



# Kvalitetssäkring av flygbullerberäkningar

Underlag för en enhetlig tillämpning



Dokumentet är en reviderad version av det kvalitetssäkringsdokument som fastställdes 2011-10-31 av Transportstyrelsen, Försvarsmakten och Naturvårdsverket.

Revideringen har initierats av Nationella bullersamordningen.

## Förord

Detta kvalitetssäkringsdokument har som syfte att skapa enhetlig tillämpning av flygbullerberäkningar och är avsett som vägledning av flygbullerberäkningar i Sverige.

Med flygbullerberäkningar avses akustiska beräkningar utförda med en datoriserad modell av verkligheten som omfattar beräkning från källa (luftfartyg) till mottagare (punkt på marken) och avser luftfartygs bidrag till buller från start på rullbanan till och med landning på rullbanan är genomförd. ECAC Doc 29 är en vägledning hur bullerkonturer runt flygplatser bör genomföras enligt detta.

ECAC Doc 29 utgör förutsättningar för flygbullerberäkningar i Sverige ifråga om aspekter som inte ändrats eller tolkats i kvalitetssäkringsdokumentet. I vissa fall innehåller kvalitetssäkringsdokumentet eller ECAC Doc 29 möjlighet för utföraren att välja tillämpning. I dessa fall ska utföraren tydligt redovisa vilken tillämpning som valts och tydligt motivera anledningen till eventuella avsteg.

Grundprincipen är att ECAC Doc 29 används för flygbullerberäkningar i Sverige. I detta kvalitetssäkringsdokument redovisas kompletteringar, ändringar och tolkningar av ECAC Doc 29. Rutiner för enhetlig tillämpning av specifikation, genomförande och presentation av flygbullerberäkningar i Sverige utgörs av ECAC Doc 29 i kombination med detta kvalitetssäkringsdokument.

Kvalitetssäkringsdokumentet är i första hand avsett för att användas för beräkningar som underlag för miljöprovningar av flygplatser samt bebyggelseplanering kring flygplatser samt i löpande tillsynsverksamhet. En stor fördel med enhetlig tillämpning är rättssäkerhet vid provning. Det bör noteras att buller från ljudkällor på marken, det vill säga taxning, APU (Auxiliary Power Unit, en hjälpmotor i flygplanet) och motortestning, *inte* ingår i beräkningarna för flygbuller.

Dokumentet är också användbart som information till intressenter av flygbuller (till exempel tillsynsmyndigheter, kommuner, verksamhetsutövare, flygbolag, boende kring flygplatser etcetera.).

Kvalitetssäkringsdokumentet är en reviderad version av tidigare metod som fastställdes 2011-10-31 av Transportstyrelsen Försvarsmakten och Naturvårdsverket. Då liksom nu följer kvalitetssäkringsdokument dispositionen i ECAC (European Civil Aviation Conference) Doc 29 och kvalitetssäkringsdokumentet ska inte användas självständigt.

Revideringen har utförts i en arbetsgrupp ledd av Trafikverket bestående av Transportstyrelsen och Naturvårdsverket, med stöd av tekniska rådgivare från Swedavia och Tyréns. Nationella bullersamordningens styrgrupp beslutade att ställa sig bakom dokumentet 2024-01-26. I Nationella bullersamordningens styrgrupp ingår Naturvårdsverket, Boverket, Folkhälsomyndigheten, Länsstyrelserna, Transportstyrelsen och Trafikverket.

Revideringen av kvalitetssäkringsdokumentet avser i första hand följa en uppdatering av ECAC Doc 29 3<sup>rd</sup> Edition till ECAC Doc 29 4<sup>th</sup> Edition men omfattar även andra förtydliganden. En av de stora förändringar i ECAC Doc 29 4<sup>th</sup> Edition är en ny tillkommande modell för atmosfärsdämpning SAE ARP 5534.

---

### **Exempel faktaruta**

Där arbetsgruppen anser att det finns ett behov av förtydligande har en faktaruta lagts till.

---

Den kompletterande vägledningen i Kvalitetssäkringsdokumentet innehåller ibland färre alternativa utföranden än i ECAC Doc 29. Detta för att bland annat uppfylla önskemål om reproducerbarhet. Reproducerbarhet förutsätter att beräkningar dokumenteras på ett erforderligt sätt. Se bilaga 2. Om avsteg från Kvalitetssäkringsdokumentet görs bör detta dokumenteras tillsammans med en motivering.

# Förklaring av terminologi och symboler

KSD = Kvalitetssäkringsdokument för flygbullerberäkningar

ECAC Doc 29 = ECAC Doc 29 4<sup>th</sup> edition

FBN =  $L_{DEN}$

Dag-kväll-natt-nivån  $L_{DEN}$  i decibel (dB) definieras av följande formel:

$$L_{DEN} = 10 \lg \frac{1}{24} \left[ 12 \times 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_{evening+5}}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{night+10}}{10}} \right]$$

där

—  $L_{DAY}$  är den A-vägda ekvivalenta kontinuerliga ljudtrycksnivån enligt definition i ISO 1996-2: 1987, fastställd över ett års samtliga dagsperioder,

—  $L_{EVENING}$  är den A-vägda ekvivalenta kontinuerliga ljudtrycksnivån enligt definition i ISO 1996-2: 1987, fastställd över ett års samtliga kvällsperioder,

—  $L_{NIGHT}$  är den A-vägda ekvivalenta kontinuerliga ljudtrycksnivån enligt definition i ISO 1996-2: 1987, fastställd över ett års samtliga nattperioder, där

— dagen har 12 timmar, kvällen 4 timmar och natten 8 timmar;

— tidsintervallen har i Sverige fastställts till kl. 06.00–18.00, 18.00–22.00 och 22.00–06.00 lokal tid.

Denna definition är i grunden hämtad från Direktivet om omgivningsbuller 2002/49/EG, som har implementerats i svensk lagstiftning i förordning (2004:675) om omgivningsbuller.

$L_{night}$  benämns i ECAC Doc 29 som  $L_{NIGHT}$

$L_{Amax}$  = A-vägd maximal ljudnivå och är som grundläggande begrepp definierad som den högst noterade ljudnivån under en passage från en viss flygning. Maximal ljudnivå används också för att beskriva den högsta bullerhändelse som anses vara regelbundet förekommande och visas då som ljudnivå relaterat till antalet gånger denna överskrids i en punkt eller såsom en ljudnivåkontur. Maximal ljudnivå anges i dBA eller dB(A).

Maximal ljudnivå = användning av högsta ljudnivå som index. Antalet gånger en viss maximal ljudnivå inträffar måste vägas in i beskrivningen av bullersituationen. Den maximala ljudnivån är en redovisning av den N:te högsta (N står för antalet gånger) maximala ljudnivån orsakad av flera flygplanstyper på olika flygvägar med olika profiler. Vanlig engelsk benämning NAT (Number above threshold: the average numbers of events exceeding a specified critical level during specific time periods)

SEL = A-vägd ekvivalent ljudnivå med referenstid på 1 sekund, det vill säga ljudenergin under hela bullerhändelsen komprimerad till 1 sekund. Beskriven till exempel i ISO 1996 [ref.2]<sup>1</sup>

ANP <sup>2</sup>= Aircraft Noise and Performance database, den internationella databasen för buller och prestandadata från flygplanstyper att användas för beräkning av bullerkonturer runt flygplatser. Databasen tillhandahålls av EASA. Med prestandadata avses höjd, gaspådrag och hastighet utmed flygsträckan. Med buller avses NPD-data.

NPD = Noise-Power-Distance samband, alltså samband mellan avstånd, gaspådrag och ljudnivå inklusive SEL och L<sub>MAX</sub>.

SOU = Statens offentliga utredningar

SAE = Society of Automotive Engineers

SAE AIR 1845 *Society of Automotive Engineers: Procedure for the Calculation of Aircraft Noise in the Vicinity of Airports. SAE AIR-1845 (1986)*

SAE ARP 5534 *Society of Automotive Engineers: Aerospace Recommended Practice, Application of pure-tone atmospheric absorption losses to one-third octave-band level. SAE-ARP-5534 (2013).*

Enhetsväder = innebär enhetliga väderinställningar för alla flygplatser i Sverige

För övriga definitioner hänvisas till ECAC Doc 29 samt Nationella bullersamordningen.

---

<sup>1</sup> International Organization for Standardization: Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures. ISO 1996-1 (2001).

<sup>2</sup> Databasen kräver godkännande av användarvillkor. En äldre ANP-databas (ANP Legacy data) finns också tillhandahållen av EASA.

# Innehåll

<b>Förklaring av terminologi och symboler .....</b>	<b>5</b>
<b>Volym 1 Tillämpning av beräkningsmetoden.....</b>	<b>11</b>
Del I      Introduktion .....	11
<b>1 Vägledningens syfte.....</b>	<b>12</b>
<b>2 Dokumentets disposition.....</b>	<b>14</b>
DEL II      Problembeskrivning.....	14
<b>3 Att definiera bullerexponering i relation till effekt .....</b>	<b>15</b>
3.1 Påverkan av buller.....	15
3.2 Bullermått, -nivåer och index .....	15
3.3 Bullermätning .....	15
<b>4 Flygplats med flygoperationer och buller.....</b>	<b>16</b>
4.1 Allmänt .....	16
4.2 Flygledningssystemets styrande förutsättningar .....	16
4.3 Utflygninsprocedurer .....	16
4.4 Reducerat eller flexibelt motorpådrag vid start.....	16
4.5 Bullerreducerande startprocedurer .....	16
4.6 Inflygningsprocedurer .....	16
4.7 Andra faktorer.....	16
4.8 Definition av flygvägar .....	16
<b>5 Tillämpning .....</b>	<b>18</b>
5.1 Tillämpning A1: Tidigare eller nuvarande flygbullerpåverkan .....	18
5.2 Tillämpning A2: Prognosticerad flygbullerpåverkan .....	18
5.3 Tillämpning B1: Jämförande flygbullerpåverkan, nuvarande/ framtida trafikfall .....	19
5.4 Tillämpning B2: Jämförande flygbullerpåverkan, olika framtida trafikfall .....	19
5.5 Jämförande beräkningar med tidigare metod.....	20
<b>6 Bullerberäkningssystemets delar .....</b>	<b>21</b>
6.1 Generell struktur .....	21

6.2 Bullerdata .....	21
6.3 Flygplansdata .....	21
6.4 Flygplansgruppering, tilldelning av data samt substitutionsmetod.....	21
<b>7 Beräkningsförutsättning .....</b>	<b>24</b>
7.1 Allmänna synpunkter på beräkningsförutsättningar .....	24
7.2 Data avseende flygplatsen .....	24
7.3 Grundläggande data avseende flygoperationer .....	24
7.4 Flygvägsdata .....	24
7.5 Scenariobeskrivningar; tekniska överväganden.....	25
7.6 Beskrivning av modellering av laterala flygvägar för beräkning.....	25
<b>8 Den av ECAC rekommenderade metoden .....</b>	<b>27</b>
<b>9 Den enhetliga tillämpningens olika delar .....</b>	<b>28</b>
9.1 Krav.....	28
9.2 Kvalitetskontroll och kvalitetssäkring.....	28
9.3 Slut användarens behov .....	28
9.4 Kriterier för utförande av bullerberäkningar.....	28
9.5 Faktorer som påverkar utförandet av bullerberäkningar.....	28
9.6 Praktiska rekommendationer .....	28
9.7 Appendix volym 1 ECAC Doc 29 .....	29
<b>Volym 2 Teknisk vägledning .....</b>	<b>30</b>
<b>1 Introduktion .....</b>	<b>31</b>
1.1 Dokumentets syfte och mål .....	31
1.2 Dokumentets innehåll .....	31
<b>2 Sammanfattning och tillämpning av metoden.....</b>	<b>33</b>
2.1 Segmenteringsprincipen .....	33
2.2 Flygväg och flygprofil .....	33
2.3 Flygbuller och prestanda .....	33
2.4 Flygplats och flygoperationer .....	33
2.5 Referensförhållanden .....	34
<b>3 Beskrivning av flygväg och flygprofil .....</b>	<b>35</b>
3.1 Relationen mellan flygprofil och flygplanets konfiguration.....	35



3.2	Inhämtning av flygvägs- och flygprofildata .....	35
3.3	Koordinatsystem.....	35
3.4	Flygvägar.....	35
3.5	Flygprofiler.....	35
3.6	Segmentering av flygvägen .....	38
<b>4</b>	<b>Beräkning av enskild bullerhändelse.....</b>	<b>39</b>
4.1	Bullerhändelsens beståndsdelar.....	39
4.2	Beräkning av bullernivå från NPD-data.....	39
4.3	Allmänna uttryck.....	39
4.4	Definition av flygvägssegmentet .....	39
4.5	Korrektionsfaktorer för segmentet.....	39
<b>5</b>	<b>Beräkning av sammansatta ljudnivåer .....</b>	<b>40</b>
5.1	Viktning av ljudnivåer.....	40
5.2	Dygnsviktade flyghändelser .....	40
5.3	Beräkning av maximalnivåbaserade index.....	40
5.4	Ljudnivådistribution i maximalnivåbaserade index .....	40
<b>6</b>	<b>Beräkning av bullerfigurer .....</b>	<b>41</b>
6.1	Standardrutnät och justeringar.....	41
6.2	Användning av vridna rutnät .....	41
6.3	Konstruktion av bullerkonturer .....	41
6.4	Efterbearbetning.....	41
6.5	Appendix Volym 2 ECAC Doc 29.....	42
	<b>Referenser .....</b>	<b>43</b>
	<b>Bilaga 1 Deltagare i arbetsgrupp.....</b>	<b>44</b>
	<b>Bilaga 2 Dokumentation av beräkning.....</b>	<b>45</b>
	<b>Bilaga 3 Exempel på flygplansgruppering med vägledning om substituering .....</b>	<b>47</b>
	<b>Bilaga 4 Beräkning av antal gånger en viss maximal ljudnivå överskrids .....</b>	<b>50</b>

**Bilaga 5 Meteorologins inverkan..... 55**

**Bilaga 6 Beskrivning av konsekvenser och överväganden . 57**

**Volym 1**

**Tillämpning av  
beräkningsmetoden**

**Del I**

**Introduktion**

# 1 Vägledningens syfte

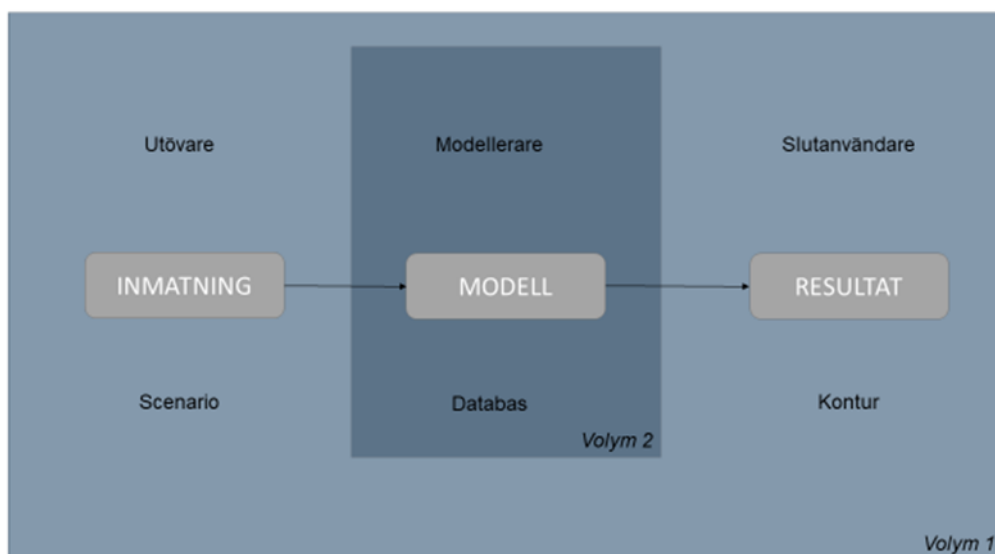
Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 1 Scope of guidance

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

ECAC Doc 29 avser standardmetod för beräkning av bullerkonturer runt civila flygplatser och är framtagen som internationell vägledning. ECAC Doc 29 är kompatibel med ICAO Doc 9911, samt EU Direktiv 2002/49/EG som har implementerats i svensk lagstiftning i förordning (2004:675) om omgivningsbuller.

ECAC Doc 29 består av tre volymer. Volym 1 och 2 beskriver hela processen för att producera flygbullerkonturer. Volym 1 utgör en sammanfattning av hela beräkningsprocessen och vänder sig till användare som inte behöver förstå beräkningsprocessen i detalj, men som behöver en god förståelse för principer och förekommande problem, samt de krav som behövs för att få de resultat som möter tillämpningen. Volym 2 avser en detaljerad teoretisk beräkningsmodell och riktar sig främst till utvecklare av beräkningsverktyg.

## Processbild flygbullerberäkningar



Figur 1 Svensk översättning av figur 1-1 i ECAC Doc 29 4th Ed.

Volym 3 del 1 riktar sig till utvecklare av implementering av beräkningsmodellen beskriven i volym 2 och avser verifikation och validering med referensfall för att nå komparabilitet med ECAC Doc 29. Volym 3 ingår inte som en del i detta kvalitetssäkringsdokument. Del 2 är planerad för att i framtiden utgöra vägledning för utförare som behöver justera modellen med hänsyn till ljudmätningar.

### **Om militär flygverksamhet och helikoptertrafik på flygplatser**

Kvalitetssäkringsdokumentet gäller för flygbuller från civil luftfart, men kan också användas för beräkning av militär flygverksamhet i tillämpliga delar, vilket delvis är en utökad tillämpning jämfört med ECAC Doc 29. I det fallet måste indata gällande militärflyg beställas från Försvarmakten, och endast användas i specifikt projekt (sekretessavtal krävs med giltighetstid för data).

För beräkning av bullerkonturer kring svenska flygplatser med ett trafikfall innehållandes helikoptertrafik gäller att ECAC Doc 29 kan användas i Sverige, under förutsättning att helikoptertrafiken är av sådan karaktär att det inte ger ett bullerbidrag i storleksordningen >1 dB för FBN till den sammanlagda bullerkonturen.

Buller och prestandadata för berörda helikoptrar ska så långt som möjligt användas. Flygvägar för helikoptertrafik ska så långt som det är möjligt användas. För verksamheter med enbart helikoptertrafik det vill säga helikopterflygplats, rekommenderas det att beräkning görs enligt annan metod till exempel HNM<sup>3</sup> eller NORAH<sup>4</sup>.

---

---

<sup>3</sup> Heliport Noise Model. Finns i AEDT

<sup>4</sup> Noise of Rotorcraft Assesed by Hemispheres. För mer information se <https://www.easa.europa.eu/en> (European Union Aviation Safety Agency)

## **2 Dokumentets disposition**

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 2 User needs: How this guidance is arranged

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

### **DEL II Problembeskrivning**

## 3 Att definiera bullerexponering i relation till effekt

### 3.1 Påverkan av buller

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 3.1 Noise effects.

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

### 3.2 Bullermått, -nivåer och index

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 3.2 Noise scales and levels, metrics and indices.

Vid en flygplats kan många olika flygplanstyper förekomma. Dessa flyger på olika flygvägar, på olika höjder och med olika motorpådrag under olika meteorologiska förhållanden.

I varje punkt kring flygplatsen är den verkliga eller prognostiserade bullersituationen komplex. Bullret i den enskilda beräkningspunkten på kartan behöver dock beskrivas med ett siffervärde för att bullerredovisningen på en karta över huvud taget ska vara ändamålsenlig. Flygbuller redovisas vanligtvis som ISO linjer på en karta, där resultatet från beräkningspunkterna binds ihop med hjälp av interpolation.

En redovisning av den komplexa bullersituationen i en beräkningspunkt med ett siffervärde görs med ett index-värde. I Sverige används två index-system, FBN (dygnsviktat årsmedelvärde på bullret) och maximal ljudnivå (redovisning av den N:te högsta ljudnivån under en årsmedeldag/kväll eller natt, NAT). Som underlag för de två indexen FBN och maximal ljudnivå används olika bullermått, SEL respektive maximal ljudnivå ( $L_{Amax}$  med SLOW respons). Redovisningen av maximal ljudnivå som förekommer ett antal gånger per en viss tidsperiod (NAT) är mer komplex än det relativt enkla FBN-måttet.

### 3.3 Bullermätning

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 3.3 Noise measurement & monitoring

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

Kvalitetssäkringsdokumentet omfattar inte flygbullermätningar.

# 4 Flygplats med flygoperationer och buller

## 4.1 Allmänt

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 4.1 General

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## 4.2 Flygledningssystemets styrande förutsättningar

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 4.2 Air traffic control (ATC) constraints

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## 4.3 Utflygningsprocedurer

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 4.3 Departure procedures

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## 4.4 Reducerat eller flexibelt motorpådrag vid start

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 4.4 Reduced or flexible take-off thrust

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## 4.5 Bullerreducerande startprocedurer

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 4.5 Noise abatement operating procedures for departures

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## 4.6 Inflygningsprocedurer

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 4.6 Arrival procedures

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## 4.7 Andra faktorer

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 4.7 Other factors

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## 4.8 Definition av flygvägar

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 4.8 Flight path definition



ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

# 5 Tillämpning

I ECAC Doc 29 tillämpas följande gruppering för konsekvensbedömning av buller:

**Tabell 1 Gruppering**

Typ av konsekvensbedömning		
Absolut (A)	A1: Nuvarande*	A2: Framtid
Jämförande (B)	B1: Nuvarande* kontra framtid	B2: Framtid kontra framtid

\*eller tidigare

## 5.1 Tillämpning A1: Tidigare eller nuvarande flygbullerpåverkan

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 5.1 Application A1: Absolute impact / past or present

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

---

### Om tillämpning A1

Vid beräkning av en historisk bullersituation kan bullerredovisningen i princip göras hur noggrann som helst. Ju större noggrannhet ifråga om "kritiska" indata desto mer exakt kommer resultatet att bli. Resultatet kan jämföras med utförda ljudmätningar, med beaktande av att även ljudmätningar innehåller osäkerheter, och är representativa för en begränsad tidsperiod.

---

## 5.2 Tillämpning A2: Prognosticerad flygbullerpåverkan

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 5.2 Application A2: Absolute impact / forecast scenario

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

---

### Om tillämpning A2

Till skillnad från tillämpning A1 finns inte exakta data att tillgå i denna tillämpning eftersom det avser en framtida situation. Beställaren vill ha ett framtidsscenario illustrerat, men kan vanligtvis inte i detalj specificera vilka flygplanstyper/bullerdata som kan komma att trafikera flygplatsen. Ett exempel på tillämpningsområde är underlag för fysisk planering. Lämpligt förfarande är att följa detta dokument, men beroende på situationen kan vid behov göras en känslighetsanalys av de parametrar som kan ha stor betydelse för utfallet, oftast val av representativa flygplanstyper i en framtid.

---

## 5.3 Tillämpning B1: Jämförande flygbullerpåverkan, nuvarande/ framtida trafikfall

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 5.3 Application B1: Comparative impact / past v. present/future

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagna.

---

### Om tillämpning B1

Ett exempel på denna typ av beräkning är då en flygplats ska ansöka om ett nytt miljötillstånd enligt Miljöbalken. Då redovisas hur bullersituationen ser ut idag och hur den förväntas bli i en framtid, med den tidshorisont som tillståndet ska avse. I detta fall finns mycket exakta data för dagens bullerexponering men denna kunskap finns inte om den framtida situationen. ECAC Doc 29 anger att när förändringen i sig är mer viktig än den absoluta ljudnivån så bör indata till beräkningen (gruppering av flygplanstyper, hantering av antal spridningsspår etcetera) vara uppbyggd på ett likartat sätt för att kunna jämföras.

Ett annat exempel på denna typ av beräkning är vid uppföljning av en flygplats tillstånd och villkor, exempelvis i den årliga miljörapporten. Det är då viktigt att man bibehåller samma beräkningsförutsättningar som i tillståndsberäkningen så långt det är möjligt. Utfallsberäkningen ska innehålla faktiskt flygtrafik fördelat på använda flygvägar och spridningsspår. Om utfallsberäkningen grupperas bör det göras på likartat sätt som tillståndsberäkningen.

---

## 5.4 Tillämpning B2: Jämförande flygbullerpåverkan, olika framtida trafikfall

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 5.4 Application B2: Comparative impact / different future scenarios

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagna.

---

### Om tillämpning B2

ECAC Doc 29 anger att fokus måste ligga på skillnaden mellan de olika framtida trafikfallen (till exempel ny navigeringsteknik som ger annorlunda lateral spridning, varianter av bananvändning etcetera). Indata måste anpassas/modifieras så att skillnaden kan beräknas. Utgångspunkten bör vara ANP och vid behov modifiering se vägledning i bilaga 4 i detta kvalitetssäkringsdokument.

Vid beräkning av exempelvis modifierande start- och landningsprocedurer (modifiering av ANP-data) ska det tydligt framgå hur anpassningen har gjorts, se bilaga 3 i detta kvalitetssäkringsdokument.

---

## 5.5 Jämförande beräkningar med tidigare metod

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 5.5 Policy constraints

Beräkningsmodeller och beräkningsverktyg för flygbuller utvecklas och förbättras kontinuerligt. När det handlar om jämförelser mellan beräkningsresultat måste de förutsättningar som inte varierar över tiden vara oförändrade. Detta kan både handla om beräkningsalgoritmer som ljudets spridning från källa till mottagare och NPD-data, men även om flygplansgruppering och flygvägsspridning.

Vid uppföljningsberäkningar är de förutsättningar som varierar, exempelvis nya flygplanstyper, ändrade flygvägar och förändrad trafikvolym sådana faktorer som ska illustreras av beräkningsresultatet.

Tekniska möjligheter att förbättra exempelvis beräkningsmetodens noggrannhet ska inte användas i de fall bullerberäkningen ska jämföras mot tidigare formel förutsatt bullerberäkning, exempelvis underlag till gällande tillståndsbeslut.

En uppföljningsberäkning ska som utgångspunkt göras med samma beräkningsmetod och om möjligt samma beräkningsverktyg samt med samma "fasta" förutsättningar som vid den referensberäkning som utgör underlag för den tidigare formella förutsättningen enligt Miljöbalken. Om detta inte är möjligt (exempelvis då beräkningsverktyget är så gammalt så att det inte finns datormiljöer där det fungerar) behöver såväl referensberäkningen som jämförelseberäkningen göras med samma beräkningsmetod. I sådana fall gäller kvalitetssäkringsförutsättningarna i detta dokument.

Ovanstående synsätt bekräftas av ECAC Doc 29 som drar slutsatsen: *"Comparative assessments do not ask primarily for absolute accuracy but for consistency".<sup>5</sup>*

---

<sup>5</sup> ECAC Doc 29 4th edition Vol 1 5.5 Policy constraints sid 34.

# 6 Bullerberäkningssystemets delar

## 6.1 Generell struktur

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 6.1 General structure

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## 6.2 Bullerdata

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 6.2 The noise engine

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## 6.3 Flygplansdata

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 6.3 Aircraft data

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## 6.4 Flygplansgruppering, tilldelning av data samt substitutionsmetod

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 6.4 Aircraft grouping and substitution

För substituering, se ECAC doc 29 vol 1; 6.4.4 ECAC Recommended substitution method

Flygplansgruppering används i de situationer bullerberäkningar ska göras för framtida trafikfall där man inte är säker på vilka flygplanstyper som kommer att bli aktuella. Det kan också behövas då jämförande beräkningar ska utföras (se ECAC Doc 29 volym 1, avsnitt 5.3–5.4). Gruppering av flygplanstyper i ECAC Doc 29 utgår i princip ifrån förutsättningen att SEL-data ska användas för medelvärdesbildning. De svenska tillämpningarna av bullerriktvärden innebär även att utbredningen av den maximala ljudnivån 70 dBA som förekommer ett visst fastställt antal gånger i genomsnitt under dag, kväll eller natt per år behöver redovisas.

En generell gruppering av flygplanstyper som underlag för såväl maximal ljudnivå som FBN redovisning bör ta avstamp från den detaljeringsnivån som krävs för redovisning av maximal ljudnivå eftersom den från bullerberäkningssynpunkt är mer komplex än FBN-redovisningen. För beräkningsoperatören är det därför viktigt att vara detaljerad i sitt val av representativa flygplanstyper som ger  $L_{Amax}$  kring exempelvis 70 dBA den  $N'$  te gången i en beräkningspunkt. Denna komplexitet beskrivs i Bilaga 5 Beräkning av maximal ljudnivå som index.

Grupperingen och fördelningen av flygplanstyper ska vara tydligt analyserad av uppdragsgivaren.

Substitution innebär att man ersätter en flygplanstyp där bullerdata saknas, med en så likvärdig ersättande flygplanstyp som möjligt där bullerdata finns. Vilken flygplansgruppering och substitution som används ska dokumenteras, se Bilaga 3 Dokumentation av beräkning. I Bilaga 4 Exempel på flygplangruppering finns vägledning.

Sammanfattning av arbetsgång:

1. Analysera den aktuella trafikmängden/prognosen med hänsyn till representativa NPD och prestandadata (flygplanstyper)
2. Bestäm antalet flygplantypsgupper
3. Analysera betydelsen av gruppering med hänsyn till framtida kontroll av maximal ljudnivå respektive FBN
4. Bestäm representativa bullerdata för varje grupp
5. Vid behov justera bullerdata med deltavärde grundat på bullercertifieringsvärde. Standardmetod för detta (se volym 1 kap 6.4.4.2) och som är implementerad i ANP substitution list. För starter justeras NPD-data med deltavärde baserat på medel mellan Flyover Level och Lateral Level-värdena och för landningar justeras NPD-data med deltavärde baserat på Approach-värdet.

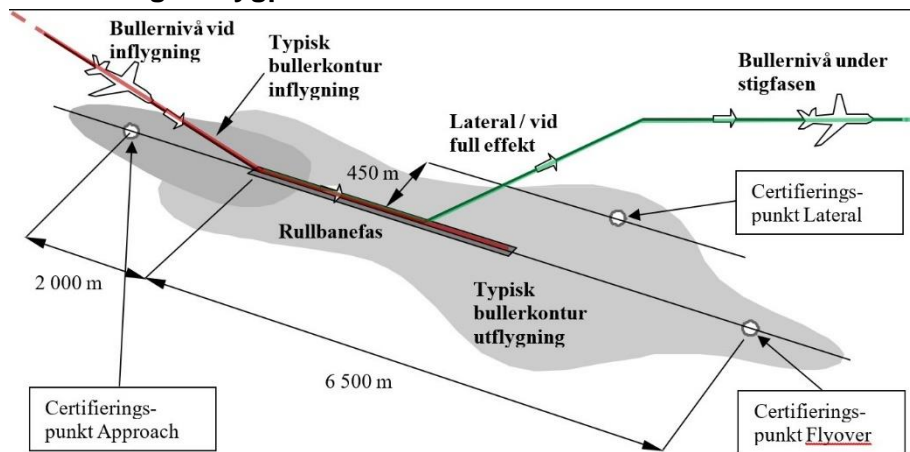
Figur 2 nedan visar de tre referenspunkterna som används vid certifiering av flygplan avseende buller.

Approach: En punkt som avser bullernivå vid slutlig inflygning (2 000 meter räknat från närmsta bantröskel)

Lateral: En punkt som avser bullernivån lateral / vid full effekt i samband med utflygning, 450 meter från banans sida där ljudnivån är som högst.

Flyover: En punkt som avser bullernivå under stigfasen, 6 500 meter från startbanans pådragspunkt.

## Certifiering av flygplan avseende buller



Figur 2 visar de tre referenspunkterna som används vid certifiering av flygplan (jetflygplan samt propellerflygplan över 8618 kg) avseende buller.

# 7 Beräkningsförutsättning

## 7.1 Allmänna synpunkter på beräkningsförutsättningar

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 7.1 General remarks on pre-processing

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## 7.2 Data avseende flygplatsen

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 7.2 Airport description data

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

Hänsyn till topografin ska alltid tas om höjdskillnaden är mer än 10 procent.

Se ECAC Doc 29, Vol 2, avsnitt 2.4.5.

## 7.3 Grundläggande data avseende flygoperationer

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 7.3 Basic data on operations

Detta avsnitt innehåller rekommendationer och förutsättningar för fördelning av flygrörelser på exempelvis olika rullbanor och redovisning av möjligheten att ta hänsyn till lokala luftdämpningsförhållanden på grund av lokal temperatur och fuktighet.

Ifråga om fördelning av flygrörelser gäller att bananvändning i första hand ska baseras på historisk bananvändning och i andra hand historisk vindstatistik. I övrigt gäller ECAC Doc 29 utan undantag.

Enhetsväder bör användas i Sverige och gäller för samtliga ingående modeller i Doc 29. Ingen annan justering för lokala meteorologiska förhållanden bör göras. Detta gäller både NPD- och prestandadata, se motivering och förklaring i Bilaga 5 Meteorologins inverkan. Justering av atmosfärisk dämpning bör göras med enhetsväder enligt SAE ARP 5534, se vol 2, kap 1.2 i kvalitetssäkringsdokumentet.

Flygplatsens faktiska plushöjd över havet ska användas vid beräkning, eftersom prestandadata påverkas av denna uppgift.

## 7.4 Flygvägsdata

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 7.4 Flight path data

I normalfallet för civil trafik ska inte indata från "Flight Data Recorder" (populärt kallad "svarta lådan") samt användning av anpassade procedurer beträffande gaspådrag, höjder etc., användas. Om avsteg görs ska detta dokumenteras, se Bilaga 2.

I övrigt gäller ECAC Doc 29 – ingen kompletterande tillämpning framtagen.



## 7.5 Scenariobeskrivningar; tekniska överväganden

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 7.5 Scenario data: some technical issues

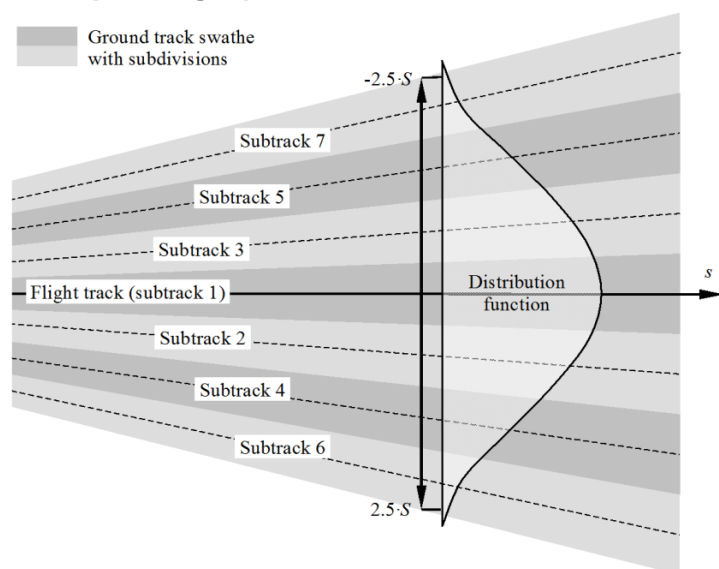
ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## 7.6 Beskrivning av modellering av laterala flygvägar för beräkning

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 7.6 Modelling of lateral ground track dispersion

Vid beräkning av flygbuller gäller generellt att flygvägar för beräkning vanligen beskrivs med hjälp av en statistisk modell, eller modellering av flygvägar från flygtrafik. Modelleringen sker lateralt för att begränsa mängden data som ska behandlas. Denna metod är vedertagen och ger generellt ett bra underlag för flygbullerberäkning. Statistiskt modellerade flygvägar innebär att flygtrafik på flygvägar inom ett begränsat lateralt spridningsområde ges en statistiskt representerad fördelning på ett antal laterala spridningsspår. Dessa spridningsspår representerar flygtrafiken för en flygväg med ett spridningsområde i flygbullerberäkningen. I praktiken används ett antal tvärsnitt längs med det begränsade spridningsområdet, där respektive flygspår (radarspår) statistiskt analyseras för respektive delspridningsområde. Antalet spridningsspår inom ett spridningsområde som behövs för att statistiskt representera trafiken för den spridningsmodell som valts kan variera, men är typiskt 5 – 7 för en normalfördelning, se illustrativ figur 3 nedan.

### Laterala spridningsspår



**Figur 3 Illustration av ett lateralt tvärsnitt av statistiskt modellerade flygvägar för beräkning. Trafiken längs med flygvägen fördelas på spridningsspår enligt antagande om normalfördelning. (Källa: ECAC Doc 29 4th Ed, 2016)**

Underlag för flygvägsspridning ska hämtas från

1. radardata som statistiskt analyserats i ett antal laterala tvärsnitt längs med flygvägen över ett spridningsområde. Flygvägarna modelleras enligt en statistisk normalfördelning för respektive spridningsspår, enligt ECAC Doc 29 Vol 2 avsnitt 3.4.2 och/eller Vol 2 appendix C samt

2. flygvägsredovisning enligt AIP kompletterad med spridning enligt normalfördelning, om radardata saknas.

Om en noggrannare analys av vissa flygbolags operativa procedurer behövs på grund av att flygvägen skiljer sig markant från övriga flygplan på samma flygväg, och skulle ge ett signifikant annorlunda resultat än om alternativet 1 ovan används, så kan det vara lämpligt att använda radardata för respektive flygplanstyp som underlag för den laterala flygvägsspridningen. Motsvarande förfaringssätt kan tillämpas för flygvägsspridning under olika delar av dygnet om en noggrann analys erfordras.

I samtliga fall ovan, ska utföraren dokumentera använd spridningsmodell, antal spår och utbredning på spridningsområdet.

---

### **Om lateral spridning**

Flygrörelser har alltid ett visst mått av spridning i sidled, så kallad *lateral spridning*, spårspredning. Hur stor denna är beror bland annat av navigeringshjälpmedel och väderförhållanden.

---

## **8 Den av ECAC rekommenderade metoden**

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## **9 Den enhetliga tillämpningens olika delar**

### **9.1 Krav**

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 9.1 Requirements

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

### **9.2 Kvalitetskontroll och kvalitetssäkring**

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 9.2 Quality control and validation

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

### **9.3 Slutanvändarens behov**

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 9.3 End-User needs

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

### **9.4 Kriterier för utförande av bullerberäkningar**

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 9.4 Performance criteria

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

Se Bilaga 2 vad som bör finnas med för dokumentation av flygbullerberäkning.

### **9.5 Faktorer som påverkar utförandet av bullerberäkningar**

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 9.5 Factors influencing performance

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

### **9.6 Praktiska rekommendationer**

Ref: ECAC Doc 29, vol 1; 9.6 Practical recommendations

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## 9.7 Appendix volym 1 ECAC Doc 29

Tabell 2 Visar en översikt av förändringar gjorda i appendix för Volym 1 till ECAC Doc 29 från tidigare 3rd edition till nuvarande 4th edition.

Rubrik	Innehåll	Förändring från 3:e till 4:e Ed.
APPENDIX A	Noise cause-and-effect relationships	Nya kapitel
APPENDIX B	Aircraft not covered explicitly by this guidance	Uppdaterad med skrivelser kring militärt flyg samt helikopterflyg
APPENDIX C	Examples of current aircraft noise modelling in ECAC member states	Oförändrad
APPENDIX D	Acquisition of aircraft operations data	Oförändrad

# **Volym 2      Teknisk vägledning**

# 1 Introduktion

## 1.1 Dokumentets syfte och mål

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 1.1 Aim and scope of document

I Sverige ska detta dokument användas både för flygbullerberäkning av FBN och maximal ljudnivå – se vidare Vol 1, avsnitt 3.2. i detta kvalitetssäkringsdokument. Det bör noteras att ECAC Doc 29 endast är avsett för långtidsmedelvärden (FBN och maximal ljudnivå) se kapitel 5 i ECAC Doc 29 volym 2. Maximal ljudnivå beräknas för helt trafikfall under ett år där antal överskridanden specificeras, Se bilaga 4 Beräkning av antal gånger en viss maximal ljudnivå överskrids.

Buller från taxning, motortestning och APU (hjälpmotor som används vid uppställning av flygplan) ingår ej i flygbullerberäkning.

I Sverige gäller ECAC Doc 29 utan undantag.

---

### Om FBN och Maximal ljudnivå

FBN bör beräknas för helt trafikfall över ett år och avser ett årsmedeldygn. Maximal ljudnivå beräknas för helt trafikfall under ett år där antal överskridanden specificeras, Se bilaga 4 Beräkning av antal gånger en viss maximal ljudnivå överskrids (NAT).

I ECAC Document 29 understryks att syftet med denna metod inte är beräkning av en enstaka bullerhändelse, eftersom noggrannheten då inte anses bli tillräcklig god.

---

## 1.2 Dokumentets innehåll

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 1.2 Outline of the document

För flygbullerberäkningar i Sverige rekommenderas SAE ARP 5534 modellen att användas för justering av atmosfärisk dämpning, och väderinställningar bör vara enhetliga. Svenskt enhetsväder definieras enligt följande:

- Atmosfärisk lufttemperatur: 15 °C
- Atmosfäriskt lufttryck: 101,325 kPa
- Atmosfärisk relativ luftfuktighet: 70 %
- Vind: 8 knop motvind

Vid val av atmosfärsdämpningsmetod så ska detta dokumenteras, se Bilaga 2.

I övrigt gäller ECAC Doc 29 utan undantag



## 2 Sammanfattning och tillämpning av metoden

### 2.1 Segmenteringsprincipen

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 2.1 The concept of segmentation

I Sverige gäller ECAC Doc 29 utan undantag.

### 2.2 Flygväg och flygprofil

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 2.2 Flight paths: Tracks and profiles

I Sverige gäller ECAC Doc 29 utan undantag.

---

#### ECAC-standard

I detta kvalitetssäkringsdokument följer vi normal standard enligt ECAC Doc 29, det vill säga flygvägen modelleras lateralt med spridningsspår och vertikalt med hänsyn till flygplanets vikt (alltså destination/"stage-length").

---

### 2.3 Flygbuller och prestanda

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 2.3 Aircraft noise and performance

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

### 2.4 Flygplats och flygoperationer

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 2.4 Airport and aircraft operations

Flygbuller kan beräknas med utgångspunkt från att den flygbullerexponerade marken är platt och på samma nivå som flygplatsen. I den mån det lutande avståndet mellan flygplan och marken på grund av topografin skiljer mer än 10 % jämfört med platt mark bör modell av verklig topografi användas. Beräkningen bör baseras på flygplatsens plushöjd över havet (refererande till "Airport reference point, ARP).

I övrigt gäller ECAC Doc 29 utan undantag.

## 2.5 Referensförhållanden

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 2.5 Reference conditions

En beräkning enligt detta kvalitetssäkringsdokument redovisar bullerkonturer med ljudnivå som frifältsvärde representativ för mottagarhöjder på 1,2 meter över mark i normalfallet. Flygbuller vid normalt förekommande bebyggelse intill flygplatser är relativt okänsligt för mottagarhöjd mellan 1,2 och 10 meter.

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## **3 Beskrivning av flygväg och flygprofil**

### **3.1 Relationen mellan flygprofil och flygplanets konfiguration**

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 3.1 Relationships between flight path and flight configuration

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

### **3.2 Inhämtning av flygvägs- och flygprofildata**

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 3.2 Sources of flight path data

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

### **3.3 Koordinatsystem**

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 3.3 Co-ordinate systems

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

### **3.4 Flygvägar**

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 3.4 Ground Tracks

Eventuell tillämpning av förfarande vid signifikant skillnad mellan olika flygplanstyper i spridning bör dokumenteras.

I övrigt gäller ECAC Doc 29 utan undantag i detta kvalitetssäkringsdokument.

### **3.5 Flygprofiler**

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 3.5 Flight profiles

ECAC Doc 29 redovisar två möjligheter som en vägledning för att konstruera profiler:

1. Användning av standardvärden enligt ANP med motsvarande stage length baserad på avstånd till destinationer och relevanta procedurer, se Vol1 stycke 5.4
2. Användning av mer specifika, anpassade flygprofilsdata, exempelvis hämtad från Aircraft Flight Manuals.

I detta dokument prioriteras möjligheten till reproducerbara beräkningar med samma förutsättningar högt, varför alternativ 1 ovan ska användas. Hänsyn till "Stage-length" baserad på destination ska tas i flygbullerberäkningar utförda i Sverige.

Angående modellering av landning så ska den som standard göras enligt figur 3.6 i ECAC Doc 29.

I ECAC Doc 29 anges radardata, FDR och flygbolagsspecifika profiler som möjligheter till mer specificerade indata. Om detta förfarande tillämpas, ska det anges som ett avsteg från detta kvalitetssäkringsdokument, och anges tydligt i dokumentationen av beräkningen.

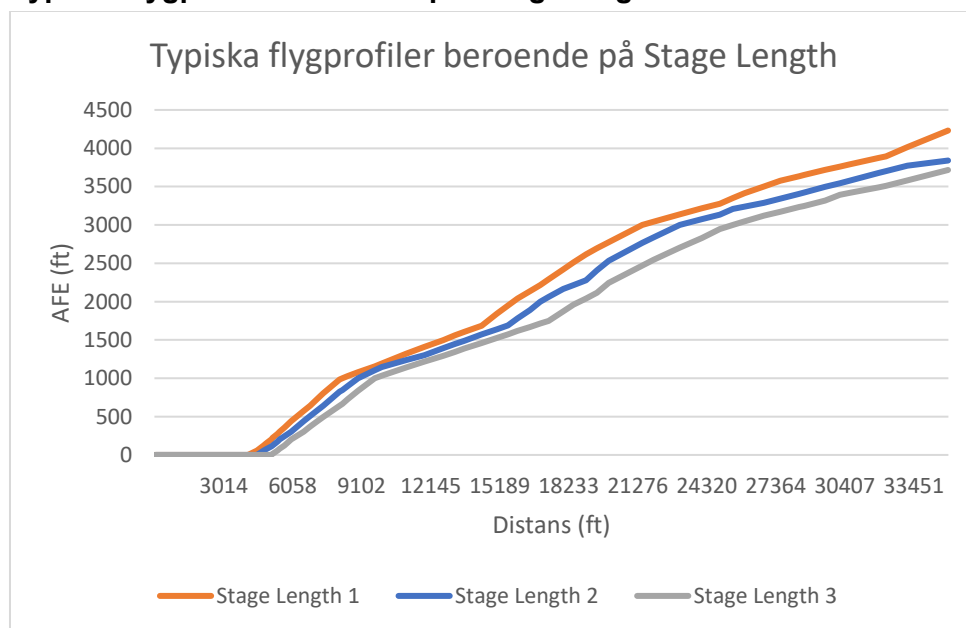
I övrigt gäller ECAC Doc 29 utan undantag i detta kvalitetssäkringsdokument.

---

## Om flygprofiler och flygavstånd

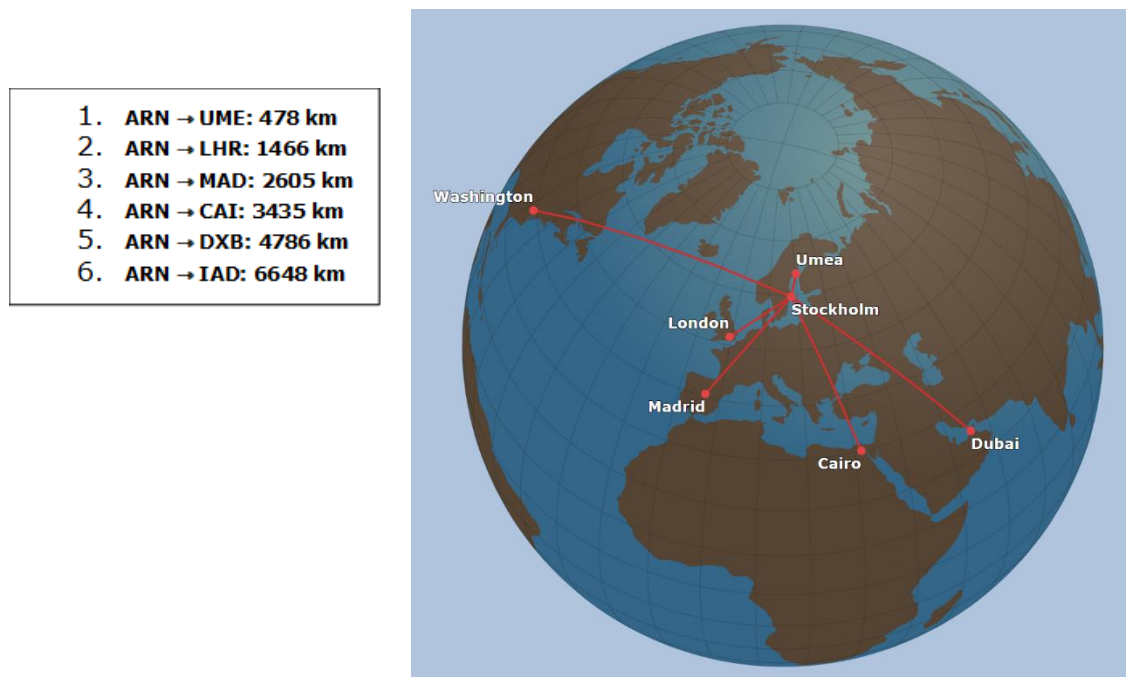
Vald flygprofil ska vara en standardprofil för den aktuella flygplanstypen enligt ANP och hänsyn ska tas till destination. Destinationen är avgörande för flygplanets vikt, och därmed styrande för stage length som är det begrepp som används för flygavstånd, se figurerna 4 & 5 nedan. Kortare flygsträcka resulterar i lättare startvikt vilket reducerar ljudnivån på mark. Ju högre startvikt desto mer ökar ljudnivån på marken.

### Typiska flygprofiler beroende på "stage-length"



**Figur 4** Illustration av typiska flygprofiler för Stage Length 1 – 3 för medelstort jetflyg. Källa Swedavia.

Figur 5 nedan illustrerar geografiskt olika destinationers avstånd i förhållande till Stockholm, stage length 1 – 6.



**Figur 5 Illustration över exempel på geografisk fördelning av stage length 1 till 6, från Stockholm. Umeå nås med stage length 1 från Stockholm (typisk inrikestrafik). Destination Washington kräver stage length 6. Källa: URL: <https://www.greatcirclemap>.**

**Tabell 3 Flygavstånd i nautiska mil (NM) för respektive stage-length (ECAC doc 29 4th Vol 2 G3.5)**

Stage length	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Trip length range (NM x 1000)	0-0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2.5	2.5-3.5	3.5-4.5	4.5-5.5	5.5-6.5	>6.5
Representative range (NM)	350	850	1350	2200	3200	4200	5200	6200	
Takeoff weight (lb)									

## **3.6 Segmentering av flygvägen**

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 3.6 Construction of flight path segments

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

# 4 Beräkning av enskild bullerhändelse

---

## Om beräkning av enskild bullerhändelse

Detta kapitel är ett led i beräkningsprocessen och ska inte användas fristående. Kapitel 5 är fortsättning på processen att färdigställa beräkning av långtidsmedelvärden från ett helt trafikfall i form av flygbullerkonturer.

---

### 4.1 Bullerhändelsens beståndsdelar

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 4.1 Single event metrics

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

### 4.2 Beräkning av bullernivå från NPD-data

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 4.2 Determination of event levels from NPD-data

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

### 4.3 Allmänna uttryck

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 4.3 General expressions

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

### 4.4 Definition av flygvägssegmentet

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 4.4 Flight path segment parameters

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

### 4.5 Korrektionsfaktorer för segmentet

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 4.5 Segment Event level correction terms

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## **5 Beräkning av sammansatta ljudnivåer**

### **5.1 Viktning av ljudnivåer**

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 5.1 Weighted equivalent sound levels

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

### **5.2 Dygnsviktade flyghändelser**

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 5.2 The weighted number of operations

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

### **5.3 Beräkning av maximalnivåbaserade index**

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 5.3 Estimation of cumulative maximum level based metrics

Maximal ljudnivå bör beräknas från samtliga bullerhändelser i trafikfallet enligt ekvation 5–9 i ECAC Doc 29 och dessa analyseras tillsammans med antalet gånger en viss ljudnivå i en mottagarpunkt överskrids (NAT), se vidare bilaga 4 Beräkning av antalet gånger en viss maximal ljudnivå överskrids.

I Sverige tillämpas inte beräkningar av medelvärde av maximala ljudnivåer som beskrivs i ECAC Doc 29, vol 2; 5.3 a, b och c.

### **5.4 Ljudnivådistribution i maximalnivåbaserade index**

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 5.4 The use of level distributions for maximum level metrics

Metoden bör inte användas i Sverige eftersom den inte finns implementerad i de vanligaste förekommande kommersiella beräkningsverktygen som finns tillgängliga i dagsläget.



# 6 Beräkning av bullerfigurer

## 6.1 Standardrutnät och justeringar

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 6.1 Standard grid calculation and refinement

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

---

### Om täthet i beräkningsrutnät

Val av täthet i beräkningsrutnät bör göras så att diskontinuiteter undviks.

---

## 6.2 Användning av vridna rutnät

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 6.2 Use of rotated grids

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## 6.3 Konstruktion av bullerkonturer

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 6.3 Tracing of contours

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## 6.4 Efterbearbetning

Ref: ECAC Doc 29, vol 2; 6.4 Post-processing

ECAC Doc 29 gäller – ingen kompletterande tillämpning framtagen.

## 6.5 Appendix Volym 2 ECAC Doc 29

Tabell 4 Visar en översikt av förändringar gjorda i appendix för Volym 2 till ECAC Doc 29 från tidigare 3rd edition till nuvarande 4th edition.

Rubrik	Innehåll	Förändring från 3:e till 4:e Ed.
APPENDIX A	Data requirements	Oförändrad
APPENDIX B	Flight performance calculations	Oförändrad
APPENDIX C	Modelling of lateral flight track	Oförändrad
APPENDIX D	Recalculation of NPD-data for non-reference conditions	Uppdaterad för att inkludera ny metod för omberäkning av NPD-data för icke-referens atmosfäriska förhållanden
APPENDIX E	The finite segment correction	Oförändrad
APPENDIX F	Maximum level of noise events	Oförändrad
APPENDIX G	The international aircraft noise and performance (ANP) database	Avsnitt G5 tillagt om flygplansersättning, med ytterligare tabell i avsnitt G7. Text ändrad för att återspegla ANP-databasen.
APPENDIX I	Conversion of units	Oförändrad

# Referenser

European Civil Aviation Conference. (2016). *ECAC.CEAC Doc 29 4th Edition*. Frankrike: European Civil Aviation Conference. Hämtat från <https://www.ecac-ceac.org/documents/ecac-documents-and-international-agreements> den 16 november 2021

# Bilaga 1 Deltagare i arbetsgrupp

På uppdrag av Nationella bullersamordningen har Kvalitetssäkringsdokument för flygbullerberäkningar reviderats 2022–2024. Uppdraget har tilldelats Trafikverket att leda en arbetsgrupp tillsammans med Transportstyrelsen och Naturvårdsverket.

Deltagare i revideringsgruppen:	Trafikverket, Oskar Hagefalk
	Trafikverket, Johanna Jern
	Transportstyrelsen, Marie Hankanen
	Naturvårdsverket, Lisa Johansson
	Naturvårdsverket, Magnus Lindqvist
Tekniska rådgivare:	Swedavia flygakustik, Christer Heed
	Thyréns, Mathieu Boué

# Bilaga 2 Dokumentation av beräkning

Beräkningar utförda enligt detta kvalitetssäkringsdokument ska dokumenteras på ett sådant sätt att de kan reproduceras. Detta innebär att tillräcklig information om beräkningen ska anges så att den kan upprepas senare av en annan beräkningsoperatör. Dokumentation av flygbullerberäkning bör minst innehålla följande:

## Allmänt

Uppdragsgivare

Utförare av beräkningen

Kort beskrivning av uppdraget

Metodbeskrivning

## Indata

Antal flygrörelser uppdelat på flygplanstyper med olika stage-length under dag-kväll-natt på olika banor och flygvägar.

Redovisning av flygplanstyper och eventuell substitution samt beskrivning av resonemang vid val av flygplanstyper. Vid jämförelser mellan olika beräkningar ska eventuella skillnader i gruppering tydligt framgå.

Vilken bullerdata med hänvisning till ANP databasen som använts. Vid beräkning av exempelvis modifierande start- och landningsprocedurer (modifiering av ANP-data) ska det tydligt framgå hur anpassningen har gjorts.

Kartbild över flygvägar och spridningsspår som använts vid beräkningen (sk Modelling routes).

Mottagarhöjd: en beräkning enligt detta kvalitetssäkringsdokument redovisar ljudnivå representativ för mottagarhöjder mellan 1,2 och 10 m över mark i normalfallet.

Hänsyn till topografin inklusive ställningstagande om topografin tagits hänsyn till vid skillnader på mindre än tio procent.

Val av atmosfärsmoell.

## Bullerberäkningsverktyg

Hänvisning till vilket beräkningsverktyg som använts inklusive versionsnummer. Även eventuell programvara för annan processering ska anges.

## **Efterprocessering**

Redovisning av FBN samt eventuell maximal ljudnivå, samt vilken definition av maximal ljudnivå som anges (N´te högsta).

Vid efterprocessering till bullerkontur måste uppgifter om typ, storlek och täthet på använt beräkningsrutnät anges.

Redovisning på karta ska innehålla skalstock, samt uppgift om koordinatsystem.

## **Information om beräkningen**

Namn på utförare och granskare, inklusive kontaktuppgifter, samt datum för beräkningen ska anges.

Avsteg från kvalitetssäkringsdokumentet

Om man följt detta dokument ska detta anges.

Vid eventuell distribution av geografiska datafiler exempelvis shape-filer så skall MetaData finnas angivna i filens egenskaper eller i separat bilaga till filen.

Eventuella avsteg från kvalitetssäkringsdokumentet ska redovisas, motiveras och konsekvensbedömas. Ett exempel på detta är om beräkningen har till syfte att vara mer detaljerad för att man vill utvärdera vissa parametrar mer noggrant.

## Bilaga 3 Exempel på flygplansgruppering med vägledning om substituering

I denna vägledning utgår resonemangen kring några fall där en så kallad flygplanssubstituering eller en flygplansgruppering kan behövas i samband med en flygbullerberäkning. Beräkningsbara flygplanstyper att användas för beräkning, av en flygbullerkontur runt en flygplats enligt ECAC Doc 29, finns publicerade i ANP-databasen, som tillhandahålls av EASA med tillhörande användarvillkor.

Vid flygbullerberäkning genomförs alltid en översättning (eller mappning) av de faktiska flygplanstyperna till beräkningsbara flygplanstyper. Det kan dessutom vara så att ett fåtal flygplanstyper dominerar en flygplansflotta. Flygplanstyperna kan då delas in i grupper med typrepresentanter som i flygbullerberäkningarna baseras på dessa. Gruppering kan användas för utfall, men också och kanske främst vid flygbullerberäkning av prognostiserade trafikfall.

För flygbullerberäkning av ett historiskt trafikutfall är flygplanstyperna kända. Men det kan ändå saknas specifika beräkningsbara flygplanstyper i ANP-databasen. Det kan handla om nya flygplanstyper som är i produktion, men där det ännu inte har tagits fram ANP-data. Det kan också handla om äldre flygplanstyper med specifika konfigurationer. Dessa flygplanstyper behöver då ersättas eller som man säger, substitueras till en beräkningsbar flygplanstyp, alternativt bör även justering av befintliga beräkningsbara flygplanstyper genomföras. Metod för detta finns beskriven i ECAC Doc 29, samt ANP-databasen med tillhörande bilaga. Det går också att skapa nödvändigt data för det specifika fallet efter kontakt med flygplanstillverkare.

Det kan finnas tillfällen då ett trafikutfall behöver beräknas mer tidseffektivt även om det inte finns tydligt dominerande flygplanstyper i en flygplansflotta. Då kan gruppering av en flygplansflotta vara en effektiv metod för att beräkningen ska optimeras, men ändå bli tillräcklig noggrann. Man klumpar då, så att säga, ihop flygplanstyper som har liknande buller- och prestandaegenskaper för att få färre beräkningsbara variabler och effektivisera beräkningstiden. Även i detta fall låter man alltså ett antal typflygplan representera grupper av flygplanstyper som får representera hela flygplansflottan för beräkning.

För beräkning av trafikfall för prognoser känner man inte till exakt vilka flygplanstyper inklusive motortyp som kan komma att trafikera en flygplats på samma sätt som för ett historiskt utfall. I det fallet används en gruppering av flygplansflottan och som beskrivits ovan så låter man ett antal typflygplan representera grupper av flygplanstyper som representerar flottan för beräkning. För att bestämma en gruppering i detta fall bör man starta med att analysera dagens situation, då den också behöver grupperas för att kunna utgöra en nöjaktig jämförelse. Detta fall är vedertaget tillvägagångsätt i samband med flygbullerberäkning och miljökonsekvensbeskrivning vid miljöprövning.

En gruppering bör ha som utgångspunkt att identifiera de olika grundtyper av flygplan som förekommer i ett trafikfall för beräkning. Förslagsvis att utgå från följande indelning:

Allmänflyg, affärsjet, regionalt jetflyg, kortdistans turbopropflygplan, medeldistans jet och tyngre jet för medel- och långdistans. Dessa benämningar säger en del om motortyp, antal motorer och vikt. Nästa del i analysen bör vara att bedöma flygplansflottan ur ett dominerande perspektiv. Exempelvis kan man behöva dela upp en grupp i ett par eller tre undergrupper beroende på buller- och prestandaegenskaper.

Förutom flygplanens gruppering finns det vanligtvis anledning till ytterligare delgruppering, med hänsyn till stage length som även det är en typ av gruppering. Startvikten på respektive flygplan förklaras av bland annat avstånd till destinationen och påverkar exempelvis startproceduren och stigprestanda som i sin tur påverkar bulleremissionen. Man använder begreppet stage length för att beskriva flygavstånd. Normalt räknas inrikestrafik som stage length 1, medan utrikestrafik kan vara allt från stage length 1 – 7. Inflygningar är av flygbolagen beräknade att landa med så lite bränsle som säkerheten tillåter. Dessa räknas därför som stage length 1, oavsett avreseort.

Följande tabell skulle kunna representera en utgångspunkt för gruppering av en flygplansflotta där en beräkningsbar flygplanstyp representerar respektive grupp. Grupperingen kan anpassas till fler eller färre grupper beroende på hur flottan analyserats. Exempelvis kan det för mindre flygplatser skapas flera delgrupper för mindre flygplanstyper och för större flygplatser kan mindre flygplanstyper läggas i samma grupp. Samtliga grupper behöver oftast inte användas. Fem till tio grupper bör räcka:



**Tabell 5 Exempel på flygplansgruppering (Ref: Swedavia 2023)**

<b>Grupp</b>	<b>Vikt</b> (i ton cirkaintervall och turbulenskategori Light, Medium, Heavy)	<b>Klass</b> (Typiskt)	<b>Exempel på ingående typer</b>
1-motorig propeller kolv	Light, typiskt 0 - 2 ton	Allmänflyg, privatflyg, bruksflyg	Piper P-serien DA40
2-motorig propeller kolv	Light, typiskt 3 - 7 ton	Allmänflyg, privatflyg, bruksflyg	Beech Baron 58P Piper PA42 Cessna 206
2-motorig turboprop Små	Medium < 16 ton	Linjefart, Frakt	ATR42-serien DA42 SAAB 340
2-motorig turboprop Stora	Medium >16 ton	Linjefart, Frakt	ATR72-serien Dash Q400 SAAB 2000
2-motorig affärsjet Små	Medium <16 ton	Affärsflyg, Charter	Cessna Citation 3 Falcon7X LearJet 40XR
2-motorig affärsjet Stora	Medium >16 ton	Affärsflyg, Charter	Gulfstream GIV/GV Cessna Citation 56XL Falcon 8X Dassault
Regional Jet Små	Medium <40 ton	Linjefart, Charter	Canadair Regional Jet CRJ-serien Embraer E135/E145
Regional Jet Stora	Medium >40 ton	Linjefart, Charter	Airbus A220-serien Embraer E175/E190
Medeldistans Jet (Narrow body)	Medium <100 ton	Linjefart, Charter	Airbus A31X, A32X Boeing 737-serien
Medeldistans Jet (Wide body)	Medium >100 ton Heavy <250 ton	Linjefart, Frakt	Airbus A330-serien Boeing 767/787
Långdistans Jet (Heavy)	Heavy >250 ton	Linjefart, Frakt	Airbus A340-serien Boeing 777/787
Långdistans Jet (Super Heavy)	Super/Heavy >400 ton	Linjefart, frakt	Airbus A380 Boeing 747-800

## Bilaga 4 Beräkning av antal gånger en viss maximal ljudnivå överskrids

Flygbuller redovisas som ISO-linjer som konstrueras genom interpolation av framräknade bullervärden i ett rutnäts skärningspunkter, så kallade gridpunkter. Vid en stor flygplats kan upp till en miljon gridpunkter behöva beräknas.

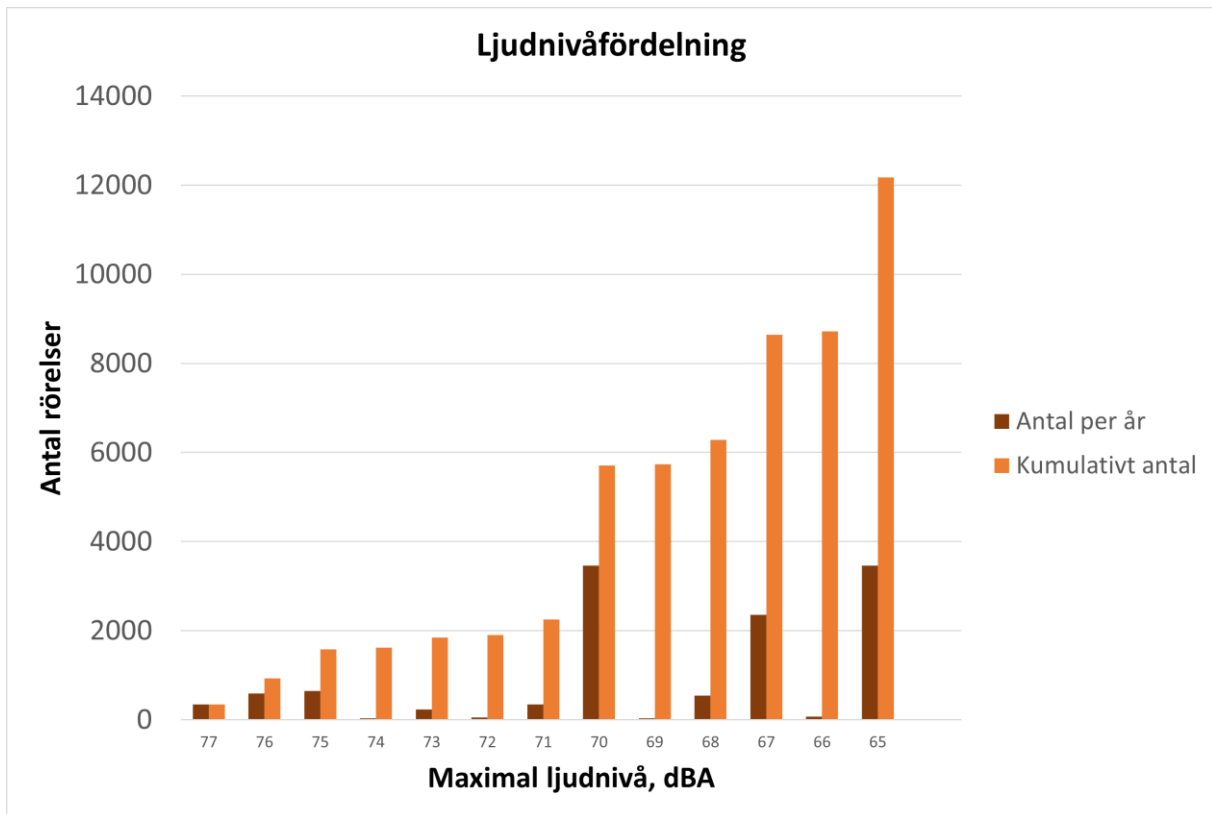
Fördelningen av ljudnivåer i den enskilda punkten är beroende av flygplanstyp, flygvägens läge och avstånd i förhållande till gridpunkten, samt vilket motorpådrag som i den aktuella flygproceduren har betydelse för alstring av  $L_{Amax}$ -nivån. Flygplansdatan som ska grupperas och fördelas inkluderar flygplanets höjd och motorpådrag. Den laterala spridningen har också påverkan på beräkningen av maximalnivåer.

För den enskilda gridpunkten ska i maximalnivåredovisningen analyseras antalet bullerhändelser som är högre än den ljudnivå som är utgångspunkten för utritning av en bestämd isokurva (vanligtvis 70 dBA). Om antalet bulleröverskridanden är fler än t ex tre i genomsnitt ligger gridpunkten i bullerexponerat område. Med bullerexponerat område menas ett område där det bullrar mer än gällande riktvärde t.ex. NATx ”number above threshold” som överskrider tröskelvärde x dB (t.ex. definierat för ett miljövillkor). Om antalet bulleröverskridanden är färre än dessa tre ligger gridpunkten utanför bullerexponerat område.

Ett exempel på en sådan beräkning redovisas i tabell 6 och figur 6. I detta aktuella exempel är den i dygns genomsnitt tredje högsta ljudnivån 75 dBA eftersom den 1095:e mest bullrande händelsen har ljudnivån 75 dBA. Tre händelser i genomsnitt per dag/kväll motsvarar 1095 händelser per år. Den i dygns genomsnitt 30:e högsta ljudnivån blir 65 dBA eftersom den 10950:e mest bullrande händelsen har ljudnivån 65 dBA.

**Tabell 6 Exempel på ljudnivåfördelning (tabellformat)**

Lamax	Antal per år	Kumulativt antal
77	345	345
76	586	931
75	651	1582
74	34	1616
73	234	1850
72	54	1904
71	345	2249
70	3456	5705
69	34	5739
68	547	6286
67	2356	8642
66	75	8717
65	3456	12173

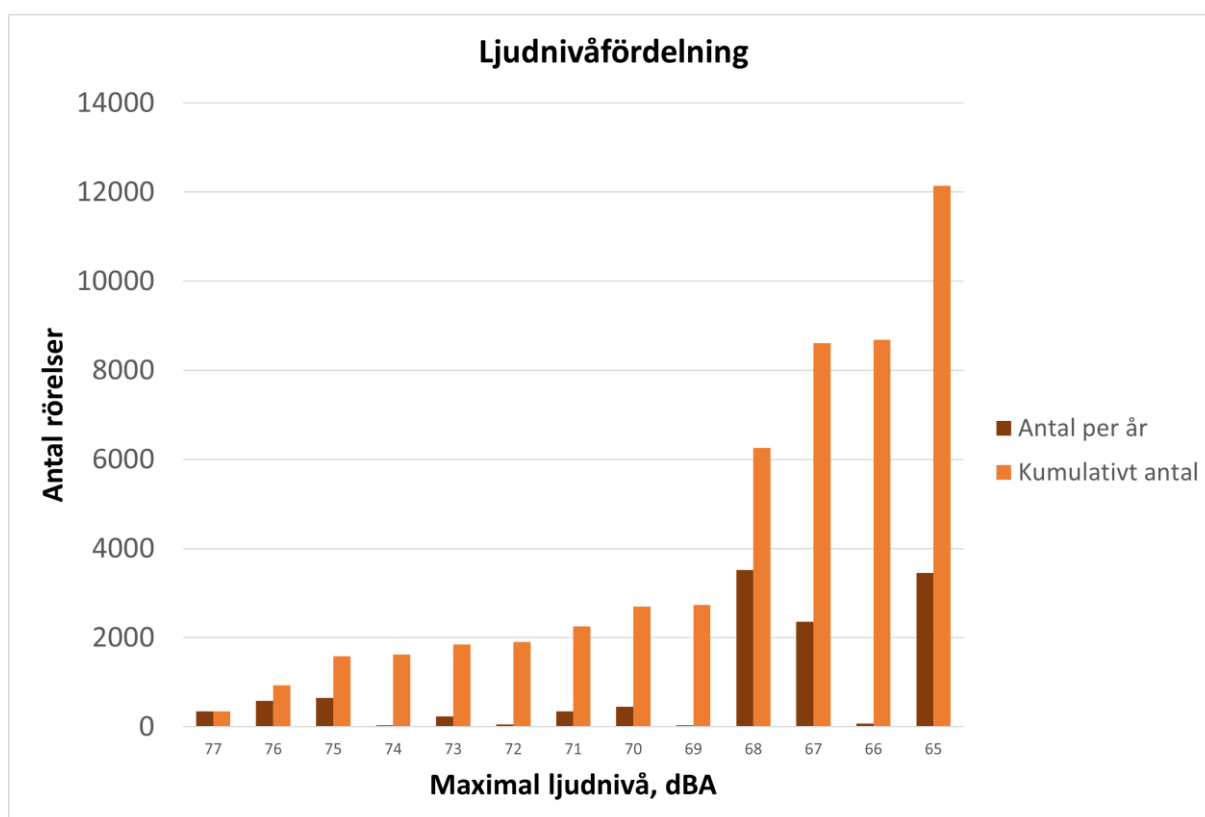


**Figur 6 Exempel på ljudnivåfördelning (diagramformat)**

Det bör poängteras att det inte har någon betydelse när under året som den aktuella bullerhändelsen inträffar i tabell 7 och figur 7 visas en annan möjlig rörelsefördelning som ger samma tredje högsta maximalnivå som det första exemplet i denna bilaga.

**Tabell 7 Alternativ ljudnivåfördelning som ger samma resultat för den tredje högsta maximala ljudnivån som Figur 7.**

Lamax	Antal per år	Kumulativt antal
77	345	345
76	586	931
75	651	1582
74	34	1616
73	234	1850
72	54	1904
71	345	2249
70	450	2699
69	34	2733
68	3520	6253
67	2356	8609
66	75	8684
65	3456	12140



**Figur 7 Alternativ ljudnivåfördelning som ger samma resultat för den tredje högsta maximala ljudnivån som Tabell 7.**

De flygplan som bullrar mindre och oftare har alltså inte någon betydelse för beräkningsresultatet. De flygplan som bullrar mer än 70 dBA i gridpunkten har betydelse för avgörandet om antal bullerhändelser, men hur mycket mer de bullrar spelar inte någon roll för beräkningsresultatet.

För beräkningsoperatören är det därför viktigt att vara detaljerad i sitt val av representativa flygplanstyper som ger  $L_{Amax}$  kring 70 dBA den  $N$  te gången i en beräkningspunkt.

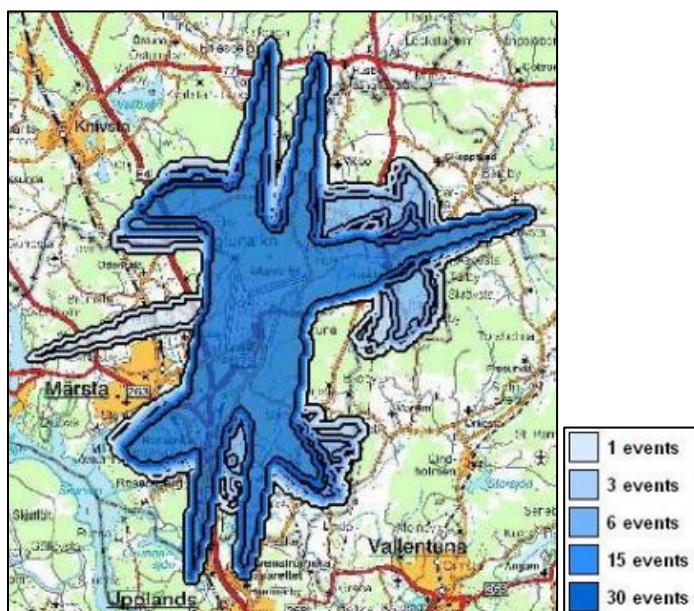
En känslighetsanalys behöver göras för att visa betydelsen av grupperingen och fördelning av flygplansdata respektive gruppering och fördelning av laterala spår inom ett flygvägsspridningsområde.

I bilaga 3 till detta kvalitetssäkringsdokument samlas och sammanställs valda grupperingar/fördelningar vid representativa flygplatser.

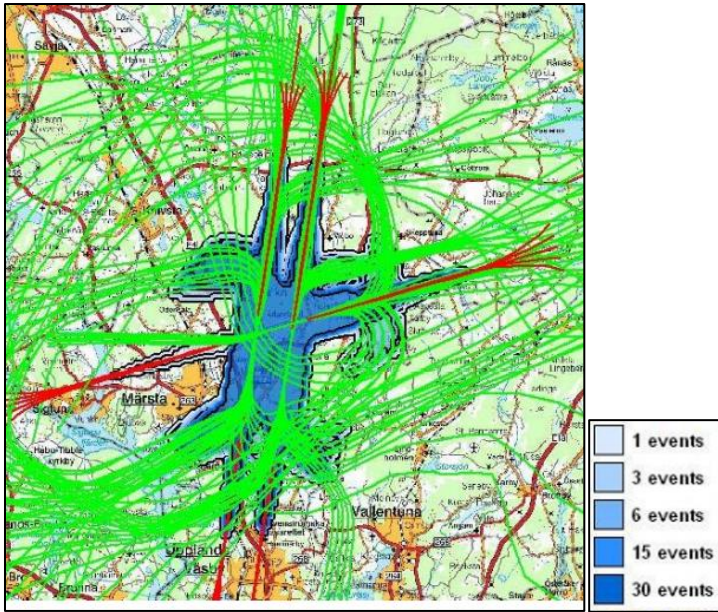
### **Effekter på maximalnivåberäkningar som index beroende av lateral spridning**

Då en beräkning av  $N$  te högsta maximala ljudnivå ( $N$  är antalet gånger en bullerhändelse över viss maximalnivå inträffar) får modelleringen av lateral spridning stor betydelse på bullerkurvornas utseende. Se figur 10 och figur 11, som visar en viss maximal ljudnivå som funktion av antalet händelser, baserat på ett fiktivt trafikfall på Arlanda flygplats, enbart innehållande en flygplanstyp.

På bullerkurvan kan man se att första och 30 e bullerhändelsen i princip sammanfaller utmed landningsstråken, där spridningen närmast rullbanan är liten och en stor mängd flygrörelser sker med liten spridning. Utmed startflygvägarna däremot, är det stor skillnad på 1 bullerhändelse och 30 bullerhändelser eftersom den laterala spridningen är mycket större. Är mängden rörelser liten blir det dock en stor skillnad i bullerutbredning för de olika rörelsemängderna, oavsett spridning – jämför landning bana 2 västerifrån i figur 11.



**Figur 8** Visar en illustration av principen maximal ljudnivå som funktion av antalet händelser.



**Figur 9** Visar en illustration av principen för modelleringsspår med bullerzoner under. Gröna linjer = startar och röda linjer = landningar.

# Bilaga 5 Meteorologins inverkan

Meteorologin påverkar flygbuller på tre sätt:

1. Ljudutbredning mellan källa och mottagare

Det transmitterade ljudet mellan källa och mottagare påverkas av bland annat atmosfärisk dämpning (som i sin tur beror av luftfuktighet, temperatur och frekvens). Vind- och lufttrycksförhållanden kan också påverka ljudets avböjning. NPD-data innehåller referensuppgifter om ljudnivåer för motortyp, gaspådrag och avstånd. Ljudnivåerna är normaliserade med avseende på avståndsdämpning och atmosfärsdämpning till den så kallade AIR-1845-atmosfären. AIR-1845-atmosfären bör betraktas som en ren referensatmosfär som används som utgångspunkt för justering av bland annat atmosfärisk absorption. I ECAC Doc 29 Vol 2 Appendix D på sidan D-2 anges att en justering av atmosfärisk absorption tar hänsyn till bullernivåer på grund av att flygplatspecifika atmosfäriska förhållanden skiljer sig från referensatmosfäriska förhållanden. NPD-data kan antas vara applicerbara under följande begränsningsområde:

- Temperatur  $<30$  °C
- Temp (°C) x relativ fuktighet (%)  $> 500$
- Vind  $<8$  m/s

Om de lokala förhållandena ligger inom detta område kan NPD-data användas för justering av atmosfärisk dämpning liksom för justering av akustisk impedans och prestanda.

Den av ECAC rekommenderade luftabsorptionsmodellen SAE ARP 5534 räknar om NPD-data för de lokala förhållanden som anges. Se ECAC doc 29 4th ED. volym 2, avsnitt 2.5 samt appendix D. Flera kommersiella beräkningsverktyg har möjligheten att låta användaren välja modell för justering av atmosfärisk dämpning. Notera att i Sverige rekommenderas enhetsväder som lokalt förhållande med avseende på väder, se definition i vol 2 kap 1.2 i detta kvalitetssäkringsdokument samt Bilaga 6 för beskrivning av konsekvenser och överväganden.

Data från certifieringsmätningar som erhålls från tillverkare och anges i ANP (Aircraft Noise and Performance database) avser atmosfärsdämpning vid 70 % relativ fuktighet och ISA+10 grader. Detta gäller tersband med mittfrekvenser 50–1250 Hz varefter dämpningen är justerad för att efterlikna en mer representativ verklig atmosfär.

## 2. Ljudkällans uppförande i atmosfären

Flygplanets höjd, gaspådrag och hastighet påverkas av meteorologiska förutsättningar. Sådana sk ”performance-data” kommer från flygplanstillverkare och avser 15 °C, 4 m/s motvind, 1013 hPa, Luftdensitet 1,225 kg/m<sup>3</sup>. Dessa data finns i ANP. Det kan vara bra att känna till att vid mycket låga temperaturer stiger ett startande flygplan mycket snabbare, och avståndet mellan ljudkälla och mottagare blir längre. Denna inverkan resulterar då i en lägre ljudnivå på marken.

## 3. Bananvändning

Landningar och starter sker främst i motvind. Bananvändning i prognoser ska i första hand ta höjd för historisk bananvändning ett antal år bakåt i tiden. ECAC Doc 29 4th Ed. anger i avsnitt 1.7.3.2 att det är mest praktiskt att räkna med ”medelmeteorologi”.



# Bilaga 6 Beskrivning av konsekvenser och överväganden

Den största förändringen som gjorts i uppdateringen av detta kvalitetssäkringsdokument är införandet av en ny atmosfärsdämpningsstandard SAE ARP 5534. Genom att tillämpa senaste vetenskapliga kunskap om hur ljudet utbreder sig i atmosfären bedöms beräknat flygbuller bli i storleksordningen någon decibel högre jämfört med den tidigare använda atmosfärsdämpningsstandard, referensatmosfären enligt SAE AIR1845.

Det har inte utförts exakta beräkningar för alla unika flygplatser i Sverige, och inte heller analyserats hur bullerzonen för maximal ljudnivå 70 dBA och högre påverkas. En beräkning av maximal ljudnivå skulle dock vara starkt beroende av vilken flygplanstyp man väljer att utvärdera. Men generellt kan sägas att 1 dBA i förändring ger större påverkan på bullerzonens yta ju längre ut från flygplatsen bullerzonen beräknas och desto lägre ljudnivåer som beräknas. Storleken på bullerzonen förändras också beroende på om trafiken ökar eller minskar på flygplatsen. Nedan visas illustrationer (Figurerna 10–12) med jämförelsen mellan den nya atmosfärsdämpningsstandard SAE ARP 5534 och den tidigare referensatmosfären SAE AIR 1845 samt jämförelse mellan medelväder och enhetsväder vid användning av den nya atmosfärsdämpningsstandard SAE ARP 5534 (Figurerna 13–15). De trafikfall som har legat till grund för analysen visas i tabell 8 nedan. Analysen har begränsats till två fiktiva trafikfall som används för att representera två storleksordningar av trafikvolym (A och B). I tabellen visas flygplanstyper, profiler och fördelningar. Antal rörelser för årsmedeldygn anges i kolumnerna Num A och Num B. Rullbana är satt till 3000m i riktning 09/27 med platt omgivande mark och endast trafik på bana 09.

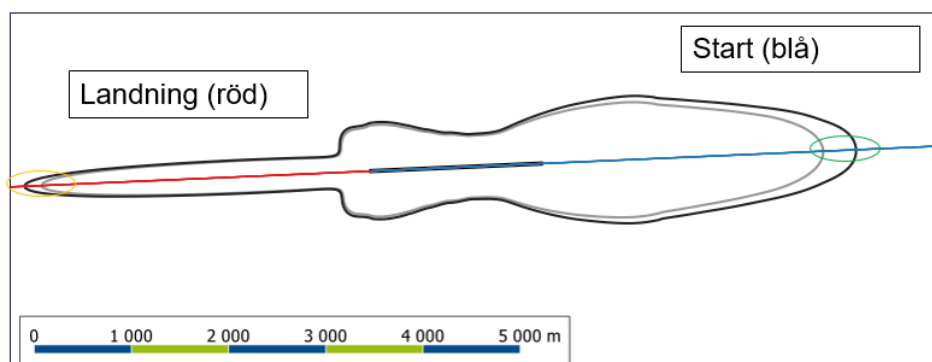
**Tabell 8 Trafikfall för analys.**


Flygplanstyper	Profil	Operationstyp	Stage Length	Fördelning A	Fördelning B	Bana	Num A	Num B
ATR72	DEFAULT	D	1	10%	40%	9	12,5	20,0
737800	DEFAULT	D	2	40%	30%	9	50,0	15,0
A321-270N	ICAO_B	D	3	30%	30%	9	37,5	15,0
A350-1041	ICAO_B	D	5	20%	0%	9	25,0	0,0
ATR72	DEFAULT	A	1	10%	40%	9	12,5	20,0
737800	DEFAULT	A	1	40%	30%	9	50,0	15,0
A321-270N	APP1	A	1	30%	30%	9	37,5	15,0
A350-1041	APP 1	A	1	20%	0%	9	25,0	0,0
<b>Summa:</b>							<b>250</b>	<b>100</b>


För samtliga figurer nedan gäller denna teckenförklaring:

- Enhetsväder: Heldragen ISO linje
- Typiskt medelväder: Streckad ISO linje
- SAE ARP 5534: Svart ISO linje
- SAE AIR 1845: Grå ISO linje
- Inflygningsväg: Röd linje
- Utflygningsväg: Blå linje
- Rullbana: Svart fet mittlinje

### Götaland Enhetsväder ARP5534 (Svart ISO linje) jfr AIR1845 (Grå ISO linje)



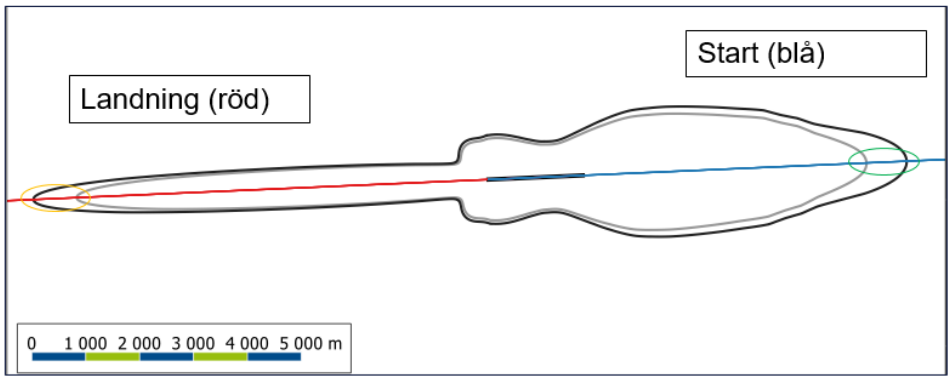
Skillnad landning: <math><0,5 \text{ dB}</math> 

Skillnad start: <math><1,0 \text{ dB}</math> 

Skillnad i yta för ekvivalent ljudnivå uppskattas till +21 %

**Figur 10** Illustrerar en jämförelse mellan den nya atmosfärsdämpningsstandarden SAE ARP 5534 (svart ISO linje) och referensatmosfären SAE AIR 1845 (Grå ISO linje) för ett flygplatsläge i Götaland.

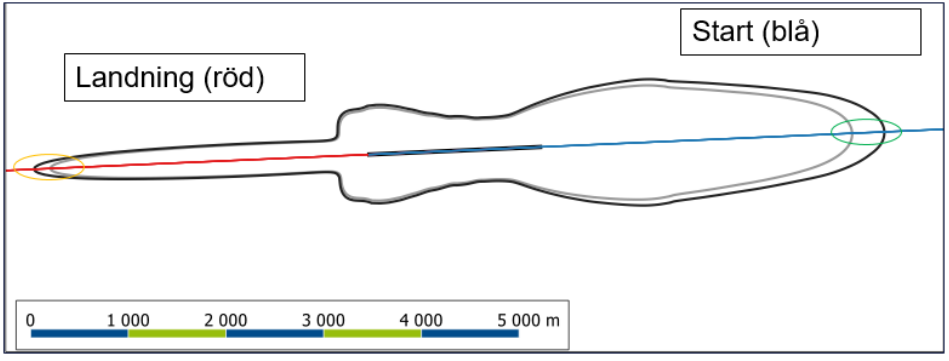
## Svealand Enhetsväder ARP5534 (Svart ISO linje) jfr AIR1845 (Grå ISO linje)



Skillnad landning: <1,0 dB   
 Skillnad start: =1,0 dB   
 Skillnad i yta för ekvivalent ljudnivå uppskattas till +21 %

Figur 11 Illustrerar en jämförelse mellan den nya atmosfärsdämpningsstandard SAE ARP 5534 (svart ISO linje) och referensatmosfären SAE AIR 1845 (Grå ISO linje) för ett flygplatsläge i Svealand.

## Norrländ Enhetsväder ARP5534 (Svart ISO linje) jfr AIR1845 (Grå ISO linje)



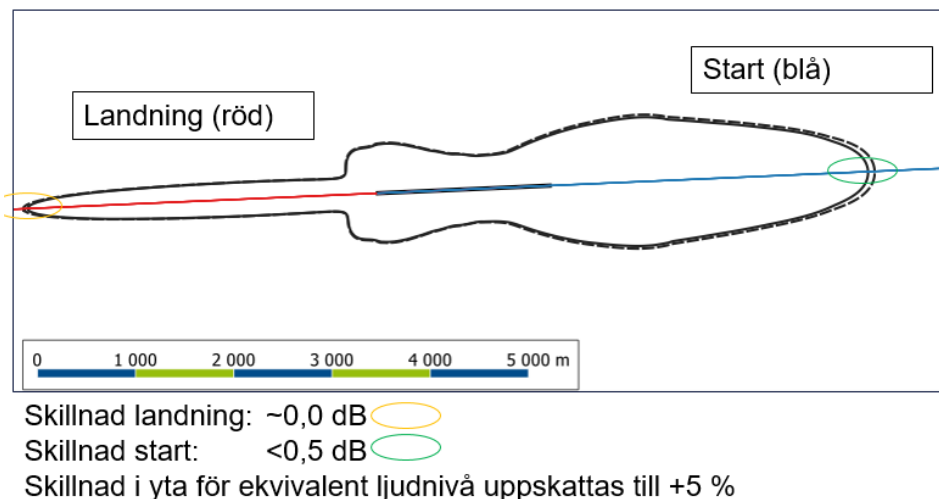
Skillnad landning: <0,5 dB   
 Skillnad start: <1,0 dB   
 Skillnad i yta för ekvivalent ljudnivå uppskattas till +15 %

Figur 12 Illustrerar en jämförelse mellan den nya atmosfärsdämpningsstandard SAE ARP 5534 (svart ISO linje) och referensatmosfären SAE AIR 1845 (Grå ISO linje) för ett flygplatsläge i Norrland.

Med SAE ARP 5534 erhålls resultat som generellt är cirka 1 dB större än med det som erhålls med SAE AIR 1845. Analysen indikerar dock att större flygplatser får en något större påverkan än mindre flygplatser baserat på bullerkonturernas utbredningsområde.

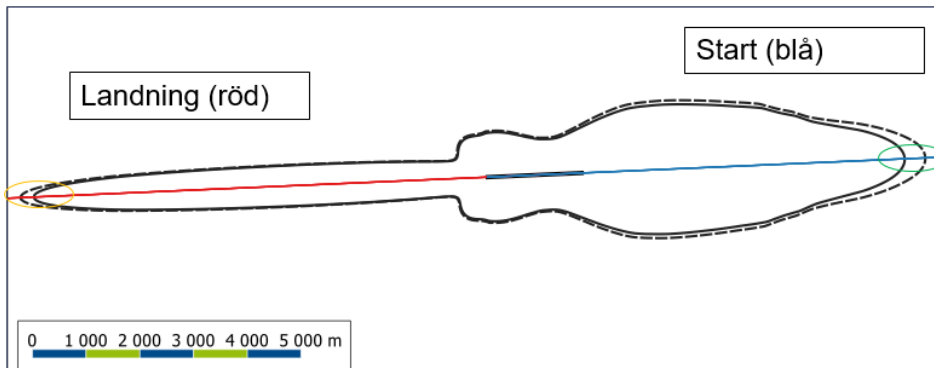
Inför uppdateringen av detta kvalitetsäkringsdokument har även möjligheten att använda ”medelväder” för varje unik flygplats undersökts. Resultaten av flygbullerberäkningarna i utredningen visar att ”medelväder” för de tre typflygplatserna skulle påverka ekvivalent ljudnivå 55 dBA som högst med endast en halv dBA och kan anses vara litet jämför med inverkan från andra indata. Rekommendationen i förslaget är därför att inte använda ”medelväder” för varje flygplats, utan att istället använda standardiserat så kallat enhetsväder. Fördelarna med enhetsväder är en något mindre arbetsbörda för utförare, men framförallt en bibehållen reproducerbarhet. Skulle ”medelväder” börja användas finns risk för ytterligare tolkningssvårigheter gällande om ”medelväder” ska avse vissa perioder på dygnet, endast då flygning pågår, jämförelser mellan utfall och prognos etc. Då buller från andra trafikslag beräknas använder man inte heller denna nivå på noggrannhet. Nedan visas illustrationer (Figur 13–15) med jämförelsen mellan medelväder och enhetsväder vid användning av den nya atmosfärsdämpningsstandarden SAE ARP 5534 över tre flygplatslägen i Sverige.

### Götaland – SAE ARP 5534 Medelväder (streckad) jfr Enhetsväder (heldragen)



Figur 13 Illustrerar jämförelse av skillnaden mellan medelväder (streckad ISO linje) och enhetsväder (heldragen ISO linje) vid användning av den nya atmosfärsdämpningsstandarden SAE ARP 5534 för ett flygplatsläge i Götaland.

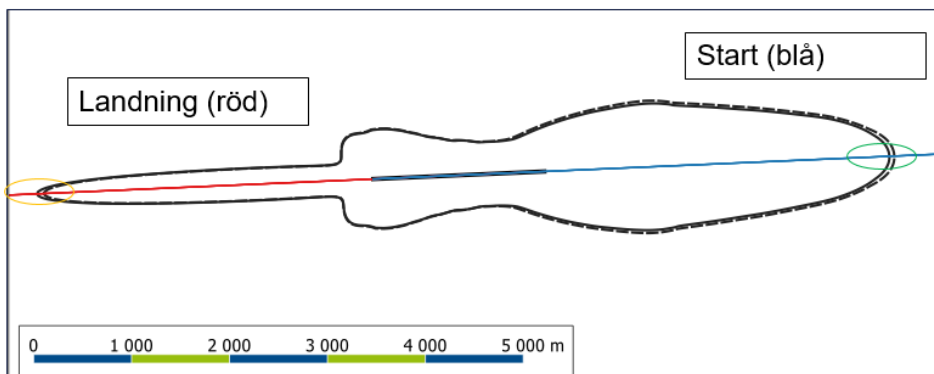
## Svealand – SAE ARP 5534 Medelväder (streckad) jfr Enhetsväder (heldragen)





Skillnad landning:  $<0,5$  dB   
Skillnad start:  $-0,5$  dB   
Skillnad i yta för ekvivalent ljudnivå uppskattas till +9 %

Figur 14 Illustrerar jämförelse av skillnaden mellan medelväder (streckad ISO linje) och enhetsväder (heldragen ISO linje) vid användning av den nya atmosfärsdämpningsstandard SAE ARP 5534 för ett flygplatsläge i Svealand.

## Norrland – SAE ARP 5534 Medelväder (streckad) jfr Enhetsväder (heldragen)



Skillnad landning:  $\sim 0,0$  dB   
Skillnad start:  $\sim 0,0$  dB   
Skillnad i yta för ekvivalent ljudnivå uppskattas till +3 %

Figur 15 Illustrerar jämförelse av skillnaden mellan medelväder (streckad ISO linje) och enhetsväder (heldragen ISO linje) vid användning av den nya atmosfärsdämpningsstandard SAE ARP 5534 för ett flygplatsläge i Norrland.

# Versionshantering

Editerade ändringar är mindre justeringar av text eller exempelvis en genomgående användning av dBA (från dB(A)) och maximal ljudnivå (tidigare maximalnivå). Även engelska uttryck har så långt som möjligt översatts till svenska.

Nya figurer som t.ex. figur 3 innehåller bilder från ECAC Doc. 29 4th Ed. Arbetsgruppen har erhållit skriftligt godkännande och tillåtelse av ECAC att använda figurer i KSD.

## Ändringar från version 1.0 till 2.0 av kvalitetssäkringsdokumentet

Kapitel	Avsnitt	Ändring / Kommentar från KSD V1 till KSD V2
Förord		Nytt avsnitt samt tillägg med nytt stycke om flygbullerberäkningar, atmorsfärsdämpningsmodell samt mindre formalia förändringar.
Förklaring av terminologi och symboler		Uppdaterat för att återspegla reviderat innehåll i KSD samt ECAC Doc. 29 4th Ed. Nya förklaringar om APD och NPD.
Innehållsförteckning		Nytt
<b>Volym 1</b>		
1 Vägledningens syfte		Rubrikändring. Reviderad text som särskiljer syfte för ECAC-dokumentet och syfte för KSD, där det senare har flyttats till förordet. Processbild är tillagd. Förklaringsruta tillagd samt en beskrivning för dess syfte i KSD. Mindre formaliaändringa gjorda i förklaringsrutan.
3 Att definiera bullerexponering i relation till effekt	3.1 Påverkan av buller	Rubrikändring
	3.2 Bullermått, -nivåer och -index	Rubrikändring
	3.3. Bullermätning	Rubrikändring
5 Tillämpning		Ny tabell "Gruppering" Tabellen ska förtydliga avsnittets disposition gällande konsekvensbedömning av buller
	5.1 Tillämpning A1	Textrevidering i KSD för att förtydliga tillämpningen. Tidigare hänvisning till bilaga har strukits då bilagan är struken (bilagan ansåg att

Kapitel	Avsnitt	Ändring / Kommentar från KSD V1 till KSD V2
		jämföra mätningar och beräkningar – struken p g a KSD omfattning ej inkl. mätning)
	5.2 Tillämpning A2	Befintlig text flyttad till förklaringsruta istället för brödtext.
	5.3 Tillämpning B1	Befintlig text i förklaringsruta istället för brödtext. Andra stycket i förklaringsrutan är nytt.
	5.4 Tillämpning B2	Nytt att ANP-data kan modifieras efter KSD vägledning i bilaga 4.
	5.5 Jämförande beräkningar	Mindre editering. Citat kompletterat med referens till ECAC-dokumentet.
6 Bullerberäkningssystemets delar	6.2 Bullerdata	Text om segmentering borttagen.
	6.3 Flygplansdata	Text om 'spectral classes' borttagen. Observera att avsnitt 6.3.1 i ECAC-dokumentet är omformulerad att ta hänsyn till non-standard atmosfär.
	6.4 Flygplansgruppering	Hänvisning till av ECAC rekommenderade ersättningsmetoder. Punktlistan är reviderad. Figur 2 är nytt.
7 Beräkningsförutsättningar	7.2 Data avseende flygplatsen	Mindre redaktionella förändringar
	7.3 Grundläggande data	Hänvisning till bilaga 5.
	7.4 Flygvägsdata	Hänvisning till bilaga 2.
	7.6 Beskrivning av modellering av laterala flygvägar	Figur 3 är nytt. Text är nytt.
8 Den av ECAC rekommenderade metoden		Hänvisning till EASA-databasen är nytt.
9 Den enhetliga tillämpningens olika delar	9.4 Kriterier för utförande av bullerberäkningar	Hänvisning till bilaga 2.
Appendixtabell		Tabell 3 är nytt. Arbetsgruppen har inte tagit ställning till innehållet i ECAC-dokumentets bilagor. Tabellen summerar ändringar från ECAC-dokumentet V3 till V4.

Kapitel	Avsnitt	Ändring / Kommentar från KSD V1 till KSD V2
<b>Volym 2</b>		
1 Introduktion	1.1 Dokumentets syfte och mål	Uppdaterad för att återspegla reviderat innehåll i ECAC-dokumentet V3-V4. Ny faktaruta tillagd samt mindre editeringar.
	1.2 Dokumentets innehåll	Text om atmosfärsdämpning är nytt.
2 Sammanfattning och tillämpning av metoden	2.2 Flygväg och flygprofil	Förklaringsruta är nytt.
	2.4 Flygplats och flygoperationer	Mindre editeringar i första stycket.
	2.5 Referensförhållanden	Förtydligad text om mottagarhöjd.
3 Beskrivning av flygväg och flygprofil	3.5 Flygprofiler	Figur 4 är nytt. Figur 5 är nytt. Tabell 3 annan formatering Texten är flyttad från avsnitt 3.6. Ny faktaruta samt mindre redaktionella ändringar
	3.6 Segmentering av flygvägar	Text flyttad till avsnitt 3.5 (berör ej segmentering). Observera att i ECAC-dokumentet V3-V4 finns justeringar gällande specificeringar, hänvisning och klargöringar i avsnittet. Exempelvis avsnitt 3.6.6. i ECAC-dokumentet innehåller en klargörelse om extrapolering på grund av spår och profil.
4 Beräkning av enskild händelse	4.2 Beräkning av bullernivå från NPD-data	Observera att i ECAC-dokumentet från V3-V4 finns nytt avsnitt om att ta hänsyn till non-standard atmosfär. Faktaruta tillagd.
	4.5 Korrektionsfaktorer	Observera att i ECAC-dokumentet från V3-V4 görs förtydliganden av metodbeskrivning samt textrevidering.
5 Beräkning av sammansatta ljudnivåer	5.3 Beräkning av maximal ljudnivå	Reviderad text och hänvisning till bilaga.
	5.4 Ljudnivådistribution	Text borttagen.
6 Beräkning av bullerfigurer	6.1 Standardrutnät och justeringar	Text borttaget då KSD ämnar vara verktygsberoende. Tillagd faktaruta om täthet i beräkningsgrid.
Appendixtabell		Tabell 4 är nytt.



Kapitel	Avsnitt	Ändring / Kommentar från KSD V1 till KSD V2
		Arbetsgruppen har inte tagit ställning till innehållet i ECAC-dokumentets bilagor. Tabellen summerar ändringar från V3 till V4.
<b>KSD Bilagor</b>		
Bilaga 1 Deltagare i arbetsgrupp		Nytt
<del>Bilaga 2</del>		Bilaga 2 i KSD V1 är struken
Bilaga 2 Dokumentation av beräkning		Förtydliganden men i saktetsamma. Editering för att återspegla innehållet i KSD V2.
Bilaga 3 Exempel på flygplangruppering med vägledning		Nytt
Bilaga 4 Beräkning av antal gånger en viss maximal ljudnivå överskrids		Mindre redaktionella förändringar
Bilaga 5 Meteorologins påverkan		Mindre redaktionella förändringar Ny skrivelse kring geodata och MetaData samt enhetsväder
Bilaga 6 Beskrivning av konsekvenser och överväganden		Ny bilaga