



MILJÖRAPPORTUNDERLAG BROMMA STOCKHOLM AIRPORT ÅR 2020

Kontroll av flygtrafik och flygbuller

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
2 av 26

MILJÖRAPPORTUNDERLAG BROMMA STOCKHOLM AIRPORT ÅR 2020

Kontroll av flygtrafik och flygbuller

Källförteckning

TRISS – Swedavias faktureringsstatistik
ANOMS – Swedavias flygvägsuppföljningssystem
ATSP Bromma – Flygtrafiktjänsten Bromma flygplats (LFV)

Revisionsförteckning

| Rev | Datum | Upprättad av | Information |
|------------|--------------|---------------------|--------------------|
| 1.0 | 2021-03-31 | Christer Heed | |

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
3 av 26

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | | |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | INLEDNING | 4 |
| 2 | KONTROLL AV FLYGTRAFIK | 4 |
| 2.1 | Kontroll av villkor 3 – trafikvolym | 4 |
| 2.1.1 | Flygtrafikflottans antal rörelser och fördelning av flygplanstyper | 5 |
| 2.2 | Kontroll av villkor 4 – bulleregenskaper | 6 |
| 2.2.1 | Kommentar kontroll villkor 4: | 6 |
| 2.2.2 | Kontrollmetod – villkor 4 | 7 |
| 2.2.3 | Kontroll av flygplanstyperna i Avro RJ-serien | 8 |
| 2.2.4 | Kontroll av flygplanstyper Embraer ERJ190-100 | 10 |
| 2.2.5 | Kontroll med hänsyn till markupplåtelseavtal med Stockholm stad | 12 |
| 2.3 | Kontroll av villkor 5 – trafik utanför ordinarie öppethållandetider | 12 |
| 3 | KONTROLL AV FLYGVÄGAR | 13 |
| 3.1 | Kontroll av villkor 6 – flygvägar | 13 |
| 3.2 | Statistik – bananvändning | 14 |
| 4 | KONTROLL AV FLYGBULLERVILLKOR | 15 |
| 4.1 | Faktaruta | 15 |
| 4.2 | Flygbullerberäkning | 16 |
| 4.3 | Beräkningsresultat | 16 |
| 4.3.1 | Kontroll av villkor 1 – FBN utfall år 2020 jämfört med trafikfall 4 | 16 |
| 4.3.2 | Kontroll av villkor 2 – TFBN utfall år 2020 | 17 |
| 4.3.3 | Kontroll av villkor 7 – FBN, maximal ljudnivå och ekvivalent ljudnivå utfall år 2020, bullerisolering | 18 |
| 5 | LJUDMÄTNINGAR | 20 |
| 5.1 | Resultat ljudmätning | 21 |
| 5.2 | Slutsats och diskussion ljudmätning | 22 |
| 6 | BILAGA | 23 |
| 6.1 | Beräkningsmetod för FBN, maximal ljudnivå och ekvivalent ljudnivå utfall år 2020 – villkor 1 och villkor 7 | 23 |
| 6.1.1 | Förprocessering | 23 |
| 6.1.2 | Bullerberäkningsmodell | 23 |
| 6.1.3 | Efterprocessering | 24 |
| 6.2 | Beräkning av TFBN utfall år 2020, villkor 2 | 24 |
| 6.3 | Metod – Ljudmätning | 25 |
| 6.3.1 | Allmänt om ljudmätning av flygbuller | 25 |
| 6.3.2 | Mätmetod | 25 |

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
4 av 26

1 INLEDNING

Denna rapport utgör ett underlag till miljörapport avseende utfall år 2020 för flygplatsen Bromma Stockholm Airport.

Flygplatsen har i miljötilståndet ett antal villkor som kontrolleras och redovisas årligen. Denna rapport redovisar flygtrafikstatistik samt uppföljning och kontroll av de miljövillkor som avser flygvägar och flygbuller. Kontroller har utförts enligt upprättat kontrollprogram och flygvägsuppföljningen har gjorts i samarbete mellan Swedavia och ATSP Bromma. Kontroller har också utförts för flygtrafik och flygbuller med hänsyn till tillämpliga delar ur markupplåtelseavtalet som finns med Stockholm stad. Resultat av ljudmätningar genomförda under år 2020 redovisas också. Uppgifterna i denna rapport avser utfall år 2020 och har hämtats från:

- Swedavias statistik TRISS - som utgör faktureringsunderlag gentemot flygbolagen
- Swedavias flygvägsuppföljningssystem ANOMS
- ATSP Bromma – Flygtrafiktjänsten Bromma flygplats (LFV)

2 KONTROLL AV FLYGTRAFIK

Utfallet kontrolleras med hänsyn till gällande miljötilstånd, se Miljödomstolens dom från den 28 januari 2009 mål nr (mål nr M 1414-07), Miljööverdomstolens dom från den 5 februari år 2010 (mål nr M 1441-09), fastställt i Högsta Domstolen, Mål nr T 1079-10. Kontroller görs också i tillämpliga delar med hänsyn till förlängningen av markupplåtelseavtalet med Stockholm stad (D-LFV 2007-38689).

2.1 Kontroll av villkor 3 – trafikvolym

Enligt villkor 3 i miljödomen från den 28 januari 2009 (mål nr M 1414-07) får antalet flygrörelser¹ per år inte överstiga 100 000. Enligt marköverlåtelseavtalet med Stockholm stad (D-LFV 2007-38689) anges ett riktvärde om maximalt 80 000 rörelser per år exklusive trafik med statsflygplan samt ambulans- och räddningsflyg. Flygplatsens verksamhet ska i huvudsak inriktas dels mot reguljär flygtrafik till och från Stockholm, dels affärsflyget.

Både villkoret i miljötilståndet och markupplåtelseavtalet uppfylls.

¹ En rörelse är en landning eller en start av ett luftfartyg.

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

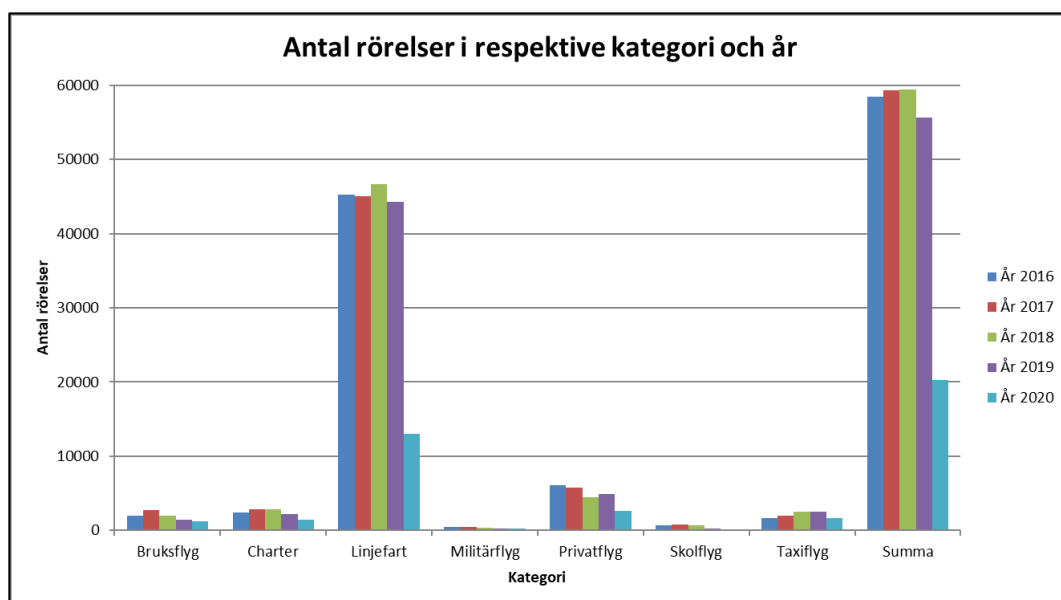
Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
5 av 26

2.1.1 Flygtrafikflottans antal rörelser och fördelning av flygplanstyper

Den totala trafikvolymen år 2020 uppgick till 20 222 rörelser², vilket är en minskning med drygt 60 procent jämfört med föregående år. Den största minskningen av antalet rörelser återfinns inom kategorin linjefart. Flygrörelsernas fördelning på olika kategorier mellan år 2016 och år 2020 framgår av figur 1. Ambulans- och räddningsflyg ingår i kategorin bruksflyg, statsflygplan ingår i kategorin militärflyg, reguljär flygtrafik ingår i kategorin linjefart och affärsflyg ingår i kategorierna privatflyg och charter.



Figur 1: Flygrörelsernas fördelning på olika kategorier år 2016, 2017, 2018, 2019 och 2020 på Bromma Stockholm Airport.

Under år 2020 förekom 128 olika registrerade typer av luftfartyg på Bromma Stockholm Airport. Figur 2 nedan, visar fördelningen av antal rörelser för de 10 vanligaste av dessa och som utgör 68 % av total trafikvolym år 2020.

² Uppgift i TRISS per 2021-01-04

Dokumenttyp
Rapport

Upprättad av
Christer Heed

Godkänd av
Kim Olsson

Datum
2021-03-31

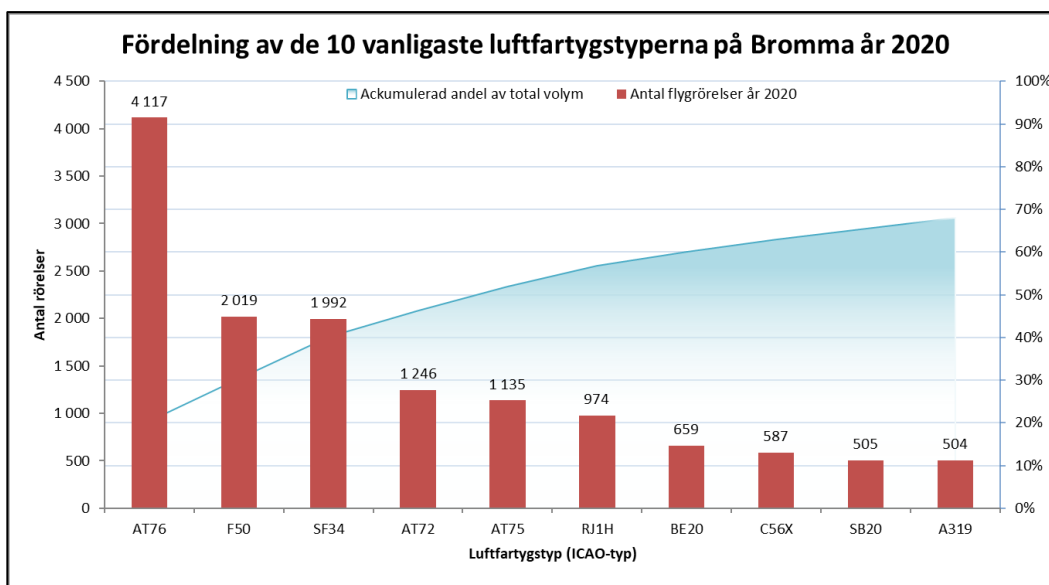
Sekretess

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Dokument-ID
D 2020

Version
1.0

Sida
6 av 26



Figur 2: 10 luftfartygstyper på Bromma Stockholm Airport utgör 68 % av den totala trafikvolymen för år 2020. Resterande 32 % av den totala trafikvolymen utgörs av 118 olika luftfartygstyper.

2.2

Kontroll av villkor 4 – bulleregenskaper

Enligt villkor 4 i miljödomen från den 28 januari 2009 (mål nr M 1414-07) får inte flygplanens ljudemissioner överstiga 89 EPNdB³ i medeltal för de tre mätpunkterna enligt ICAO Annex 16, Vol 1 som reglerar bullercertifiering av civila luftfartyg. Förutom villkor 4 finns ytterligare en skärpning som regleras genom markupplåtelseavtalet med Stockholm stad (D-LFV 2007-38689), se kapitel 2.2.5.

Flygplatsens enhet Bromma OPC har det praktiska ansvaret för att tillse att villkoret innehålls genom rutiner i form av kontroll av flygplansindivid innan operatören tillåts trafikera flygplatsen. Kontroll av vissa flygplanstyper redovisas särskilt, se kapitel 2.2.3 och 2.2.4, nedan.

Två avvikelser från villkoret har förekommit, se kommentar nedan. I övrigt finns inga avvikelser för år 2020.

2.2.1

Kommentar kontroll villkor 4:

Vid årsuppföljning har det upptäckts att två flygplansindivider som har bullercertifieringsvärden på ca 91,5 EPNdB har trafikerat flygplatsen vid sammanlagt 4 tillfällen (det vill säga 4 landningar och 4 starter). För den aktuella

³ EPNdB är enheten för bullermåttet EPNL, Effective Perceived Noise Level, se kapitel 4.1.

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
7 av 26

flygplanstypen, Hawker 400XP, används samma ICAO-kod för flera olika varianter av flygplanet, nämligen BE40. Under året har Bromma Stockholm Airport tagit emot 36 besök av BE40 som klarar 89 EPNdB. Man har vad det gäller två individer inte uppmärksammat att de inte uppfyller kraven.

Det kommer framöver att bli lättare att skilja på varianterna, då ICAO nyligen reviderat dokument 8643 (Aircraft Type Designators) och i samband med detta givit de varianter som klarar 89 EPNdB den unika beteckningen BE4W.

Överträdelsen anmäls i särskild skrivelse till tillsynsmyndigheten.

2.2.2 Kontrollmetod – villkor 4

De tre mätpunkterna för ljudemission i villkoret avser de tre certifieringspunkter som anges i ICAO Annex 16, Vol 1 kapitel 3:

- 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 med maximal dragkraftinställning och där ljudnivån är som högst.
- Flyover: En punkt som avser bullernivå under stigfasen, 6 500 meter från startbanans pådragspunkt, där överflygningen sker med minimal dragkraftinställning.

För att få trafikera flygplatsen ska flygbolagen uppvisa ett certifieringsintyg där certifieringsvärden framgår eller på annat sätt visa att ljudnivåerna inte överstiger det tillåtna. I flygbullercertifieringen används en annan procedur och andra maximala vikter än de som flygbolagen på Bromma Stockholm Airport tillämpar. Exempelvis gäller en 3 graders inflygningsvinkel vid bullercertifiering. På Bromma Stockholm Airport tillämpas dock en annan inflygningsprocedur, där inflygningsvinkeln är 3,5 grader vid användandet av instrumentflygregler. Denna skillnad påverkar ljudnivån på mark under slutlig inflygning, där ljudnivån generellt blir något lägre. I förekommande fall krävs flygbolagen på intyg från flygplanstillverkaren som visar ljudnivån i certifieringspunkterna och tillämpad procedur.

Figur 3 nedan illustrerar de tre certifieringspunkterna som anges i ICAO Annex 16, Vol 1 kapitel 3.

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

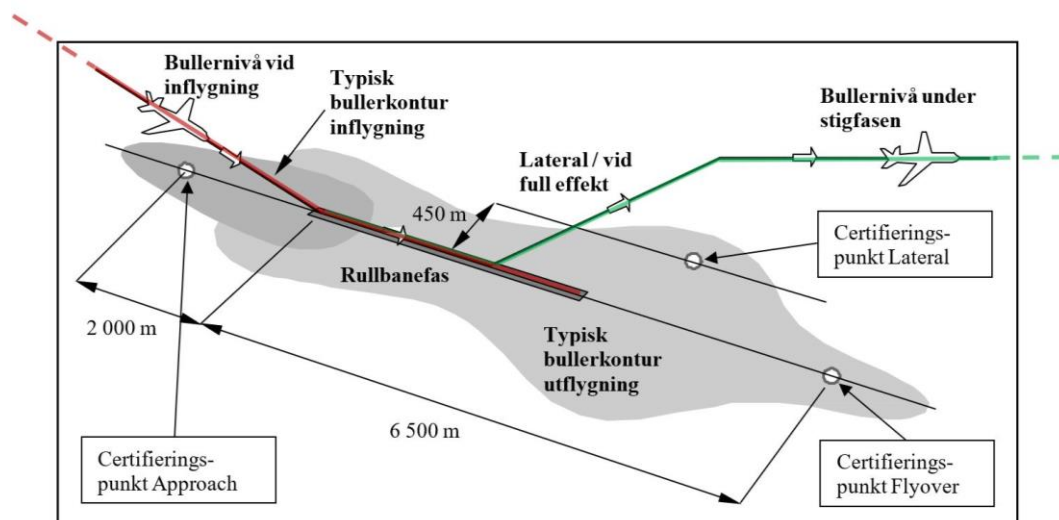
Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
8 av 26



Figur 3: Figuren visar de tre referenspunkterna vid certifiering av flygplan avseende buller. Figuren baseras på ECAC Doc 29 4th Edition vol 1 (Figure 3-5: Certification reference points).

2.2.3

Kontroll av flygplanstyperna i Avro RJ-serien

Enligt beslut från tillsynsmyndigheten krävs att flygplanen i Avro-serien ska följa den begränsning som flygplanstillverkaren anger för att uppnå maximalt 89 EPNdB i medeltal i de tre certifieringspunkterna. Det framgår ur intyg från flygplanstillverkaren British Aerospace att om de maximalt angivna vikterna för landning och start begränsas (se nedan) och inte överskrids, samt om angivna flygprocedurer följs, uppgår ljudemissionerna för Avro RJ100 i medeltal till maximalt 89 EPNdB. Med angiven flygprocedur menas att följa en glidbana på 3,5 grader, samt att inte använda automatlandning, d.v.s. luftbroms samtidigt som gaspådrag.

Kontroller avseende startvikt och landningsvikt, inflygningsvinkel samt användningen av luftbroms har utförts under år 2020 avseende flygplanstypen Avro RJ100 som flygs av flygbolaget Braathens Regional Aviation (BRA). Avvikelser från procedurerna kan förekomma i de fall flygsäkerheten så kräver. Redovisningen utgör en sammanfattning från flygbolagets rapporter som Swedavia tagit del av.

2.2.3.1

Kontroll av start- och landningsvikter

Nedan redovisas de högsta start och landningsvikterna enligt intyg som visar att flygplatsens krav enligt villkor 4 uppfylls:

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
9 av 26

| | |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| Maximal tillåten startvikt för flygplanstypen Avro RJ85: | 43 998 kg |
| Maximal tillåten startvikt för flygplanstypen Avro RJ100: | 44 225 kg |
| Maximal tillåten landningsvikt för flygplanstypen Avro RJ85: | 38 555 kg |
| Maximal tillåten landningsvikt för flygplanstypen Avro RJ100: | 40 142 kg |

Tabell 1 nedan visar högsta tillämpade start- och landningsvikter för utfallet år 2020 som flygbolagen redovisat till Swedavia.

Tabell 1: Av flygbolagen redovisad högsta tillämpade start- och landningsvikt år 2020.

| Flygbolag / flygplanstyp | Högsta tillämpade startvikt i kg | Maximal tillåten startvikt i kg | Högsta tillämpade landningsvikt i kg | Maximal tillåten landningsvikt i kg |
|-------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| BRA / RJ85 | 40 071 | 43 998 | 37 581 | 38 555 |
| BRA / RJ100 | 41 915 | 44 225 | 39 202 | 40 142 |

Redovisade högsta tillämpade vikter är lägre än de maximala tillåtna vikterna som krävs för att villkoret ska uppfyllas. Högsta tillämpade vikt utgörs endast av en eller ett fåtal rörelser. De av flygbolagen redovisade medelvärden av tillämpade start- och landningsvikterna ligger cirka 3 000 kg – 4 000 kg under de maximalt tillåtna vikterna.

2.2.3.2

Kontroll av inflygningsvinkel

Enligt beslut av tillsynsmyndigheten ska inflygningsvinkeln kontrolleras för flygplanstyperna i Avro RJ-serien och att slutlig inflygning sker längs en glidbana på 3,5 grader. Denna parameter påverkar värdet i certifieringspunkten Approach.

Två kontroller av inflygningsvinkeln har genomförts.

Första kontrollen avser att Bromma Stockholm Airports glidbanesändare är inställd på 3,5 grader. Att etablera ett flygplan på en glidbana innebär i praktiken att flygplanen navigerar in genom en fiktiv kon med i detta fall centrumvinkeln 3,5 grader. Under år 2020 har glidbanesändaren kontrollerats enligt TSFS 2017:18.

Förutom kontrollen av glidbanesändaren redovisas också statistik om Avro-flygplanens statistiska avvikelser till centrumlinjen under år 2020. Avvikelse från glidbanan beräknas löpande längs den slutliga inflygningen. Av dessa värden beräknas medelvärdet för avvikelserna under inflygning. Detta sker från "Final Approach Point" (FAP) ner till minima för ILS inflygningen. Detta ger ca 135 mätvärden under en inflygning, det vill säga, det är inte endast inflygningsvinkeln över certifieringsmätpunkten som mäts. Totalt har 453 mätningar ingått i

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
10 av 26

analysen. Resultatet visar att medelvärdet av inflygningen sker till 3,5 grader med en standardavvikelse som är 0,01 grader.

Bedömningen är att Avro-flygplanen använt 3,5 graders inflygningsvinkel och att standardavvikelsen är tillräckligt liten för att inte påverka ljudemissionerna i certifieringspunkten negativt.

2.2.3.3

Kontroll av luftbroms

Luftbroms är ett av de hjälpmedel som kan finnas på ett flygplan för att sänka farten i förhållande till omgivande luftmassa. Exempelvis kan luftbroms användas för att kunna bibehålla inflygningsvinkeln och undvika avbruten inflygning. Aktiverad luftbroms utgör ingen signifikant ökning av ljudnivån vid inflygning om syftet är att sänka farten. Om flygplanet däremot bromsas och samtidigt ges ökat motorpådrag så att farten bibehålls ökar ljudnivån signifikant på grund av det ökade motorpådraget. Detta förfarande kallas automatlandning och används bland annat i samband med bullercertifiering av flygplan. Automatlandning används inte på Bromma Stockholm Airport. Enligt uppgift från BRA får piloterna på deras Avro RJ-flotta dessutom endast använda luftbromsen i undantagsfall. Det vill säga om nöden kräver och då endast för att sänka farten vid inflygning till flygplatsen för att kunna utföra en säker landning.

Underlaget från BRA:s Avro-flotta visar att under år 2020 användes luftbromsen på grund av säkerhetsskäl vid totalt 4 tillfällen av totalt 452 mäthandlingar. Det motsvarar cirka 9 promille av alla landningar. Bedömningen är att användning av luftbroms inte har påverkat ljudemissionerna i certifieringspunkten och därmed inte påverkat villkor 4.

2.2.4

Kontroll av flygplanstyper Embraer ERJ190-100

Efter beslut av miljöförvaltningen Stockholm stad skall egenkontroll av Flygplanstypen Embraer ERJ190-100 ske genom kvartalsvis redovisning. I den här redovisningen sammanfattas hela året.

Miljöförvaltningen har godkänt konfigurationen av Embraer ERJ190-100 som flygplanstillverkaren Embraer redovisat⁴ och som leder till att dess operation ska ge ett medelvärde från de tre certifieringspunkterna under 89 EPNdB och därmed uppfylla villkor 4, se Tabell 2:

⁴ Embraer – Report No 190NOY015

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
11 av 26

Tabell 2: Tillåtna konfigureringsalternativ för Embraer ERJ 190-100

| | |
|-------------------------------------|----------------|
| Maximal TOW | 45 990 kg |
| Maximal LW | 44 000 kg |
| Landningsprocedur med max flap/slat | 6 (full) |
| Motortyp | CF34-10E5A1G07 |

Flygplanen kontrolleras genom bullercertifikat från tyska myndigheten för luftfartsfrågor⁵ och typcertifikat för buller från EASA⁶ för respektive flygplansindivid. Sammanställning av tillämpade start- och landningsvikter för varje individ tillhandahålls från flygoperatören. Flygplansindividuernas registreringsnummer har också kontrollerats mot Swedavias faktureringsystem.

Kontrollen visar att under år 2020 förekom 406 rörelser fördelade på tre olika flygplansindivider enligt tillåten konfiguration, se Tabell 3. Vikterna i tabellen är den under perioden högsta tillämpade vikten för varje flygplansindivid.

Tabell 3: Flygplansindivider av typen Embraer ERJ 190-100 som under året trafikerat flygplatsen

| Flygplanstyp | Reg-nummer | Högsta tillämpade Startvikt i kg | Högsta tillämpade Landningsvikt i kg | Motortyp ⁷ | Antal rörelser |
|-----------------------------|------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|----------------|
| ERJ 190-100 | D-ACJJ | 43 426 | 41 535 | CF34-10E5 G07 | 312 |
| ERJ 190-100 | D-AJHW | 41 951 | 40 176 | CF34-10E5 G07 | 48 |
| ERJ 190-100 LR ⁸ | D-AWSI | 42 140 | 40 390 | CF34-10E5 G07 | 46 |

Redovisade högsta tillämpade vikter är lägre än de maximala vikterna som krävs för att villkoret ska uppfyllas.

⁵ Luftfahrt-Bundesamt, tyska motsvarigheten till Transportstyrelsen, utfärdar bullerintyg.

⁶ Typcertifikat, datablad för buller avseende Embraer ERJ 190, TCDSN No.: EASA.IM.A.071 Issue 16, 31 January 2021, finns tillgängligt på url: <https://www.easa.europa.eu/document-library/noise-type-certificates-approved-noise-levels>

⁷ För motortyp saknas tillägget A1. Ur EASA:s typcertifikat för buller framgår att motorbeteckning utan A1 innebär en variant med lägre certifierad startvikt, viket ger en lägre ljudnivå.

⁸ LR betyder Long Range och innebär att flygplanet har möjlighet till större bränsletank. Flygplan med beteckningen LR har samma certifierade maximala vikter, konfiguration och EPNL.

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
12 av 26

2.2.5 Kontroll med hänsyn till markupplåtelseavtal med Stockholm stad

Flygplatsen har i markupplåtelseavtalet med Stockholm stad (D-LFV 2007-38689) en begränsning för flygplanstyper vad gäller medelvärdet av ljudnivån i de tre certifieringspunkterna räknat i EPNL enligt ICAO Annex 16, Vol 1, kapitel 3.

För flygplan i linjefart gäller följande begränsningar rörande ljudemissioner:
”För flygplan i linjefart gäller generellt, dock med nedan angivna undantag att dessa antingen måste ha ett certifieringsvärde för ljudemission som inte överstiger 86 EPNdB i medeltal för de tre mätpunkterna enligt ICAO annex 16, Vol 1, chapter 3, eller kan trafikera Bromma så att bullret blir mindre än 86 EPNdB i medeltal före de tre mätpunkterna.

Större jetflygplan med en passagerarkapacitet på mer än 60 säten som framförs i linjefart, som har en ljudemission på över 86 men under 89 EPNdB i medeltal för de tre mätpunkterna enligt ICAO annex 16, Vol 1, chapter 3, får dock trafikera flygplatsen med ett totalt antal flygplansrörelser per kalenderår på maximalt 20 000”

Under år 2020 förekom 2 039 rörelser med jetflygplan som framförts i linjetrafik med en passagerarkapacitet på mer än 60 säten och ett EPNL-medelvärde mellan 86 och 89 EPNdB. Flygplanstyperna var Avro RJ85, Avro RJ100, Airbus A319-111 och Embraer ERJ 190-100.

2.3 Kontroll av villkor 5 – trafik utanför ordinarie öppethållandetider

Öppettiderna för flygplatsen är reglerat i miljötillståndet (villkor 5 i miljödomen från den 28 januari 2009 (mål nr M 1414-07)), men skärpt enligt avtal med Stockholms stad (D-LFV 2007-38689). Flygplatsen är öppen för civil trafik under följande tider:

måndagar – fredagar klockan 07:00 – 22:00

lördagar klockan 09:00 – 17:00

söndagar klockan 12:00 – 22:00

Flygplatsen har regelbunden uppföljning av villkoret tillsammans med flygtrafiktjänsten, ATSP Bromma (LFV) för att utreda orsakerna till eventuella överträdelser och vid behov vidta åtgärder. Villkoret kontrolleras i ANOMS och baseras på tiden för radarspår för respektive händelse. Statsflygplan och ambulans- och räddningsflyg är undantagna från begränsningen.

Under år 2020 förekom inga rörelser utanför ordinarie öppethållningstider.

Dokumenttyp
Rapport

Upprättad av
Christer Heed

Godkänd av
Kim Olsson

Datum
2021-03-31

Sekretess

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Dokument-ID
D 2020

Version
1.0

Sida
13 av 26

3 **KONTROLL AV FLYGVÄGAR**

3.1 **Kontroll av villkor 6 – flygvägar**

Enligt villkor 6 i miljödomen från den 28 januari 2009 (mål nr M 1414-07) skall trafik som tillämpar IFR (instrumentflygregler) följa in- och utflygningslinjen mellan ytterfyrrarna och rullbana. Avvikelser får förekomma med lätta luftfartyg, med startvikt mindre än 5 700 kg, av trafikavvecklingsskäl.

Flygplatsen har regelbunden uppföljning av villkoret tillsammans med flygtrafiktjänsten, ATSP Bromma (LFV) för att utreda orsakerna till eventuella överträdelser och vid behov vidta åtgärder. Villkoret kontrolleras i Swedavias flygvägsuppföljningssystem ANOMS med hjälp av fyra stycken så kallade grindar, som flygtrafiken ska passera igenom för att anses följa in- respektive utflygningslinjen för varje flygväg. Samtliga flygrörelser registrerade i ANOMS under året följs upp. Startvikten på dessa flygplan kontrolleras med hjälp av uppgifter i Swedavias faktureringsstatistik, TRISS. Avvikelser kan ske vid svåra väderförhållanden som t ex åska eller andra säkerhetsrelaterade trafiksituationer. Under året har 26 rörelser fastnat i kontrollen för flygvägar på flygplatsen. Dessa redovisas nedan tillsammans med en beskrivning av orsakerna enligt uppgifter från flygtrafikledningen, se tabell 4 nedan. 12 flygningar har inte följt flygtrafikledares instruktion och flygbolagen har tillskrivits i 8 fall, resten har varit unika händelser som trendbevakas.

Tabell 4: Sammanfattning av antal rapporterade händelser per kvartal år 2020 enligt villkor 6:

| Orsak | Definition | Kvartal 1 | Kvartal 2 | Kvartal 3 | Kvartal 4 | Totalt år 2020 |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| Åska | CB-moln, som kan påverka flygsäkerheten, i in/utflygningsvägen | 0 | 1 | 8 | 0 | 9 |
| Vind | Vindskjuvning, mekanisk och termisk turbulens | 2 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| Navigationshjälpmedel | Nav hjälpmedel, som SID bygger på ur funktion | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Trafiksituation | Trafikal situation, där exempelvis flygplan av säkerhetsskäl väjt för annan flygtrafik | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Pilotfel | Piloten har inte följt AIP eller flygtrafikledarens instruktioner. | 4 | 2 | 1 | 5 | 12 |
| Totalt | | 7 | 3 | 10 | 6 | 26 |

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
14 av 26

3.2

Statistik – bananvändning

Bananvändningen, det vill säga i vilken utsträckning rullbanan används i de två riktningarna, styrs främst av vindriktningen och varierar därför naturligt under året. Vilken bana som ska användas är inte villkorad, men kontrolleras och redovisas för att underlätta förklaring av resultat. Bananvändningen varierar vanligtvis från år till år. Detta kan påverka resultatet av bullerberäkningarna och vilka områden som överflygs. Under år 2020 har det i medeltal varit högre andel trafik på bana 30 under år 2020 jämfört med år 2019, se tabell 5

***Tabell 5:** Bananvändning på Bromma Stockholm Airport år 2020 som medelvärde jämfört med år 2019, avrundat till hela procentenheter.*

| Bana | Användning år 2019 | Användning år 2020 |
|------|--------------------|--------------------|
| 12 | 44 % | 37 % |
| 30 | 56 % | 63 % |

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
15 av 26

4

KONTROLL AV FLYGBULLERVILLKOR

4.1

Faktaruta

- **dB (deciBel)** är ett mått 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 används vid beskrivning av ljud såsom det upplevs av människor. Den s.k. A-vägningen innebär att man vid beräkningarna tagit hänsyn till hur örat uppfattar olika ljudfrekvenser genom att väga frekvensinnehållet så att det bättre överensstämmer med det mänskliga örats uppfattningsförmåga.
- **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} .
- **FBN_{TBU}** baseras på SEL och är en ekvivalent ljudnivå för ett årsmedeldygn, där hänsyn tas till när på dygnet flygrörelsen sker. FBN är ett mått på den bullerdos under ett årsmedeldygn som det aktuella trafikscenariot representerar. FBN 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”.
- **L_{Amax}**, är maximal ljudnivå och är som grundläggande begrepp definierad som den högst noterade ljudnivån under en passage av en viss flygplanstyp. 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. Med ”regelbundet förekommande” har ofta tre händelser under ett genomsnittligt dygn använts. Maximal ljudnivå anges även den i dB(A).
- **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.
- **EPNL, Effective Perceived Noise Level**, är ett certifieringsvärde som för jetflygplan och större propellerflygplan baseras på inmätt ljudnivå i tre mätpunkter kring respektive flygplanstyp i samband med landning och start. De mätta ljudnivåerna justeras sedan för ljudets frekvens, varaktighet och hastighet. Varje flygplanstyp som nyregistreras miljöcertifieras enligt internationell standard. EPNL anges i enheten EPNdB. Ofta används medelvärdet av de tre certifieringspunkterna som gränsvärde för tillåtlighet såsom det angivits på Bromma flygplats.
- **L_{Aeq,24h}** är en A-vägd dygnsekvivalent ljudnivå. Enheten som används är dB(A). $L_{Aeq,24h}$ används ofta som underlag för att beräkna vilka bullerisoleringsåtgärder som kan behövas på respektive byggnad.

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
16 av 26

4.2 Flygbullerberäkning

Enligt dokumentet Kvalitetssäkring av flygbullerberäkningar – Underlag för enhetlig tillämpning, som tagits fram av Transportstyrelsen, Naturvårdsverket och Försvarmakten⁹ är det ECAC Doc 29¹⁰ som ska vara den metodmässiga utgångspunkten för flygbullerberäkningar i Sverige. För närvarande tillämpas Doc 29, 3rd Edition. Beräkningsmetoden redovisas i bilagan, kapitel 6.1.

Villkor 1 avser beräkning av 2020 års utfall av FBN 55 och 65 dB(A) och skall jämföras med beräkning av det så kallade trafikfall 4 från ansökan. FBN 55 och 65 dB(A) för trafikfall 4 beräknades år 1978 med ett beräkningsverktyg och en beräkningsmetod som inte längre finns tillgänglig. FBN 55 dB(A) och 65 dB(A) för trafikfall 4 räknades därför om år 2011 med den senaste beräkningsmetoden eftersom samma metod ska användas i båda fallen enligt Kvalitetssäkringsdokumentet kapitel 5.5.

TFBN för kontroll av villkor 2 har beräknats med samma metod som användes vid tiden för miljöprövningen, se kapitel 6.2.

Enligt villkor 7 avseende bullerskyddsåtgärder beräknas utfall år 2020 för FBN 60 dB(A), maximal ljudnivå 80 dB(A) som förekommer 3 gånger per årsmedeldygn samt nödvändiga dygnsekvivalenta ljudnivåer.

4.3 Beräkningsresultat

4.3.1 Kontroll av villkor 1 – FBN utfall år 2020 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 4 redovisas resultatet av flygbullerberäkningarna avseende utfall år 2020 för FBN_{TBU} 55 och 65 dB(A) beräknat enligt beskrivning i kapitel 4.2. Bullerkonturer enligt tillståndsgivet trafikfall 4 beräknade enligt samma metod för

⁹ Kvalitetssäkringsdokumentet för flygbullerberäkningar finns i februari 2021 på Transportstyrelsens hemsida URL: https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/luftfart/miljo/kvalitetssakringsdokument_flygbuller.pdf

¹⁰ 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. Ett arbete har påbörjats för att i framtiden kunna implementera ECAC Doc 29 4th Edition.

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

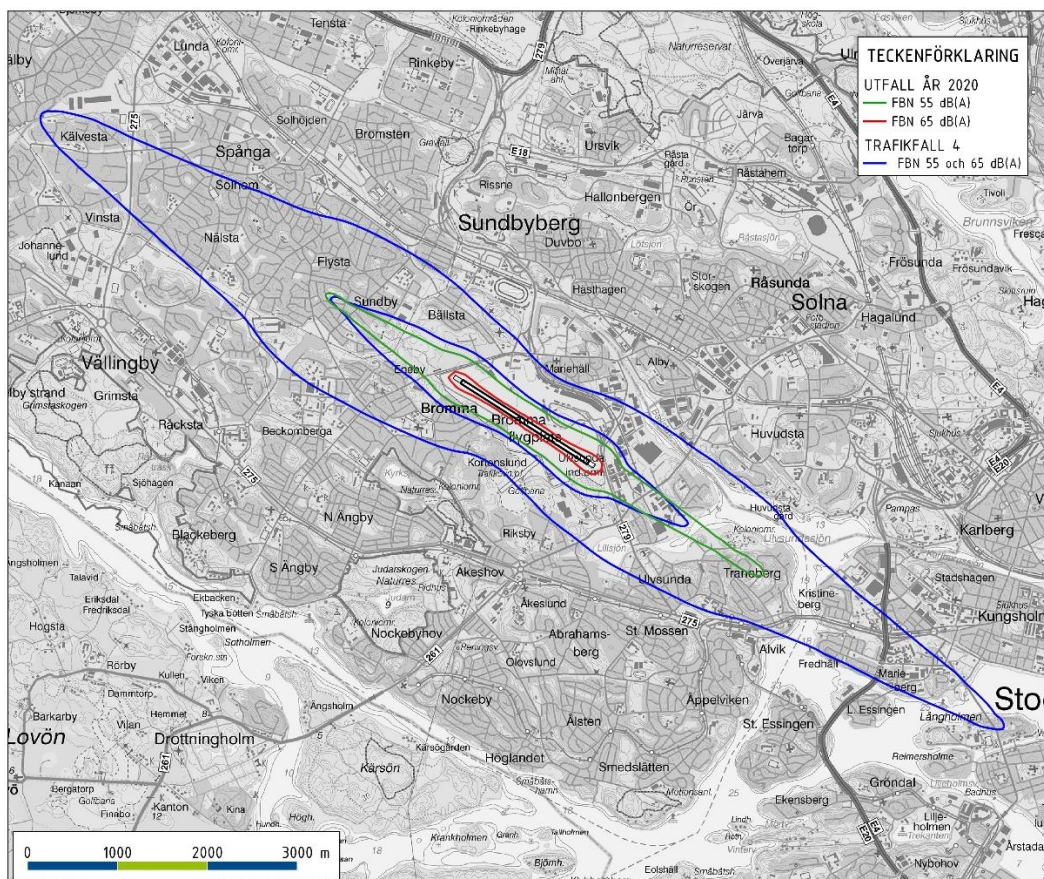
Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
17 av 26

FBN_{TBU} 55 resp. 65 dB(A) finns också inlagda (blå konturer). Bullerkonturerna för utfallet år 2020 ligger innanför bullerkonturerna för trafikfall 4.



Figur 4: Blå konturer visar FBN_{TBU} 55 dB(A) och FBN_{TBU} 65 dB(A) för tillståndsgivet trafikfall 4. Grön kontur visar FBN_{TBU} 55 dB(A) och röd kontur visar FBN_{TBU} 65 dB(A) för utfall år 2020.

4.3.2

Kontroll av villkor 2 – TFBN utfall år 2020

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

Beräknad TFBN för utfallet år 2020 är 126,6 dB(A). TFBN för 2020 års utfall understiger gränsvärdet på 134,2 dB(A).

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
18 av 26

4.3.3 Kontroll av villkor 7 – FBN, maximal ljudnivå och ekvivalent ljudnivå utfall år 2020, bullerisolering

Enligt villkor 7 i miljööverdomstolens dom från den 5 februari år 2010 (mål nr M 1441-09) ska flygplatsen vidta bullerisoleringsåtgärder på bostadshus, skolor, daghem och vårdinrättningar som utsätts för beräknad maximal ljudnivå 80 dB(A) eller högre. Dessutom ska bullerisolerande åtgärder vidtas på angivna bostadshus och byggnader som kan komma att utsättas för buller uppgående till beräknad FBN 60 dB(A) eller däröver. Ljudnivåerna inomhus efter vidtagna bullerisoleringsåtgärder får inte överskrida 30 dB(A) som dygnsekvivalent ljudnivå, $L_{Aeq,24h}$.

I figur 5 redovisas resultatet av flygbullerberäkningarna avseende år 2020 för maximal ljudnivå 80 dB(A) som förekommer minst 3 gånger per årsmedeldygn, FBN_{TBU} 60 dB(A) och årsmedeldygnsekvivalent ljudnivå 57 dB(A). Resultatet redovisas som konturer på karta och gäller beräknade ljudnivåer utomhus. FBN_{TBU} 60 dB(A) och maximal ljudnivå 80 dB(A) utgör begränsningslinjer. $L_{Aeq,24h}$ 57 dB(A) redovisas i figuren som ett exempel för dygnsekvivalent ljudnivå, men alla nödvändiga nivåer beräknas.

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

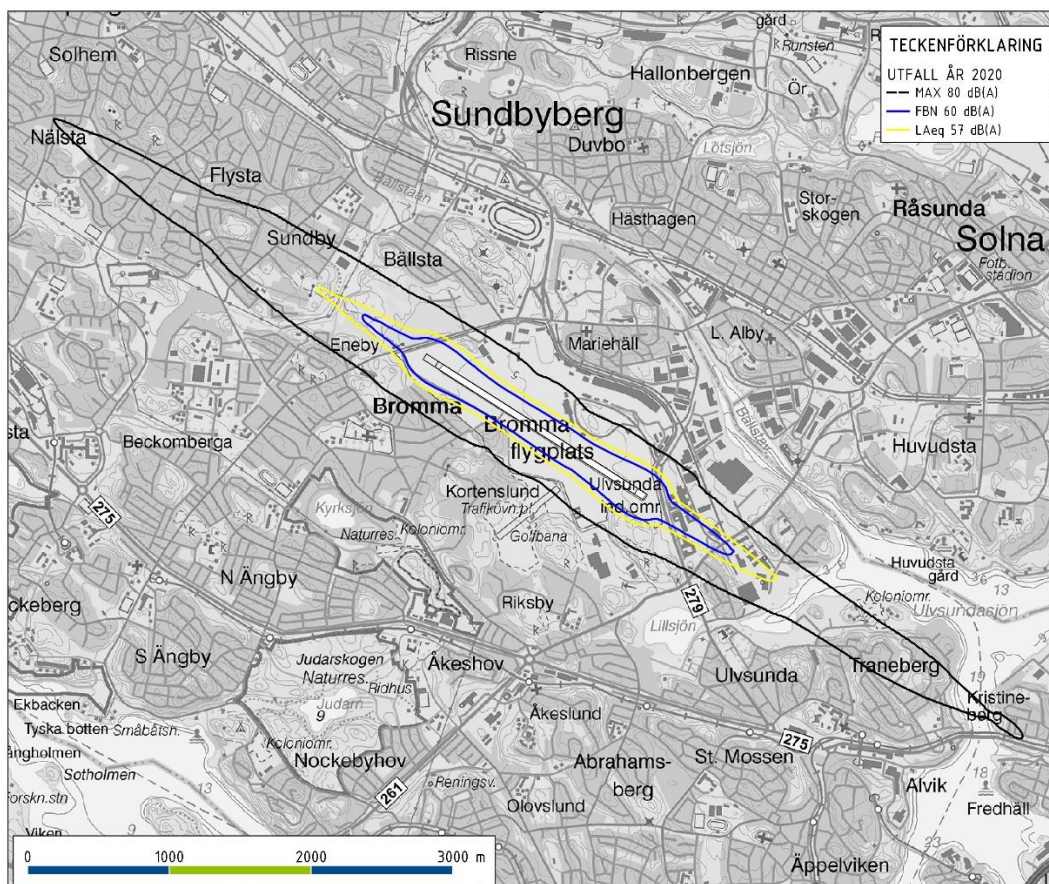
Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
19 av 26



Figur 5: Beräkningar för bullerisolering avseende år 2020: Svart kontur visar den maximala ljudnivån 80 dB(A) som förekommer minst 3 gånger per årsmedeldygn. Blå kontur visar FBN_{TBU} 60 dB(A). Gul kontur visar $L_{Aeq,24h}$ 57 dB(A).

Den beräknade FBN 60 dB(A)-konturen ligger geografiskt innanför konturen för den maximala ljudnivån 80 dB(A) som förekommer minst 3 gånger per årsmedeldygn. Den maximala ljudnivån 80 dB(A) bestämmer således vilka fastigheter som berörs av bullerisoleringsvillkoret. Maximal ljudnivå 80 dB(A)-konturens yta har minskat något vid ett par områden jämfört med år 2019 och ökat något tvärs rullbanan. Minskad trafikvolym, annan bananvändning samt förändringar i flygplansflottan förklarar förändringen av konturen.

De beräknade konturena för dygnsekvivalenta utomhusljudnivåer är 5 – 6 dB lägre år 2020 jämfört med föregående år, vilket förklaras av minskad trafikvolym. De dygnsekvivalenta utomhusljudnivåerna används för beräkning av behovet av isoleringsåtgärder på respektive fastighet för att den dygnsekvivalenta inomhusljudnivån inte ska överstiga 30 dB(A).

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
20 av 26

När flygplansflottan eller bananvändningen förändras behöver tillhörande frekvensspektrum kontrolleras. Frekvensspektrum från de ekvivalenta utomhusljudnivåerna påverkar en fastighets inomhusljudnivå på grund av dess förmåga att reducera utomhusljudnivån vid motsvarande frekvensband. Förändringar av de ekvivalenta inomhusljudnivåerna kan därför variera både upp och ned för olika fastigheter olika år. Med anledning av att antal rörelser har minskat inom alla flygplanskategorier under år 2020 och att den ekvivalenta ljudnivån minskat med cirka 5 dB, bedöms inte utfall år 2020 medföra några ytterligare behov av underlag till bullerskyddsåtgärder i de byggnader som redan uppfyller målnivåer med hänsyn till utfallet till och med år 2019.

5

LJUDMÄTNINGAR

Ljudmätningar har sammanställts för utfall år 2020 från den fasta mätstationen i Flysta, som mäter flygbuller kontinuerligt året om. Metod och allmän beskrivning av ljudmätning redovisas i kapitel 6.3. Mätarens placering illustreras på karta i figur 6 nedan. Figuren visar också mätresultatet och motsvarande beräknade värden i samma punkt och tidsperiod för dygnsekvivalent ljudnivå, FBN och maximal ljudnivå.

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

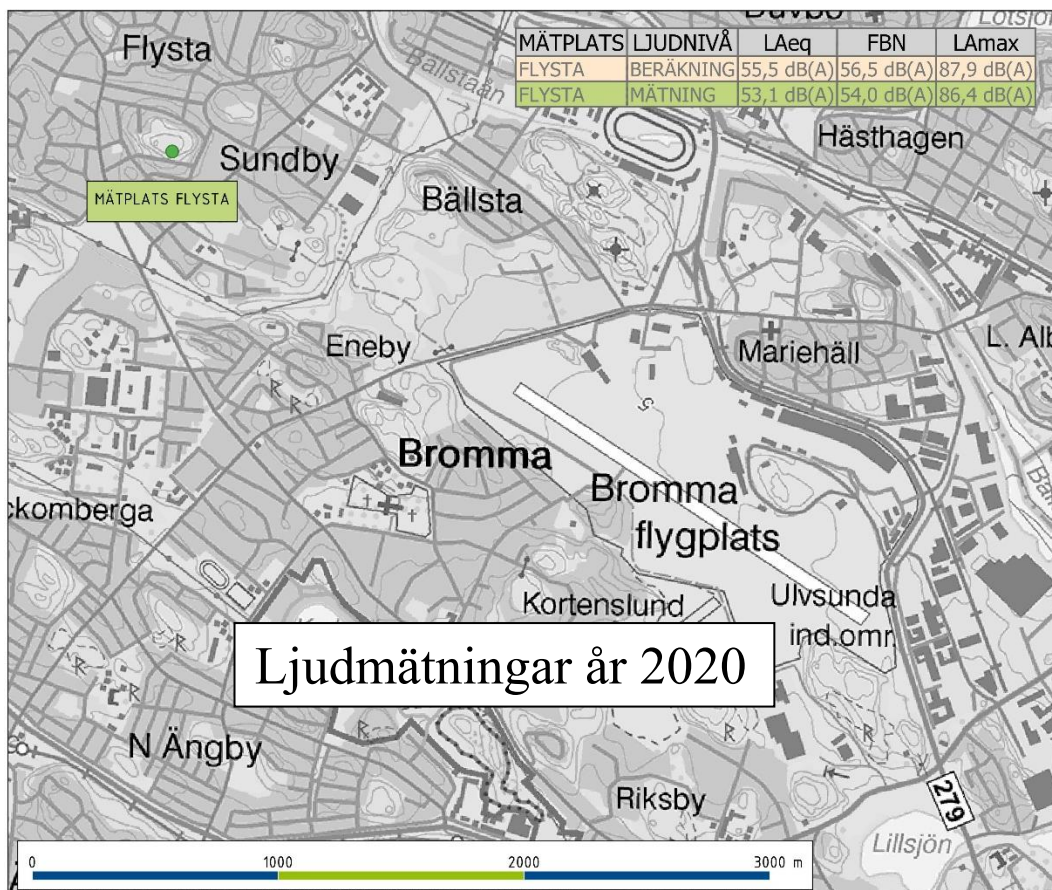
Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
21 av 26

5.1 Resultat ljudmätning



Figur 6: Mätpunkternas placering år 2020 i förhållande till rullbanan, samt resultat.

Den dygnsekvivalenta ljudnivån ($L_{Aeq,dygn}$) i mätpunkten för år 2020 beräknas till 55,5 dB(A).

Uppmätt resultat av $L_{Aeq,dygn}$ för år 2020 är 53,1 dB(A) med $\pm 1,7$ dB utökad mätosäkerhet ($K = 2$).

FBN i mätpunkten för år 2020 beräknas till 56,5 dB(A).

Uppmätt resultat av FBN för år 2020 är 54,0 dB(A) med $\pm 1,7$ dB utökad mätosäkerhet ($K = 2$).

Den beräknade 3:e högsta maximala ljudnivån som förekommit per årsmedeldygn är 87,9 dB(A).

Motsvarande uppmätt värde var i medel 86,4 dB(A) med $\pm 3,4$ dB utökad mätosäkerhet ($K = 2$).

Dokumenttyp
Rapport

Upprättad av
Christer Heed

Godkänd av
Kim Olsson

Datum
2021-03-31

Sekretess

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Dokument-ID
D 2020

Version
1.0

Sida
22 av 26

5.2 Slutsats och diskussion ljudmätning

Analyserna visar att de beräknade ekvivalenta och maximala ljudnivåerna är något högre jämfört med motsvarande uppmätta ljudnivåer i den aktuella punkten. Skillnaden mellan beräkning och mätning av hela trafikfallet uppgår till cirka 2 dB. Även den utökade mätosäkerheten är cirka 2 dB och något högre för maximal ljudnivå. Huvuddelen (91 %) av flygtrafiken som passerar mätpunkten och som ingår under ett helt år kunnat mätas, vilket ger möjlighet till ett statistiskt tillförlitligt resultat. I analysen justeras uppmätt ljudnivå upp i förhållande till den totalt registrerade trafikmängden som används i beräkningen.

Flygplanen i ATR72-serien är de typer som under år 2020 förekom mest frekvent på flygplatsen. Vid mätpunkten härrör de högsta ljudnivåerna från inflygningar. Under inflygning har de flesta större flygplanstyper ungefär lika hög ljudnivå. För utflygande flygplan är det däremot en större spridning på ljudnivåerna.

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
23 av 26

6 BILAGA

6.1 Beräkningsmetod för FBN, maximal ljudnivå och ekvivalent ljudnivå utfall år 2020 – villkor 1 och villkor 7

Beräkningsmetodiken följer ECAC Document 29 och är uppdelad i tre steg: förprocessering, beräkningsmodell och efterprocessering enligt följande:

6.1.1 Förprocessering

Swedavias flygvägsuppföljningssystem har använts för att ta fram underlag för bullerberäkning av utfallet år 2020. Underlaget avser indata i form av: flygplatsdata, bananvändning, operationstyp (landning/start), flygvägar, destinationer, flygplanstyper och antal rörelser per tidsenhet. Uppgifterna har jämförts med och justerats med hänsyn till Swedavias faktureringsstatistik.

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 statistiskt analyserade radarspår i enlighet med ECAC Doc 29.

Vid flygbullerberäkning genomförs en översättning av de faktiska flygplanstyperna till beräkningsbara flygplanstyper. Ett fåtal flygplanstyper dominerar flygplansflottan, se figur 2. Flygplanstyperna delas in i grupper med typrepresentanter som i flygbullerberäkningarna baseras på dessa.

Förutom flygplanens gruppering finns även en delgruppering med hänsyn till stage length. 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 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, oavsett avreseort.

6.1.2 Bullerberäkningsmodell

Flygbullerberäkningarna har gjorts med den datoriserade beräkningsmodellen INM 7.0d¹¹ som är konstruerat av FAA¹². INM 7.0d med dess underliggande teori

¹¹ Integrated Noise Model

¹² Federal Aviation Administration

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
24 av 26

överensstämmer enligt FAA med den modellbeskrivning som redovisas i ECAC Doc 29, 3rd Edition och ICAO Doc 9911¹³.

ECAC Doc 29 tillämpar en internationell prestanda- och flygbullerdatabas kallad ANP¹⁴. I databasen finns uppgifter för drygt 150 olika beräkningsbara flygplanstyper med begränsad konfiguration av vikt, motortyp, flygprocedur samt aerodynamiska parametrar. Till ANP hör också en substitueringslista som hjälp för beräkning av de flygplanstyper och konfigurationer som inte finns med i ANP. Nya vanligt förekommande flygplanstyper läggs in i databasen efter hand.

På Bromma Stockholm Airport används en glidbana med 3,5° lutning, (glidbanesändarens anflygningsvinkel), vilket inte är standard i profildata som används i ANP. Revidering har gjorts för att anpassa dem till flygplatsens förhållanden. Endast flygbuller från in- och utflygning till/från flygplatsen inklusive landning och start ingår i beräkningsmetoden. Buller från taxning, motorprovkörning och liknande ingår inte. Detta beräknas och redovisas separat.

I flygplatsens närhet finns det en signifikant variation av terränghöjden varför hänsyn tas till avståndet bullerkälla/mottagare med hänsyn till topografins variation. Skärmningseffekter ingår dock inte.

6.1.3 Efterprocessering

Beräkning av konturer för FBN och $L_{Aeq,24h}$ har gjorts direkt i INM genom rekursivt rutnät. Beräkning av regelbunden maximal ljudnivå runt flygplatsen är gjord i ett detaljerat rutnät med punkter om 10 m x 10 m. Därefter har resultatet efterprocesserats i beräkningsverktyget MatLab och GIS-programvaran QGIS för att beräkna konturen för den maximala ljudnivån 80 dB(A) som förekommer tre gånger per årsmedeldygn. Buller-kartorna i figurerna har slutligen färdigställts i QGIS i kartprojektion SWEREF99TM.

6.2 Beräkning av TFBN utfall år 2020, villkor 2

TFBN har beräknats enligt dansk metod¹⁵. Beräkningsmetoden är densamma som användes vid tiden för miljöprovningen. TFBN-metoden utgår från respektive

¹³ ICAO Doc 9911 – Recommended Method for Computing Noise Countours Around Airports är ett internationellt dokument som motsvaras av ECAC Doc 29

¹⁴ Aircraft Noise and Performance innehåller beräkningsbara flygplans buller- och prestandauppgifter som används vid flygbullerberäkning. ANP-databasen tillhandahålls av EASA och finns att ladda ner efter registrering på url: <https://www.aircraftnoisemodel.org/>

¹⁵ TFBN beräknas enligt Dansk metodik (metoden kallas där TDENL) och beskrivs i rapporten "Noise Control at Airports/Airfields" ISBN 87-7280-008-9.

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
25 av 26

luftfartygs TSEL¹⁶-värden som är ett värde för start och utflygning samt ett värde för inflygning och landning. Samtliga rörelsers TSEL-värden ackumuleras för beräkning av TFBN. Liknande ersättningstyper används som vid beräkning av FBN. Flygplansdata för bullerberäkning har uppdaterats sedan miljöprövningen i och med att nya flygplan tagits i drift och de senaste TSEL-värdena har tillhandahållits från Copenhagen Airports i Danmark.

6.3 Metod – Ljudmätning

6.3.1 Allmänt om ljudmätning av flygbuller

Enligt domstolsbeslut är det beräknad ljudnivå som ska användas vid villkorskontroll. Ljudmätningar ger dock, vid korrekt analys, information om den momentana situationen som förekommit i den punkten mätningen sker. Normalt kan ljudnivån från samtliga flygbullerhändelser runt en flygplats inte mätas och analyseras. Det beror bland annat på dåligt väder, höga nivåer av bakgrundsbuller och mättekniska begränsningar. Flygbuller kan heller inte mätas kontinuerligt samtidigt på samtliga platser runt en flygplats. Det beror bland annat på praktiska begränsningar, så som fysiska hinder i form av skog, byggnader, och vägar.

Vid beräkning av ljudnivån för ett helt års trafikutfall, som i exempelvis villkor 1 och 7, tas hänsyn till samtliga registrerade flyghändelser som förekommit runt flygplatsen. Alltså även händelser där ljudnivån av olika orsaker inte skulle kunna mätas. Beräkning kan också till skillnad från en mätning göras på samtliga platser runt flygplatsen inom ett begränsat område. Analys av ljudmätningar i enstaka punkter betraktas som stickprov vid jämförandet med beräknade ljudnivåer. Vid jämförelse mellan ljudmätning och beräknat värde jämförs därför ljudnivån baserad på samma tidsperiod, antal händelser per flygplanstyp och operationstyp.

6.3.2 Mätmetod

Ljudmätningarna och analys är utförda enligt mätstandard SS-ISO 20906:2011. Sammanställning av ljudmätningen i Flysta tar hänsyn till den faktiska spridningen av ljudnivåer som uppkommer beroende på exempelvis variation i flyghöjd och meteorologi. Mätmikrofonen är placerad 8 meter över marken och registrerar flygbullerhändelser från flygplan som passerar mätstationen. Vissa mätningar som inte korrelerar till en flygbullerhändelse eller då det varit nederbörd eller kraftig vind har kontrollerats och inte ingått i analysen.

¹⁶ 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.

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2021-03-31

Dokument-ID
D 2020

Upprättad av
Christer Heed

Sekretess

Version
1.0

Godkänd av
Kim Olsson

Enhet
Bromma Stockholm Airport

Sida
26 av 26

De beräknade ljudnivåerna görs som en punktberäkning i mätmikrofonens geografiska punkt enligt samma metod som villkor 7, beskriven i kapitel 4.2 och 6.1. Dessa beräknade värden jämförs sedan med uppmätta motsvarande värden. Totalt har 8 222 mätändelser från flygtrafik som landat till bana 12 och startat från bana 30 ingått i analysen år 2020. FBN och dygnsekvivalent ljudnivå i mätpunkten analyseras och i resultatet tas hänsyn till fakturerad trafikvolym. Den beräknade tredje högsta maximala ljudnivån i mätpunkten jämförs med medelvärdet av den uppmätta motsvarande flygplanstypen och operationstyp. Uppmätt resultat redovisas med utökad mätosäkerhet för $K = 2$.