IRESA)

L'Imposta Regionale sulle Emissioni Sonore degli Aeromobili (IRESA) è stata istituita dal 2001, con L. 21-11-2000, n. 342, *Misure in materia fiscale - Capo IV*, art. 90, destinata a finanziare prioritariamente il completamento dei sistemi di monitoraggio acustico degli aeroporti, il disinquinamento acustico degli stessi e all'eventuale indennizzo delle popolazioni residenti nelle zone comprese nell'intorno aeroportuale (zone A e B come definite dal D.M. 31-10-1997).

Prima dell'entrata in vigore della suddetta legge, erano già vigenti analoghe imposte erariali commisurate alla rumorosità degli aeromobili, vigenti con L. 165/1990 e con L. 449/1997 e fissate con analoghe finalità che, quindi, a decorrere dal 1° gennaio 2001 sono state soppresse.

La L. 342/2000 ha previsto che la ripartizione del gettito dell'imposta dovesse essere stabilita da ciascuna regione, per mezzo di una legge regionale, sulla base dei programmi di risanamento e di disinquinamento acustico previsti in ciascun territorio regionale. In base alla suddetta legge, tale imposta IRESA è stabilita sulla base dell'emissione sonora dell'aeromobile civile, come indicato nelle norme sulla certificazione acustica internazionale (capitolo della certificazione ICAO, annesso 16) ed è dovuta per ogni decollo e atterraggio dell'aeromobile civile negli aeroporti. Il soggetto obbligato al pagamento dell'imposta è l'esercente dell'aeromobile, mentre sono esclusi dal pagamento i voli di Stato, sanitari e di

emergenza. La misura dell'IRESA è determinata in riferimento:

- al peso massimo dell'aeromobile al decollo;
- al livello di emissioni sonore dell'aeromobile accertato secondo gli standard di certificazione internazionali ICAO (International civil aviation organization).

Allo stato attuale nel 2013 nel Lazio è stato recepito il disposto del 2000 mediante L.R. 29-4-2013, n. 2 art. 5, che ha istituito l'IRESA quale tributo proprio regionale.

Successivamente, la L. 21-2-2014, n. 9 ha imposto che, al fine di evitare effetti distorsivi della concorrenza tra gli scali aeroportuali, il valore massimo dei parametri delle misure IRESA non può essere superiore a euro 0,50. In riferimento alla suddetta legge nazionale, la determinazione del tributo regionale nel Lazio è rimodulata tenendo conto anche degli ulteriori criteri della distinzione tra voli diurni e notturni e delle peculiarità urbanistiche delle aree geografiche prospicienti i singoli aeroporti.

2.3. RUOLO DELL'ARPA

Le Agenzie Regionali di Protezione Ambientale (ARPA) rappresentano l'organo tecnico delle Regioni e degli enti locali (Province, Comuni, Consorzi locali) nell'azione di pianificazione e di controllo ambientale. Le stesse operano anche come supporto tecnico qualificato verso altre istituzioni pubbliche, gestori delle infrastrutture del trasporto e in generale altri organismi tecnici.

In tema di rumore aeroportuale le Agenzie:

1. partecipano ai lavori delle commissioni aeroportuali, nell'ambito delle quali ricoprono un importante ruolo di supporto tecnico;
2. verificano l'efficienza dei sistemi di monitoraggio gestiti dalla società di gestione aeroportuale;
3. trasmettono al Ministero dell'ambiente, con cadenza almeno semestrale, una relazione tecnica circa l'attività di controllo effettuata, le tipologie ed entità delle infrazioni rilevate, desunte dalla elaborazione dei dati contenuti negli archivi del sistema di monitoraggio;
4. svolgono un'azione di informazione del pubblico circa i dati ambientali dell'aeroporto.

Il compito affidato alle Agenzie risulta particolarmente gravoso, sia per il ruolo tecnico, sia per le non trascurabili criticità presenti nella normativa in vigore. In particolare, rispetto alla verifica dell'efficienza dei sistemi di monitoraggio, il ruolo assegnato alle Agenzie non è solo quello di verificare il rispetto dei limiti imposti dalla normativa, ma anche quello di rendicontare periodicamente al legislatore (Ministero dell'ambiente) l'efficienza ed eventualmente gli elementi critici riscontrati nel sistema di monitoraggio (gestito dalla società aeroportuale), comprese le modalità di rilevare le infrazioni anche rispetto alle procedure antirumore.

In particolare, si ricorda che il sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale deve consentire:

- l'accertamento delle violazioni delle procedure antirumore;
- la determinazione degli indici di rumore aeroportuale;
- la gestione di eventuali lamentele.

Le Agenzie, pertanto, sono tenute a svolgere un vero e proprio processo di audit che non può limitarsi a una verifica formale degli elementi che compongono il sistema di monitoraggio e dei dati forniti, visto che la qualità (e validazione) del dato acustico può essere verificata solo attraverso una procedura più complessa di analisi. Innanzitutto deve essere prevista una verifica iniziale dei requisiti del sistema rispetto alle disposizioni di legge e periodicamente si dovrà procedere a una verifica della gestione del sistema (manutenzione periodica, sia delle singole stazioni che del centro di elaborazione dati, e processo elaborativo dei dati).

Quest'ultima verifica è quella che richiede il maggior impegno tecnico da parte delle ARPA e prevede l'analisi dei seguenti elementi:

- modalità di identificazione degli eventi sonori;
- sensibilità delle stazioni di monitoraggio ai movimenti aerei;
- identificazione delle tre settimane di massimo traffico;
- eventi correlati rispetto al numero di movimenti;
- continuità delle rilevazioni;
- verifica dei dati di LVA forniti.

Per dare seguito a questa impegnativa azione di controllo, le Agenzie si trovano spesso a dover svolgere alcune campagne di misura i cui risultati rappresentano un importante ausilio per la verifica dell'efficienza del sistema di monitoraggio gestito dalla società aeroportuale.

2.3.1. IL CRISTAL

Considerato l'impegnativo ruolo assegnato dal legislatore alle ARPA e la specifica professionalità richiesta alle Agenzie, la Regione Lazio nel 2007 ha avviato una struttura tecnica dedicata, denominata "CRISTAL" (Centro Regionale Infrastrutture Sistemi Trasporto Aereo del Lazio) in grado di:

- affrontare specifiche situazioni di criticità acustiche generate dagli scali;
- supportare attivamente i lavori delle commissioni aeroportuali;
- rispondere alle esigenze normative riguardanti valutazioni e controlli.

Tra l'altro, la normativa in materia di monitoraggio del rumore aeroportuale prevede la determinazione di specifici descrittori acustici connessi al singolo evento aeronautico (indici, LVAJ, LVAd e LVAn), per il calcolo dei quali è necessario separare il rumore dovuto agli eventi di origine aeronautica da quelli dovuti ad altre sorgenti. Tale separazione risulta particolarmente laboriosa visto che il contributo acustico di origine aeronautica deve essere correlato con le tracce radar ENAV.

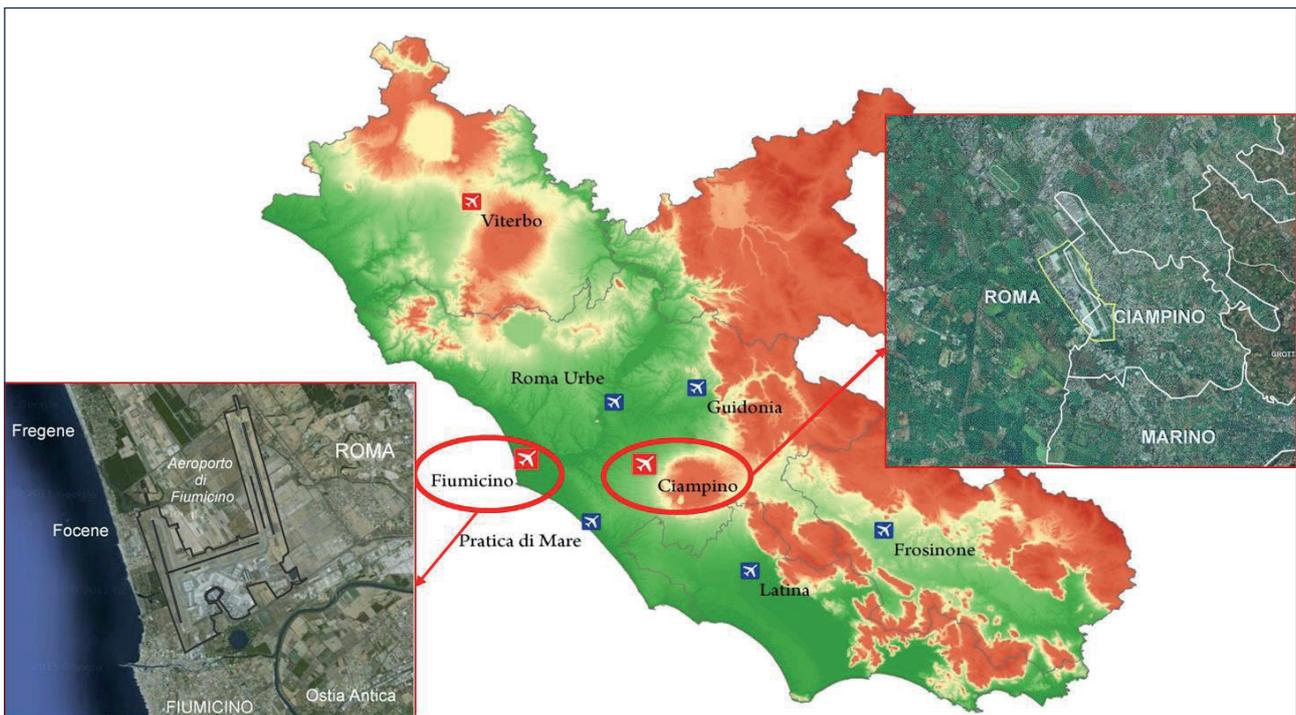


Fig. 4 - Collocazione degli aeroporti nel Lazio

Finora le attività di verifica eseguite dai CRISTAL hanno rappresentato l'unico strumento funzionale mediante il quale l'ARPA Lazio ha potuto rispondere agli specifici compiti istituzionali presso siti aeroportuali complessi (sia in termini di traffico aereo sia in termini di densità di popolazione circostante).

2.4. RUOLO DEL DIRETTORE DELLA CIRCOSCRIZIONE

Il Direttore dell'aeroporto presiede la Commissione aeroportuale e pertanto:

- coordina i lavori della Commissione ai fini della definizione delle procedure antirumore, della zonizzazione acustica aeroportuale e del calcolo degli indici Ia, Ib e Ic;
- adotta, con provvedimento specifico, le procedure antirumore, dopo averle definite nell'ambito dei lavori della Commissione aeroportuale;
- contesta all'esercente dell'aeromobile la violazione delle procedure antirumore, provvedendo alla riscossione delle sanzioni amministrative previste che vanno da un minimo di 258 euro fino a un massimo di 10.329 euro.

2.5. RUOLO DELL'ENAV

Secondo il D.M. 31-10-1997, l'ENAV deve fornire ai soggetti incaricati di determinare le curve isolivello e le procedure antirumore e a quelli preposti alla gestione del sistema di monitoraggio i dati delle traiettorie degli aeromobili civili seguite nel corso delle movimentazioni aeree (tracciati radar).

L'ENAV, inoltre, ha il compito di redigere il volume AIP Italia dove sono riportate le rotte di ingresso e uscita degli aeromobili dagli aeroporti e dove vengono pubblicate le procedure antirumore definite dalle singole commissioni aeroportuali, che devono essere applicate dai vettori aerei nel corso delle operazioni di atterraggio e decollo.

2.6. RUOLO DELL'ENAC

Secondo il D.M. 31-10-1997 art. 5, l'ENAC deve istituire, per ogni aeroporto aperto al traffico civile, la commissione di cui al cap. 5.1.2, presieduta dal competente direttore della circoscrizione aeroportuale. Il D.P.R. 11-12-1997 n. 496 stabilisce che l'ENAC, con cadenza almeno biennale, esegua verifiche sugli aeromobili in esercizio per accertarne la rispondenza alla certificazione acustica di cui al D.M. Trasporti 3-12-1983. La documentazione di certificazione acustica degli aeromobili in esercizio deve essere messa a disposizione, oltre che all'ENAC, anche alle ARPA per eventuali controlli.

Secondo lo stesso decreto (art. 5) l'ENAC, d'intesa con le Regioni, può autorizzare, assicurando comunque l'agibilità dell'aeroporto per voli di Stato, sanitari e di emergenza, i voli notturni dalle ore 23 alle ore 6 se sono effettuati con aeromobili che soddisfino i requisiti acustici adeguati e se il valore LVA non supera 60dB(A) nella zona A.

2.7. COMPITI DELLE SOCIETÀ E DEGLI ENTI GESTORI

I principali compiti delle società di gestione sono:

- gestione e manutenzione del sistema di monitoraggio;
- elaborazione piani di abbattimento e contenimento del rumore;
- elaborazione delle mappature acustiche degli aeroporti principali ex D.Lgs. 194/2005;
- definizione dei Piani d'azione per l'abbattimento del rumore ex D.Lgs. 194/2005.

2.7.1. Sistema di monitoraggio aeroportuale

I sistemi di monitoraggio devono:

- monitorare le singole operazioni di decollo e atterraggio al fine del rispetto delle procedure antirumore definite dalle commissioni aeroportuali;

- registrare in continuo i dati di ogni singolo evento ed effettuare il calcolo dell'LVA secondo quanto indicato nell'allegato A del D.M. 31-10-1997;
- essere predisposti a recepire e gestire le eventuali lamentele da parte dei cittadini.

2.7.2 . Piani di risanamento

Secondo il D.M. 29-11-2000 *Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore*, le società di gestione aeroportuale hanno l'obbligo di:

- individuare le aree in cui si rileva un superamento dei limiti previsti;
- determinare il contributo dell'infrastruttura al superamento;
- presentare ai Comuni, alla Regione o all'autorità da essi indicata il piano di contenimento e abbattimento del rumore.

I compiti e i tempi di presentazione ed esecuzione dei piani per gli aeroporti sono di seguito sintetizzati:

Compiti del gestore	Tempi	Conseguenti adempimenti del gestore
Individuazione delle aree critiche con superamento dei limiti	Entro 18 mesi dalla zonizzazione acustica aeroportuale	Trasmettere le informazioni ai Comuni interessati e alla Regione o all'autorità da essa indicata
Redazione Piano di risanamento	Entro i successivi 18 mesi	Trasmettere il piano di risanamento ai Comuni interessati e alla Regione o all'autorità da essa indicata, con le priorità d'intervento
Tempo per l'attuazione del piano di risanamento	Entro 5 anni	Conseguire il risanamento dalla data di espressione della Regione o dell'autorità da essa indicata

Entro sei mesi dalla data di ultimazione di ogni intervento previsto nel piano di risanamento, la società o l'ente gestore, nelle aree oggetto dello stesso piano, provvede a eseguire rilevamenti per accertare il conseguimento degli obiettivi del risanamento e trasmette i dati relativi al Comune e alla Regione o all'autorità da essa indicata.

I gestori devono comunicare al Ministero dell'ambiente, alle Regioni e ai Comuni l'entità dei fondi accantonati annualmente e lo stato di avanzamento fisico e finanziario dei singoli interventi previsti e conclusi.

2.7.3. Mappature acustiche e piani di azione

L'art. 3 del D.Lgs. 19-8-2005, n. 194 *Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale*, stabilisce che, entro il 30 giugno 2007, le società e gli enti gestori delle infrastrutture aeroportuali elaborino e trasmettano alla Regione i dati relativi alla mappatura acustica degli aeroporti principali in cui si svolgono più di 50.000 movimenti all'anno. Nel caso di infrastrutture di interesse nazionale i dati devono essere trasmessi anche al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, oltre che alla Regione.

Essi dovranno perciò contenere, come requisito minimo:

- la descrizione spaziale delle curve di isolivello degli indicatori L_{den} e L_{night} in classi di 5 dBA per i livelli 55, 60, 65, 70, 75 e 50, 55, 60, 65, 70 rispettivamente, calcolati a

-
- una quota sul terreno di 4 metri, considerando solo il suono incidente sulla facciata esposta;
- la quantificazione della popolazione esposta al rumore prodotto dall'infrastruttura specifica, con arrotondamento al centinaio, nelle classi sopra riportate;
 - la quantificazione delle superfici e delle abitazioni esposte al rumore prodotto dall'infrastruttura specifica, nelle classi sopra riportate;
 - la quantificazione dei recettori sensibili (scuole, ospedali, case di cura) esposti al rumore prodotto dall'infrastruttura specifica, nelle classi sopra riportate;
 - i programmi di contenimento del rumore attuati in passato e le misure antirumore in atto;
 - la delimitazione delle aree dove è superato il valore limite, espresso dal valore LVA all'interno dell'intorno aeroportuale e dal descrittore LAeq diurno e notturno, come definito dalla zonizzazione acustica del Comune o dall'art. 6 del D.P.C.M. 1-3-1991, all'esterno dell'intorno aeroportuale e attribuibile al traffico aeroportuale;
 - una sintesi del piano d'azione previsto (elaborato da consegnare entro il 18 luglio 2008).

Il D.Lgs. 194/2005 stabilisce, inoltre, che entro il 18/7/2008 le Società e gli Enti gestori degli aeroporti con numero movimenti superiori a 50.000 all'anno elaborino e trasmettano i propri piani d'azione alla Regione, redatti secondo le specifiche modalità di cui all'allegato 5 del decreto. Analogamente alle mappature acustiche, nel caso di infrastrutture di interesse nazionale le informazioni devono essere trasmesse anche al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, oltre che alla Regione.



3. CRITICITÀ NORMATIVE RELATIVE ALLA ZONIZZAZIONE ACUSTICA AEROPORTUALE

È da rilevare che dal 1997 ad oggi sia la definizione delle tre fasce di rispetto che gli altri adempimenti normativi previsti per gli aeroporti tardano a essere attuati, comportando così un rallentamento dell'intero percorso previsto dal legislatore volto alla tutela ambientale del territorio e al suo risanamento acustico.

La normativa, infatti, ha incontrato notevoli difficoltà nell'applicazione pratica, dovute ad alcuni problemi interpretativi che hanno portato, in diversi casi, a una situazione di stallo o comunque ad applicazioni difformi della norma stessa tra i diversi aeroporti nazionali.

Inoltre la regolamentazione vigente, poiché non introduce limiti temporali nella definizione delle zone di rispetto, ha generato la quiescenza dei lavori delle commissioni, impedendo la predisposizione dei piani di risanamento che, secondo il D.M. 29-11-2000, devono essere iniziati successivamente all'approvazione delle zone di rispetto A, B e C dell'aeroporto.

Il D.M. 3-12-1999 prevede che le zone di rispetto negli aeroporti debbano essere stabilite mediante la predisposizione preliminare di una impronta acustica rappresentativa dei livelli di LVA generati dall'aeroporto sul territorio circostante. Tale impronta acustica è rappresentata mediante il calcolo di curve isolivello di rumore elaborate con l'ausilio di modelli matematici, validati dall'ISPRA (ex ANPA e APAT), che prendono in considerazione la tipologia e la quantità di velivoli che operano presso l'aerostadio e le relative rotte di ingresso e uscita. Tali informazioni sono elaborate sulla base dei dati forniti da ENAC, ENAV e dalla società di gestione, nell'ambito delle rispettive competenze.

Ad oggi, l'unico modello di calcolo approvato dall'ISPRA è l'INM (Integrated Noise Model, versione 6.2a) sviluppato negli Stati Uniti dalla Federal Aviation Administration.

L'impronta acustica così ottenuta viene, in ultima analisi, sottoposta a misure di verifica in modo da poter effettuare eventuali azioni correttive, qualora le elaborazioni modellistiche non siano congruenti con i reali livelli di rumore registrati.

Le norme non forniscono indicazioni chiare e univoche sulla modalità di determinazione di dette zone, a partire dall'impronta acustica definita mediante la suddetta procedura. La modalità viene spesso individuata dai partecipanti della Commissione aeroportuale, in virtù degli specifici problemi di rumore generati dall'aeroporto e dall'assetto territoriale in cui si inserisce l'aeroporto stesso.

Nell'ambito di alcune commissioni aeroportuali che hanno provveduto alla zonizzazione acustica, l'interpretazione "semplificata" della norma ha portato a determinare i confini delle zone A, B e C utilizzando direttamente l'impronta acustica, in cui le curve di isolivello acustico di indice LVA sono identificate esattamente con i confini delle suddette zone. Tale interpretazione risulta in evidente contrasto con quanto affermato dal D.M. 31-10-1997 e dal successivo D.M. 3-12-1999, ove si prevede che i confini delle aree di rispetto debbano essere definiti tenendo conto del piano regolatore aeroportuale, degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica vigenti e delle procedure antirumore adottate. Inoltre, l'applicazione di questo criterio semplificato può generare problemi di diverso tipo, come di seguito illustrato.

In riferimento all'assetto urbanistico, tale interpretazione, che non analizza il territorio compreso nell'impronta acustica, può comportare una significativa presenza di edifici residenziali in zona B (fig. 4), che è in contraddizione con la definizione data dal D.M. 31-10-1997, per la quale nella zona B non devono essere presenti edifici abitativi, visto che il limite acustico è pari a 75 dBA, superiore a tutte le raccomandazioni sanitarie, di

conseguenza non sarebbe raccomandabile un livello superiore a 65 dBA negli ambienti di vita. Inoltre, la scelta di far coincidere le zone di rispetto alle curve di isolivello acustico, può comportare la necessità di rivedere e modificare la zonizzazione acustica ogni qualvolta vengano modificate le procedure antirumore o l'operatività dello scalo. Infine una tale interpretazione, che produce una zonizzazione acustica in considerazione esclusivamente dei livelli di rumore generati dall'aeroporto sul territorio, comporta l'individuazione di zone di rispetto in cui, ovviamente, i livelli acustici rilevati sono conformi ai valori limite determinati dalla zonizzazione stessa, vanificando i principi e le azioni di risanamento come disposte dal D.M. 29-11-2000.



Fig. 5 - Zonizzazione acustica dell'aeroporto di Fiumicino ottenuta mediante il criterio semplificato per il quale l'impronta acustica coincide con la zonizzazione acustica

D'altro canto, la normativa vigente prevede che le commissioni di cui all'art. 5, comma 1, definiscano nell'intorno aeroportuale i confini delle seguenti aree di rispetto: zona A, zona B, zona C, tenuto conto del piano regolatore aeroportuale, degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica vigenti e delle procedure antirumore adottate. Solo tramite una sovrapposizione delle informazioni provenienti dall'impronta acustica con le informazioni

provenienti dagli strumenti urbanistici sopra elencati è possibile eseguire una corretta zonizzazione acustica, che contemperi il diritto di tutela della salute della popolazione residente con i piani di sviluppo aeroportuale.

Con l'adozione di tale criterio "pianificatorio", la zonizzazione acustica che ne deriva andrà a comprendere per la zona C un territorio in cui siano previste soltanto le attività strettamente connesse con l'uso dell'infrastruttura (con un limite superiore a 75 dBA), per la zona B un territorio che comprenda per la massima parte attività di tipo produttivo, commerciale, agricolo e uffici (con un limite pari a 75 dBA), mentre per la zona A una porzione di territorio in cui siano localizzati gli edifici residenziali presenti nell'intorno aeroportuale e dove non viene prevista alcuna limitazione legata all'uso del territorio (con un limite di 65 dBA). Si otterrà, quindi, una zonizzazione acustica (fig. 5) sostanzialmente differente dall'impronta acustica generata dall'aeroporto, ma compatibile con gli usi del territorio già vigenti e con gli sviluppi dell'operatività aeroportuale previsti.

Successivamente, attraverso il confronto tra l'impronta acustica reale dell'aeroporto e le zone di rispetto redatte mediante l'applicazione del criterio "pianificatorio" è possibile definire la mappa di conflitto (fig. 5) dove emergono le criticità acustiche vigenti e dalla quale scaturiscono gli eventuali piani di risanamento da porre in essere.

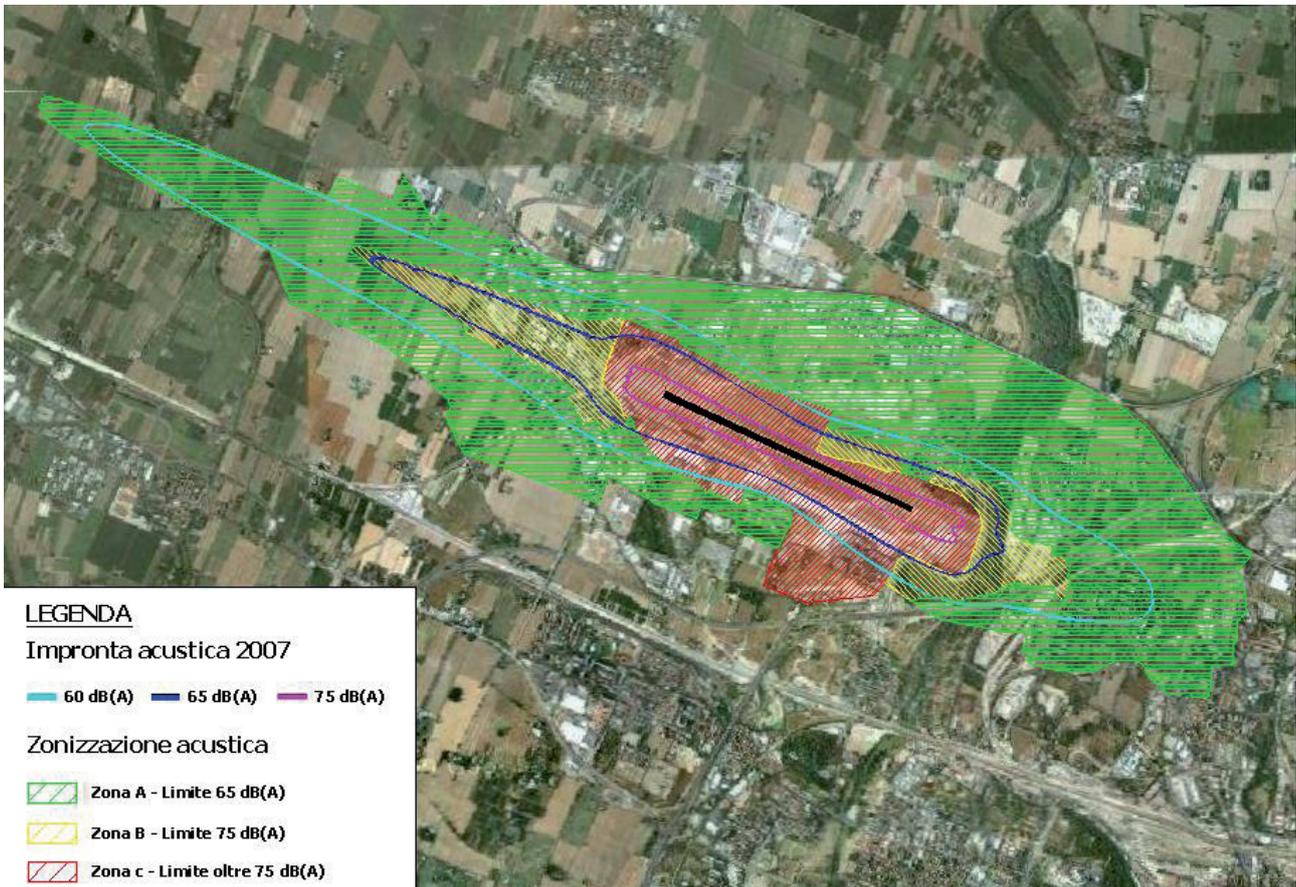


Fig. 6 - Zonizzazione acustica dell'aeroporto di Bologna ottenuta mediante il criterio urbanistico



4. RUMORE GENERATO DAGLI AEROMOBILI

Tra le diverse fasi della movimentazione aerea che producono rumore nell'intorno di un aeroporto, le più importanti sono:

- l'operazione di decollo e salita iniziale che richiede la massima spinta erogabile dal sistema propulsivo. La prestazione di salita di un velivolo dipende oltre che dalla potenza dei motori anche dal peso al decollo dell'aeromobile, dalla lunghezza della pista, dai fattori climatici (pressione atmosferica e temperatura dell'aria) nonché dall'altitudine dell'aeroporto;
- la fase finale di discesa in cui il rumore preponderante è quello generato dall'attrito dell'aria sulla fusoliera e sulle superfici di controllo poste sulle ali del velivolo (flaps e slats);
- la fase di frenata immediatamente successiva al contatto delle ruote sulla pista in cui vengono usati gli inversori di spinta dei motori (manovra di reverse).

Il decollo è effettuato con traiettoria in asse con la pista, con un certo gradiente di salita fino a quando l'aeromobile, raggiunta una determinata quota, può iniziare la manovra di allineamento all'aerovia assegnata. Maggiore è il gradiente di salita della traiettoria maggiore è il guadagno in altezza allontanando in questo modo dal suolo la sorgente di rumore.

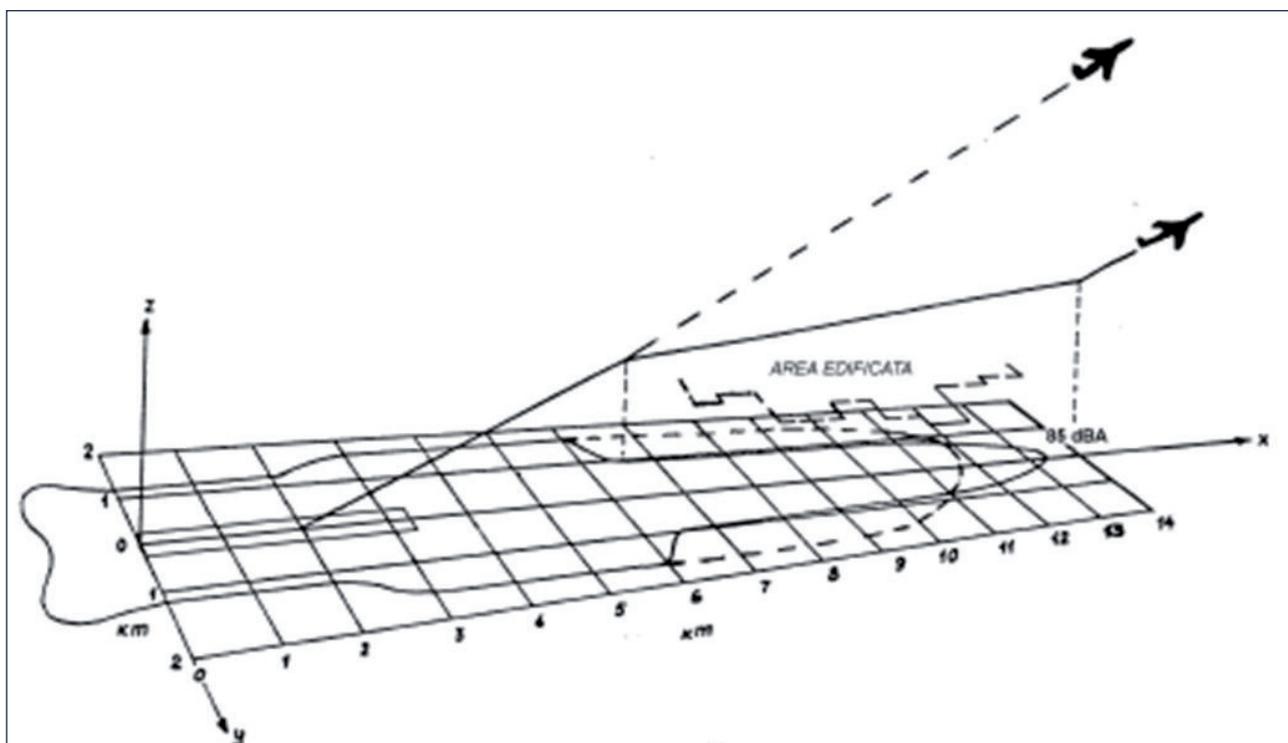


Fig. 7 – Traiettorie di decollo

(fonte: C. Baistocchi, L. Rocco, *Il contenimento del rumore aeronautico sulle aree urbane*)

Le traiettorie di atterraggio, coadiuvate dalla strumentazione ILS (Instrumental Landing System) o tramite avvicinamento a vista, avvengono con una traiettoria in asse con la pista, provocando una concentrazione di eventi sonori in una fascia stretta e allungata lungo il

sentiero di avvicinamento. Nonostante l'atterraggio sia la fase con minore emissione sonora, il disturbo avvertito è spesso legato alla frequenza dei sorvoli e alla loro concentrazione in una piccola area.

La fase di frenata dell'aeromobile sulla pista si manifesta all'improvviso e può dare luogo a disturbo per gli insediamenti urbani nelle zone limitrofe alla pista (area di atterraggio) e la sua rumorosità dipende dalla lunghezza della pista e dal peso dell'aeromobile.

Non trascurabile, anche se di minore intensità, il rumore prodotto dai movimenti degli aerei sui corridoi di parcheggio e nelle operazioni di prova motori, condotte dopo gli interventi di manutenzione, in un'area ben definita dello scalo.

4.1 DESCRIZIONE DEL RUMORE DEGLI AEROMOBILI

Gli aeromobili sono sorgenti di rumore complesse e le principali fonti di rumore su un aeromobile in volo sono la potenza del motore e il rumore aerodinamico.

Il campo acustico prodotto da un aereo che si muove a quota costante, a velocità costante, assetto costante e potenza del motore a regime, in condizioni di atmosfera uniforme, rappresenta un processo casuale stazionario. Il segnale acustico di un aereo in movimento, ricevuto da un microfono in posizione fissa, tuttavia, è chiaramente non stazionario. Le caratteristiche dello spettro del segnale ricevuto cambiano a causa della direzionalità della fonte e dipendono dalla diffusione sferica, dall'assorbimento e dalla rifrazione atmosferica, dall'effetto Doppler e dalle riflessioni e attenuazioni del terreno. Il segnale acustico ricevuto può essere considerato debolmente stazionario solo su intervalli di tempo sufficientemente piccoli ma rappresentativi del fenomeno.

Qualsiasi tipo di criterio o indicatore del rumore degli aeromobili è stimato da un insieme di spettri di rumore (in bande di frequenza in terzi di ottava da 50 a 10.000 Hz), che variano durante l'evento di rumore. Sono usati diversi metodi di filtraggio di pressione sonora nel dominio della frequenza. Il più appropriato per l'analisi del rumore degli aeromobili è la correzione in curva di ponderazione A, che dà una misura della rumorosità percepita. Lo spettro del rumore generato varia durante il passaggio secondo un livello che aumenta fino a un massimo sulla verticale per poi diminuire.

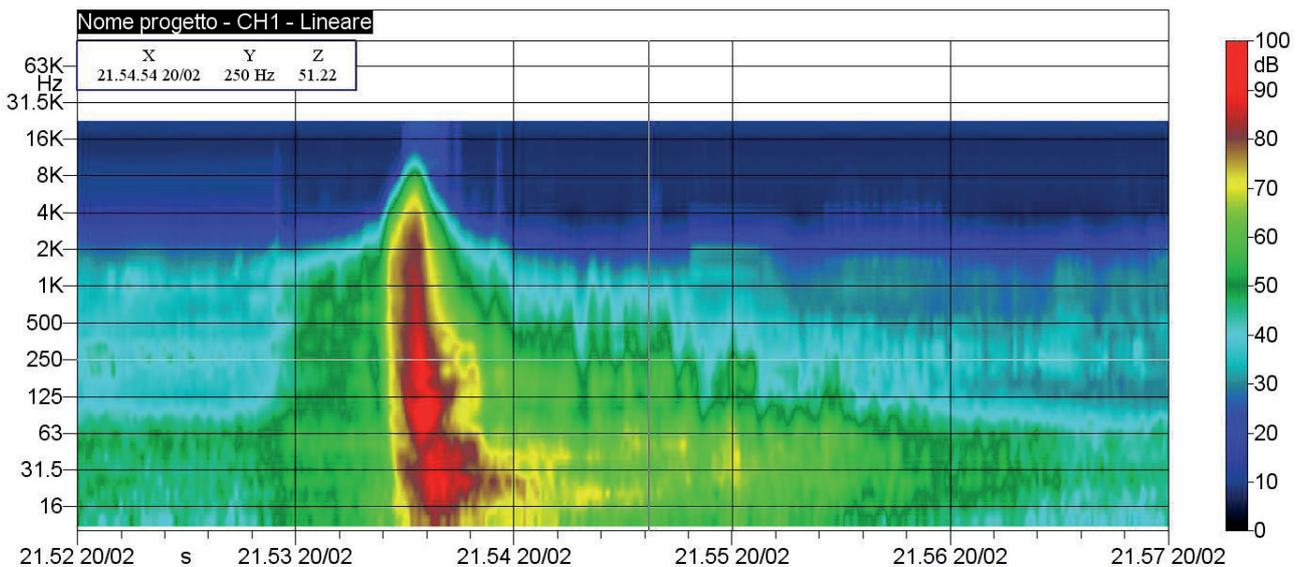


Fig. 8 - Caratteristiche del rumore generato da passaggi di aerei su edifici: fase di decollo

Il segnale acustico di un aereo in movimento, ricevuto da un microfono in posizione fissa, rileva una componente alle alte frequenze (intorno ai 2000 Hz) dovuta all'aria che entra nel motore. Al passaggio

sulla verticale, tale componente inizia a diminuire anche se si rileva la componente prodotta dal flusso di uscita del fan (3150 Hz), mentre aumentano quelle a bassa frequenza (sotto i 500 Hz). Dopo il passaggio dell'aereo in fase di decollo si rileva come rumore dominante e persistente nel tempo quello a basse frequenze provocato dal flusso di uscita dei gas di scarico.

Bisogna comunque considerare che lo spettro di rumore dipende dal rumore del sistema propulsivo (turbojet, turbofan), dalla sua aerodinamica e dal tipo di movimentazione dell'aeromobile (rullaggio a terra, decollo, salita in quota, avvicinamento, atterraggio).

Un esempio della distribuzione in frequenza del rumore generato dal passaggio di un aereo si può osservare nelle figure seguenti che rappresentano due diversi sonogrammi di sorvoli, dove in ascissa è riportato l'intervallo di misura del livello sonoro, in ordinata il campo di frequenza considerato e sul lato destro sono riportati i dB (scala di colori).

La figura 8 rappresenta il sonogramma di un sorvolo immediatamente successivo a un decollo: si nota la presenza di componenti ad alta frequenza in fase di avvicinamento alla verticale (osservatore), mentre in fase di allontanamento dominano le componenti alle basse frequenze.

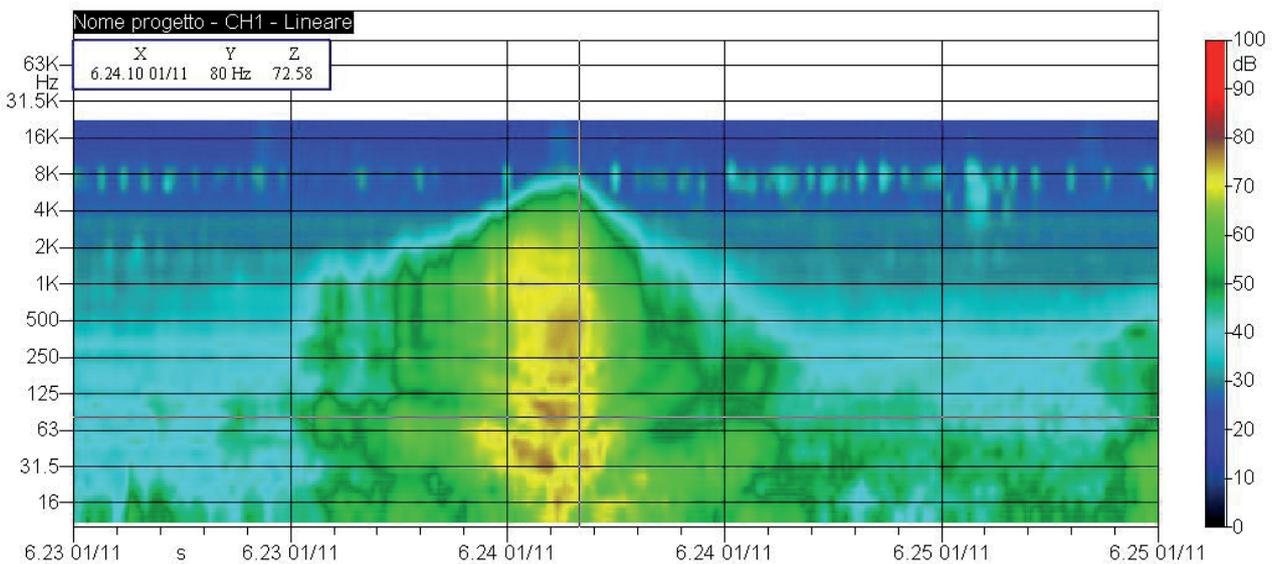


Fig. 9 - Caratteristiche del rumore generato da passaggi di aerei su edifici: fase di atterraggio

In figura 9 il sonogramma è associato a una fase di atterraggio: in questo caso la durata del rumore è limitata a un intervallo più breve, ma la gamma di frequenze interessata è più estesa.

A seguire sono descritte le sorgenti di rumore presenti nelle diverse tipologie di motorizzazione di un velivolo (turbojet, turbofan).

4.1.1. Motore a turbojet

La prima generazione di motori (Capitolo 1, turbogetto) era la maggior fonte di rumore per gli aeromobili degli anni 50 e 60: il getto era espulso dalle turbine ad alta temperatura e ad una velocità superiore a quella del suono contro la massa d'aria esterna fredda e praticamente ferma.

Schematicamente il principio di funzionamento di un **turbogetto** è il seguente: il motore a getto è costituito da una presa d'aria, che ha la funzione di instradare l'aria esterna generando una minima compressione dell'aria. Successivamente l'aria entra nel compressore (assiale o centrifugo) a più stadi in cui sono raggiunti elevati rapporti di compressione (rapporto di circa 20:1).

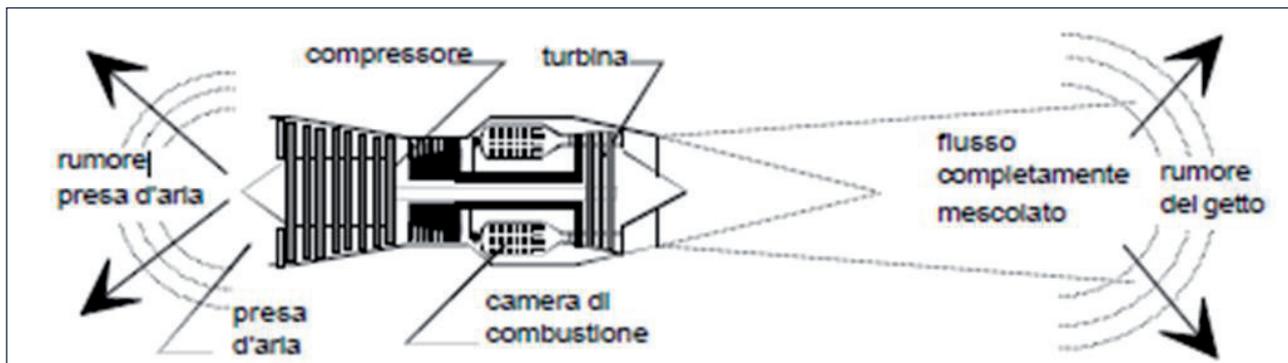


Fig. 10 - Schematizzazione motore turbojet

In seguito l'aria compressa esegue due percorsi:

- una parte viene inviata alle camere di combustione, dove si combina stechiometricamente (15:1) con il combustibile e l'aria compressa viene scaldata con minime perdite di pressione;
- una parte d'aria lambisce esternamente la camera di combustione, raffreddandola e, successivamente, si unisce ai prodotti della combustione, prima dell'entrata in turbina, diminuendo la temperatura del flusso.

A questo punto la turbina sfrutta l'energia dei gas di combustione così miscelati, che sono ad alta pressione e temperatura, per produrre il lavoro necessario al funzionamento dei vari stadi del compressore al quale la turbina è collegata mediante un albero.

I gas che escono dalla turbina vengono poi avviati all'ugello di scarico, nel quale subiscono una ulteriore espansione, uscendone ad elevata velocità e generando, per reazione, una spinta in avanti che è poi la spinta che determina il movimento dell'aereo.

Quindi il turbogetto è un motore che trasforma l'energia chimica del combustibile (energia sviluppata dalle reazioni chimiche di combustione che avvengono tra combustibile e ossigeno presente nell'aria) in energia cinetica dei combustibili (getto) per sfruttare il principio di azione e reazione esteso. La spinta di reazione che attua il movimento è proporzionale alla portata in massa dei gas che passano nel motore e alla differenza fra la loro velocità di scarico e la velocità di avanzamento dell'aereo.

Tale meccanismo di produzione della spinta genera diverse sorgenti di rumore:

1. nella parte anteriore si riscontra rumore proveniente dal compressore e rumore aerodinamico dovuto alla presa d'aria;
2. nella parte centrale si riscontra rumore meccanico e fluidodinamico generato internamente dal motore che si irradia dalla cassa del motore ortogonalmente all'asse;
3. nella parte posteriore si riscontra rumore proveniente dalla combustione, dalla turbina e dal mescolamento del getto d'uscita con l'aria calma circostante (rumore aerodinamico del getto).

Questo tipo di motore è molto rumoroso e offre rendimenti molto buoni solo a velocità e quote di volo elevate. Per migliorarne l'efficienza sono state studiate soluzioni tecniche in grado di limitare le emissioni sonore e aumentare i rendimenti complessivi: sono stati realizzati quindi i turboreattori a doppio flusso (turbofan).

4.1.2. Motore a turbofan

Il turbofan è un tipo di motore a reazione diffuso negli aerei di trasporto civili e che, a differenza di un normale motore turbogetto, fornisce la spinta utilizzando una combinazione di una ventola intubata e di un ulteriore ugello di scarico, deviando un flusso d'aria secondario attorno alla camera di combustione come descritto di seguito.

Per il funzionamento il motore utilizza due flussi d'aria separati:

- il primo flusso, detto flusso caldo, attraversa tutti gli stadi del motore: la presa d'aria, che effettua una prima compressione dell'aria rallentandola, successivamente un'elica intubata (fan o ventola ad uno o più stadi), il compressore, la camera di combustione, la turbina (uno o più stadi) e l'ugello di scarico;
- il secondo flusso freddo, invece, attraversa solo la ventola e l'ugello (nel caso di turboventola a flussi associati) oppure la sola ventola (nel caso di turboventola a flussi separati) ed è inviata direttamente allo scarico dove si può unire al flusso dei gas combusti oppure essere espulso da un ugello separato. Il flusso d'aria di bypass genera un aumento di spinta, raffredda il motore, diminuisce il rumore dello scarico e riduce il consumo specifico di carburante.

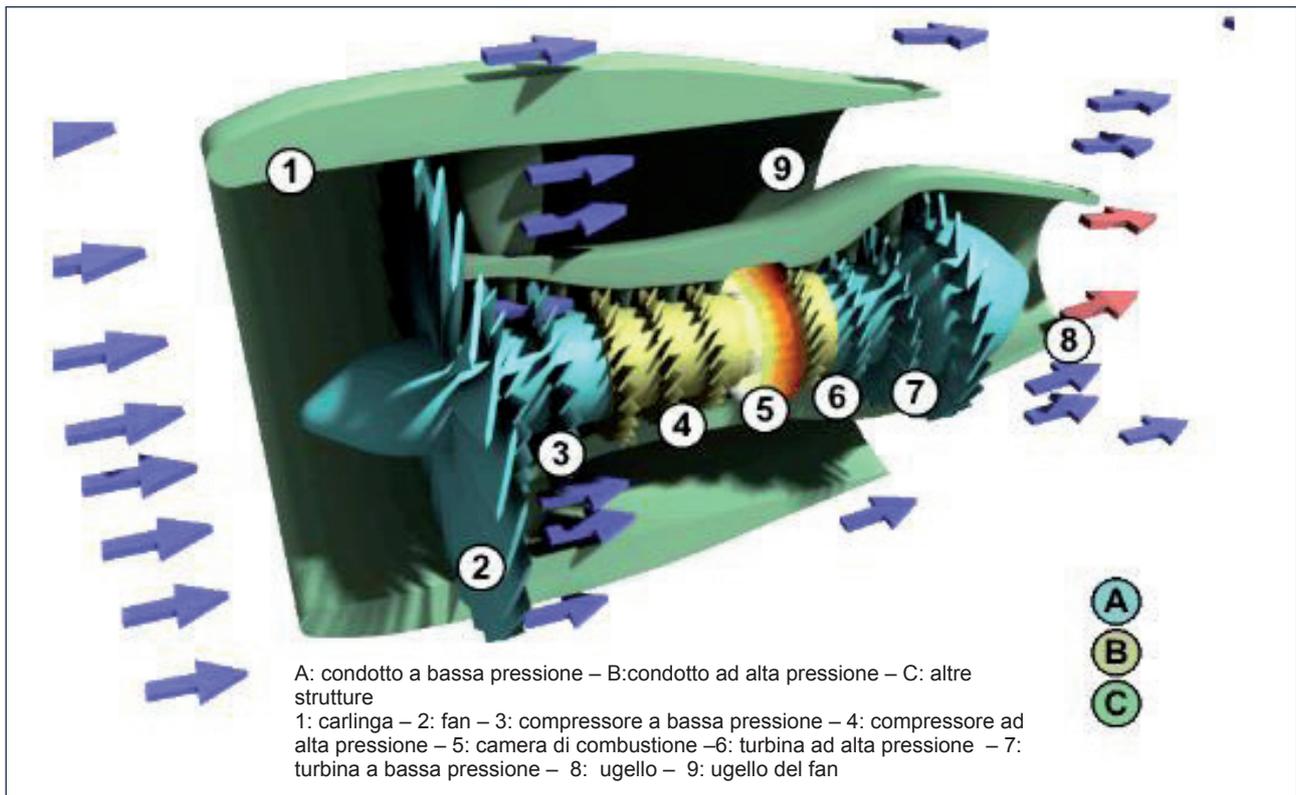


Fig. 11 - Schematizzazione motore turbofan

(fonte: sito web della Leroy R. Grumman Cadet Squadron - Civil Air Patrol – The official auxiliary of the United States Air Force)

Oltre ai parametri principali, spinta e consumo specifico, un parametro tipico del turbofan è il rapporto di diluizione (in inglese: bypass ratio o BPR) cioè il rapporto tra la portata in massa di flusso freddo e flusso caldo. Sulla base del BPR si distinguono due tipologie di turboreattori a doppio flusso: quelli a basso rapporto di bypass, e quelli ad alto rapporto di bypass (meno rumorosi).

Più alto è il BPR, più efficiente è il motore, con minore velocità di scarico (quando si raggiunge un BRP=0 si è in presenza di un turbogetto).

I velivoli equipaggiati con motori turbofan a basso rapporto di bypass soddisfano i requisiti di contenimento del rumore del capitolo 2 dell'annesso 16 dell'ICAO, presentando, per di più, una maggiore efficienza e quindi un contenimento dei consumi rispetto ai velivoli con motori turbogetto puro. Nei motori turbofan a basso rapporto di bypass, a causa della presenza di percorsi senza ostacoli verso valle lungo il condotto del bypass, il rumore del compressore si manifesta in maggior misura a valle, ma sempre inferiore al rumore della turbina.

Aumentando però il rapporto di bypass si ha una tendenza alla riduzione del rumore del getto, ma nello stesso tempo si manifesta un aumento del rumore del fan. In genere i velivoli equipaggiati con motori turbofan ad alto rapporto di bypass soddisfano i limiti della certificazione acustica (Annesso ICAO, cap. 3).

4.1.3. Rumore aerodinamico di forma

Questa sorgente di rumore non è localizzata in un punto preciso, come per il sistema propulsivo, ma diffusa praticamente su tutto il velivolo, dipendendo dall'estensione della superficie investita dal flusso d'aria (preponderante nei corpi dove le dimensioni perpendicolari al moto sono consistenti rispetto alle altre) come le superfici della fusoliera, delle ali, del timone e dei piani di coda, le superfici dei sistemi di ipersostentamento, dei carrelli di atterraggio e della cavità per il loro alloggiamento.

Gli ipersostentatori sono organi mobili che agiscono mediante la modifica del profilo alare e sono costituiti da alette orientabili disposte sia anteriormente al bordo di attacco dell'ala (slats), sia posteriormente al bordo di uscita dell'ala (flaps) e vengono utilizzati soprattutto in decollo ed in atterraggio per aumentare la portanza dell'ala a basse velocità.

Nella fase di atterraggio le cause del rumore aerodinamico sono dovute al temporaneo utilizzo dei flaps, degli slats, dalla fuoriuscita dei carrelli di atterraggio e, nella fase finale, anche dal dispiegamento dei freni aerodinamici.

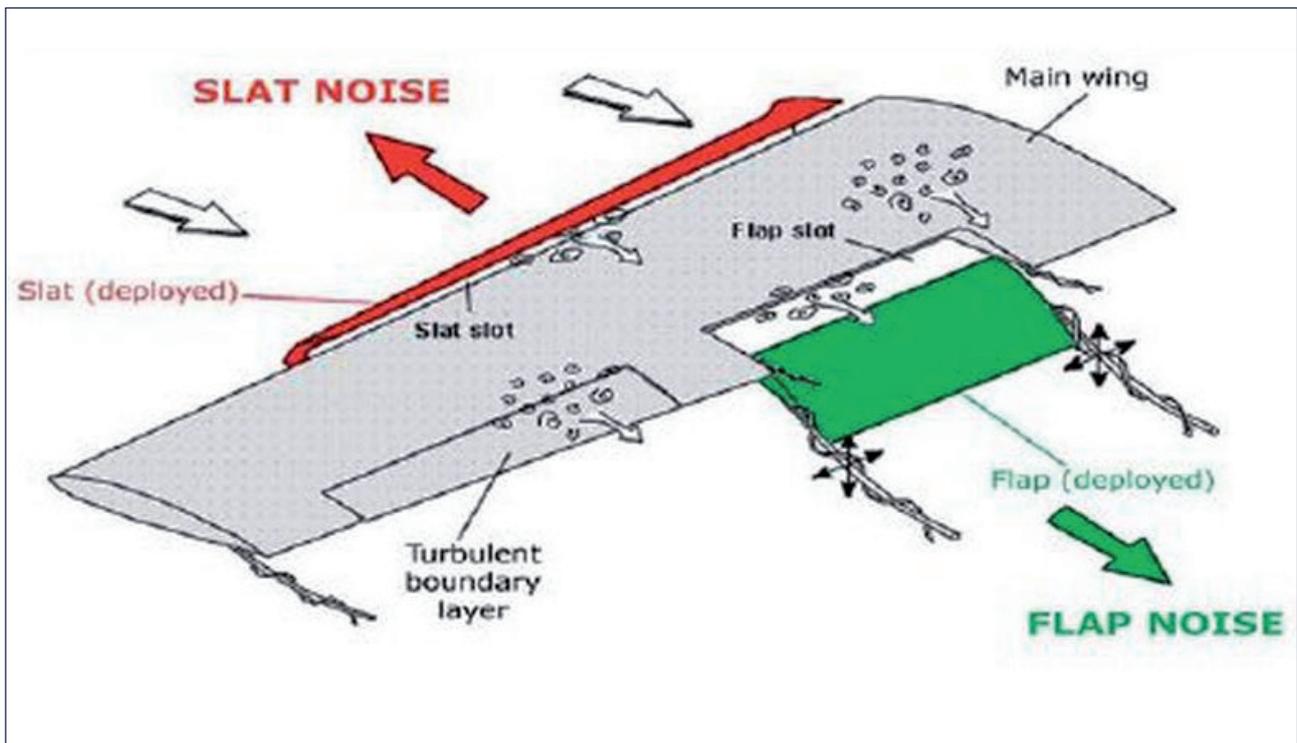


Fig. 12 - Schematizzazione ala (SLAT, FLAPS)
(fonte: Commissione europea, ricerca e sviluppo, trasporti)

I flaps possono agire anche come freni aerodinamici. Il rumore generato dagli slats è dovuto al flusso di taglio turbolento nella loro parte concava.

La principale fonte di rumore nel flap è il bordo laterale, in cui un forte vortice è prodotto a causa della differenza di portanza tra le sezioni del flap e dell'unflap.

Altri dispositivi che producono rumore sono i freni aerodinamici o spoilers, il cui scopo è di incrementare la resistenza aerodinamica, e quindi di assorbire energia, al fine di rallentare l'aereo o farlo scendere più velocemente. Essi sono costituiti da piani che vengono fatti

emergere dalla superficie alare superiore e che rompono il flusso regolare dell'aria con la formazione, a valle degli stessi, di vortici frenanti che producono rumore aerodinamico. Per quanto riguarda il carrello di atterraggio, il rumore è generato da un flusso vorticoso intorno a geometrie molto complesse, quali ruote, freni, strutture ammortizzanti e tubazioni idrauliche.



5. IL CONTROLLO DEL RUMORE AEROPORTUALE

Il controllo dell'inquinamento acustico aeroportuale richiede l'applicazione di metodologie e strumenti gestionali sofisticati che non sono di immediata realizzazione.

La normativa italiana in materia di tutela dall'inquinamento acustico (legge quadro e decreti attuativi) stabilisce che nei dintorni di ogni scalo aperto al traffico civile debba essere controllato il rumore di origine aeroportuale. Il sistema di rilevazione, analisi ed elaborazione dati viene gestito dalla società esercente l'aeroporto; all'ARPA è assegnato per legge il compito di verificare tale sistema. L'area di impatto acustico di origine aeronautica è solitamente rappresentata tramite curve di isolivello, curve ideali che congiungono punti del territorio corrispondenti ad eguali valori dell'indice descrittore acustico (LVA) di cui all'allegato A, punto 1 del D.M. 31-10-1997.

GLOSSARIO	
Clima acustico	Termine con il quale s'intendono le condizioni sonore esistenti in una determinata porzione di territorio, derivanti dall'insieme di tutte le sorgenti sonore naturali e antropiche
Interno aeroportuale	Aree sottoposte all'impatto acustico di origine aeronautica, ovvero dove sono misurati o previsti valori di LVA superiori a 60 dBA; tali aree vengono ripartite in tre zone (A, B e C) che comportano una differente pianificazione territoriale (D.M. 31-10-1997)

La Commissione aeroportuale, istituita presso ciascun aeroporto ai sensi del D.M. 31-10-1997 *Metodologia di misura del rumore aeroportuale*, ha il compito di classificare le zone dell'intorno aeroportuale e stabilire le procedure antirumore. Lo scopo è quello di ridurre l'inquinamento acustico nelle suddette aree e ridimensionare il numero di persone esposte. Il problema del rumore dovuto agli aeromobili riguarda principalmente i territori circostanti gli aeroporti, dove è necessario che i livelli di rumore causati dai velivoli vengano misurati o stimati tramite modelli, scorporandoli dalle altre sorgenti di rumore. La normativa nazionale stabilisce, come parametro per la determinazione del rumore degli aeromobili, il livello di valutazione aeroportuale (LVA) e richiede che ciascun evento acustico di origine aeronautica venga riconosciuto e discriminato rispetto alle altre fonti di rumore. Risulta, inoltre, indispensabile poter correlare il tracciato radar del singolo movimento aereo con l'evento rumoroso da esso generato.

La separazione del rumore di origine aeronautica dalle restanti forme di inquinamento acustico influenza anche la scelta del posizionamento delle stazioni di monitoraggio: tale scelta, infatti, dovrebbe risultare il miglior compromesso tra l'esigenza di stimare al meglio il rumore aereo e le finalità alle quali è deputata la stazione di misura stessa, ossia la misura dei livelli di rumore presso insediamenti abitativi sensibili e il controllo del rispetto delle procedure antirumore imposte agli aeromobili.

La riduzione del rumore degli interni aeroportuali può essere perseguita attraverso differenti approcci che possono concorrere a ottenere i seguenti risultati positivi:

- la riduzione delle emissioni sonore degli aeromobili;
- l'attuazione di procedure antirumore;
- la messa in atto di restrizioni operative;
- una corretta pianificazione territoriale.

5.1. ARPA LAZIO: AEROPORTI CIAMPINO E FIUMICINO



Fig.13 - Posizionamento delle stazioni di misura a Fiumicino sotto i profili di atterraggio e decollo



Fig.14 - Posizionamento delle stazioni di misura a Ciampino sotto i profili di atterraggio e decollo

L'attività svolta dall'ARPA Lazio presso gli aeroporti del Lazio (Ciampino e Fiumicino) prevede:

- monitoraggio acustico mediante posizionamento di stazioni di misura sotto i profili di decollo e atterraggio dell'aeroporto;
- elaborazione ed analisi dei dati;
- calcolo degli indicatori acustici previsti dalla normativa (LVA e LAeq) e confronto con i relativi limiti;
- attività di verifica istituzionale di cui al D.P.R. 496/97 art. 2 comma 5;
- partecipazione ai lavori della Commissione aeroportuale di cui al D.M. 31-10-1997 art. 5 per Ciampino

5.1.1. Catena strumentale e software

La catena strumentale utilizzata per le misurazioni dei livelli acustici è conforme alle specifiche del D.M. 31-10-1997. La strumentazione è stata impostata per l'acquisizione delle storie temporali in LAF (livello di pressione sonora ponderata A in costante di tempo Fast) e in short LAeq con intervallo di integrazione $\Delta t = 1s$.

Per la discriminazione degli eventi sonori prodotti dagli aeromobili civili rispetto a quelli di altra origine non aeronautica è stato adottato il criterio di definire a posteriori una soglia per il livello sonoro che deve essere superata da quest'ultimo per un periodo di tempo non inferiore a una durata minima. La durata minima di superamento della soglia stessa è stata determinata sperimentalmente per ciascuna postazione di misura al fine di ottimizzare la discriminazione degli eventi sonori prodotti dagli aeromobili. Per facilitare il lavoro di riconoscimento degli eventi aeronautici rispetto alle altre sorgenti di rumore presenti sul territorio sono stati acquisiti anche gli spettri in frequenza in 1/3 ottava.

I software utilizzati per la post elaborazione sono: BZ5503 e Evaluator Tipo 7820-7821 (Bruel & Kjaer), CityNoise Analyzer e dBTrait (01 dB) e NoiseWork (Spectra).

5.1.2. Indicatori acustici

L'attività di monitoraggio effettuata (e tuttora in corso) ha previsto il calcolo di due indicatori acustici:

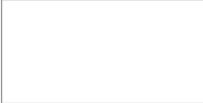
- Livello di Valutazione Aeroportuale (LVA): individuato dal D.M. 31-10-1997 come indicatore del livello di rumore generato dalla sorgente specifica aeroportuale
- Livello continuo equivalente ponderato A (LAeq): individuato dal D.P.C.M. 14-11-1997 come indicatore del livello di rumore ambientale

5.1.3. Verifica dei limiti di legge

Per la verifica del rispetto dei limiti di legge è stata presa in considerazione la localizzazione delle stazioni di monitoraggio rispetto alla zonizzazione acustica aeroportuale e alla classificazione acustica comunale.

La zonizzazione acustica aeroportuale definisce i confini delle aree di rispetto aeroportuali (zone A, B, C), con le relative limitazioni d'uso del territorio e i livelli acustici massimi consentiti all'attività aeroportuale (espressi con l'indicatore LVA = Livello di valutazione aeroportuale). Di seguito sono riportate le zone di rispetto dell'intorno aeroportuale con le attività consentite e i relativi limiti acustici (le colorazioni delle campiture sono riferite alla figura 5):

ZONIZZAZIONE ACUSTICA AEROPORTUALE LVA (dBA)

Zona acustica	Limiti acustici	Destinazioni d'uso consentite	Rappresentazione
Esterno zonizzazione	LVA \leq 60	Non sono previste limitazioni	
Zona A	LVA \leq 65	Non sono previste limitazioni	
Zona B	LVA \leq 75	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	LVA $>$ 75	Esclusivamente le attività funzionalmente connesse con l'uso ed i servizi delle infrastrutture aeroportuali	

Tab. 1 - Limiti della zonizzazione acustica aeroportuale

La zonizzazione acustica aeroportuale di Ciampino, elaborata dall'ARPA LAZIO, è stata approvata il 1° luglio 2010 e pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Lazio n. 37 - Supplemento Ordinario n. 172 del 7 ottobre 2010, mentre la zonizzazione di Fiumicino è stata approvata nel 2004.

La classificazione acustica comunale differenzia il territorio in sei classi omogenee sulla base dei principali usi urbanistici consentiti. Di seguito sono riportate le classi acustiche secondo il D.P.C.M. 14-11-1997 con i relativi valori limite assoluti di immissione espressi in LAeq (dBA):

LIMITE ASSOLUTO DI IMMISSIONE (dBA)			
	Diurno (06-22)	Notturno(22-06)	
Classe I	50	40	
Classe II	55	45	
Classe III	60	50	
Classe IV	65	55	
Classe V	70	60	
Classe VI	70	70	

Tab. 2 - Limiti della classificazione acustica comunale

Di seguito sono riportate le rielaborazioni, effettuate dall'ARPA Lazio, delle zonizzazioni acustiche aeroportuali poste in relazione con le classificazioni acustiche dei comuni interessati (Ciampino, Marino, Roma e Fiumicino).

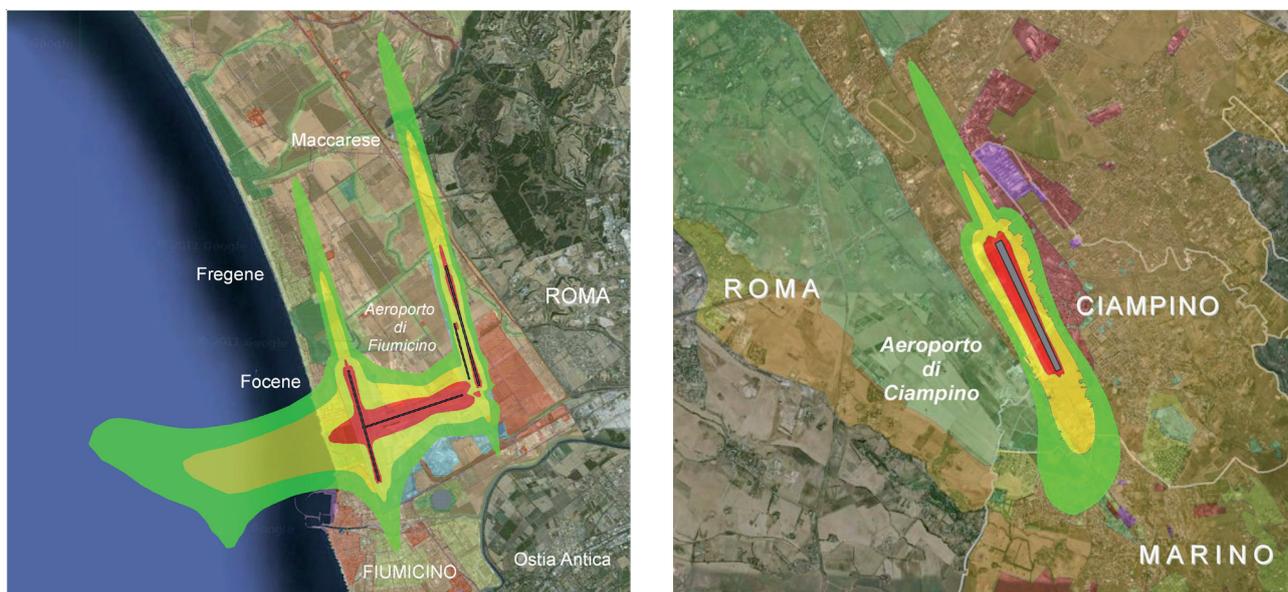


Fig.15 - Classificazioni acustiche comunali e zonizzazioni acustiche aeroportuali: Fiumicino e Ciampino

In base alla normativa di riferimento, nel territorio compreso nell'ambito della zonizzazione acustica aeroportuale (aree di rispetto A, B, C), l'infrastruttura aeroportuale deve garantire il rispetto dei limiti espressi in LVA di cui alla tabella 1. All'esterno della zonizzazione acustica aeroportuale, l'aeroporto, oltre a garantire il rispetto del limite di LVA pari a 60 dBA, deve concorrere, insieme alle altre sorgenti acustiche, al rispetto dei limiti della classificazione acustica comunale di cui alla tabella 2.

La valutazione dei limiti normativi da applicare nelle postazioni di misura è stata effettuata considerando la localizzazione delle stesse rispetto alla zonizzazione acustica aeroportuale e alla classificazione acustica comunale.

5.1.4. Metodologia di analisi dei dati

Per il calcolo dell'indice LVA occorre, secondo la normativa vigente, eseguire i seguenti passi:

- Individuare le tre settimane dell'anno a maggior traffico aereo nei seguenti periodi: 1 febbraio - 31 maggio; 1 giugno - 30 settembre; 1 ottobre - 31 gennaio
- Nell'ambito delle tre settimane e per ciascuna postazione di misura, selezionare gli eventi di rumore rilevati e generati dai transiti aerei (eventi acustici aeronautici);
- Associare gli eventi acustici aeronautici ai tracciati radar ENAV (come conferma dell'origine aeronautica dell'evento di rumore selezionato);
- Calcolare il livello di LVA, secondo la procedura indicata dal D.M. 31-10-1997, a partire dall'indicatore SEL (Sound Level Exposure) associabile a ciascun evento acustico aeronautico selezionato.

La metodologia di analisi dei dati è stata condotta anche prendendo in considerazione la *Linea guida per la progettazione e la gestione delle reti di monitoraggio acustico aeroportuale* redatta dal Sistema delle Agenzie per l'Ambiente disponibile sul sito internet dell'ISPRA che costituisce una guida per l'efficiente funzionamento dei sistemi di monitoraggio del rumore aeroportuale e per le campagne di misura.

5.1.5. Determinazione del rumore di origine aeronautica: individuazione degli eventi acustici aeronautici

La normativa vigente (D.M. 31-10-1997, allegato B) indica che per il calcolo dell'indice LVA bisogna discriminare gli eventi sonori prodotti dagli aeromobili civili da quelli di altra origine. Come prescritto dal D.M. 31-10-1997, allegato B art. 3, le rilevazioni acustiche e le successive elaborazioni dati devono essere infatti efficaci al fine di eseguire la "discriminazione degli eventi sonori prodotti dagli aeromobili civili da quelli di altra origine".

Per la determinazione dell'indice SEL, relativo a ciascun evento acustico aeronautico, è stata definita una soglia di livello SPL ed una durata minima.

Queste impostazioni (soglia e durata) sono scelte opportunamente per ciascuna postazione, ma possono dare luogo all'identificazione di eventi che non sono di natura aeroportuale. Per questo motivo i dati connessi agli eventi sonori devono essere correlati alle operazioni aeree, utilizzando le informazioni ottenute dai tracciati radar (come descritto nel paragrafo seguente) e per mezzo dell'ausilio del sonogramma.

In figura viene rappresentato un esempio di due eventi aeronautici con il sonogramma associato.

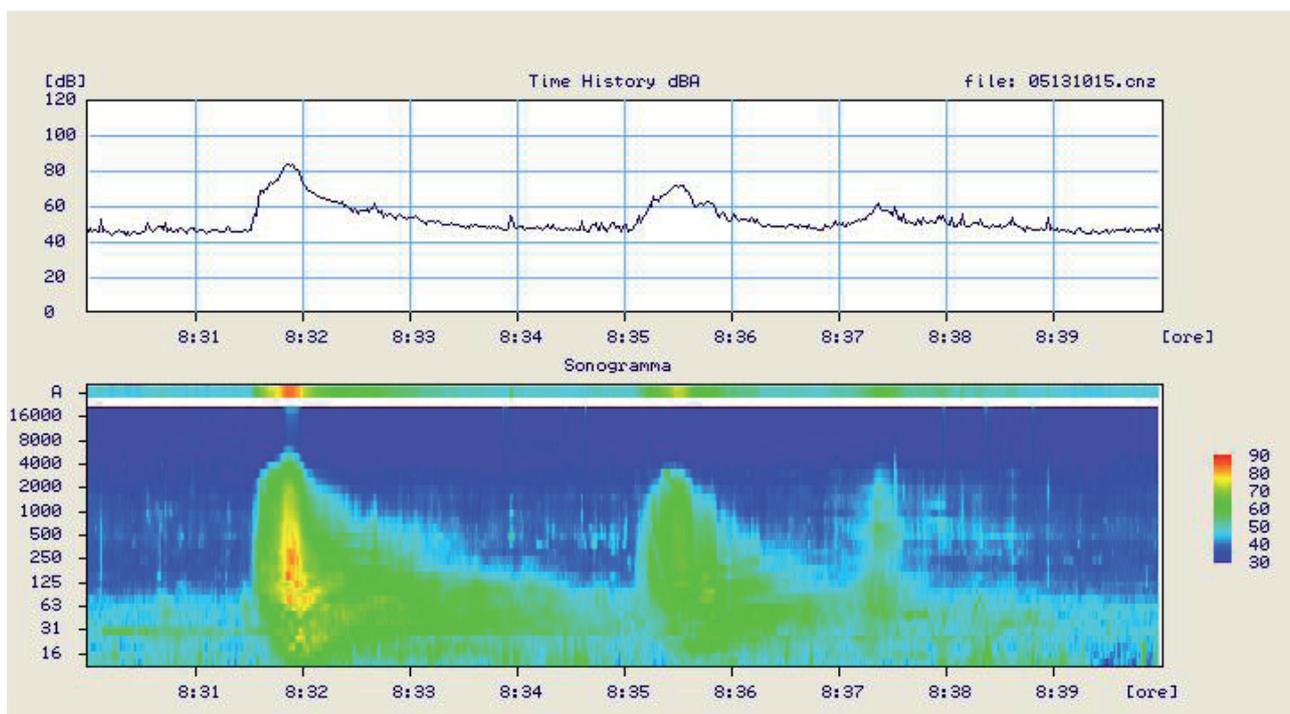


Fig. 16 - Sonogramma di due eventi aeronautici

5.1.6. Metodologia di correlazione degli eventi acustici ai tracciati radar

Per meglio distinguere gli eventi di rumore di origine aeronautica tra tutti quelli costantemente rilevati dalle stazioni di monitoraggio, si fa riferimento, oltre che all'intensità e alla durata del singolo evento, anche ai dati delle tracce radar relative ai movimenti aerei.

La metodologia per la correlazione degli eventi con le tracce radar adottata prevede la definizione dei vincoli spaziali, in termini di distanza tridimensionale tra la battuta radar (x, y, z, t) e la posizione della stazione di misura, e dei vincoli temporali, in termini di intervallo durante il quale l'aeromobile sorvola la stazione.

Per effettuare questo studio è stato previsto lo sviluppo di applicativi per la correlazione degli eventi aeronautici con le tracce radar, finalizzati al calcolo degli LVA. Tali applicazioni sono state approntate adattando strumenti software già sviluppati e sperimentati nell'ambito del sistema agenziale negli ultimi dieci anni.



Fig. 17 - Esempio di metodologia di correlazione tra le battute radar e la posizione della stazione di misura

Tale software è stato perfezionato per le esigenze dell'ARPA Lazio, mettendo a punto funzionalità conformi alle necessità emerse durante l'attività svolta presso gli aeroporti di Ciampino e Fiumicino.

I dati acustici rilevati dalle stazioni di misura sono stati analizzati al fine di individuare gli eventi aeronautici, definiti in base al superamento di soglie predefinite e alla durata. Gli eventi acustici selezionati sono stati correlati alle tracce radar. La gestione di queste informazioni avviene tramite applicativi (Geographic Information Systems) che consentono la correlazione dei dati utilizzandone i riferimenti geo-cartografici. In questa fase sono stati acquisiti i dati acustici elaborati e le informazioni generali di ogni volo, nonché le informazioni spazio-temporali delle singole battute radar che lo compongono. Successivamente è stata eseguita l'elaborazione degli stessi attraverso la correlazione degli eventi con le battute: il processo associa gli eventi aeronautici agli eventi acustici partendo dai valori di SEL e ne ricava il valore maggiore da associare alla battuta che spazialmente e temporalmente risulta correlabile. È stata in tal modo prodotta una tabella di eventi correlati che è alla base del calcolo degli LVA. Il sistema è stato preventivamente tarato e validato mediante ripetuti controlli manuali e con l'ausilio dei sonogrammi degli eventi acustici.

5.2. AEROPORTO DI CIAMPINO: RISULTATI

Nella tabella che segue sono riportate le stazioni di misura funzionanti dal 2010 al 2013, la loro localizzazione e i limiti normativi corrispondenti.

STAZIONE	DATA ATTIVAZIONE/ DISATTIVAZIONE	CARATTERISTICHE	LIMITE ACUSTICO COMUNALE	ZONA AEROPORTUALE	LIMITI (dBA)
ROM02	Attiva da 01/2010	Cortile albergo	Non applicabile	Zona A	LVA<65
CIA01	Attiva da 02/2008	Lastrico solare residenza privata	Non applicabile	Zona A	LVA<65
CIA02	Attiva da 02/2008	Lastrico solare edificio scolastico	Classe I	Esterno alla zona aeroportuale	LVA<60 LAeq diurno 50 (6:00-22:00) LAeq notturno 40 (22:00-6:00)
CIA03	Attiva da 02/2008	Giardino residenza privata	Non applicabile	Zona A	LVA<65
MAR01	Attiva da 02/2008	Lastrico solare edificio scolastico	Non applicabile	Zona A	LVA<65
MAR04	Attiva da 03/2008 a 03/2011	Lastrico solare residenza privata	Non applicabile	Zona A	LVA<65
MAR05	Attiva da 08/2011	Lastrico solare residenza privata	Non applicabile	Zona A	LVA<65
MAR06	Attiva da 10/2011 a 12/2012	Terrazzo residenza privata	Classe III	Esterno alla zona aeroportuale	LVA<60 LAeq diurno 60 (6:00-22:00) LAeq notturno 50 (22:00-6:00)
MAR07	Attiva dal 20/02/2013	Terrazzo residenza privata	Classe III	Esterno alla zona aeroportuale	LVA<60 LAeq diurno 60 (6:00-22:00) LAeq notturno 50 (22:00-6:00)

Tab. 3 - Stazioni di misura: data attivazione e limiti normativi

STAZIONE	CARATTERISTICHE	LAeq D anno 2014	LAeq N anno 2014	LVA anno 2013	LIMITI (dBA)
ROM02	Cortile albergo	61.4	57.2	60.7**	LVA<65
CIA01	Lastrico solare residenza privata	68.7	59.4	67.0	LVA<65
CIA02	Lastrico solare edificio scolastico	60.1	51.9	56.0	LVA<60 LAeq diurno 50 (6:00-22:00) LAeq notturno 40 (22:00-6:00)
CIA03	Giardino residenza privata	66.0	58.0	64.5	LVA<65
MAR01	Lastrico solare edificio scolastico	62.6	54.1	60.2	LVA<65
MAR05	Lastrico solare residenza privata	64.8	56.3	63.3	LVA<65
MAR07	Terrazzo residenza privata	62.9	54.9	60.2	LVA<60 LAeq diurno 60 (6:00-22:00) LAeq notturno 50 (22:00-6:00)

Tab. 4 - Livelli acustici stazioni di misura ** valore riferito a due settimane di maggior traffico

Nelle figure seguenti sono riportati gli esiti del monitoraggio acustico effettuato dal 2010 al 2014 presso l'aeroporto G.B Pastine di Ciampino. In particolare sono riportati i valori di LVA rilevati dal 2010 al 2013 (i valori del 2014 sono in fase di elaborazione) e i valori di LAeq dal 2010 al 2014 per le stazioni di misura localizzate nell'intorno aeroportuale. Sono inoltre riportati i superamenti rilevati sia dei livelli di LVA rispetto ai limiti della zonizzazione acustica aeroportuale che del LAeq rispetto ai limiti della classificazione acustica comunale.

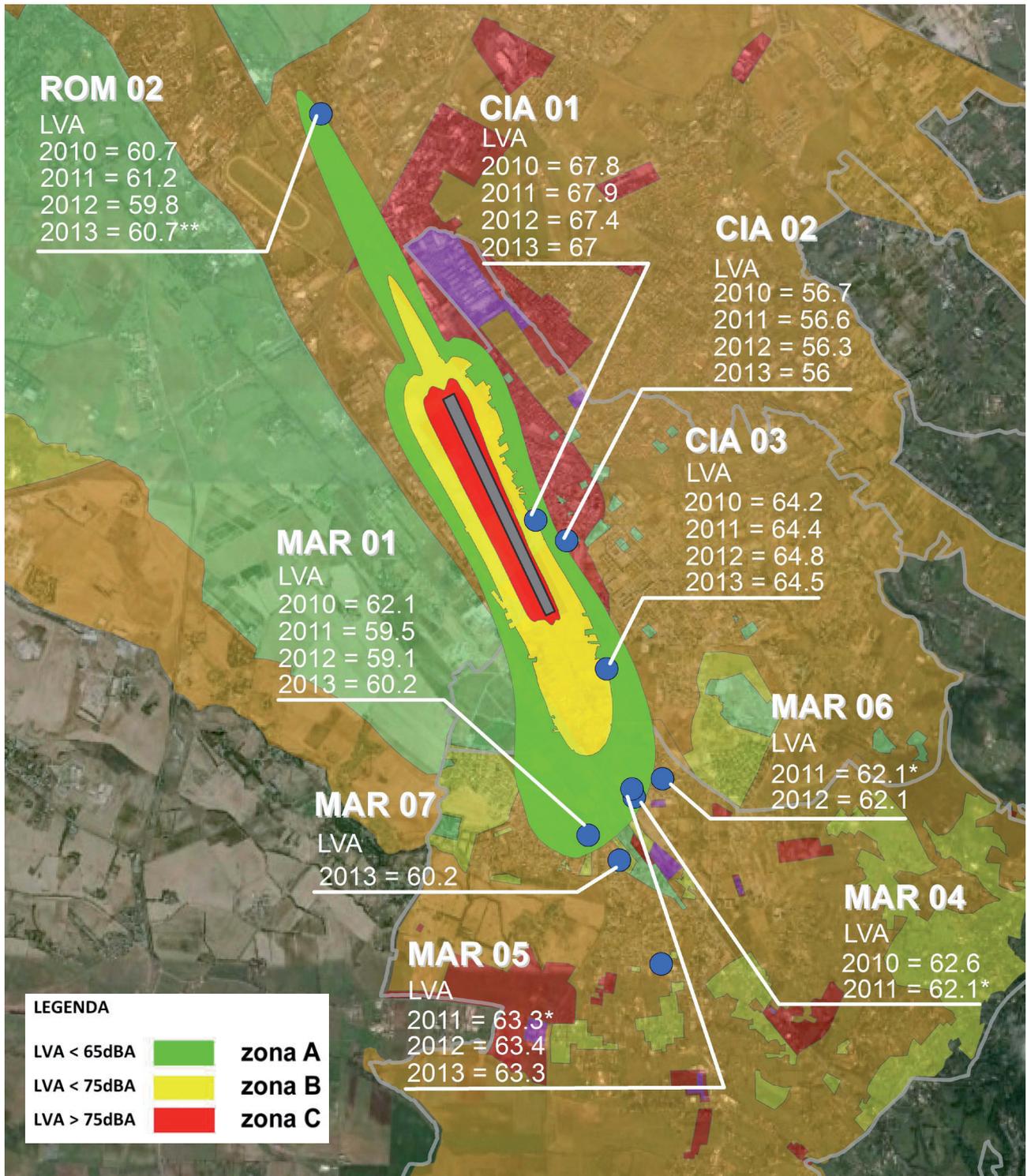


Fig. 18 - Localizzazione delle stazioni di misura rispetto alla zonizzazione acustica aeroportuale e alla classificazione acustica comunale e resoconto dei valori di LVA dal 2010 al 2013.

*valore riferito a una settimana di maggior traffico; ** valore riferito a due settimane di maggior traffico

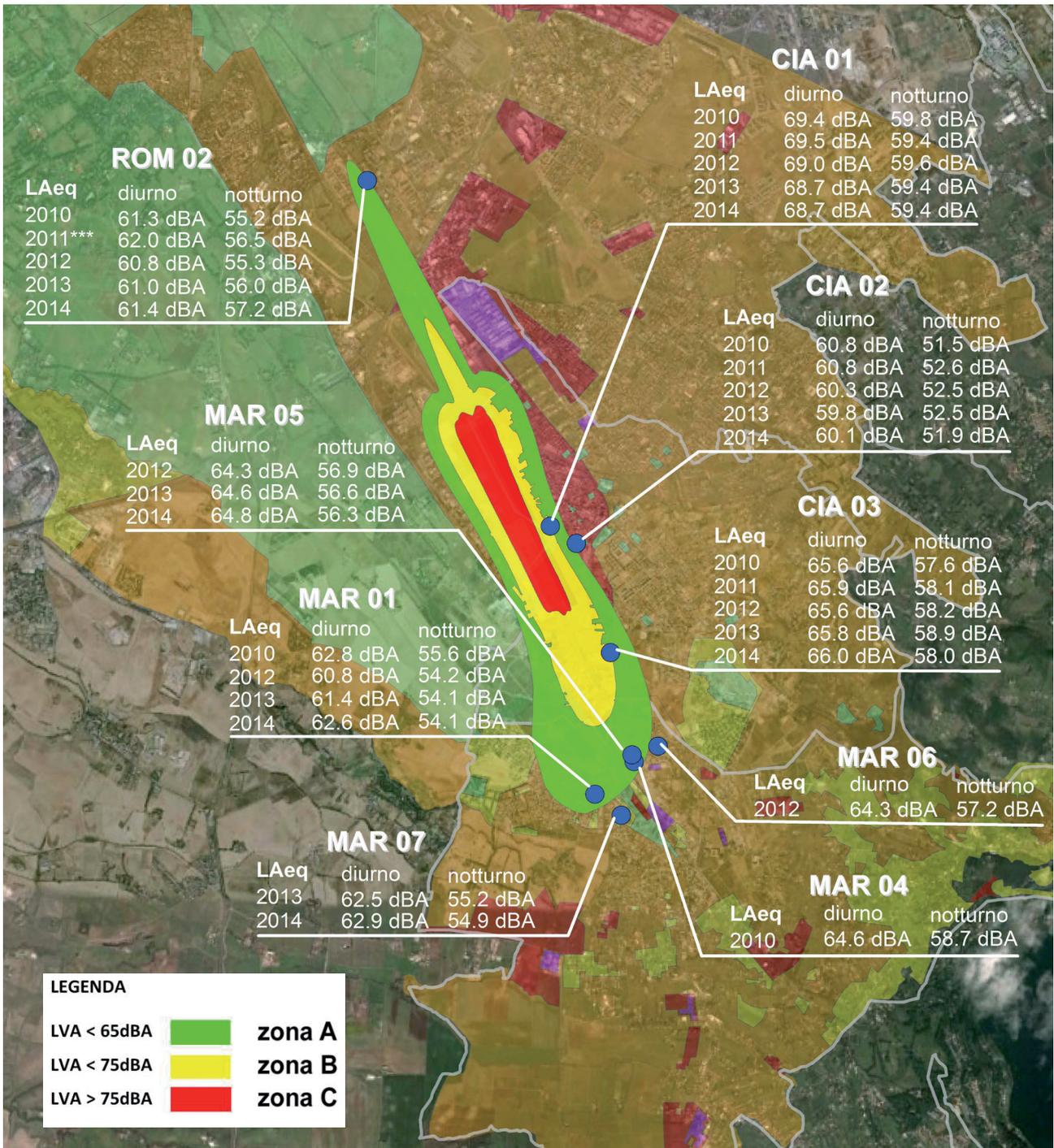


Fig. 19 - Localizzazione delle stazioni di misura rispetto alla zonizzazione acustica aeroportuale e alla classificazione acustica comunale e resoconto dei valori di LAeq annuali dal 2010 al 2013.

***valore di LAeq riferito a tre settimane di maggior traffico

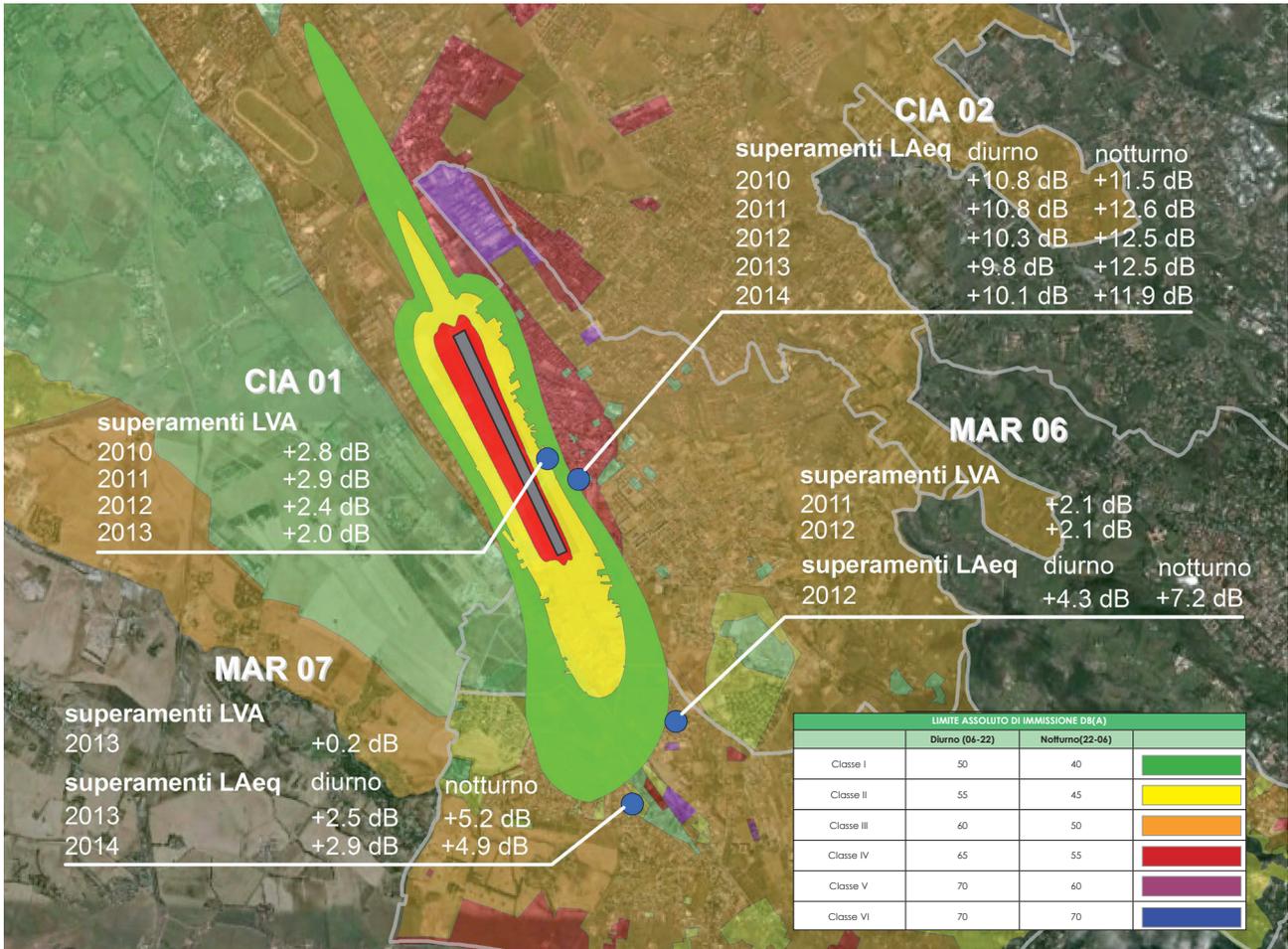


Fig. 20 - Localizzazione delle stazioni di misura rispetto alla zonizzazione acustica aeroportuale e alla classificazione acustica comunale con un resoconto dei superamenti dei Livelli di LVA e del LAeq

Dalle figure sopra riportate si può notare che:

- presso la postazione di misura CIA01, situata all'interno della zonizzazione acustica aeroportuale, è stato calcolato un valore di LVA dal 2010 al 2013 che supera di circa 2 dBA il limite di legge di 65 dBA;
- presso la postazione di misura CIA02, situata al di fuori della zonizzazione acustica aeroportuale e localizzata in un edificio scolastico, si riscontrano continui superamenti dei limiti della classificazione acustica comunale (classe I con limiti pari a 50 dBA nel periodo diurno e 40 dBA nel periodo notturno). Si evidenzia che nel periodo notturno, visto che l'edificio non è funzionante, il disturbo arrecato dalla rumorosità aeroportuale assume minore criticità;
- presso la postazione di misura MAR06 e MAR07, situate al di fuori della zonizzazione acustica aeroportuale, si sono riscontrati superamenti sia dei limiti della zonizzazione acustica aeroportuale (espressi in LVA) che di quelli della classificazione acustica comunale (espressi in LAeq).

5.3. AEROPORTO DI FIUMICINO: RISULTATI

Nella tabella seguente sono riportate le stazioni di misura funzionanti dal 2010 al 2013, la loro localizzazione e i limiti normativi corrispondenti:

STAZIONE	DATA ATTIVAZIONE/ DISATTIVAZIONE	CARATTERISTICHE	LIMITE ACUSTICO COMUNALE	ZONA AEROPORTUALE	LIMITI (dBA)
FCO01	Attiva da 07/2009 ad 04/2012	Lastrico solare residenza privata	Non applicabile	Zona B	LVA<75
FCO02	Attiva da 10/2009	Cortile centro socioculturale	Non applicabile	Zona A	LVA<65
FCO03	Attiva da 01/2010	Lastrico solare struttura recettiva	Non applicabile	Zona A	LVA<65
FCO04	Attiva da 01/2010	Lastrico solare edificio scolastico	Classe I	Esterno alla zona aerportuale	LVA<60 LAeq diurno 50(6:00-22:00) LAeq notturno 40 (22:00-6:00)
FCO05	Attiva da 02/2011	Struttura sportiva e ricreativa	Non applicabile	Zona A	LVA<65
FCO06	Attiva dal 14/05/2013	Pertinenza residenza privata	Non applicabile	Zona B	LVA<75

Tab. 5 - Stazioni di misura: data attivazione e limiti normativi

STAZIONE	CARATTERISTICHE	LAeq D anno 2014	LAeq N anno 2014	LVA anno 2013	LIMITI (dBA)
FCO02	Cortile centro socioculturale	59.5	54.1	59.1	LVA<65
FCO03	Lastrico solare struttura recettiva	64.3	59.8	66.6	LVA<65
FCO04	Lastrico solare edificio scolastico	58.5	55.2	61.4	LVA<60 LAeq diurno 50 (6:00-22:00) LAeq notturno 40 (22:00-6:00)
FCO05	Struttura sportiva e ricreativa	63.1	56.1	62.0	LVA<65
FCO06	Pertinenza residenza privata	67.0	60.5	66.6*	LVA<75

Tab. 6 - Livelli acustici stazioni di misura - *valore riferito a una settimana a maggior traffico

Nelle figure seguenti sono riportati gli esiti del monitoraggio acustico effettuato dal 2010 al 2014 presso l'aeroporto Leonardo da Vinci di Fiumicino. In particolare sono riportati i valori di LVA rilevati dal 2010 al 2013 (i valori del 2014 sono in fase di elaborazione) e i valori di LAeq dal 2010 al 2014 per le stazioni di misura localizzate nell'intorno aeroportuale. Sono inoltre riportati i superamenti rilevati sia dei livelli di LVA rispetto ai limiti della zonizzazione acustica aeroportuale che del LAeq rispetto ai limiti della classificazione acustica comunale.

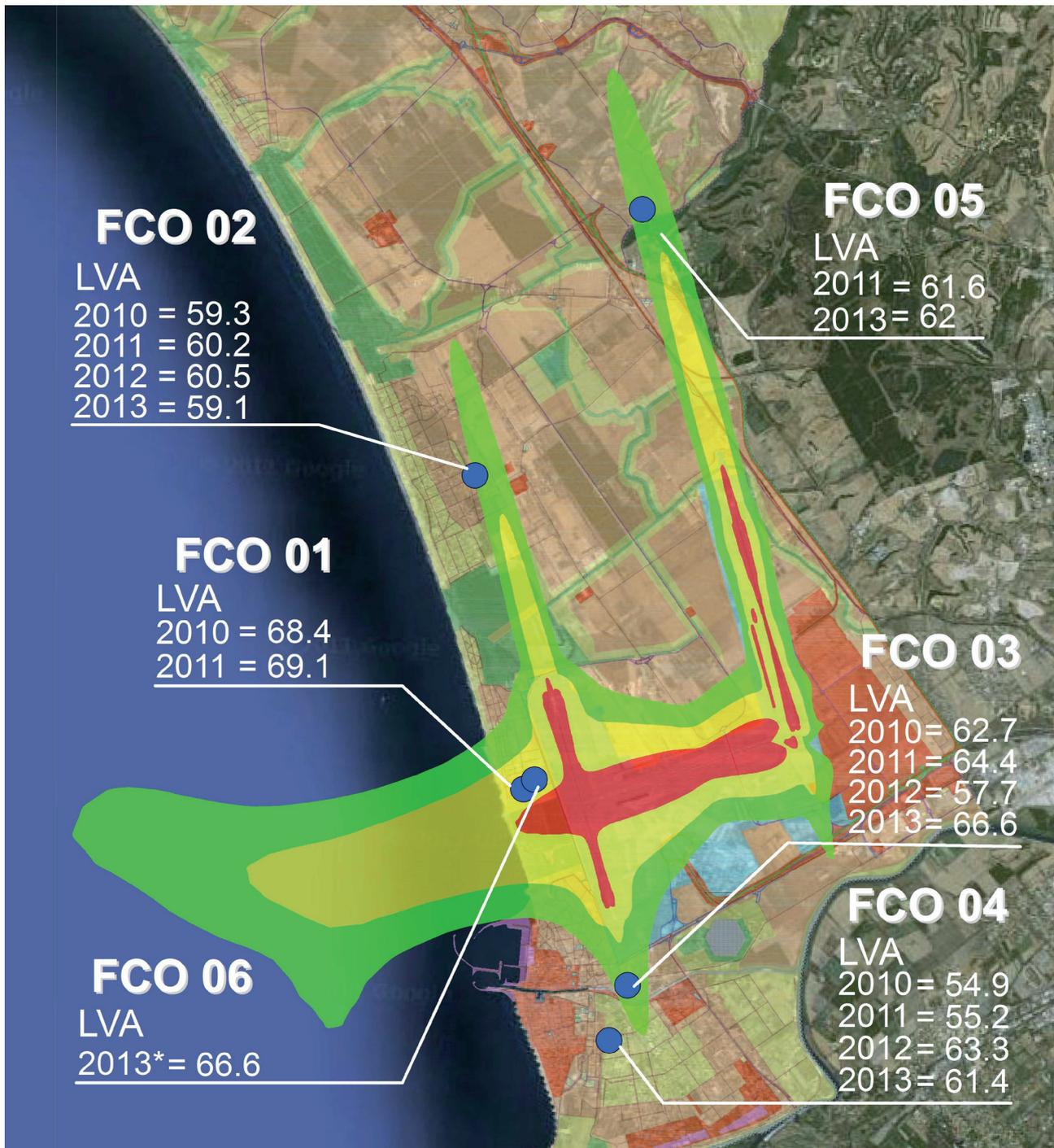


Fig. 21 - Localizzazione delle stazioni di misura rispetto alla zonizzazione acustica aeroportuale e alla classificazione acustica comunale e resoconto dei valori di LVA dal 2010 al 2013.

*valore riferito a una settimana di maggior traffico



Fig. 22 - Localizzazione delle stazioni di misura rispetto alla zonizzazione aeroportuale e alla classificazione acustica comunale e resoconto dei valori di LAeq annuali dal 2010 al 2013.

***valore riferito a tre settimane di maggior traffico



Fig. 23 - Localizzazione delle stazioni di misura rispetto alla zonizzazione acustica aeroportuale e alla classificazione acustica comunale con un resoconto dei superamenti dei Livelli di LVA e del LAeq.

***valore riferito a tre settimane di maggior traffico

Dalle figure si può notare che:

- presso la postazione di misura FCO03, situata all'interno della zonizzazione acustica aeroportuale, per l'anno 2013 è stato rilevato un superamento di 1.6 dBA del valore dell'indice LVA rispetto al limite di legge (65dBA)
- presso la postazione di misura FCO04, situata al di fuori della zonizzazione acustica aeroportuale e localizzata in un edificio scolastico, si riscontrano superamenti sia dei limiti della classificazione acustica comunale (classe I con limiti pari a 50 dBA nel periodo diurno e 40 dBA nel periodo notturno) che dei limiti della zonizzazione acustica aeroportuale (espressi in LVA). Si evidenzia che nel periodo notturno, visto che l'edificio non è funzionante, il disturbo arrecato dalla rumorosità aeroportuale assume minore criticità.

6. PREVISIONI DEI LIVELLI DI RUMORE

Contestualmente al monitoraggio del rumore in continuo è stato effettuato uno studio previsionale mediante utilizzo di un modello di calcolo per determinare l'impatto che il rumore di origine aeronautica ha sul territorio nell'area immediatamente a ridosso degli aeroporti G.B. Pastine di Ciampino e L. da Vinci di Fiumicino.

Gli studi sono stati effettuati mediante l'utilizzo del software di previsione di impatto acustico per il rumore aeroportuale INM (Integrated Noise Model) della Federal Aviation Administration. Il software INM è stato sviluppato dalla Federal Aviation Administration (FAA) negli Stati Uniti, allo scopo di calcolare le curve di isolivello relative a indicatori acustici opportunamente scelti nei pressi di impianti aeroportuali. I risultati ottenuti con INM possono dunque essere utilizzati al fine di indirizzare la pianificazione territoriale in funzione dei problemi connessi all'inquinamento acustico.

INM è un modello statistico, fornisce cioè una stima mediata sul lungo periodo, basandosi su un giorno medio caratterizzato da valori medi di numero e tipologia di operazioni aeree, nonché di temperatura, pressione e vento. Al fine di calcolare le curve di isolivello, il modello procede in un primo momento alla determinazione del livello di rumore generato dai singoli movimenti dei singoli velivoli presso una griglia di punti attorno all'aeroporto, in un secondo momento realizza la somma o composizione dei livelli di rumore presso i rispettivi punti in accordo alla formulazione dell'indice scelto e infine effettua un'interpolazione e il tracciamento delle curve relative al descrittore scelto.

6.1. MODELLO PREVISIONALE

Il modello previsionale è stato costruito sulla base di:

- dati geografici dell'aeroporto: dati orografici dell'intorno aeroportuale, quota e coordinate dell'ARP² prese dal documento AIP³, coordinate delle piste e metodologia di utilizzo delle stesse, localizzazione di punti interessanti ai fini dello studio (es. VOR⁴), dimensione e direzione pista;
- operazioni aeronautiche: decolli, atterraggi, taxing;
- tipologia di aeromobili presenti;
- condizioni meteorologiche medie del sito aeroportuale: temperatura, pressione, umidità e componente di vento in prua (Headwind). Quest'ultima viene calcolata a partire dai dati di velocità e direzione del vento.

L'ARPA Lazio, per la preparazione dei dati di input del software INM, ha creato un database (dB) nel quale ha inserito i tracciati radar dei voli per i due aeroporti. Per ogni volo sono stati acquisiti i seguenti dati: numero del volo, orario, tipo di aeromobile, aeroporto di partenza e di arrivo, tipologia di operazione, pista, SID (Standard instrument departure), procedura di decollo e profilo utilizzati.

Successivamente, al fine di generare le rotte medie, è stata effettuata un'analisi delle rotte di volo, suddivise per pista, per SID e per ogni tipologia di aeromobili. A tali rotte medie,

2 Aerodrome Reference Point: punto di riferimento geografico per la localizzazione dell'aeroporto.

3 Aeronautical Information Publication: pubblicazione edita a cura di ENAV sulle informazioni aeronautiche (es. procedure di volo).

4 Very High Frequency Omnidirectional Radio Range: sistema di radioassistenza per la navigazione aerea.

implementate in INM, è stata poi applicata una dispersione, secondo la distribuzione statistica prevista dal DOC 29 dell'ECAC, per simulare il diverso comportamento degli aeromobili nel seguire la procedura prevista.

Per la preparazione dello scenario di riferimento, è stata identificata una flit mix (dati di traffico) nella quale sono stati inseriti gli aeromobili che hanno volato nel periodo preso in esame suddivisi in: decolli, atterraggi, piste e profili di volo utilizzati.

Attraverso l'ausilio del software previsionale è stato così possibile determinare l'impronta acustica degli aeroporti di Fiumicino e Ciampino e quindi l'estensione del territorio influenzato dal rumore di origine aeronautica.

6.1.1. OUTPUT INM: CALCOLO IMPRONTA ACUSTICA AEROPORTUALE DI CIAMPINO

Si vuole illustrare qui lo scenario di impatto acustico, relativo all'aeroporto G.B. Pastine di Ciampino, prendendo a riferimento un periodo significativo dell'anno 2013.

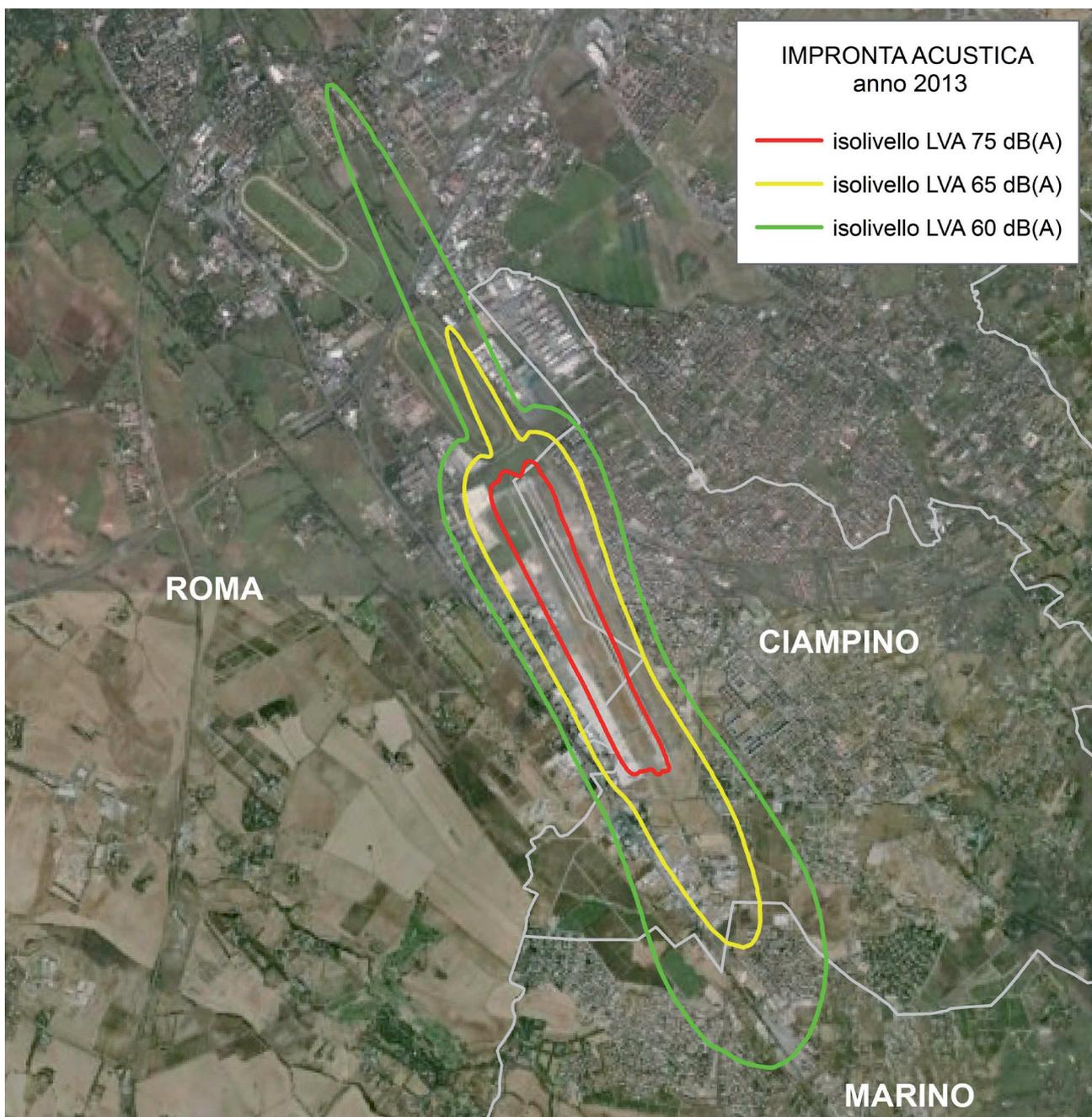


Fig. 24 - Impronta acustica aeroporto G.B. Pastine di Ciampino (anno 2013)

Il territorio è rappresentato dalla ortofoto del 2006 del portale cartografico nazionale del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. Il portale permette l'utilizzo della cartografia di base nazionale, prodotta a seguito dell'accordo integrativo tra Stato - Regioni del 12 ottobre 2000 sul Sistema cartografico di riferimento.

Le curve sono in formato shapefile ESRI georeferenziato nel sistema UTM-WGS84, per poter essere plottate sullo sfondo di interesse tramite un qualunque sistema di tipo GIS.

Tale scenario è illustrato mediante l'individuazione di aree di livelli acustici delimitati dalle curve isolivello a 60, 65 e 75 dB(A), come indicate dal D.M. 31-10-1997.

6.1.2. OUTPUT INM: CALCOLO IMPRONTA ACUSTICA AEROPORTUALE DI FIUMICINO

Nel presente paragrafo è illustrato lo scenario di impatto acustico, relativo all'aeroporto Leonardo da Vinci di Fiumicino, prendendo a riferimento un periodo significativo dell'anno 2013.

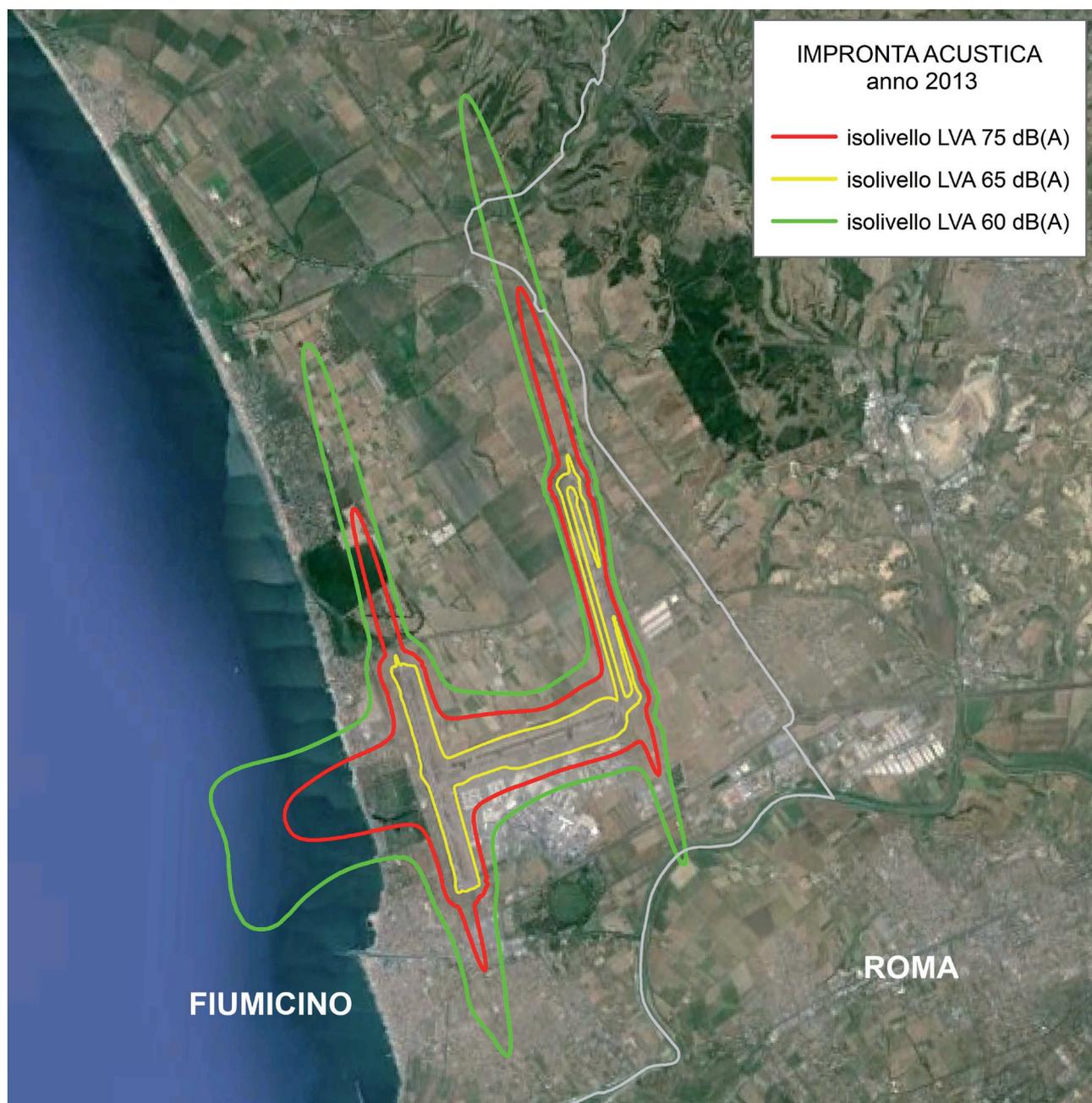


Fig. 25 - Impronta acustica aeroporto Leonardo da Vinci di Fiumicino (anno 2013)

Il territorio è rappresentato dalla ortofoto del 2006 del portale cartografico nazionale del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. Il portale permette l'utilizzo della cartografia di base nazionale, prodotta a seguito dell'accordo integrativo tra Stato e Regioni del 12 ottobre 2000 sul Sistema cartografico di riferimento.

Le curve sono in formato shapefile ESRI georeferenziato nel sistema UTM-WGS84, per poter essere plottate sullo sfondo di interesse tramite un qualunque sistema di tipo GIS.

Tale scenario è illustrato mediante l'individuazione di aree di livelli acustici delimitati dalle curve isolivello a 60, 65 e 75 dB(A), come indicate dal D.M. 31-10-1997.

POPOLAZIONE RESIDENTE NEGLI INTORNI AEROPORTUALI

Il D.P.C.M. 14-11-1997 fissa, per le aree urbane a destinazione residenziale, valori limite di immissione non superiori a 65 dBA nel periodo diurno e a 55 dBA nel periodo notturno. Gli stessi valori sono ritenuti un utile riferimento anche per il rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto (stradali, ferroviarie e aeroportuali), per le quali specifici regolamenti d'esecuzione fissano, nelle fasce di pertinenza, limiti e vincoli di edificabilità compatibili con la presenza di popolazione residenziale esposta. In tema di aeroporti, il D.M. 31-10-1997 consente la presenza di edifici residenziali solo nella zona A (limite di LVA pari a 65 dBA) escludendo la presenza di essi invece nelle zone B e C ove i limiti acustici sono superiori ai 65 dBA (zona B=75 dBA e zona C > 75 dBA).

Inoltre il D.M. Ambiente 20-05-1999, nella determinazione degli indici utilizzati per la classificazione degli aeroporti ai fini dell'inquinamento acustico, fa riferimento alla densità abitativa territoriale, intesa come numero di abitanti per ettaro, residenti nelle fasce di rispetto dell'intorno aeroportuale. La Direttiva comunitaria 2002/49/CE definisce la popolazione esposta *il numero totale stimato, arrotondato al centinaio, di persone che vivono nelle abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di Lden in dBA, a 4 metri di altezza sulla facciata più esposta: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, > 75, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale.*

Nelle mappature acustiche e nelle mappe acustiche strategiche, introdotte dalla direttiva citata, sono rappresentati i dati relativi al numero stimato delle persone che si trovano in una zona esposta al rumore.

Per eseguire la redazione dei piani di azione successivi alle mappature acustiche è necessaria la valutazione del numero di persone esposte, con l'individuazione delle criticità e delle necessità di interventi di miglioramento.

6.2. POPOLAZIONE ESPOSTA CIAMPINO E FIUMICINO

L'Agenzia, per valutare la popolazione esposta al rumore prodotto dalle attività aeroportuali di Ciampino (aeroporto G.B. Pastine) e Fiumicino (aeroporto Leonardo da Vinci), ha provveduto a stimare la densità abitativa in funzione dell'indicatore derivante dalla normativa nazionale - LVA (tabelle 5 e 6). Questo parametro, che tiene conto del numero di persone residenti nell'area inscritta dalle curve isolivello delle mappature acustiche (relative agli anni 2009-2010-2012-2013 per l'aeroporto di Ciampino e 2004-2012 per l'aeroporto di Fiumicino), è definito come il rapporto tra il numero di residenti nelle sezioni censuarie circostanti l'aeroporto e la superficie dell'intorno aeroportuale.

Sia per l'aeroporto di Ciampino che per quello di Fiumicino il calcolo della popolazione esposta è stato effettuato per l'anno 2013 con i dati di popolazione del censimento ISTAT 2011.

I dati quantitativi e qualitativi sugli abitanti residenti, raccolti attraverso le rilevazioni censuarie, garantiscono un grado di dettaglio non deducibile da nessun'altra fonte.

Popolazione esposta Aeroporto Ciampino		
Anno di riferimento	LVA tra 60 e 65 dBA	LVA tra 65 e 75 dBA
2013 (dati popolazione 2011)	7908	1734

Tab. 7 - Stazioni di misura: data attivazione e limiti normativi

Popolazione esposta Aeroporto Fiumicino		
Anno di riferimento	LVA tra 60 e 65 dBA	LVA tra 65 e 75 dBA
2013 (dati popolazione 2011)	4584	1363

Tab. 8- Popolazione esposta al rumore dell'aeroporto Leonardo da Vinci di Fiumicino

Dalla tabella si può notare che in entrambi gli aeroporti c'è una elevata presenza di popolazione residente nelle aree in cui l'indicatore LVA supera il 65 dBA, ove la normativa vigente (D.M. 31-10-1997) non prevede destinazioni d'uso residenziali.



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Asdrubali, F., Simoncini, C., Angelucci, M., *La valutazione della popolazione esposta al rumore: metodologie e applicazioni nella regione Umbria*, 6° Congresso Nazionale CIRIAF: atti, Perugia 7-8 Aprile 2006, Perugia, CIRIAF, 2006, pp. 95-101

Baistrocchi, C., Rocco, L., *Il contenimento del rumore aeronautico sulle aree urbane*, in Bollettino degli Ingegneri, organo ufficiale del Collegio Ingegneri della Toscana, (2001), n. 10

Bassanino, M., Sgorbati, G., Mainardi, P., *Il rumore aeroportuale*, Roma, ANPA, 2001

Bassanino, M., *Il rumore aeroportuale*, in U & C. Unificazione e certificazione, (2007), n. 9, pp. 20-22

Bassanino, M. [et al.], *Analisi dei dati dei sistemi di monitoraggio del rumore aeroportuale: considerazioni e proposte alla luce dell'esperienza di Arpa Lazio e Arpa Lombardia*, 36° Convegno Nazionale AIA: atti della 2. giornata sulle misure e monitoraggi, Torino, 10-12 Giugno 2009, Torino, INRIM - Associazione Italiana di Acustica, 2009

Brambilla, G., *I decreti sul rumore aeroportuale: analisi delle diverse procedure operative*, Conferenza Internazionale La sorveglianza del rumore aeroportuale, Roma 22 novembre 2000, Roma, CNR-Istituto di Acustica O.M. Corbino, 2000

Brambilla, G., *Gli aspetti metrologici nella descrizione della rumorosità ambientale: cosa cambia con il D.Lgs. 194/2005?*, Quarto Convegno Nazionale. Controllo ambientale degli agenti fisici: nuove prospettive e problematiche emergenti. Atti della 3. giornata sull'inquinamento acustico, Vercelli 24-27 marzo 2009, Regione Piemonte, ARPA Piemonte e AIA, 2009

Di Bella, A., Tombolato, A., *Contenimento del rumore aeroportuale: il Consiglio di stato chiarisce i ruoli* in Ambiente & Sicurezza, giugno 2005, n. 13, pag. 108

Fabozzi, T. [et al.], *Monitoraggio acustico presso l'Aeroporto "G.B. Pastine" di Ciampino*, 35° Convegno nazionale AIA: atti della 2. giornata-sessione 2. sul Rumore aeroportuale (sorgente, misure, mitigazione), Milano, 11-13 Giugno 2008, Milano, Università degli Studi di Milano Bicocca- Associazione Italiana di Acustica, 2008

Fabozzi, T. [et al.], *Rumore aeroportuale e sue criticità normative*, 36° Convegno nazionale AIA: atti della 2. giornata sulle misure e monitoraggi, Torino, 10-12 Giugno 2009, Torino, INRIM - Associazione Italiana di Acustica, 2009

Fabozzi, T. [et al.], *Analisi della densità abitativa degli interni aeroportuali nel Lazio*, 36° Convegno nazionale AIA: atti della 1. giornata sulle valutazioni previsionali e mappature, Torino, 10-12 Giugno 2009, Torino, INRIM - Associazione Italiana di Acustica, 2009

Fabozzi, T. [et al.], *Sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale del Lazio: il Progetto CRISTAL*, XII° Conferenza Italiana ESRI: atti della 2. giornata sull'Ecoefficienza e Sviluppo Sostenibile, Roma, 27-29 Maggio 2009, Roma, ESRI, 2009

Fabozzi, T. [et al.], *Rilevamento della densità abitativa degli interni aeroportuali*, XII° Conferenza Italiana ESRI: atti della 2. giornata sull'eco-efficienza e sviluppo sostenibile, Roma, 27-29 Maggio 2009, Roma, ESRI, 2009

Fabozzi, T. [et al.], *Monitoraggio acustico aeroporto. Rapporto tecnico: G.B. Pastine di Ciampino Anno 2008*, Roma, ARPA Lazio, 2009

Fabozzi, T. [et al.], *Verifica di conformità del sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale. Aeroporto G.B. Pastine: rapporto tecnico*, Roma, ARPA Lazio 2009

Rocco, L., Cellai, G., Sauro, S., *Le sorgenti del rumore aeronautico*, in *Criteri per la esecuzione dei piani di contenimento e abbattimento del rumore prodotto dalle infrastrutture aeroportuali*, Roma, Ministero dell'Ambiente e CIRIAF, 2000, pp. 37-65

Scamoni, F., Porro, L., Valentini, F., *Il rumore da aeromobile*, in *Linee guida per l'isolamento acustico degli edifici nell'intorno degli aeroporti*, Milano, Regione Lombardia, 2001, pp. 30-40

INDICE DELLE FIGURE

Fig. 1	Aeroporti in Italia	7
Fig. 2	Traffico passeggeri e movimenti aerei periodo 2009-2014.....	8
Fig. 3	Movimenti aerei relativi all'anno 2014 negli aeroporti italiani (fonte: Assaeroporti).....	9
Fig. 4	Collocazione degli aeroporti nel Lazio	24
Fig. 5	Zonizzazione acustica dell'aeroporto di Fiumicino ottenuta mediante il criterio semplificato per il quale l'impronta acustica coincide con la zonizzazione acustica	30
Fig. 6	Zonizzazione acustica dell'aeroporto di Bologna ottenuta mediante il criterio urbanistico.....	31
Fig. 7	Traiettorie di decollo	33
Fig. 8	Caratteristiche del rumore generato da passaggi di aerei su edifici: fase di decollo	34
Fig. 9	Caratteristiche del rumore generato da passaggi di aerei su edifici: fase di atterraggio.....	35
Fig. 10	Schematizzazione motore turbojet	36
Fig. 11	Schematizzazione motore turbofan	37
Fig. 12	Schematizzazione ala (SLAT, FLAPS)	38
Fig. 13	Posizionamento delle stazioni di misura a Fiumicino sotto i profili di atterraggio e decollo	42
Fig. 14	Posizionamento delle stazioni di misura a Ciampino sotto i profili di atterraggio e decollo	42
Fig. 15	Classificazioni acustiche comunali e zonizzazioni acustiche aeroportuali: Fiumicino e Campino.....	45
Fig. 16	Sonogramma di due eventi aeronautici.....	46
Fig. 17	Esempio metodologia di correlazione tra le battute radar e la posizione della stazione di misura	47
Fig. 18	Localizzazione delle stazioni di misura rispetto alla zonizzazione acustica aeroportuale e alla classificazione acustica comunale e resoconto dei valori di LVA dal 2010 al 2013.	50
Fig. 19	localizzazione delle stazioni di misura rispetto alla zonizzazione acustica aeroportuale e alla classificazione acustica comunale e resoconto dei valori di LAeq annuali dal 2010 al 2013.	51
Fig. 20	Localizzazione delle stazioni di misura rispetto alla zonizzazione acustica aeroportuale e alla classificazione acustica comunale con un resoconto dei superamenti dei Livelli di LVA e del LAeq	52
Fig. 21	Localizzazione delle stazioni di misura rispetto alla zonizzazione acustica aeroportuale e la classificazione acustica comunale e resoconto dei valori di LVA dal 2010 al 2013.....	54
Fig. 22	Localizzazione delle stazioni di misura rispetto alla zonizzazione acustica aeroportuale e alla classificazione acustica comunale e resoconto dei valori di LAeq annuali dal 2010 al 2013.....	55

Fig. 23	Localizzazione delle stazioni di misura rispetto alla zonizzazione acustica aeroportuale e alla classificazione acustica comunale con un resoconto dei superamenti dei Livelli di LVA e del LAeq.	56
Fig. 24	Impronta acustica aeroporto G.B. Pastine di Ciampino (anno 2013)	58
Fig. 25	Impronta acustica aeroporto Leonardo da Vinci di Fiumicino.....	59

INDICE DELLE TABELLE

Tab. 1	Limiti della zonizzazione acustica aeroportuale	44
Tab. 2	Limiti della classificazione acustica comunale.	44
Tab. 3	Stazioni di misura: data attivazione e limiti normativi	48
Tab. 4	Livelli acustici stazioni di misura	49
Tab. 5	Stazioni di misura: data attivazione e limiti normativi	53
Tab. 6	Livelli acustici stazioni di misura	53
Tab. 7	Stazioni di misura: data attivazione e limiti normativi	61
Tab. 8	Popolazione esposta al rumore dell'aeroporto L. da Vinci di Fiumicino	61



METADATI

Titolo	IL RUMORE AEROPORTUALE
Autore	ARPA Lazio
Soggetto	Rumore aeroportuale – Controllo – Rapporti tecnici
Descrizione	Sono illustrati gli elementi tecnici e normativi sul rumore aeroportuale e sono descritte le principali caratteristiche del rumore generato dagli aeromobili, i principali riferimenti normativi e i ruoli istituzionali. Particolare attenzione è riservata alla zonizzazione acustica aeroportuale
Editore	ARPA Lazio
Data	30/07/2015
Tipo	Report ambientale
Formato	Cartaceo, elettronico
Identificatore	Report_2015_DT0.CRISTAL_02
Lingua	IT
Copertura	Italia – Lazio – Provincia di Roma
Gestione dei diritti	ARPA Lazio - Agenzia regionale per la protezione ambientale del Lazio





ARPALAZIO

AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO

IMPAGINAZIONE E STAMPA

TIBURTINI
CARATTERE TIPOGRAFICO

tiburtini.it

Dicembre 2015

Report - Agenti Fisici



ARPALAZIO

AGENZIA REGIONALE PROTEZIONE AMBIENTALE DEL LAZIO