



VILLKORSKONTROLL BROMMA STOCKHOLM AIRPORT ÅR 2023

**Kontroll av villkor 1 och 2
Flygbullerberäkning**



Innehållsförteckning

| | | | |
|-----------|---|----------|---|
| 1. | Inledning | 3 | |
| 2. | Metod | 3 | |
| 2.1 | Beräkningsmetoder | 3 | |
| 2.2 | Faktaruta | 4 | |
| 3. | Resultat | 5 | |
| 3.1 | Villkor 1 – FBN utfall år 2023 jämfört med trafikfall 4 | | 5 |
| 3.2 | Villkor 2 – TFBN utfall år 2023 | 5 | |

BILAGA – Beräkningsmetoder

Källförteckning

ANOMS – Swedavias flygvägsuppföljningssystem

CHROMA OADB – Swedavias operativa databas



1. Inledning

Syftet med denna rapport är att följa upp de villkor i Bromma Stockholm Airports miljötillståndsdöm som omfattar beräkning av årligt bullerutfall. Rapporten redovisar 2023 års utfall av följande flygbullerberäkningar:

- Villkor 1 – FBN_{TBU} 55 dB(A) och 65 dB(A) och kontroll mot Trafikfall 4.
- Villkor 2 – TFBN och kontroll mot villkorad gräns.

Samtliga beräkningar avser utomhusljudnivåer och årsmedeldygn.

Indata till trafikfall har hämtats från:

- Swedavias flygvägsuppföljningssystem ANOMS
- Swedavias operativa databas CHROMA OADB¹

2. Metod

2.1 Beräkningsmetoder

Enligt dokumentet Kvalitetssäkring av flygbullerberäkningar – Underlag för enhetlig tillämpning², som tagits fram av Transportstyrelsen, Naturvårdsverket och Försvarsmakten är det ECAC Doc 29³ som ska vara den metodmässiga utgångspunkten för flygbullerberäkningar i Sverige. För närvarande tillämpas Doc 29, 3rd Edition. Beräkningsmetoden och förutsättningar redovisas i bilagan.

Villkor 1 avser beräkning av FBN_{TBU} 55 och 65 dB(A) och resultatet av utfallet skall jämföras med resultatet av det så kallade trafikfall 4 från ansökan om nytt miljötillstånd 1978-05-18, med omräkning år 2011⁴.

TFBN för kontroll av villkor 2 har beräknats med samma metod som användes vid tiden för miljöprövningen, se bilagan. Resultatet jämförs mot det i villkoret angivna gränsvärdet.

Beräkningsmetoderna redovisas i bilagan.

¹ Uppgifter är hämtade den 4 januari 2024 och används som komplettering till uppgifterna i Swedavias flygvägsuppföljningssystem

² Kvalitetssäkringsdokumentet för flygbullerberäkningar finns i januari 2024 på Transportstyrelsens hemsida URL: https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/luffart/miljo/kvalitetssakringsdokument_flygbuller.pdf

³ Den 7 december 2017 godkände ECAC (European Civil Aviation Conference) den fjärde utgåvan av metoddokument ECAC Doc 29. Doc 29 beskriver standardmetoden för beräkning av flygbuller runt civila flygplatser. URL: <https://www.ecac-ceac.org/documents/ecac-documents-and-international-agreements>
Ett arbete har påbörjats i Sverige för att i framtiden kunna implementera ECAC Doc 29 4th Edition.

⁴ Omräkningen krävdes då det ursprungliga Trafikfall 4 från 1978 beräknades med ett beräkningsverktyg och en beräkningsmetod som inte längre finns tillgänglig. Detta möjliggjorde att uppföljningsberäkningar kan göras med samma metod som referensberäkningen i enlighet Kvalitetssäkringsdokumentet kapitel 5.5.



2.2 Faktaruta

- **dB** står för decibel och är en enhet som relaterar till det svagaste ljud som örat anses kunna uppfatta, där 0 dB motsvarar ljudtrycket $20\mu\text{Pa}$, (mikro-pascal). dB representerar därför ett förhållande till denna nivå på samma sätt som ett procentvärde med den skillnaden att dB-begreppet är ett logaritmiskt begrepp medan procent är linjärt.
- **Måttet dB(A)** är den skala som är internationell standardenhet för beskrivning av ljud och är tänkt för att bättre efterlikna hur det upplevs av människor. Den så kallade A-vägningen innebär justering eller vägning av frekvensinnehållet så att det bättre överensstämmer med det mänskliga örats uppfattningsförmåga (hörnivå).
- **SEL** (engelska för Sound Exposure Level) är den ekvivalenta ljudnivån av en enskild bullerhändelse normerad till en sekund och påverkas av bullerhändelsens varaktighet. SEL tillsammans med trafikmängd utgör grunden vid beräkning av viktad ekvivalent ljudnivå utomhus FBN. SEL benämns ibland L_{AE} . SEL anges med enheten dB(A).
- **FBN_{TBU}** baseras på SEL och är en ekvivalent ljudnivå för ett årsmedeldygn, där hänsyn tas till när på dygnet flygrörelsen sker. FBN_{TBU} är ett mått på den bullerdos under ett årsmedeldygn som det aktuella trafikscenariot representerar. FBN_{TBU} anges i dB(A), och visas oftast som en så kallad iso-dB-linje, en kontur, på karta. I detta trafikscenario värderas en kvällshändelse (mellan kl 19 och 22) som tre dagshändelser och en natthändelse (mellan kl 22 och 07) värderas som tio dagshändelser. TBU står för trafikbullerutredningen eftersom begreppet FBN ursprungligen definierades i "flygbuller SOU 1975:56". FBN_{TBU} är ett mått som används i miljötillståndet på Bromma.
- **TFBN, Total FlygBullerNivå**, totalt av ett trafikscenario producerad ljudenergi för ett årsmedeldygn, beskriven med ett enda siffervärde i enheten dB(A) och kan därmed sägas vara ett mått på hur mycket ljud som får produceras av ett givet trafikscenario. Beräknas såsom den till en fastställd yta mottagna ljudenergin av det aktuella trafikfallet. TFBN vägs med hänsyn till tid på dygnet på samma sätt som FBN.

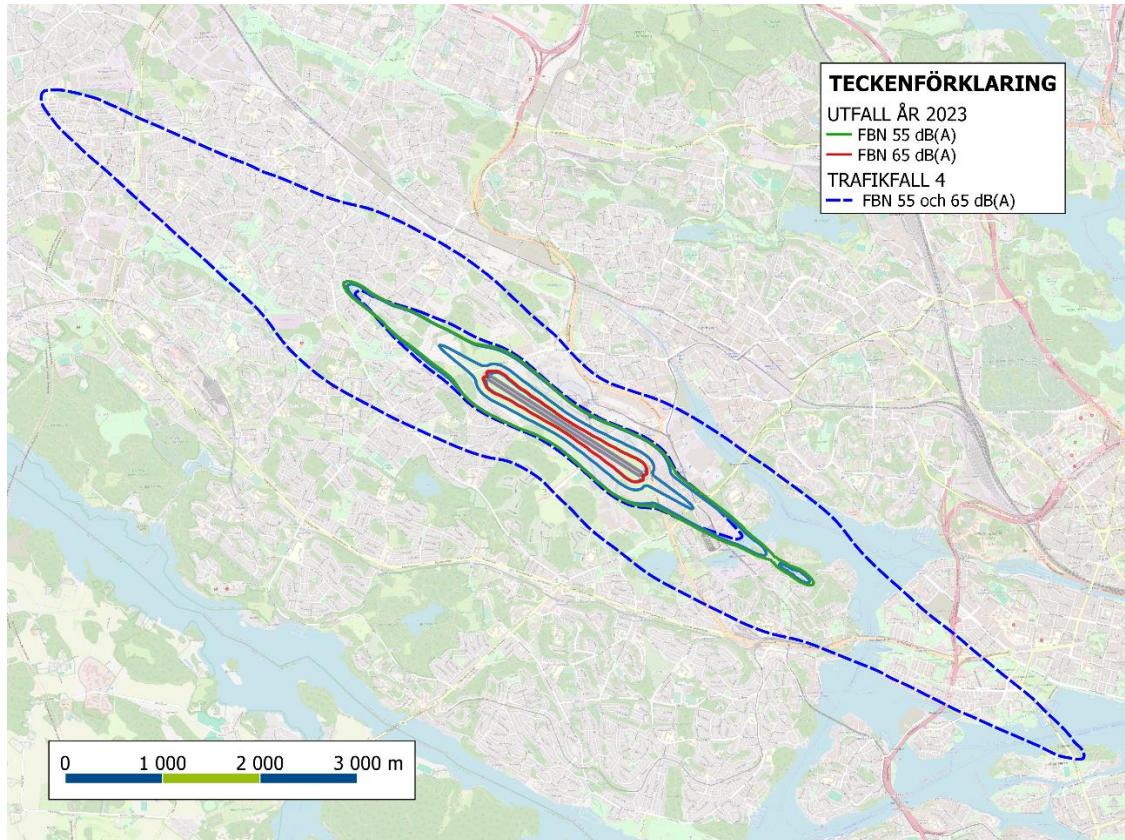


3. Resultat

3.1 Villkor 1 – FBN utfall år 2023 jämfört med trafikfall 4

Enligt villkor 1 i miljödomen från den 28 januari 2009 (mål nr M 1414-07) får FBN 55 och 65 dB(A) inte överstiga de gränser som anges i trafikfall 4 i Luftfartsverkets ansökan.

I figur 1 redovisas resultatet av flygbullerberäkningarna avseende utfall år 2023 för FBN_{TBU} 55 och 65 dB(A) beräknat enligt beskrivning i kapitel 2.1. Bullerkonturer enligt tillståndsgivet trafikfall 4 beräknade enligt samma metod för FBN_{TBU} 55 resp. 65 dB(A) finns också inlagda (blå konturer). De beräknade bullerkonturerna för FBN för utfallet år 2023 ligger innanför bullerkonturerna för trafikfall 4.



Figur 1: Blå streckade konturer visar referenslinjer för det tillståndsgivna trafikfall 4. Den yttre blåstreckade konturen visar referenslinjen för FBN_{TBU} 55 dB(A) och den inre visar referenslinjen för FBN_{TBU} 65 dB(A). Grön kontur visar FBN_{TBU} 55 dB(A) och röd kontur visar FBN_{TBU} 65 dB(A) för utfall år 2023.

3.2 Villkor 2 – TFBN utfall år 2023

Enligt miljööverdomstolens dom, 2010-02-05 (M 1441-09) villkor 2 får TFBN inte överstiga 134,2 dB(A).

Beräknad TFBN för utfallet år 2023 är 128,6 dB(A). TFBN för 2023 års utfall understiger gränsvärdet på 134,2 dB(A).



BILAGA – Beräkningsmetoder

Beräkningsmetod för FBN, maximal ljudnivå för utfall år 2022 – villkor 1

Endast flygbuller från in- och utflygning till/från flygplatsen inklusive landning och start ingår i beräkningsmetoden. Buller från taxning, motorprovkörning och liknande räknas inte per definition som flygbuller. Beräkningsmetoden består utav tre delar, förprocessering, bullerberäkningsmodell och efterprocessering. Metoden beskrivs i ECAC Doc 29 3rd Ed och tillämpas enligt beskrivning nedan:

Förprocessering

Swedavias flygvägsuppföljningssystem har använts för att ta fram underlag för bullerberäkning av utfallet år 2023. Underlaget avser indata i form av:

- Flygplatsdata
- Bananvändning
- Operationstyp (landning/start)
- Flygvägar
- Destinationer
- Flygplanstyper
- Antal rörelser per tidsenhet

Flygvägsuppföljningssystemet får indata i form av radardata och så kallade färdplaner, vilka länkas samman med hänsyn till transponderkod och givna tidskriterier. Dessa data kan i systemet användas för att bestämma enskilda flygningars geografiska position och flygvägar. Flygvägarna för beräkning är modellerade efter nominella flygvägar tolkade från IAIP⁵ med lateral spridning i enlighet med ECAC Doc 29. Vid flygbullerberäkning genomförs en översättning av de faktiska flygplanstyperna till beräkningsbara flygplanstyper som i flygbullerberäkningen representerar flygplansflottan.

I systemet saknas exakta flygplanstyper för 2 132 operationer. Dessa har efter jämförelse med statistik i Swedavias operativa databas bedömts omfatta helikopter och mindre flygplanstyper. I flygbullerberäkningen representeras dessa av 1-motoriga propellerflygplan då helikopter inte ingår i flygberäkningsmetoden. Eftersom helikoptrar landar och startar på rullbanan och använder VFR-flygvägar, räknas dessa därför med schablonmässigt som 1-motoriga propellerflygplan. De mindre flygplanstypernas omfattning bedöms ge en marginell påverkan på resultatet.

I beräkningarna har hänsyn tagits till stage length. Normalt räknas inrikestrafik som stage length 1, medan utrikestrafik från Bromma Stockholm Airport räknas som stage length 2 – 3. Inflygningar är av flygbolagen beräknade att landa med så lite bränsle som säkerheten tillåter. Dessa räknas därför som stage length 1.

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.

⁵ URL till IAIP: <https://aro.lfv.se/Editorial/View/IAIP?folderId=56>



Trafikfallet som används för flygbullerberäkning av utfallet år 2023 uppgår till totalt 35 602 rörelser och fördelningen framgår i tabell nedan⁶:

Tabell 1: Trafikfall för beräkning år 2023 Bromma Stockholm Airport

| Gruppering | ANP-data | DAG | KVÄLL | NATT | DYGN |
|----------------------------|----------|--------------|-------------|----------|--------------|
| 1-motorig propeller kolv | GASEPF | 2834 | 268 | 0 | 3102 |
| 2-motorig propeller kolv | BEC58P | 181 | 8 | 0 | 189 |
| 2-motorig turboprop Små | DO228 | 7 | 0 | 0 | 7 |
| 2-motorig turboprop Mellan | SF340 | 2299 | 137 | 0 | 2436 |
| 2-motorig turboprop Stora | DO328 | 34 | 5 | 0 | 39 |
| 2-motorig affärsjet Små | CIT3 | 3416 | 325 | 1 | 3742 |
| 2-motorig affärsjet Stora | GV | 2339 | 288 | 0 | 2627 |
| 2-motorig jet Airbus A319 | A319-131 | 2605 | 434 | 3 | 3042 |
| 2-motorig turboprop ATR72 | ATR72 | 18051 | 2365 | 2 | 20418 |
| TOTALT | | 31766 | 3830 | 6 | 35602 |

Bullerberäkningsmodell

Beräkningsverktyg som använts är IMPACT 3.37.E⁷ från Eurocontrol, vilket överensstämmer med den modellbeskrivning som redovisas i ECAC Doc 29.

ECAC Doc 29 tillämpar en internationell prestanda- och flygbullerdata bas kallas ANP⁸. I databasen finns uppgifter för flera olika beräkningsbara flygplanstyper med begränsad konfiguration av vikt, motortyp, flygprocedur samt aerodynamiska parametrar.

En modell över flygplatsen skapas i IMPACT där bland annat rullbanans geografiska placering och omgivande topografi ingår. Tillbakaflyttad start, så kallad "start extension" tillämpas på flygplatsen och ingår även i beräkningsmodellen och påverkar jettflyg i linjefart. Data för flygplatsmodellen hämtas från IAIP. På flygplatsen används en glidbana med 3,5° lutning, (glidbanesändarens anflygningsvinkel) och justering av procedurerna i modellen har gjorts för att anpassa dem till flygplatsens lokala förhållanden. I flygplatsens närhet finns det en signifikant variation av terränghöjden varför hänsyn tas till avståndet bullerkälla/mottagare med hänsyn till topografins variation. Beräkningarna använder ett rutnät runt flygplatsen med beräkningspunkter om 10 m x 10 m och topografi enligt Lantmäteriets terrängdata⁹.

Efterprocessering

Beräkning av konturer för FBN har gjorts direkt i IMPACT. Bullerkartorna i figurerna har färdigställts i QGIS. Kartmaterialet baseras på openstreetmap i kartprojektion SWEREF99TM.

⁶ Trafikfallet baseras på de operationer som har radardata och som finns i Swedavias flygvägsuppföljningssystem.

⁷ Info IMPACT, URL: <https://www.eurocontrol.int/platform/integrated-aircraft-noise-and-emissions-modelling-platform>

⁸ Aircraft Noise and Performance innehåller beräkningsbara flygplans buller- och prestandauppgifter som används vid flygbullerberäkning enligt ECAC Doc 29. ANP-databasen tillhandahålls av EASA, URL: <https://www.easa.europa.eu/domains/environment/policy-support-and-research/aircraft-noise-and-performance-anp-data>

⁹ URL till Lantmäteriets terrängdata, Hojddata_grid_50_plus: <https://www.lantmateriet.se/opnadata#anchor-4>

URL till Lantmäteriets öppet data: <ftp://download-opendata.lantmateriet.se/>



Beräkningsmetod för TFBN utfall år 2023, villkor 2

TFBN har beräknats enligt dansk metod¹⁰. TFBN-metoden utgår från respektive luftfartygs TSEL¹¹-värden som är ett värde för start och utflygning samt ett värde för inflygning och landning. Samtliga rörelers TSEL-värden ackumuleras för beräkning av TFBN. Likhande ersättningstyper används som vid beräkning av FBN, men det finns en begränsning av data för nya flygplanstyper. Flygplansdata för bullerberäkning har dock uppdaterats sedan miljöprövningen och med att nya flygplan tagits i drift och de senaste TSEL-värdena har tillhandahållits från Copenhagen Airports i Danmark¹².

¹⁰ TFBN beräknas enligt Dansk metodik (metoden kallas där TDENL) och beskrivs i rapporten "Noise Control at Airports/Airfields" ISBN 87-7280-008-9.

¹¹ TSEL är summan av den från ett flygplan mottagna ljudenergin över en bestämd yta om 28 km x 6 km normaliserad till 1 sekund. Storleken på ytan är tillräckligt stor för att ta hänsyn till det signifikanta bidraget som omfattas av hela in, och utflygningen.

¹² [CPH - Støjårsrapport 2022](#)