

> Guida al rumore del traffico aereo

Direttive per la determinazione del rumore



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Ufficio federale dell'aviazione civil UFAC

Segreteria generale DDPS

> Guida al rumore del traffico aereo

Direttive per la determinazione del rumore

Editore:
Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)
Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC)
Segreteria generale del Dipartimento federale della difesa,
della protezione della popolazione e dello sport (SG DDPS)
Berna, 2021

Valenza giuridica

La presente pubblicazione è un aiuto all'esecuzione elaborato congiuntamente dall'UFAM in veste di autorità specializzata e dall'UFAC e dalla SG DDPS in qualità di autorità esecutive della Confederazione in materia di aerodromi rispettivamente civili e militari che attuano anche disposizioni di diritto ambientale. La pubblicazione concretizza concetti giuridici indeterminati contenuti in leggi e ordinanze, nell'intento di promuovere un'applicazione uniforme della legislazione. Le autorità esecutive che vi si attengono possono legittimamente ritenere che le loro decisioni sono conformi al diritto federale in materia ambientale.

Nota editoriale

Editore

Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC)

Segreteria generale del Dipartimento federale della difesa, della protezione della popolazione e dello sport (SG DDPS)

UFAM e UFAC sono uffici del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

Accompagnamento e membri del gruppo di lavoro sulle procedure di calcolo del rumore del traffico aereo

Kornel Köstli, Maurus Bärlocher, UFAM

Daniel Hiltbrunner, UFAC

Amilcare Foglia, Bruno Locher, DDPS

Walter Krebs, EMPA

Peter Jaberg, Thomas Heierle, Bächtold & Moor AG

Ernst Lobsiger, Lobsiger Consulting

Fabio Breda, EcoControl

Indicazione bibliografica

UFAM (ed.) 2021: Guida al rumore del traffico aereo. Direttive per la determinazione del rumore. Pratica ambientale n. 1625., Ufficio federale dell'ambiente, Berna. 36 p.

Grafica e impaginazione

Valérie Fries, 3063 Ittigen

Foto di copertina

BAFU

Link per scaricare il PDF

www.bafu.admin.ch/uv-1625-i

(disponibile soltanto in formato elettronico)

La presente pubblicazione è disponibile anche in tedesco e francese.

> Indice

Abstracts	5	Allegato	32
Prefazione	7	A1 Breve descrizione dei principali approcci di modelli di Swiss Aircraft Noise Calculation Reference Frames (SANC-REF)	32
Riassunto	8		
<hr/>			
1 Basi	10	Bibliografia	34
1.1 Principi giuridici generali	10	Elenchi	35
1.2 Campo d'applicazione dell'aiuto all'esecuzione	11		
<hr/>			
2 Preparazione dei dati	12		
2.1 Dati sull'attività	12		
2.2 Attività aerea determinante, numero di movimenti di volo	14		
2.3 Topografia	16		
<hr/>			
3 Calcoli	17		
3.1 Sistema di raccomandazione dei programmi da parte dell'UFAM	17		
3.2 Panoramica degli strumenti SANC-Tools	18		
3.2.1 SANC-DB	18		
3.2.2 SANC-TE	20		
3.2.3 SANC-REF	21		
3.3 Regole di calcolo e approcci di riferimento	23		
3.3.1 Intensità della fonte / emissioni	23		
3.3.2 Propagazione del suono	24		
3.3.3 Immissioni	25		
3.4 Aspetti particolari della determinazione del rumore degli elicotteri	27		
<hr/>			
4 Misurazioni	28		
4.1 Requisiti generali	28		
4.2 Requisiti relativi a situazioni specifiche	28		
<hr/>			
5 Documentazione dei risultati	29		
5.1 Requisiti dei calcoli	29		
5.2 Requisiti delle misurazioni	31		

> Abstracts

This implementation tool specifies the general requirements of the noise abatement ordinance (NAO) concerning procedures for calculating aircraft noise. The Swiss Aircraft Noise Calculation Database (SANC-DB), the Swiss Aircraft Noise Calculation Test Environment (SANC-TE) and the reference model approaches provide important quality assurance instruments. They ensure the equivalence of different calculation programs without threatening implementation continuity and therefore legal security, nor do they call into question the free of choice of the method.

Die vorliegende Vollzugshilfe konkretisiert die allgemeinen Anforderungen der Lärmschutz-Verordnung (LSV) an Berechnungsverfahren für Fluglärm. Mit der Quelldatenbank Swiss Aircraft Noise Calculation Database (SANC-DB), der Testumgebung Swiss Aircraft Noise Calculation Test Environment (SANC-TE) und Referenz-Modellansätzen werden wichtige Instrumente zur Qualitätssicherung entsprechender Programme vorgegeben. Damit kann die Gleichwertigkeit und Qualität von Berechnungsergebnissen gewährleistet werden, ohne die Vollzugskontinuität und damit die Rechtssicherheit zu gefährden oder die Methodenfreiheit in Frage zu stellen.

La présente aide à l'exécution concrétise les exigences générales de l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) concernant les méthodes de calcul du bruit du trafic aérien. La base de données «Swiss Aircraft Noise Calculation Database» (SANC-DB), l'environnement de test «Swiss Aircraft Noise Calculation Test Environment» (SANC-TE) et l'approche du modèle de référence sont des instruments importants permettant d'assurer la qualité des logiciels concernés. L'équivalence et la qualité des résultats de calcul est ainsi assurée sans que soit menacée la continuité de l'exécution (et donc la sécurité juridique), ni que soit remise en question la liberté du choix de la méthode.

Il presente aiuto all'esecuzione concretizza le esigenze generali dell'ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF) per quanto concerne i metodi di calcolo del rumore del traffico aereo. La banca dati Swiss Aircraft Noise Calculation Database (SANC-DB), l'ambiente di test Swiss Aircraft Noise Calculation Test Environment (SANC-TE) e gli approcci di modelli di riferimento proposti costituiscono strumenti importanti per la garanzia della qualità. L'equipollenza e la qualità di vari programmi di calcolo può di fatto essere assicurata senza impedire la continuità dell'esecuzione (e quindi la sicurezza giuridica) o mettere in questione la libertà di scelta del metodo.

Keywords:

aircraft noise calculation,
source data base SANC-DB,
test environment SANC-TE,
reference model,
quality assurance

Stichwörter:

Fluglärm Berechnung,
Quelldatenbank SANC-DB,
Testumgebung SANC-TE,
Referenz-Modellansätze,
Qualitätssicherung

Mots-clés:

calcul du bruit des aéroports,
base de données SANC-DB,
environnement-test SANC-TE,
modèles de référence,
assurance qualité

Parole chiave:

calcolo del rumore del traffico
aereo,
banca dati di base SANC-DB,
ambiente di test SANC-TE,
approcci di modelli di riferimento,
garanzia della qualità

> Prefazione

In Svizzera circa 100000 persone sono esposte al rumore dannoso del traffico aereo. La Confederazione, i proprietari di aerodromi e le compagnie aeree sono tenuti a ridurre tali immissioni. Affinché l'inquinamento fonico e l'efficacia delle misure possano essere trattati in modo uniforme e raffrontati a livello nazionale, bisogna far ricorso a modelli di calcolo di buona qualità. Mentre per il rumore del traffico stradale e ferroviario l'UFAM ha messo a disposizione istruzioni per il calcolo delle immissioni foniche assistite da computer già negli anni 1980 e 1990 e per il rumore di tiro è addirittura stato elaborato un software specifico, per il rumore del traffico aereo non esiste ancora alcun modello. In due progetti indipendenti, sostenuti in parte dalle autorità federali, sono però stati elaborati i due programmi di calcolo proprietari FLULA2 e IMM PAC, che utilizzano approcci di modelli fisici in parte distinti per descrivere i livelli in quanto sorgenti sonore e la propagazione del suono. Ne è scaturita la separazione dei relativi campi d'applicazione: IMM PAC è utilizzato per i campi d'aviazione e gli aerodromi regionali, mentre FLULA2 trova impiego principalmente presso gli aerodromi nazionali e militari.

La presente pubblicazione fornisce agli sviluppatori e agli utenti di programmi di calcolo informazioni concrete per calcolare il rumore del traffico aereo conformemente all'OIF e secondo lo stato della tecnica, senza rinunciare alla libertà di scelta del metodo finora praticata. Il presente aiuto all'esecuzione assicura un'armonizzazione del calcolo del rumore del traffico aereo e, di conseguenza, a livello di esecuzione, condizioni uguali per tutti gli interessati, siano essi gestori di aerodromi o persone esposte al rumore.

Josef Hess
Vicedirettore
Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

> Riassunto

Le basi giuridiche svizzere concernenti i metodi di calcolo del rumore del traffico aereo figurano nella legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb) e nell'ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF). In base a tali disposizioni, in linea di massima le immissioni foniche del traffico aereo sono determinate mediante calcoli. Benché non sia esclusa una determinazione mediante misurazioni, al calcolo è riservata particolare importanza. I calcoli del rumore devono corrispondere allo stato della tecnica e produrre risultati paragonabili sull'intero territorio nazionale. Le prescrizioni concernenti i calcoli del rumore devono inoltre essere attuabili e non costituire ostacoli tecnici al commercio. L'articolo 38 capoverso 2 OIF attribuisce all'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) il compito di raccomandare adeguati metodi di calcolo del rumore del traffico aereo.

Il presente aiuto all'esecuzione attua tale mandato. Rivolgendosi alle autorità esecutive e agli specialisti che sviluppano o utilizzano metodi di calcolo e programmi informatici in questo ambito, esso mira a contribuire all'esecuzione unitaria e corretta dell'OIF nell'ambito della determinazione delle immissioni foniche del traffico aereo. Inoltre, concretizza i requisiti giuridici generali relativi ai calcoli del rumore del traffico aereo in Svizzera.

Per elaborare l'aiuto all'esecuzione è stato istituito un gruppo di lavoro diretto dall'UFAM, composto da rappresentanti dei principali servizi federali coinvolti nonché da sviluppatori e utenti di programmi di calcolo del rumore del traffico aereo in Svizzera. A seconda del bisogno, il gruppo di lavoro si è rivolto a esperti esterni e ha consultato altri ambienti interessati, segnatamente gli aeroporti nazionali.

Il primo capitolo «Basi» illustra le basi per il calcolo delle immissioni foniche del traffico aereo civile e militare secondo gli allegati 5 e 8 OIF. Per delimitare il campo d'applicazione, esso spiega inoltre cosa non rientra nella definizione di rumore del traffico aereo ai sensi dell'ordinanza e come valutare il rumore dell'esercizio a terra.

Il secondo capitolo «Preparazione dei dati» concretizza i requisiti relativi alla preparazione dei dati per poter determinare il rumore del traffico aereo conformemente all'OIF. Spiega qual è il traffico determinante per il calcolo del rumore e come integrare nel calcolo il numero di movimenti di volo orari del traffico di punta. Descrive inoltre altri elementi determinanti per il calcolo, come l'inclusione della composizione della flotta, il raggruppamento dei velivoli in classi, l'inclusione dei corridoi laterali o secondari nonché l'impiego di dati radar.

Il terzo capitolo «Calcoli» raggruppa le esigenze relative ai programmi per il rumore del traffico aereo. Siccome presenta soltanto le prescrizioni esplicite strettamente necessarie, la libertà di scelta del metodo resta garantita. L'elemento determinante è che i programmi raccomandati dall'UFAM calcolino, in un ambiente di test definito, curve del rumore che rientrino in un quadro di riferimento predefinito. Per effettuare

Condizioni quadro giuridiche

Scopo e destinatari

Gruppo di lavoro

Capitolo 1: «Basi» e delimitazione del campo d'applicazione

Capitolo 2: «Preparazione dei dati»: traffico di punta, classi di velivoli, dati radar

Capitolo 3: «Calcoli»: Swiss Aircraft Noise Calculation Tools (SANC-Tools)

questi test, il gruppo di lavoro ha sviluppato la raccolta di strumenti Swiss Aircraft Noise Calculation Tools (SANC-Tools). Gli strumenti comprendono la banca dati SANC-DB, l'ambiente di test SANC-TE e il quadro di riferimento SANC-REF.

Ad avere il maggior influsso sui risultati dei calcoli sono i dati di base acustici attribuiti ai singoli tipi di velivoli. La banca dati Swiss Aircraft Noise Calculation Database (SANC-DB) si basa sui dati dell'Empa e dell'Ufficio federale dell'aviazione civile (UFAC) utilizzati finora in Svizzera. Tali dati costituiscono ora le fonti acustiche di riferimento per i calcoli del rumore del traffico aereo secondo l'OIF in Svizzera. I modelli concreti delle fonti nei programmi per il rumore del traffico aereo devono essere generati o calibrati con questi dati.

L'ambiente di test Swiss Aircraft Noise Calculation Test Environment (SANC-TE) serve a testare i programmi. SANC-TE comprende due aerodromi generati artificialmente, con un modello schematico del terreno assieme a varie rotte di atterraggio e decollo. Quali compiti da risolvere sono stati definiti vari scenari di traffico con un carico realistico, che devono essere calcolati per ottenere una raccomandazione. La valutazione è effettuata in base agli scenari fondati su livelli sonori medi (L_{eq}) e alle analisi per singolo volo fondate su livelli sonori per singolo fenomeno (L_{AE}).

Per ciascuno degli scenari esaminati in SANC-TE, i quadri di riferimento Swiss Aircraft Noise Calculation Reference Frames SANC-REF indicano intervalli di fiducia per i calcoli. In linea di massima, i programmi che calcolano l'inquinamento fonico entro il quadro di SANC-REF possono essere raccomandati per calcolare il rumore del traffico aereo secondo l'OIF. Sono descritte e illustrate le basi di tale calcolo di riferimento.

I due capitoli «Misurazioni» e «Documentazione dei risultati» tracciano infine una panoramica delle disposizioni vigenti in materia di rumore del traffico aereo e riassumono i requisiti principali.

Swiss Aircraft Noise Calculation Database SANC-DB – fonti di riferimento

Swiss Aircraft Noise Calculation Test Environment SANC-TE

Swiss Aircraft Noise Calculation Reference Frames SANC-REF

Capitoli 4 e 5: «Misurazioni» e «Documentazione dei risultati»

1 > Basi

La determinazione delle immissioni foniche del traffico aereo si basa sui principi generali formulati nella LPAmb e nell'OIF. Le concretizzazioni del presente aiuto all'esecuzione si riferiscono alla determinazione delle immissioni foniche del traffico aereo civile e militare secondo gli allegati 5 e 8 OIF. Per delimitare il campo d'applicazione, il presente capitolo illustra anche i casi in cui il rumore registrato su un aerodromo non rientra nella definizione di rumore del traffico aereo ai sensi dell'ordinanza.

1.1 Principi giuridici generali

Secondo l'articolo 38 capoverso 3 LPAmb, il Consiglio federale determina i metodi d'esame, di misurazione e di calcolo. Le prescrizioni metodologiche devono soddisfare vari requisiti¹:

LPAmb

- > devono corrispondere allo stato della tecnica e della scienza,
- > devono essere attuabili (precisione, uso, finanziamento ecc.),
- > per principio devono essere impostate in modo da non costituire ostacoli tecnici al commercio.

L'articolo 38 capoverso 2 OIF stabilisce che il rumore del traffico aereo è di regola determinato mediante calcoli. Tali calcoli vanno eseguiti secondo lo stato riconosciuto della tecnica e l'UFAM è incaricato di raccomandare metodi di calcolo idonei. Accanto a queste regole specifiche per il rumore del traffico aereo, l'allegato 2 OIF stabilisce esigenze generali relative ai metodi di calcolo del rumore.

OIF

Partendo dal presupposto che in linea di massima il rumore del traffico aereo deve essere calcolato, occorre chiedersi qual è lo stato della tecnica pertinente. Rifacendosi allo stato della tecnica definito all'articolo 4 capoverso 2 dell'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico, bisogna almeno esigere che il metodo sia stato sperimentato con successo in Svizzera o all'estero o sia stato impiegato con successo in via sperimentale e possa, secondo le regole della tecnica, essere applicato ad altri casi².

Stato della tecnica

Per questo motivo, in vista della presente pubblicazione, l'UFAM ha commissionato un'ampia analisi della situazione dei programmi per il calcolo del rumore del traffico aereo più diffusi^[1]. Sulla base di questa analisi sono stati sviluppati gli strumenti Swiss Aircraft Noise Calculation Tools (SANC-Tools, cfr. cap. 3.2) e infine sono stati raccomandati programmi per il calcolo del rumore del traffico aereo idonei (cfr. cap. 3.1).

Analisi della situazione

¹ Ursula Brunner, in: Kommentar zum USG, N 16a zu Art. 38

² Ursula Brunner, in: Kommentar zum USG, N 16a zu Art. 38

1.2 Campo d'applicazione dell'aiuto all'esecuzione

I requisiti concretizzati nel presente aiuto all'esecuzione si riferiscono alla determinazione delle immissioni foniche del traffico aereo sia secondo l'allegato 5 (rumore degli aerodromi civili) che secondo l'allegato 8 OIF (rumore degli aerodromi militari). Essi riguardano anche la determinazione delle immissioni foniche dei movimenti di elicotteri su piazze d'armi militari con installazioni fisse come aree di atterraggio, hangar o impianti di rifornimento fissi (allegato 9 n. 1 cpv. 4 OIF).

Secondo l'allegato 5 numero 1 capoverso 5 OIF, il rumore prodotto da officine di riparazione e imprese di manutenzione di aeromobili nonché quello dei gruppi ausiliari di potenza (Auxiliary Power Units, APU) è equiparato al rumore dell'industria e delle arti e mestieri e va determinato e valutato secondo l'allegato 6 OIF. Anche il rumore del traffico di rullaggio dei velivoli da e verso la pista di decollo (taxiing) è equiparato al rumore dell'industria e delle arti e mestieri. Ciò corrisponde alle disposizioni del documento 29 dell'ECAC^[2].

Nell'ambito della determinazione del rumore del traffico aereo occorre includere le emissioni foniche prodotte dai velivoli nella fase di decollo a partire dall'autorizzazione al decollo sulla pista, ossia dall'inizio della fase di accelerazione. Per quanto riguarda la fase di atterraggio devono essere incluse le emissioni foniche fino al termine della fase di decelerazione sulla pista, ovvero fino a che i velivoli si muovono a velocità costante dalla pista verso le vie di rullaggio.

Per gli elicotteri, la fase di riscaldamento del motore e della turbina prima del decollo e dopo l'atterraggio è considerata rumore del traffico aereo, anche se durante questa fase l'elicottero è a terra.

Campo d'applicazione dell'OIF

Differenze rispetto al rumore dell'industria e delle arti e mestieri; rumore del traffico di rullaggio

Rumore del traffico di velivoli

Rumore del traffico di elicotteri

2 > Preparazione dei dati

Il presente capitolo concretizza i requisiti relativi alla preparazione dei dati per determinare il rumore aereo conformemente all'OIF, illustrando qual è il traffico determinante per il calcolo del rumore e come integrare nel calcolo il numero di movimenti di volo orari del traffico di punta. Sono inoltre descritti altri elementi determinanti per il calcolo, come la composizione della flotta, il raggruppamento dei velivoli in classi, i corridoi secondari nonché l'impiego di dati radar.

2.1 Dati sull'attività

In occasione di calcoli di controllo relativi a determinati anni di esercizio, i dati di base sull'attività, come il numero di movimenti di volo per ogni tipo di velivolo e la rotta di volo, la distribuzione temporale ecc., sono messi a disposizione dalle autorità esecutive (UFAC, DDPS) per il calcolo del rumore o vanno determinati d'intesa con queste autorità. Per le previsioni si raccomanda di far controllare i dati di base sull'esercizio dall'autorità esecutiva prima del calcolo.

Movimento di volo

I dati sulla potenza e sul rumore da utilizzare per i calcoli del rumore del traffico aereo sono descritti per ogni tipo di velivolo nella Swiss Aircraft Noise Calculation Database (SANC-DB) in una forma indipendente dal programma di calcolo (cfr. cap. 3.2.1). Per ogni singolo aeromobile, la banca dati contiene indicazioni su caratteristica di emissione, spettro, velocità, angolo ascensionale, livelli sonori ecc. per i vari stati di volo. Ciò consente di includere, in linea di massima, ogni tipo di velivolo singolarmente nel calcolo e di far confluire effettivamente nel calcolo le misure per ridurre il rumore adottate sul velivolo.

Dati sulle emissioni

Per ridurre l'onere del calcolo del rumore del traffico aereo, in determinate circostanze è possibile raggruppare singoli velivoli in classi. In linea di massima possono essere raggruppati solo i velivoli che si distinguono tutt'al più per le immissioni foniche (L_{AE} , L_{Amax}). Resta così possibile procedere a un'addizione ponderata correttamente dal punto di vista energetico. In caso di profili ascensionali, caratteristiche di emissione, spettri ecc. distinti, nell'ambito della classificazione la prudenza è d'obbligo. Tuttavia meno i tipi di velivolo contribuiscono all'inquinamento fonico totale, maggiore è la possibilità di raggrupparli in classi. Ciò va tenuto presente quando si creano le classi di velivoli e menzionato nella documentazione relativa alla preparazione dei dati. In linea di massima la composizione della flotta deve essere stabilita separatamente per ogni pista e rotta di volo nonché per i vari orari di valutazione del rumore. La classificazione deve essere approvata dall'autorità esecutiva prima del calcolo.

**Composizione della flotta:
classi di velivoli**

Le rotte di volo vanno stabilite in collaborazione con l'autorità esecutiva in modo tale che almeno il 90 per cento dei movimenti di volo effettivi possa essere attribuito chiaramente a una di esse. Per il calcolo del rumore occorre tener conto delle rotte di volo fino alla distanza che influenza la valutazione del rumore secondo l'OIF. In base all'esperienza attuale, ciò significa che è sufficiente considerare le rotte fino ad alcuni chilometri oltre la curva del valore di pianificazione per il grado di sensibilità (GS) I. Quando il calcolo è effettuato per la prima volta, occorre stimare la lunghezza delle rotte di volo in base alle curve del valore di pianificazione di aerodromi simili.

Per il calcolo del rumore degli aeroporti nazionali di Ginevra e Zurigo occorre determinare, mediante dati radar, le rotte di volo effettive. In caso di progetti o previsioni concernenti questi aeroporti, occorre stimare, se opportuno, le rotte di volo e la loro dispersione mediante i dati radar disponibili. Una procedura più precisa relativa alla considerazione dei dati radar secondo lo stato della tecnica è illustrata nelle pubblicazioni ^[3] e ^[4]. Per gli altri aerodromi, di norma non è previsto l'impiego di dati radar.

Se non si utilizzano dati radar, per tener conto della dispersione reale delle traiettorie di volo attorno a una rotta di volo per gli aerodromi con più di 2000 movimenti di aviogetti o più di 20000 movimenti di volo all'anno occorre includere nel calcolo del rumore anche i cosiddetti corridoi secondari o laterali. Di norma sono sufficienti al massimo sette corridoi: in generale, la rotta di volo ufficiale al centro con tre corridoi da ambo i lati. Ciò corrisponde alle disposizioni secondo il documento 29 dell'ECAC^[2]. Nell'ipotesi di una distribuzione normale con una deviazione standard *S* per la dispersione orizzontale dei movimenti di volo, per la distribuzione dei movimenti e la distanza delle rotte laterali dalla rotta di volo centrale (= rotta di volo) si ottiene la seguente tabella:

Tab. 1 > Distribuzione dei movimenti e distanza dei corridoi laterali dalla rotta di volo centrale

N. del corridoio	1	2	3	4	5	6	7
Distanza	0,0 S	0,71 S	-0,71 S	1,43 S	-1,43 S	2,14 S	-2,14 S
Percentuale movimenti	28,2 %	22,2 %	22,2 %	10,6 %	10,6 %	3,1 %	3,1 %

Se non è nota, la deviazione standard *S* della distanza orizzontale dei movimenti di volo attorno alla rotta di volo può essere stimata come segue. Per i movimenti di decollo, nel *take off point* *S* è pari a zero e in seguito aumenta progressivamente con la distanza di volo: *S* corrisponde al 5 per cento della distanza dal *take off point* (al massimo 500 m). Viceversa, per gli atterraggi la dispersione è pari a zero nel *touch down point* e corrisponde al 3 per cento della distanza dal *touch down point*. Possibili indicazioni sulla dispersione durante i giri sull'aeroporto scaturiscono dalle indicazioni sul decollo e sull'atterraggio. Con le rotte laterali, le dispersioni verticali sono ignorate. La deviazione standard *S* al suolo dovrebbe essere pari a raggi di curva possibilmente ridotti non superiori a un quinto del raggio di curva della rotta di volo (corridoio di volo centrale). Se le dispersioni verticali sono eccessive, occorre definire e calcolare separatamente profili di volo supplementari.

Rotte di volo

Impiego di dati radar per gli aeroporti nazionali

Impiego di corridoi secondari o laterali

Stima della deviazione standard *S* per la dispersione orizzontale delle traiettorie di volo

Se su una rotta di volo che fa una curva poco dopo il decollo volano sia velivoli leggeri sia velivoli pesanti, occorre verificare se non sia necessario definire due corridoi di volo distinti, visto che i velivoli leggeri possono volare con raggi più stretti.

Corridoi di volo con raggi stretti

I profili ascensionali delle rotte di volo non sono fissi, ma dipendono dai singoli velivoli. I dati corrispondenti (velocità ascensionale, di discesa e di volo) possono essere estratti dalla banca dati SANC-DB o dai dati radar disponibili. Se sono formate classi di velivoli, occorre tener conto di questi dati nell'ambito della formazione delle classi e documentarli di conseguenza. Le deviazioni dai profili della banca dati SANC-DB per velivoli specifici vanno motivate.

Profili ascensionali secondo SANC-DB

2.2 Attività aerea determinante, numero di movimenti di volo

Per movimento di volo s'intende ogni atterraggio e ogni decollo di un aeromobile motorizzato. Le manovre di riattaccata contano come due movimenti di volo. Contano come due movimenti di volo anche i sorvoli della pista a bassa quota senza contatto (ordine di grandezza: a una distanza inferiore alla metà della lunghezza della pista).

Movimenti di volo

L'inquinamento fonico dovuto al rumore aereo è determinato in base al traffico aereo registrato su un aerodromo durante un anno civile. Occorre tener presente che per gli aerodromi con velivoli piccoli e militari l'attività aerea annua media va convertita in un giorno medio con attività intensa (traffico di punta). In questo modo si tiene conto del fatto che sull'arco dell'anno questi aerodromi non hanno un'attività costante e che le persone si sentono infastidite principalmente nei giorni con un'attività aerea intensa.

Attività aerea annua media

A tal fine, il numero di movimenti di volo n orario di aeromobili piccoli secondo il numero 3 dell'allegato 5 OIF descrive l'attività oraria media in un giorno con traffico di punta. Per giorni di traffico di punta s'intendono i due giorni della settimana con il traffico più intenso nei sei mesi con il traffico più intenso. Partendo dal numero di movimenti di volo n orario è possibile calcolare un fattore F_k (≥ 1), che esprime il rapporto tra l'attività aerea in un giorno di punta medio e l'attività annua media. Il fattore F_k , che dipende dal quoziente tra il numero di movimenti di volo n orario (traffico di punta) e il numero medio di movimenti di volo all'ora sull'arco dell'anno, è calcolato come segue:

Aeromobili piccoli:
influsso del traffico di punta
medio su L_r

$$F_k = n/N \cdot 365 \cdot 12$$

dove N è il numero annuo di movimenti di volo.

A questo punto è possibile calcolare Leq_k sommando $Leq(12h)_{anno}$ in base all'attività giornaliera effettiva, calcolata come media annua sull'arco di 12 ore, e il logaritmo di F_k moltiplicato per 10:

Calcolo di Leq per gli aeromobili piccoli

$$Leq_k = Leq(12h)_{anno} + 10 \cdot \log(F_k)$$

Nell'OIF il metodo di valutazione e i valori limite d'esposizione per gli aeromobili piccoli sono pensati principalmente per l'aviazione privata. Siccome in Svizzera dopo le ore 22 i voli non commerciali sono vietati, per gli aeromobili piccoli l'OIF non prevede valori limite notturni. Se ciononostante circolano aeromobili piccoli dopo le ore 22, essi vanno calcolati in base ai principi di valutazione dell'allegato 5 numero 3 OIF: in altre parole, occorre fare la media con gli altri movimenti di volo del giorno sull'arco di 12 ore e valutarla in base ai valori limite d'esposizione per gli aeromobili piccoli.

Oltre ai valori limite d'esposizione in Lrk, per il rumore complessivo del traffico sugli aerodromi civili sui quali circolano velivoli grandi si applicano anche i valori limite d'esposizione Lrt ed Lrn. Inoltre, i voli commerciali anche di aeromobili piccoli possono essere effettuati fino alle ore 23 (art. 39b OSIA). Di conseguenza, la determinazione del rumore del traffico aereo causato nelle prime ore notturne dagli aerodromi civili sui quali circolano veicoli grandi, per tener conto del disturbo deve considerare tutti i movimenti di volo (aeromobili grandi e piccoli).

Anche per gli aerodromi militari la valutazione del rumore non è effettuata per l'attività annua media, bensì per un'attività leggermente superiore. Analogamente agli aeromobili piccoli, anche in questo caso viene calcolato il fattore Fj (per gli aviogetti militari) rispettivamente Fp (per i velivoli a elica e gli elicotteri militari) in base al numero di movimenti di volo all'ora nj rispettivamente np. A differenza degli aeromobili piccoli, il numero di movimenti di volo secondo l'allegato 8 numero 31 capoverso 6 rispettivamente numero 32 OIF non è però determinato per un giorno con traffico di punta medio, bensì per un giorno di attività media dei sei mesi di traffico più intenso. Il calcolo è effettuato separatamente per gli aeromobili a reazione e a elica:

$$\begin{aligned} \text{Fattore } F_j &= n_j/N_j \cdot 260 \cdot 12 \text{ e} \\ \text{Fattore } F_p &= n_p/N_p \cdot 260 \cdot 12 \end{aligned}$$

dove Nj rispettivamente Np è il numero annuo di movimenti di volo di aviogetti rispettivamente velivoli a elica. Il numero 260 corrisponde al numero di giorni di volo militari (5 giorni alla settimana per 52 settimane) e il numero 12 al numero di ore per giorno di esercizio.

Analogamente al calcolo del rumore del traffico aereo degli aerodromi con aeromobili piccoli, anche in questo caso è possibile calcolare il livello Leqj rispettivamente Leqp sommando il livello Leq(12h)anno in base all'attività aerea giornaliera effettiva, calcolata come media annua sull'arco di 12 ore, e il logaritmo dei relativi fattori moltiplicato per 10:

$$\begin{aligned} Leq_j &= Leq_j(12h)_{anno} + 10 \cdot \log(F_j) \\ Leq_p &= Leq_p(12h)_{anno} + 10 \cdot \log(F_p) \end{aligned}$$

Aeromobili piccoli dopo le ore 22

Aeromobili piccoli dopo le ore 22 su aerodromi con movimenti di velivoli grandi

Velivoli militari: influsso del traffico di punta medio su Lr

Calcolo di Leq per gli aeromobili militari

Analogamente al rumore prodotto dall'attività degli aerodromi con aeromobili piccoli, anche per il rumore degli aerodromi militari non è effettuato un calcolo separato del rumore notturno. Il livello L_r, basato su un livello sonoro medio sull'arco di 12 ore, è determinato tenendo conto di tutti i movimenti di volo militari, indipendentemente dall'orario.

Aeromobili militari dopo le ore 22

Se su un aerodromo si registrano soltanto poche centinaia di movimenti di volo di velivoli grandi tra le ore 6 e le 22 e non è superato alcun valore limite d'esposizione per il rumore del traffico aereo, questi movimenti possono anche essere sommati ai movimenti di volo degli aeromobili piccoli. Tenendo conto dei dati corretti delle emissioni per i velivoli grandi, si ottiene in generale una sopravvalutazione minima del rumore. In compenso si può rinunciare alla determinazione del livello L_{rt}, formato dalla somma energetica dei livelli di valutazione parziali degli aeromobili grandi e piccoli, il che semplifica notevolmente il calcolo del rumore.

Semplificazione per i movimenti di velivoli grandi

Se su un aerodromo civile si registra solo una quota massima del 10 per cento di movimenti di volo di velivoli militari (con emissioni inferiori o superiori in misura insignificante rispetto ai velivoli civili) e non è superato alcun valore limite d'esposizione per il rumore del traffico aereo, questi movimenti possono anche essere sommati ai movimenti di volo dei velivoli civili. Tenendo conto dei dati corretti delle emissioni per i velivoli militari, si ottiene in generale una sopravvalutazione minima del rumore. In cambio si può rinunciare alla determinazione del livello L_r secondo l'allegato 8 OIF, formato dalla somma energetica dei livelli di valutazione parziali del traffico aereo civile e militare, il che semplifica notevolmente il calcolo del rumore.

Semplificazione per i movimenti di velivoli militari

2.3

Topografia

La topografia va tenuta in considerazione mediante il modello altimetrico DHM25 di Swisstopo con una larghezza delle maglie di 25 m o più precisa. Il DHM25 è derivato dalla carta nazionale 1:25 000 e si basa sostanzialmente sulla sua precisione. Confronti di «altitudini modello» con punti di controllo determinati mediante fotogrammetria mostrano che la variazione media è di 1,5 m nell'Altipiano e nel Giura, di 2 m nelle Prealpi e in Ticino e di 3–8 m nelle Alpi.

Il ricorso ad altri modelli o a modelli propri al fine di tener conto delle peculiarità locali è possibile, d'intesa con le autorità esecutive (DDPS/UFAC) e con l'UFAM.

3 > Calcoli

Nel rispetto e nella continuità della libertà di scelta del metodo praticata finora, la raccolta di strumenti Swiss Aircraft Noise Calculation (SANC-Tools) dà vita a un nuovo sistema che consente all'UFAM di garantire ed esaminare la conformità con l'OIF di differenti programmi di calcolo e di raccomandarli in base all'articolo 38 capoverso 2 OIF. Sono in tal modo formulati requisiti chiari relativi ai calcoli, anche al fine di tener conto delle caratteristiche speciali del rumore del traffico aereo e garantire la certezza del diritto.

3.1 Sistema di raccomandazione dei programmi da parte dell'UFAM

A differenza di altri Paesi, la legislazione svizzera ammette la libertà di scelta del metodo. Ciò significa che in Svizzera è ammesso qualsiasi metodo di calcolo del rumore del traffico aereo che soddisfa da un lato i requisiti generali dell'OIF e, dall'altro, i requisiti materiali concreti in base allo stato riconosciuto delle conoscenze nel campo del calcolo del rumore del traffico aereo.

Libertà di scelta del metodo – equipollenza

Il rispetto dei principali requisiti materiali è assicurato mediante la raccolta di strumenti Swiss Aircraft Noise Calculation (SANC-Tools), che consente in particolare di raggiungere l'equipollenza dei risultati dei calcoli anche con modelli e programmi molto diversi. Gli strumenti di SANC-Tools sono tre: la banca dati contenente dati sulle emissioni dei velivoli SANC-DB (database), l'ambiente di test con scenari per confrontare i programmi SANC-TE (test environment) e i calcoli di riferimento con i relativi quadri di riferimento per gli scenari esaminati nell'ambiente di test SANC-REF (reference frame). I SANC-Tools sono illustrati in dettaglio nel capitolo 3.2.

Swiss Aircraft Noise Calculation Tools (SANC-Tools)

I metodi e i programmi di calcolo utilizzati in Svizzera per calcolare il rumore del traffico aereo devono essere verificati dall'UFAM. In linea di massima, i programmi che soddisfano i requisiti dell'OIF, corrispondono allo stato della tecnica, calibrano il loro modello delle fonti in base alla banca dati SANC-DB e calcolano, per gli scenari di test prescritti in SANC-TE, un inquinamento fonico entro gli intervalli di fiducia di SANC-REF (cfr. Tab. 3), possono essere raccomandati per calcolare il rumore del traffico aereo secondo l'OIF. I programmi raccomandati sono pubblicati sul sito dell'UFAM: www.bafu.admin.ch/valutazione-rumore-aereo

Condizioni per una raccomandazione

Se non sono soddisfatte tutte le condizioni, l'UFAM può anche rilasciare una raccomandazione con restrizioni.

Per un programma che ha ottenuto unicamente la raccomandazione per il calcolo del rumore degli aeromobili piccoli, questa può essere estesa, temporaneamente e caso per caso, a singoli velivoli con un peso al decollo superiore a 8618 kg, a condizione che per questi velivoli siano state fornite, nell'ambito del relativo calcolo del rumore, le seguenti prove, che devono essere approvate dall'UFAM:

- > i valori approssimativi secondo SANC-DB dei singoli tipi di velivoli considerati possono essere riprodotti correttamente per un sorvolo in condizioni standard a 305m L_{AE} , L_{Amax} , η (parametro di asimmetria) e θ (angolo di emissione determinante per L_{Amax}) per Takeoff Standard Power e Landing;
- > i valori L_{AE} di un sorvolo di durata «illimitata» in condizioni standard secondo SANC-TE a 800 m e 3200 m di distanza per Takeoff Standard Power e Final Approach possono essere calcolati con una tolleranza di $\pm 0,5$ dB.

Raccomandazione con restrizioni;
estensione della
raccomandazione

In caso di dubbi motivati in merito all'attuazione corretta in un programma informatico o all'uso corretto da parte dell'utente di un programma già raccomandato, l'autorità esecutiva può richiedere a scopo di controllo allo sviluppatore o all'utente del programma, oltre alla ripetizione degli scenari SANC-TE ordinari, anche test in altri scenari, ad esempio il calcolo per un aerodromo reale.

Ulteriori scenari esaminati

3.2 Panoramica degli strumenti SANC-Tools

3.2.1 SANC-DB

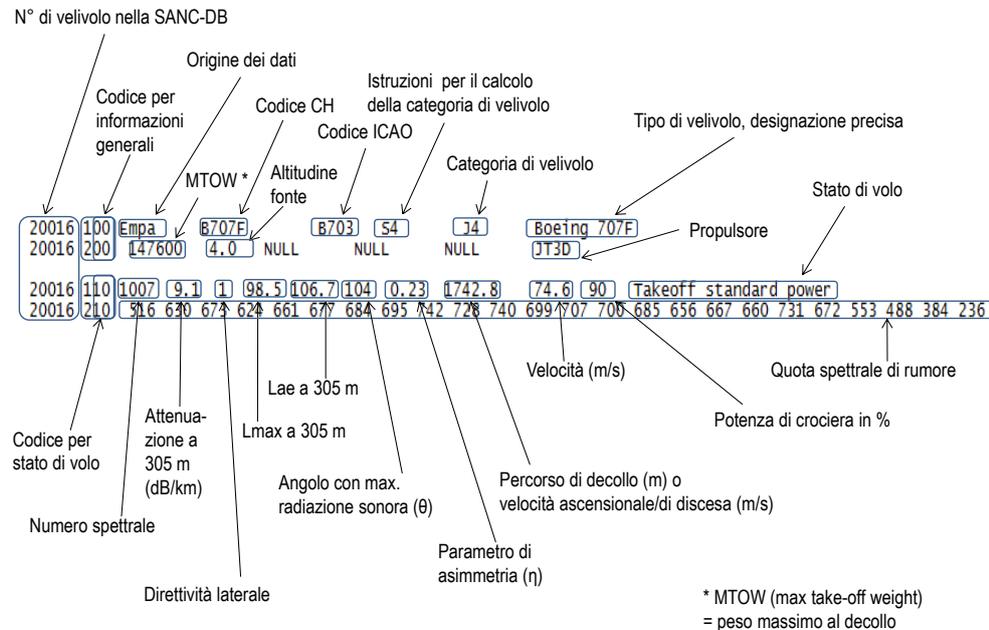
La raccolta di strumenti comprende in primo luogo la banca dati sulle fonti acustiche Swiss Aircraft Noise Calculation Database (SANC-DB), che costituisce la fonte di riferimento vincolante per i calcoli del rumore del traffico aereo secondo l'OIF. Le fonti sono descritte in modo semplice e in una forma generica, in modo tale da consentire di calibrare mediante questi dati i vari modelli delle fonti dei programmi di calcolo del rumore del traffico aereo. È così soddisfatta una condizione importante per garantire risultati di calcolo equivalenti. SANC-DB si basa su tutti i dati delle fonti acustiche dell'EMPA e dell'UFAC utilizzati finora in Svizzera e attualmente contiene oltre 1800 record. In veste di autorità esecutive, l'UFAC e il DDPS sono responsabili dell'aggiornamento della banca dati. SANC-DB può essere richiesta gratuitamente all'UFAC (www.bazl.admin.ch/bazl/it/home/l-ufac/contatto.html).

Swiss Aircraft Noise Calculation
Database (SANC-DB)

La banca dati contiene valori per il peso massimo al decollo (MTOM), l'altitudine della fonte (sopra la pista) nonché le velocità di decollo, di discesa e ascensionale degli aeromobili (fig.1). Per vari stati di volo (take off, initial climb, continuous climb, cruise, final approach e landing), essa contiene valori per l'attenuazione dovuta all'aria (a 305 m di distanza), la direttività laterale (classe secondo il documento 29^[2]), L_{Amax} , L_{AE} , l'angolo di emissione θ , il parametro di asimmetria η (energia sonora prima/dopo L_{Amax}), la velocità di volo e lo spettro delle emissioni in banda di terzi di ottava.

Valori contenuti in SANC-DB

Fig. 1 > Esempio di record per lo stato di volo «Takeoff Standard Power» delle emissioni di un velivolo nella banca dati SANC-DB



L_{Amax} designa il livello massimo di pressione sonora ponderata A e L_{AE} il livello di pressione sonora ponderato A per singolo fenomeno in caso di sorvolo in linea retta in condizioni di riferimento ben definite^[5].

L'asimmetria della fonte è descritta mediante i due parametri θ e η (fig. 2). L'angolo di emissione θ è l'angolo tra la direzione di volo e la direzione di propagazione del suono, quando durante il sorvolo è raggiunto il livello L_{Amax} . Il parametro di asimmetria η caratterizza la differenza dell'irradiazione sonora prima e dopo l'angolo di emissione in base alla seguente formula:

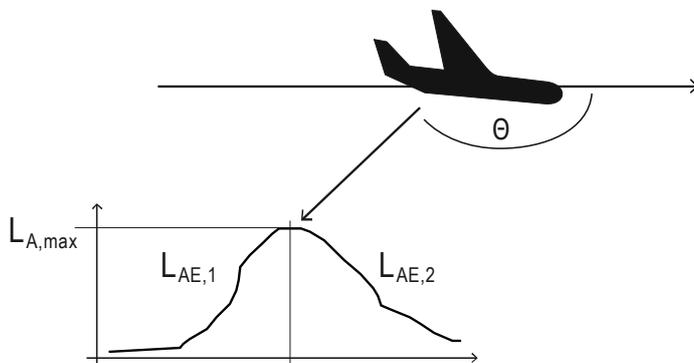
$$\eta = \frac{10^{L_{AE,1}/10} - 10^{L_{AE,2}/10}}{10^{L_{AE,1}/10} + 10^{L_{AE,2}/10}}$$

dove:

$L_{AE,1}$ = livello del fenomeno parziale prima del raggiungimento di L_{Amax} e

$L_{AE,2}$ = livello del fenomeno parziale dopo il raggiungimento di L_{Amax} ; cfr. fig. 2.

Fig. 2 > Illustrazione del parametro di asimmetria della descrizione della fonte di rumore in SANC-DB



Per semplificare, la fonte è considerata simmetrica attorno all'asse di rotazione in rapporto alla direzione di volo. Per la direttività laterale, nella banca dati può essere inserita la classe secondo i documenti 29^[2] o 9911^[6], che però non è (ancora) utilizzata negli strumenti SANC-Tools per il calcolo del rumore del traffico aereo.

Maggiori dettagli figurano nella documentazione tecnica^[5].

3.2.2 SANC-TE

L'ambiente di test Swiss Aircraft Noise Calculation Test Environment (SANC-TE) serve per l'esame dei vari programmi e quale base per la raccomandazione di programmi da parte dell'UFAM secondo l'articolo 38 capoverso 2 OIF. SANC-TE, compresi i compiti da risolvere e la documentazione^[7], può essere richiesto all'UFAM³.

Swiss Aircraft Noise Calculation
Test Environment (SANC-TE)

Per poter essere utilizzati nei vari programmi di calcolo, i dati in formato ASCII devono essere convertiti dall'utente nei formati utilizzati dai singoli programmi. L'ambiente di test di SANC-TE è costituito da due aerodromi generati artificialmente: un grande aeroporto AIRPORT, destinato principalmente al traffico di velivoli grandi come Boeing, Airbus ecc., ma anche di velivoli da combattimento, e un aerodromo regionale AIRFIELD, destinato ad aeromobili piccoli. Per entrambi gli aerodromi è definito un modello schematico del terreno con varie rotte di atterraggio e di decollo. Sono stabilite le caratteristiche acustiche di un certo numero di tipi di velivoli, estratte dal record SANC-DB, che servono da base per la conversione o l'estrapolazione dei dati sulle fonti utilizzati nei modelli di calcolo da esaminare. Sono inoltre definiti vari scenari di situazioni realistiche di esposizione al rumore, in modo tale da poter esaminare anche il calcolo di Leq. Accanto ai calcoli per singolo fenomeno (Single Event Flights) gli scenari servono soprattutto a esaminare se un programma di calcolo attua correttamente le disposizioni dell'OIF e può quindi essere utilizzato per calcolare il rumore del traffico aereo in Svizzera. La raccomandazione da parte dell'UFAM secondo l'articolo 38 capoverso 2 OIF presuppone infine anche un'autodichiarazione del fabbricante del programma secondo la tabella 2.

Strumento di test e di prova

³ noise@bafu.admin.ch o www.bafu.admin.ch/valutazione-rumore-aereo

Tab. 2 > Dati del produttore del programma sullo stato della tecnica e sulle disposizioni dell'OIF (autodichiarazione) per la raccomandazione da parte dell'UFAM

Il numero di movimenti di volo può essere preso in considerazione secondo gli allegati 5 e 8 OIF (cap. 2).
Il reticolo delle immissioni è di 50 x 50 m per gli aeroporti regionali e i campi d'aviazione e di 150 x 150 m per gli aeroporti nazionali.
Le immissioni sono analizzate a 4 m di altezza sopra il suolo.
Può essere presa in considerazione l'altitudine del suolo (effetto della coordinata z).
Può essere presa in considerazione l'altitudine del punto di riferimento dell'aerodromo.
Può essere descritta la curva altimetrica della pista.
Il modello delle fonti utilizzato può essere calibrato in base alla banca dati SANC-DB.
Il processo di decollo è modellizzato sotto forma di movimento con accelerazione uniforme.
Può essere presa in considerazione la schermatura da parte del terreno.
È presa in considerazione la pendenza (effetto del suolo) (cfr. SANC-TE, discesa a valle).
L'attenuazione dovuta all'aria è attuata secondo la norma ISO 9613-1.

Per il collaudo di SANC-TE V1.0 sono stati effettuati calcoli con quattro programmi di calcolo del rumore del traffico aereo e diverse varianti (FLULA2, INM e varianti, IMMPAC e varianti, Soundplan), che sono poi stati analizzati tra l'altro nell'ottica di definire delle condizioni di riferimento. I principali risultati del collaudo di SANC-TE V1.0 sono costituiti dalle conclusioni sui fattori d'influenza determinanti, che hanno consentito di stabilire le condizioni di riferimento secondo la Tab. 3.

Collaudo di SANC-TE

3.2.3 SANC-REF

Il materiale di riferimento Swiss Aircraft Noise Calculation Reference (SANC-REF) contiene sia approcci di modelli referenziati per il calcolo di un intervallo di fiducia, sia le condizioni di riferimento stesse.

Swiss Aircraft Noise Calculation Reference (SANC-REF)

In base agli approcci di riferimento definiti in SANC-REF secondo la Tab. 2 rispettivamente il capitolo 3.3 e l'allegato, per ogni scenario di prova in SANC-TE è stato elaborato un intervallo di fiducia, il cosiddetto *reference frame*, per la verifica dell'equipollenza dei calcoli. Anche se questi calcoli di base non costituiscono l'unico riferimento dell'OIF da osservare, gli approcci di modelli referenziati forniscono informazioni chiare su come si può calcolare il rumore del traffico aereo in modo conforme a detta ordinanza. Se un programma informatico attuato concretamente si basa su approcci di modelli simili, di norma possono essere calcolati risultati entro gli intervalli di fiducia di cui alla Tab. 3. Le modellazioni sono descritte in modo ancora più dettagliato nella documentazione tecnica relativa a SANC-REF^[8]. I principi corrispondono ai modelli descritti nei documenti ISO 9613^{[9],[10]} e nella documentazione relativa a FLULA2^[3] e IMMPAC^[11].

– calcolo di base di riferimento
– approcci di modelli referenziati

Tab. 3 > Criteri di conformità per la raccomandazione di programmi per il rumore del traffico aereo mediante l'ambiente di test SANC-TE e condizioni di riferimento SANC-REF

I «footprint» (SEF) definiti in SANC-TE sono calcolati tutti individualmente.

Sono calcolati tutti gli «scenari» definiti in SANC-TE

I risultati possono essere esportati nel formato NMGF specificato.

L'effetto schermante del terreno è visibile nei Single Event Flights.

Il livello di potenza (livello sonoro supplementare) è attuato secondo le regole di SANC-TE ed è visibile nei Single Grids.

La dispersione delle traiettorie di volo è presa in considerazione.

Campo d'aviazione civile (Airfield)

- Estensione delle curve del rumore calcolate nell'intervallo di fiducia $\pm 0,5$ dB
- Possibilità di rappresentare e calcolare i giri sull'aeroporto

Aeroporto civile (Airport)

- Estensione delle curve del rumore calcolate nell'intervallo di fiducia $\pm 0,5$ dB

Aeroporto civile (Airport): attività notturna

- Estensione delle curve del rumore calcolate nell'intervallo di fiducia $\pm 1,5$ dB

Aerodromo militare

- Estensione delle curve del rumore calcolate nell'intervallo di fiducia $\pm 0,5$ dB

Eliporto

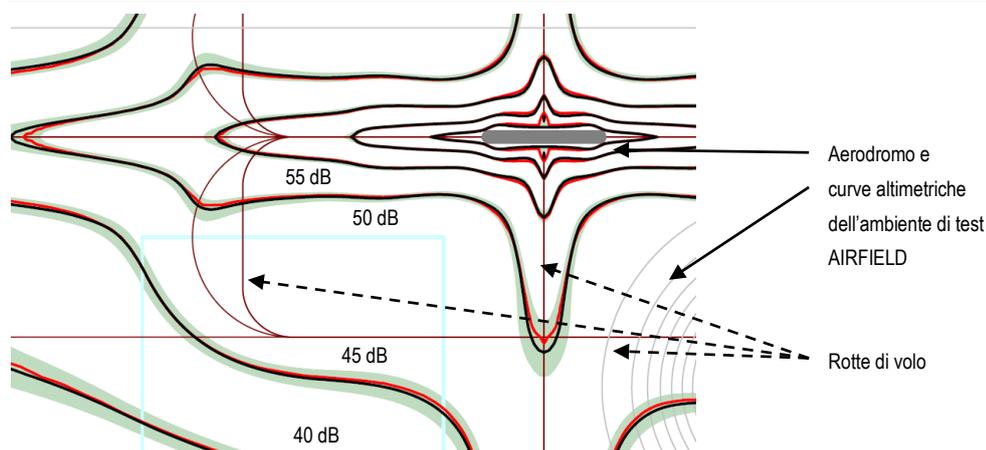
- Estensione delle curve L_{max} calcolate nell'intervallo di fiducia $\pm 0,5$ dB

Le condizioni di riferimento sono definite sotto forma di deviazione in dB dalla curva del calcolo di base per ciascuno degli scenari esaminati. Se possibile la deviazione in dB, o intervallo di fiducia, deve essere inferiore di 2–3 dB^[12] all'incertezza della misurazione. I buoni risultati dei calcoli SANC-TE V1.0 per le raccomandazioni già rilasciate ha fatto sì che l'intervallo di fiducia per tutti gli scenari testati potesse essere scelto entro il margine d'incertezza della misurazione.

Ampiezza delle condizioni di riferimento

Fig. 3 > Estratto di un calcolo del rumore nell'ambiente di test SANC-TE AIRFIELD e confronto con le condizioni di riferimento di $\pm 0,5$ dB

Le linee nere rappresentano le curve del rumore del calcolo di riferimento, le superfici verdi la condizione di riferimento di $\pm 0,5$ dB corrispondente e le linee rosse il calcolo con il programma da testare. Le linee rosse sono sempre all'interno della superficie verde: il programma soddisfa pertanto il criterio di conformità.



3.3 Regole di calcolo e approcci di riferimento

L'allegato 2 OIF specifica che i calcoli delle immissioni foniche devono tener conto dei fattori seguenti:

- a) intensità della fonte;
- b) attenuazione dovuta alla distanza e all'aria;
- c) effetti del suolo;
- d) effetti delle costruzioni e degli ostacoli naturali sulla propagazione del suono (attenuazione dovuta agli ostacoli e riflessioni).

In linea di massima questi requisiti si applicano a tutti i generi di rumore. Ai fini dell'attuazione concreta per il rumore del traffico aereo occorre tener conto anche delle caratteristiche descritte qui di seguito. L'allegato riassume le principali equazioni matematiche (senza l'attenuazione dovuta all'aria secondo la norma ISO 9613) utilizzate anche per il calcolo di riferimento.

Se le esigenze descritte nel presente capitolo sono rispettate, le curve del rumore calcolate rientrano nelle condizioni di riferimento. Esse corrispondono pertanto alle regole per la raccomandazione di un programma di calcolo. Queste ultime non sono tuttavia obbligatorie, purché i calcoli portino allo stesso risultato anche con altre ipotesi di modello e siano pertanto equivalenti; in altre parole, che le curve del rumore rientrino nelle condizioni di riferimento. Non vi è ad esempio nessuna prescrizione sulla precisione della risoluzione locale della raffigurazione delle emissioni, ovvero sulla distanza tra le fonti puntuali su una rotta di volo o sulla lunghezza massima delle secanti per approssimare la curva di volo. Nelle condizioni di riferimento devono rientrare soltanto le curve del rumore. Una volta che un programma è raccomandato, per i calcoli del rumore con tale programma occorre in linea di massima utilizzare le stesse impostazioni che hanno consentito di conformarsi alle condizioni di riferimento.

3.3.1 Intensità della fonte / emissioni

I velivoli irradiano il rumore in varie direzioni in modo non omogeneo. A seconda della direzione d'irradiazione, oltre al livello di rumore cambiano anche gli spettri (e di conseguenza l'attenuazione dovuta all'aria). Il rumore varia anche a seconda della situazione di volo (volo ascensionale, planata, uso di ipersostentatori ecc.). Ciò richiede delle semplificazioni, che finora sono state realizzate in modo eterogeneo nei vari programmi. Le fonti acustiche di riferimento per i calcoli del rumore secondo l'OIF sono costituite dalla banca dati Swiss Aircraft Noise Calculation Database SANC-DB^[5], descritta al capitolo 3.2.1.

Se occorre utilizzare dati sulle fonti differenti da quelli contenuti in SANC-DB, ad esempio in base a proprie misurazioni o a banche dati internazionali, ciò va convenuto preliminarmente con l'autorità esecutiva competente (DDPS/UFAC) e con il coinvolgimento dell'UFAM. Nei limiti del possibile, un'estensione o un'adeguamento della banca dati SANC-DB da parte delle autorità esecutive è preferibile all'uso derogatorio di dati sulle fonti differenti. Se per qualsivoglia motivo devono essere utilizzati dati

Fattori da considerare

Concretizzazione per il rumore del traffico aereo

Relazione con la raccomandazione di programmi

Complessità delle fonti; fonti di riferimento SANC-DB

Fonti di dati differenti

differenti da quelli contenuti in SANC-DB, questi dati vanno documentati in modo dettagliato e rintracciabile nella documentazione dei metodi o dei programmi.

La modellizzazione dell'accelerazione sulla pista influisce in maniera determinante sui risultati dei calcoli nelle immediate vicinanze della pista. La realtà di un velivolo che sta decollando è stata modellizzata come movimento uniformemente accelerato nel calcolo di riferimento, secondo lo stato della tecnica.

Movimento uniformemente accelerato

Per i velivoli che dopo l'atterraggio su un aerodromo frenano con inversione di spinta, le emissioni più elevate vanno adeguatamente prese in considerazione. A tale riguardo, il documento 29^[2] prescrive di aumentare le emissioni sonore di 5 dB in caso di potenza al 20 per cento, a meno che non siano disponibili altri dati.

Inversione di spinta

Per modellizzare il rumore del traffico di rullaggio, che secondo l'allegato 6 OIF è considerato alla stessa stregua del rumore dell'industria e delle arti e mestieri, è possibile utilizzare i valori SANC-DB dello stato di volo Final Approach ridotti di 10 dB(A), a meno che non si disponga di dati più precisi. In caso di dati insufficienti, per la velocità di rullaggio si può utilizzare 10 m/s per i velivoli piccoli e 15 m/s per i velivoli grandi. La procedura si basa sulle prescrizioni di AzB^[13].

Traffico di rullaggio

3.3.2 Propagazione del suono

L'attenuazione del rumore dovuta alla distanza (diluizione geometrica) è imposta fisicamente dal principio dell'energia e dipende dalla descrizione delle emissioni utilizzata (p. es. livello di potenza o di pressione sonora, fonte lineare o puntuale) conformemente alle formule generali. Per determinare la distanza occorre tener conto dell'altitudine del terreno attraverso un modello altimetrico appropriato. I collaudi con SANC-TE V1.0 hanno mostrato che se queste regole vengono applicate in modo lacunoso, le immissioni calcolate non rientrano nelle condizioni di riferimento.

Diluizione geometrica / attenuazione dovuta alla distanza tenendo conto di un modello del terreno

Per un calcolo realistico occorre tenere adeguatamente conto della dipendenza spettrale dell'attenuazione dovuta all'aria. Ciò non significa però che per rispettare le condizioni di riferimento sia necessario un calcolo sistematico della propagazione spettrale. È anche possibile utilizzare altre approssimazioni per le attenuazioni della propagazione conformemente allo spettro del tipo di velivolo acustico. Per il calcolo di base di riferimento, effettuato in bande di terza, è stata utilizzata l'attenuazione dovuta all'aria secondo la norma ISO 9613 a una temperatura di 15 °C con un'umidità dell'aria del 70 per cento.

Attenuazione dovuta all'aria ISO 9613

Nota: il calcolo secondo SAE 1845^[14] (base INM: ^[1] pag. 55 segg.) è effettuato approssimativamente secondo la norma ISO 9613 a una temperatura di 25 °C. A una distanza di 2 km si ottengono così differenze dell'ordine di 1 dB (per maggiori dettagli cfr. pag. 21 in^[1]).

Differenza rispetto a SAE 1845 o INM

Per un calcolo realistico occorre tenere adeguatamente conto della dipendenza dell'attenuazione dovuta all'aria dalla temperatura e dall'umidità dell'aria. Ci si può basare su condizioni medie o utilizzare l'attenuazione dovuta all'aria adattata in base all'aerodromo in questione. Quest'ultima soluzione non è tuttavia richiesta. Il fatto di tener conto di varie condizioni non è pertanto esaminato in SANC-TE. Nella media annuale l'influsso della disomogeneità dell'atmosfera è esiguo ed è pertanto trascurabile. Oggigiorno questo fattore non viene ancora considerato quale stato della tecnica nel calcolo del rumore del traffico aereo^[15].

**Attenuazione dovuta all'aria:
temperatura, umidità dell'aria e
anisotropia dell'atmosfera**

La dipendenza degli effetti del suolo dal suolo tipo di situazione, ad esempio terreno edificato o terreno agricolo, non fa ancora parte dello stato della tecnica. I calcoli si riferiscono quindi a un «prato verde», cioè a un «soft ground». La pendenza del terreno è invece presa in considerazione: è infatti determinato e incluso nel calcolo l'angolo tra la propagazione del suono e la pendenza del terreno in base all'approccio descritto in^{[11],[3]} e nell'allegato. In SANC-TE, l'effetto di attenuazione del suolo è esaminato anche in caso di pendenza e non soltanto di terreno piano.

Effetto del suolo

Per un calcolo realistico della propagazione occorre tener conto degli effetti di ostacolo degli elementi del paesaggio mediante informazioni sul terreno. Questa condizione viene pertanto esaminata in SANC-TE. Il calcolo di riferimento si basa sull'approccio descritto in^{[11],[3]} e nell'allegato. Un'eventuale deroga a questo requisito può essere concessa solo in caso di irrilevanza motivata per i risultati dei calcoli.

Schermatura del terreno

Di norma le riflessioni e l'attenuazione dovuta alle costruzioni non hanno praticamente alcun effetto sul risultato del calcolo nel caso del rumore del traffico aereo non terrestre, ossia con fonti in movimento nell'aria. Inoltre se si tenesse conto di tutti gli oggetti situati nelle zone d'insediamento sorvolate, l'onere di calcolo – già di per sé notevole – diventerebbe talmente elevato da diventare insostenibile. Attualmente non esiste nessun programma di calcolo del rumore del traffico aereo che tiene conto degli edifici. L'inclusione degli effetti delle costruzioni nel calcolo delle immissioni foniche del traffico aereo non corrisponde quindi (ancora) allo stato della tecnica. Per i motivi menzionati, attualmente il calcolo degli effetti delle costruzioni non è esigibile.

**Effetti trascurabili
delle costruzioni**

In regioni localmente delimitate, ampie pareti rocciose possono produrre riflessioni percettibili, che si manifestano prevalentemente attraverso tempi di riverbero sensibilmente più lunghi. Di norma, tuttavia, il livello generato dalle riflessioni è nettamente inferiore al livello delle immissioni foniche dirette, a causa della distanza di propagazione più lunga e della riflessione incompleta, e pertanto non influenza il livello d'immissione. Per questo motivo e siccome finora non esiste alcun programma di calcolo del rumore del traffico aereo in grado di calcolare tali riflessioni, secondo lo stato attuale della tecnica si rinuncia a tener conto di questo fenomeno.

**Riflessioni su ampie pareti
rocciose**

3.3.3 Immissioni

I calcoli modellizzano in modo adeguato la propagazione del suono fino ai punti d'immissione. In questi punti, il livello sonoro equivalente medio Leq è determinato attraverso la somma energetica di tutte le componenti del rumore del traffico aereo

Livello d'immissione

tenendo conto degli effetti menzionati sopra. Dal risultato i programmi derivano infine il livello sonoro L_r rilevante ai fini dell'OIF, rispettivamente della valutazione.

In linea di massima, secondo l'articolo 39 OIF il luogo della determinazione è il centro delle finestre aperte dei locali sensibili al rumore o il luogo dove potranno sorgere locali sensibili al rumore. Questa disposizione non è praticabile per i calcoli del rumore del traffico aereo: con le sue fonti in movimento nell'aria, il rumore del traffico aereo provoca immissioni che si estendono su ampie superfici. Finora le determinazioni sono state effettuate mediante calcoli su reticolo (calcoli in punti del reticolo, che rappresentano piccole aree) e descritte mediante isofone. L'OIF tiene conto di questa situazione prevedendo che le immissioni foniche del traffico aereo possono essere determinate anche in prossimità dell'edificio (art. 39 cpv. 1 OIF).

Luogo della determinazione

I calcoli del rumore del traffico aereo sono quindi effettuati mediante calcoli su reticolo, conformemente all'OIF. Per la valutazione sono determinanti i livelli sonori nei punti del reticolo e le isofone del traffico aereo derivate da tali valori. Secondo l'articolo 39 OIF, ciò vale sia per le zone edificate sia per quelle non edificate. Non è prevista alcuna conversione del valore riferito alla finestra aperta: in altre parole non vi è alcun supplemento per eventuali riflessioni nel locale con la finestra aperta.

Calcolo su reticolo, isofona

Le immissioni foniche sono calcolate a un'altezza pari a 4 m sopra il livello del suolo. In questo caso si è derogato agli usuali 1,5 m sopra il livello del suolo, poiché il rumore arriva prevalentemente dall'alto. Da notare che in generale l'altezza di ricezione ha solo un influsso molto limitato sul calcolo delle immissioni. D'altro canto, 4 m sopra il livello del suolo sono ancora accettabili in caso di misurazioni di controllo e gli influssi della microposizione sono ridotti al minimo. L'altezza di 4 m sopra il livello del suolo corrisponde inoltre alle regole dell'allegato 1 della direttiva dell'UE sul rumore ambientale^[16].

Altezza di determinazione

La larghezza del reticolo deve essere adeguata allo scopo dei calcoli nonché alle condizioni situazionali, come la grandezza dell'aerodromo rispettivamente le relative isofone. La risoluzione standard è di 50 m · 50 m per i campi d'aviazione e gli aeroporti regionali e di 150 m · 150 m per gli aeroporti. Non è necessariamente prescritto un reticolo regolare. Un maggior grado di dettaglio locale è possibile; le dimensioni del reticolo menzionate vanno tuttavia intese come requisito minimo.

Larghezza del reticolo

Il reticolo deve essere metrico e conforme al sistema di coordinate della Svizzera. L'origine deve trovarsi su un multiplo intero dell'origine del sistema di coordinate della Svizzera.

Posizione del reticolo

Mediante interpolazione tra i singoli punti del reticolo sono determinate linee di livello (isofone). Per le condizioni di riferimento le linee di livello sono state formate con NMPLOT. NMPLOT è un programma SIG disponibile liberamente, sviluppato tra l'altro proprio per rappresentare il rumore del traffico aereo⁴.

Elaborazione di linee di livello

⁴ www.wasmerconsulting.com/nmplot.htm

3.4 Aspetti particolari della determinazione del rumore degli elicotteri

Sugli aerodromi civili su cui circolano esclusivamente elicotteri, secondo l'allegato 5 OIF in \bar{L}_{max} si applicano valori limite d'esposizione supplementari. \bar{L}_{max} è la media energetica del livello di rumore massimo di un numero rappresentativo di sorvoli o di passaggi. Per le misurazioni occorre utilizzare il fonometro regolato su SLOW.

Regole per il calcolo delle immissioni degli elicotteri

Quale movimento di volo si considera un sorvolo o un passaggio quando il livello massimo di pressione sonora del movimento di volo nel luogo d'immissione supera un determinato valore soglia. I movimenti che non raggiungono questo livello nel luogo d'immissione non forniscono quindi alcun contributo al calcolo del valore medio. In tal modo si garantisce che i movimenti di volo molto distanti non contribuiscano all'abbassamento matematico di \bar{L}_{max} dei sorvoli o dei passaggi effettivi nel luogo d'immissione. Nell'ambito di questo procedimento, per un corridoio di volo calcolato è anche possibile utilizzare un elicottero virtuale le cui emissioni corrispondano alla media energetica dei tipi di elicottero che percorrono questo corridoio.

Definizione di sorvolo e passaggio

Siccome la distribuzione effettiva dei livelli massimi oscilla, anche il raggiungimento di questo criterio nel luogo d'immissione non va descritto con una funzione zero-uno. Nel documento 29^[2], per la distribuzione dei livelli massimi è proposta una distribuzione gaussiana con una deviazione standard di 2 dB, in base alle fluttuazioni nell'ambito delle misurazioni del livello massimo. La funzione zero-uno va pertanto sostituita con l'integrale della distribuzione gaussiana (funzione di errore), dove il massimo della distribuzione è raggiunto a 65 dB e la deviazione standard è di 2 dB. I 65 dB corrispondono alla soglia per il livello massimo del movimento di volo, indipendentemente dal fatto che esso sia considerato un passaggio o meno nel luogo d'immissione.

Valore soglia per il livello massimo dei passaggi

Se dalla definizione di sorvolo o passaggio mediante valore soglia risultano carte dei rumori con aumenti del rumore o «isole di rumore» lontane dall'eliporto non riconducibili a modifiche del suolo, occorre rilevare separatamente \bar{L}_{max} per ogni rotta di volo (senza il valore soglia) e illustrare la curva che ingloba tutte le curve del rumore delle singole rotte.

\bar{L}_{max} separato per ogni rotta di volo

Nel calcolo delle curve del valore limite \bar{L}_{max} occorre tener conto anche dei corridoi di volo secondari e laterali delle rotte di volo, come descritto in generale al capitolo 2.1 per l'inclusione della dispersione delle traiettorie di volo su una rotta di volo. Bisogna quindi calcolare una media energetica dei corridoi di volo ponderati.

Considerazione della dispersione delle corsie di volo in \bar{L}_{max}

Durante la fase di decollo, l'elicottero provoca rumore durante un certo tempo già prima di lasciare il suolo; il rumore si protrae per un po' anche dopo l'atterraggio dell'apparecchio. Se questi tempi non sono noti, occorre prevedere tre minuti per ogni decollo e un minuto per ogni atterraggio con la stessa potenza come al momento del decollo meno 6 dB.

Considerazione del rumore prima del decollo e dopo l'atterraggio

4 > Misurazioni

Le immissioni foniche del traffico aereo possono essere determinate su grande scala solo mediante calcolo. Di conseguenza le misurazioni del rumore del traffico aereo sono piuttosto rare. Misurazioni del rumore vengono tuttavia effettuate in caso di certificazione di un velivolo, monitoraggio del rumore del traffico aereo o misurazioni di controllo delle previsioni delle immissioni. Il presente capitolo fornisce una panoramica delle regole vigenti.

4.1 Requisiti generali

Per poter effettuare misurazioni del rumore del traffico aereo conformemente allo scopo bisogna dapprima elaborare un piano di misurazione. Il piano va elaborato in base alle norme applicabili, ad esempio le norme DIN 45684 parte 2^[17], DIN 45643^[18] o ISO 1996-2^[19]. In ogni caso, il piano deve essere concertato con l'autorità esecutiva competente e l'UFAM in qualità di autorità specializzata. In tal modo si garantisce che le conoscenze confluiscono negli standard dei metodi di calcolo in modo uniforme per tutta la Svizzera. Una regola importante che scaturisce dalle norme menzionate sopra è l'obbligo di effettuare una stima dell'incertezza, ossia dell'errore di misurazione.

Piano di misurazione e indicazioni sull'incertezza di misura

Devono essere utilizzati fonometri (microfoni) della classe 1, che vanno posizionati 4 o meglio ancora 10 metri sopra il livello del suolo. L'ubicazione deve consentire un contatto visivo diretto con i velivoli; secondo la norma DIN ISO 20906^[20], ciò corrisponde a un angolo di visibilità prima e dopo il punto successivo della traiettoria di volo idealmente di 70 o più gradi. Inoltre è opportuno effettuare la misurazione su un suolo morbido (*soft ground*), ad esempio un prato, in modo tale da ridurre al minimo gli effetti del suolo.

Requisiti relativi ai fonometri e all'ubicazione

4.2 Requisiti relativi a situazioni specifiche

Le misurazioni non sorvegliate di monitoraggio del rumore del traffico aereo nelle vicinanze di aeroporti dovrebbero orientarsi alla norma DIN ISO 20906^[20].

Monitoraggio

Le misurazioni del rumore per la certificazione di velivoli devono essere effettuate secondo l'allegato 16 della Convenzione internazionale dell'ICAO^[21].

Misurazioni di certificazione

Quando si controllano puntualmente previsioni di immissioni mediante misurazioni accompagnate di breve durata, i risultati della misurazione devono essere convertiti in un valore medio annuo, tenendo adeguatamente conto anche delle rotte di volo e delle relative deviazioni, oltre che dei tipi di velivoli (come accennato anche nella norma ISO 1996-2).

Misurazioni di controllo di previsioni delle immissioni

5 > Documentazione dei risultati

Il presente capitolo fornisce una panoramica sui requisiti specifici della documentazione dei calcoli o delle misurazioni del rumore. Le regole riguardano indicazioni sulle basi di calcolo necessarie nonché gli standard relativi ai rapporti di misurazione.

5.1 Requisiti dei calcoli

I rapporti in forma cartacea devono includere le carte dei rumori ed essere accompagnate da dati digitali, come calcoli in punti del reticolo e linee di livello. I dati digitali comprendono le descrizioni, in forma adeguata, degli attributi.

Principi

Nel singolo caso concreto, i calcoli devono essere documentati in modo ricostruibile. Vanno fornite in particolare le seguenti indicazioni:

Indicazioni sulla tracciabilità

- > programma di calcolo con la versione e le impostazioni utilizzate;
- > numero del velivolo in SANC-DB delle emissioni del velivolo utilizzate;
- > composizione della flotta per le singole rotte di volo e tempi di valutazione;
- > classi di velivoli utilizzate con una motivazione della classificazione;
- > raffigurazione grafica (profili) e cartografica (corridoi) delle rotte di volo, del settore considerato compresi i vari stati di volo secondo SANC-DB;
- > corridoi di volo selezionati con una motivazione o indicazioni e spiegazioni sull'inclusione di dati radar;
- > statistica mensile e settimanale per la derivazione di N1 e N2 per gli aeromobili piccoli nonché il fattore di proiezione Fk, rispettivamente i fattori Fj e Fp per gli aerodromi militari;
- > basi di dati per l'attività aerea calcolata, come indicazione delle fonti, valori medi di quali anni, proiezione con quali fattori per le previsioni;
- > stima dell'incertezza per i livelli sonori determinati per gli aeroporti nazionali.

Per i catasti del rumore (CR) occorre fornire le indicazioni di cui all'articolo 37 OIF. Per gli aerodromi con una percentuale rilevante di movimenti di volo di velivoli grandi occorre determinare sia i valori limite d'esposizione per il rumore del traffico di aeromobili piccoli sia i valori limite d'esposizione per il rumore del traffico complessivo di aeromobili piccoli e velivoli grandi. Devono essere raffigurate le isofone dei valori di pianificazione (VP), dei valori limite d'immissione (VLI) e dei valori d'allarme (VA) per tutti i gradi di sensibilità (GS).

Aspetti particolari per i catasti del rumore

Per raffigurare e valutare l'esposizione al rumore del traffico aereo può essere opportuno generare delle cosiddette curve d'esposizione limite (CEL). La CEL è la curva che ingloba tutte le curve che raffigurano i valori limite dei vari livelli di valutazione e

Curva d'esposizione limite

delimita la zona in cui sono superati i valori limite. I segmenti della curva si distinguono a seconda del livello di valutazione, le corrispondenze emergono dalla legenda. Sulle superfici di zone di utilizzazione situate all'interno della CEL, i valori limite sono superati.

Esempio di un aerodromo militare con attività mista: per il VLI la CEL del GS II corrisponde alla curva che ingloba i seguenti livelli di valutazione: Lr = 65 dB, Lrk = 60 dB, Lrt = 60dB, Lrn1 = 55 dB, Lrn2 = 50 dB e Lrn3 = 50 dB. Le zone con GS II raffigurate in cui è superato il VLI si trovano all'interno di questa curva d'esposizione limite.

Esempio di curva d'esposizione limite

Per consentire all'autorità di vigilanza di utilizzare in modo adeguato i dati nei suoi sistemi di monitoraggio, i dati vettore digitali (dati SIG, poligoni ecc.) devono essere corredati in particolare degli attributi indicati di seguito. Per i dati del reticolo, queste informazioni vanno fornite sotto forma di descrizione del file, ad esempio in un file di testo:

Descrizione degli attributi dei dati SIG

Tab. 4 > Descrizione del file

Nome dell'attributo	Tipo di dato/osservazioni
Nome:	Nome dell'aerodromo
Codice ICAO dell'aerodromo:	Codice
Tipo di aerodromo:	Aeroporto nazionale, aerodromo regionale, campo d'aviazione, eliporto, aerodromo militare, ex aerodromo militare, aerodromo militare usato anche per scopi civili
Uso civile:	Si/no
Uso militare:	Si/no
Totale movimenti di volo:	Numero
N. di velivoli civili grandi giorno:	Numero
N. di velivoli civili grandi notte 1:	Numero
N. di velivoli civili grandi notte 2:	Numero
N. di velivoli civili grandi notte 3:	Numero
N. di aeromobili civili piccoli:	Numero
N. di elicotteri civili:	Numero
N. di aviogetti militari:	Numero
N. di velivoli militari a elica:	Numero
N. di elicotteri militari:	Numero
Tipo di calcolo:	CR, RIA, carico fonico approvato secondo l'art. 37a OIF, attività annua effettiva (calcolo di controllo), previsione
Orizzonte temporale del calcolo:	Anno
Data del calcolo:	Data
Autore del calcolo:	Nome (ufficio)
Programma utilizzato:	Nome, compresa la versione

5.2 Requisiti delle misurazioni

In linea di massima, la procedura va documentata in modo ricostruibile in base ai requisiti descritti al capitolo 4. Vanno inoltre tenuti presenti i seguenti punti.

Il luogo di misurazione e la disposizione dei microfoni vanno fissati e descritti in dettaglio mediante carte e fotografie. Piccoli spostamenti possono infatti tradursi in grandi differenze. In caso di presenza di riflessioni, devono essere descritti in modo dettagliato anche i dintorni.

La precisione della misurazione va indicata in dB almeno per i valori medi. Oltre alla deviazione standard (dispersione di singoli eventi) occorre tener conto anche dell'incertezza di possibili altri fattori o perlomeno menzionarla. Una base è offerta dalla guida internazionale relativa all'indicazione dell'intervallo d'incertezza delle misurazioni «GUM»^[21].

Oltre al numero di misurazioni valide occorre documentare anche il numero di misurazioni nulle e motivarne l'esclusione.

In caso di misurazioni accompagnate per il controllo di previsioni delle immissioni foniche (di breve durata, a differenza del monitoraggio a lungo termine) occorre prestare attenzione all'appartenenza alla rotta o al corridoio di volo e documentarlo nel rapporto. Occorre inoltre descrivere in modo plausibile e ricostruibile l'extrapolazione della media annua. In questo contesto va rilevato in generale che l'extrapolazione stessa non è stata verificata con la misurazione.

Requisiti secondo il cap. 4

Descrizione della posizione dei microfoni

Indicazioni sulla precisione della misurazione

Documentazione delle misurazioni nulle

Misurazioni accompagnate per il controllo dei calcoli delle immissioni foniche

> Allegato

A1 Breve descrizione dei principali approcci di modelli di Swiss Aircraft Noise Calculation Reference Frames (SANC-REF)

Qui di seguito sono riassunti i principali modelli e approcci di calcolo del livello di rumore del reticolo di riferimento: la fonte del rumore è descritta in base ai valori contenuti nella banca dati SANC-DB (cap. 3.2.1; ^[5]). Le immissioni sono determinate sottraendo dalle emissioni le riduzioni dovute alla propagazione:

Livello d'immissione = livello di emissione - riduzioni dovute alla propagazione:

$$L(r, \theta) = L(r_0, \theta) - 20 \cdot \log\left(\frac{r}{r_0}\right) - a(r, r_0) - b(r, \gamma) - h(r_1, r_2, \dots)$$

dove:

- r = distanza (emissione – immissione)
- θ = angolo tra l'asse di volo e la direzione di propagazione del suono
- $L(r, \theta)$ = livello d'immissione in dB
- r_0 = distanza (vicina) di misurazione delle emissioni
- $L(r_0, \theta)$ = livello di emissione in dB
- $a(r, r_0)$ = attenuazione dovuta all'aria sulla via di propagazione da r_0 a r in dB
- γ = angolo tra il suolo e la direzione di propagazione del suono
- $b(r, \gamma)$ = attenuazione dovuta al suolo alla distanza r e con l'angolo γ in dB
- $h(r_1, r_2, \dots)$ = attenuazione dovuta agli ostacoli alla distanza r_1, r_2, \dots in dB

Le condizioni di propagazione sono fissate come segue:

- > l'attenuazione dovuta all'aria $a(r, r_0)$ è calcolata secondo la norma ISO 9613-1^[9]. I valori per l'atmosfera sono i seguenti: pressione $p = 1013,25 \text{ mB}$, temperatura $T = 15^\circ \text{C}$, umidità relativa dell'aria $rh = 70\%$,
- > per l'attenuazione dovuta al suolo $b(r, \gamma)$ si applica la seguente equazione:

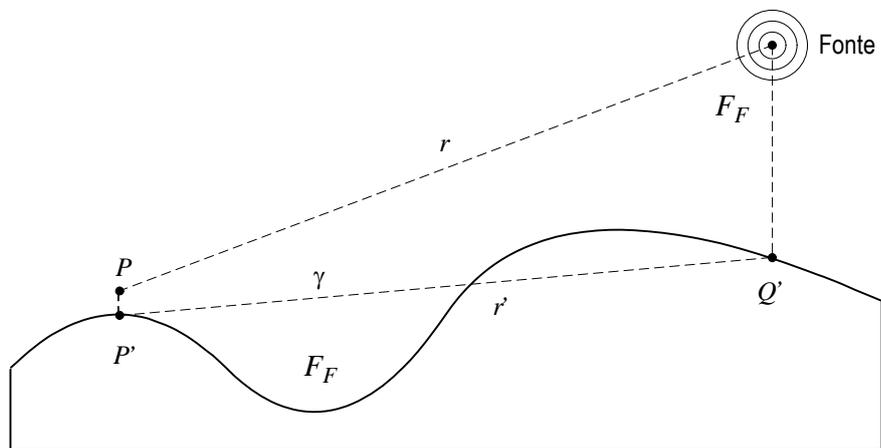
$$b(r, \gamma) = (10.1451 - 9.9e^{-0.00134r})(1 - 3.8637 \sin(\gamma)) \quad \gamma < 15^\circ$$

dove l'angolo di elevazione equivalente γ è definito come segue:

$$\gamma = \arcsin\left(\frac{2 \cdot F_F}{r \cdot r'}\right)$$

e la superficie libera F_F tra la fonte Q e il punto di ricezione P nonché le distanze r e r' sono fissati secondo il seguente profilo trasversale.

Fig. 4 > Superficie libera FF e distanze r, r' per il calcolo dell'attenuazione dovuta al suolo

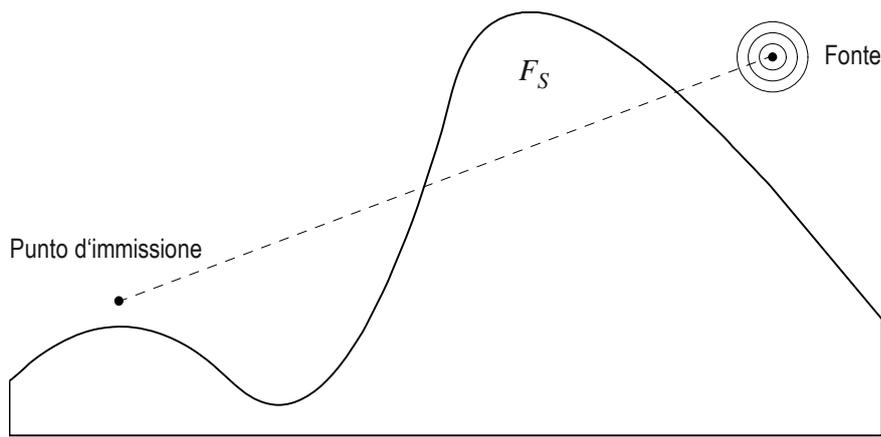


Infine, per l'attenuazione dovuta agli ostacoli $h(r_1, r_2, \dots)$ si ha:

$$h(r_1, r_2, \dots) = k_H \cdot F_s / k_H = 8.67 \text{ dB/ha (ha=ettari)}$$

dove F_s è la superficie sopra la linea di visuale tra la fonte Q e il punto di ricezione P secondo il seguente profilo trasversale:

Fig. 5 > Superficie F_s sopra la linea di visuale nel calcolo dell'attenuazione dovuta agli ostacoli h



Altre indicazioni figurano nella documentazione ^[8] o nella letteratura ^[1] e ^[11].

> Bibliografia

- [1] Bütikofer R., Eggenschwiler K. 2004: Empa, Abt. Akustik. Übersicht über Fluglärmrechnungsverfahren. Bericht Nr. 433 411 - 1.
- [2] ECAC European civil aviation conference 2005: Doc 29; Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports; Volume 2: Technical Guide. 3rd Edition.
- [3] Krebs W., Thomann G., Bütikofer R. 2010: Empa, Abt. Akustik. FLULA 2; Ein Verfahren zur Berechnung und Darstellung der Fluglärmbelastung; Technische Programm-Dokumentation. Version 4.
- [4] Schäffer B., Bütikofer R., Plüss S., Thomann G. 2011: Aircraft noise: accounting of changes in air traffic with time of day. Journal of the acoustical society of America. Bd. 129(1), 185–199.
- [5] Krebs W., Empa, Abt. Akustik; Lobsiger E., Lobsiger Consulting. Swiss Aircraft Noise Database, Technische Dokumentation.
- [6] ICAO International civil aviation organization 2008: Doc 9911 Recommended method for computing noise contours around airports.
- [7] Krebs W., Empa, Abt. Akustik; Lobsiger E., Lobsiger Consulting. SANCTE Swiss Aircraft Noise Calculation Test Environment; Technische Dokumentation zur standardisierten Testumgebung für Fluglärmrechnungsprogramme.
- [8] Lobsiger E. 2007: Ansätze für Bodendämpfung und Geländeabschattung bei Fluglärmrechnungen. Version 1.0.
- [9] ISO International Organization for Standardization. 9613-1 Calculation of the absorption of sound by the atmosphere. 1993.
- [10] ISO 9613-2 Attenuation of sound during propagation outdoors, part 2: General method of calculation. 1996.
- [11] Lobsiger E. 2005. IMMPAC, ein Verfahren und Programm zur Berechnung und Darstellung von Fluglärmmissionen. Version 1.0.
- [12] Thomann G. 2007: Mess- und Berechnungsunsicherheit von Fluglärmbelastungen und ihre Konsequenzen. Zürich: Diss. ETH Nr. 17 433.
- [13] Bundesministerium des Innern 2008: Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen an zivilen und militärischen Flugplätzen nach dem Gesetz gegen den Fluglärm vom 30 März 1971.
- [14] SAE international 1986: SAE AIR 1845, Procedure for the Calculation of Aircraft Noise in the Vicinity of Airports.
- [15] Binder U. 2008: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik. Untersuchung des Einflusses realer atmosphärischer Bedingungen auf die Ausbreitung von Fluglärm. Göttingen: DLR, 2008. ISRN DLR-FB-2008–18.
- [16] Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften 2002: Richtlinie 2002/49/EG. Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm. Brüssel: s.n. www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/rl_umgebungsl_aerm.pdf
- [17] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. DIN 45684-2, 2007: Ermittlung von Fluggeräuschmissionen an Landeplätzen; Teil 2: Bestimmung akustischer und flugbetrieblicher Kenngrößen.
- [18] DIN 45643 Messung und Beurteilung von Fluggeräuschen 2011.
- [19] ISO; International Organization for Standardization 2007: ISO 1996–2, Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 2: Determination of environmental noise levels.
- [20] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. DIN ISO 20906, 2009: Akustik – Unbeaufsichtigte Überwachung von Flugzeugschall in der Umgebung von Flughäfen.
- [21] Annex 16 to the convention on international civil aviation 2008: International standards and recommended practices, Volume 1: Aircraft noise. ICAO International civil aviation organization.
- [22] JCGM, joint committee for guides in metrology 2008: Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement.

> Elenchi

Abbreviazioni

APU

Auxiliary Power Unit (gruppo ausiliario di potenza per il traffico dei velivoli a terra)

AzB

Guida al calcolo di intervalli contro l'inquinamento fonico su aerodromi civili e militari del Ministero tedesco dell'interno

CEL

Curva d'esposizione limite (cfr. cap. 5.1)

CR

Catasto dei rumori secondo l'OIF

DOC 29R

Guida dell'ECAC per il calcolo del rumore del traffico aereo

DOC 9911

Guida dell'ICAO per il calcolo del rumore del traffico aereo

ECAC

European Civil Aviation Conference

GIS

Sistema d'informazione geografica

ICAO

International Civil Aviation Organization

INM

Integrated Noise Model

L_{AE}

Livello di pressione sonora per singolo fenomeno in dB(A) (secondo la norma ISO 1996-1)

L_{Amax}

Livello massimo di pressione sonora ponderata A

Leq

Livello energetico medio o livello sonoro continuo equivalente in dB(A)

L̄_{max}

Livello medio di L_{Amax} di passaggi di elicotteri secondo l'allegato 5 OIF

LPAmb

Legge federale del 7 ottobre 1983 sulla protezione dell'ambiente

Lr

Livello di valutazione secondo l'OIF

NMPlot

Software SIG *open source* (www.wasmerconsulting.com/nmplot.htm)

OIF

Ordinanza del 15 dicembre 1986 contro l'inquinamento fonico

SAE

Society of Automotive Engineers

SANC-DB

Swiss Aircraft Noise Calculation – Database; banca dati di SANC-tools

SANC-RF

Swiss Aircraft Noise Calculation – Reference Frame; quadro di riferimento di SANC-Tools

SANC-TE

Swiss Aircraft Noise Calculation – Test Environment; ambiente di test di SANC-Tools

SANC-Tools

Swiss Aircraft Noise Calculation – Tools; raccolta di strumenti per la verifica dei programmi di calcolo del rumore del traffico aereo

VA

Valore d'allarme secondo la LPAmb e l'OIF

VLI

Valore limite d'immissione secondo la LPAmb e l'OIF

VP

Valore di pianificazione secondo la LPAmb e l'OIF

Figure

Fig. 1 Esempio di record per lo stato di volo «Takeoff Standard Power» delle emissioni di un velivolo nella banca dati SANC-DB	19
Fig. 2 Illustrazione del parametro di asimmetria della descrizione della fonte di rumore in SANC-DB	20
Fig. 3 Estratto di un calcolo del rumore nell'ambiente di test SANC-TE AIRFIELD e confronto con le condizioni di riferimento di $\pm 0,5$ dB	22
Fig. 4 Superficie libera FF e distanze r , r' per il calcolo γ dell'attenuazione dovuta al suolo	33
Fig. 5 Superficie F_s sopra la linea di visuale nel calcolo dell'attenuazione dovuta agli ostacoli h	33

Tabelle

Tab. 1 Distribuzione dei movimenti e distanza dei corridoi laterali dalla rotta di volo centrale	13
Tab. 2 Dati del produttore del programma sullo stato della tecnica e sulle disposizioni dell'OIF (autodichiarazione) per la raccomandazione da parte dell'UFAM	21
Tab. 3 Criteri di conformità per la raccomandazione di programmi per il rumore del traffico aereo mediante l'ambiente di test SANC-TE e condizioni di riferimento SANC-REF	22
Tab. 4 Descrizione del file	30