

TB DEL II BILAGA 2

**UTREDNINGAR
FLYGVÄGSSYSTEMET**

Revisionsförteckning

Rev	Datum	Upprättad av
01.00	2013-02-15	Niclas Wiklander

Information

Bilaga till Swedavias ansökan Nytt
miljötillstånd Göteborg Landvetter
Airport

TB DEL II BILAGA 2.....	1
1 INLEDNING - UTREDNINGAR.....	4
1.1 Disposition	4
2 UTREDNING SID SÖDERUT BANA 21.....	5
2.1 Aktuellt område, berörda flygvägar och trafikvolymmer.....	5
2.2 Tidigare utredning av aktuella flygvägar	8
2.3 Erfarenhet av befintlig flygväg i drift.....	10
2.4 Förslag från boende.....	11
2.5 Styrande variabler för Swedavia vid framtagande av förslag.....	11
2.6 Konstruktion av alternativ SID VADIN.....	13
2.7 Sammanfattande bedömning	14
3 UTREDNING - MÖJLIGHET ATT LÄMNA SID	16
3.1 Sammanfattning	16
3.2 Begreppet - att lämna SID	16
3.3 Att lämna SID vid en bullernivå 70 dB(A) istället för fast höjd	16
3.4 Effekt geografisk spridning	22
3.5 Villkor för SID – andra flygplatser	31
3.6 Villkor för SID – Operativ betydelse	31
3.7 Sammanfattning – Lämna SID	32
4 UTREDNING - RNP AR PROCEDURER LANDVETTER.....	33
4.1 Inledning.....	33
4.2 RNP AR i Sverige	34
4.3 Tekniska förutsättningar.....	34
4.4 Tekniska förutsättningar.....	35
4.5 Begränsningar.....	36
4.6 RNP AR procedurer Landvetter - allmänt.....	38
4.7 RNP AR från Sydost till bana 21 – OSNAK1X.....	41
4.8 RNP AR från Sydost till bana 03 – KOVUX1Q.....	43
4.9 RNP AR från sydväst till bana 03 – LOBBI1Q	45
4.10 RNP AR från sydväst till bana 21 – LOBBI1X	48
4.11 Trafikvolym - sammanfattning.....	50
4.12 Reducerad flygsträcka – sammantagna effekter.....	50
4.13 Sammanfattning RNP AR Landvetter	51
5 UTREDNING - JUSTERING P-RNAV STAR BANA 21	52
5.1 Befintligt system	52
5.2 Justering av STAR	55
5.3 Effekt flygväglängd och utsläpp till luft.....	57
5.4 Effekt överflygning större tätorter.....	58
5.5 Justering STAR till bana 03	59
5.6 Sammanfattning justering P-RNAV STAR bana 21	60
6 UTREDNING SID MOT NORDOST FRÅN BANA 21.....	61

1 INLEDNING - UTREDNINGAR

Detta dokument redovisar ett antal utredningar av flygvägsfrågor inom ramen för ansökan om nytt miljötillstånd för Göteborg Landvetter Airport. Utredningarna har med ett undantag genomförts av LFV på uppdrag av Swedavia (Utredning som redovisas under avsnitt sex har genomförts av Swedavia). Detta dokument ingår som bilaga till TB Del II Flygvägar – sökt framtid och har där beteckningen TB del II Bilaga 2.

1.1 Disposition

Dokumentet inleds med utredning av alternativ geografisk sträckning av SID¹ söderut från bana 21. Sedan följer en utredning som beskriver alternativt villkor för när avgående flygtrafik kan tillåtas lämna SID dag och kväll. Därefter följer två utredningar som berör ankommande trafik till flygplatsen; införande av så kallade kurvade procedurer (RNP-AR) samt justering av vissa befintliga P-RNAV STAR². Därefter följer ett avsnitt som översiktligt beskriver den studie som Swedavia genomfört avseende flygväg mot nordost för jettrafik som startar bana 21.

Inom flyget dominerar marina längdenheter. I denna beskrivning används följaktligen grundenheten nautiska mil (1 nautisk mil, förkortat NM, motsvarar 1 852 meter) Redovisade längder anges också i meter eller kilometer. För att ange höjder används, då inget annat anges, fot med havets medelnivå som referensyta (MSL=Mean Sea Level). För omvandling av redovisade höjder från fot till meter används den inom svensk flygtrafiktjänst fastställda omvandlingstabellen. Exempelvis motsvarar 4 000 fot MSL 1 200 m MSL och 5 000 fot MSL 1 500 m MSL.

¹ SID – flygväg för avgående flygplan

² STAR – flygväg för ankommande flygplan

2 UTREDNING SID SÖDERUT BANA 21

Följande avsnitt utreder möjligheten till alternativ dragning av flygvägar för avgående trafik; SID. Som en del av översyn av flygvägar inom ramen för ansökan om nytt miljötillstånd har Swedavia låtit LFV utreda en alternativ geografisk dragning för det största trafikflödet från Landvetter; SID VADIN/TOPLA från bana 21. Bakgrunden till detta är de inkomna synpunkter från samråd med bland annat berörd kommun och allmänhet samt dialog med berörda boende i området.

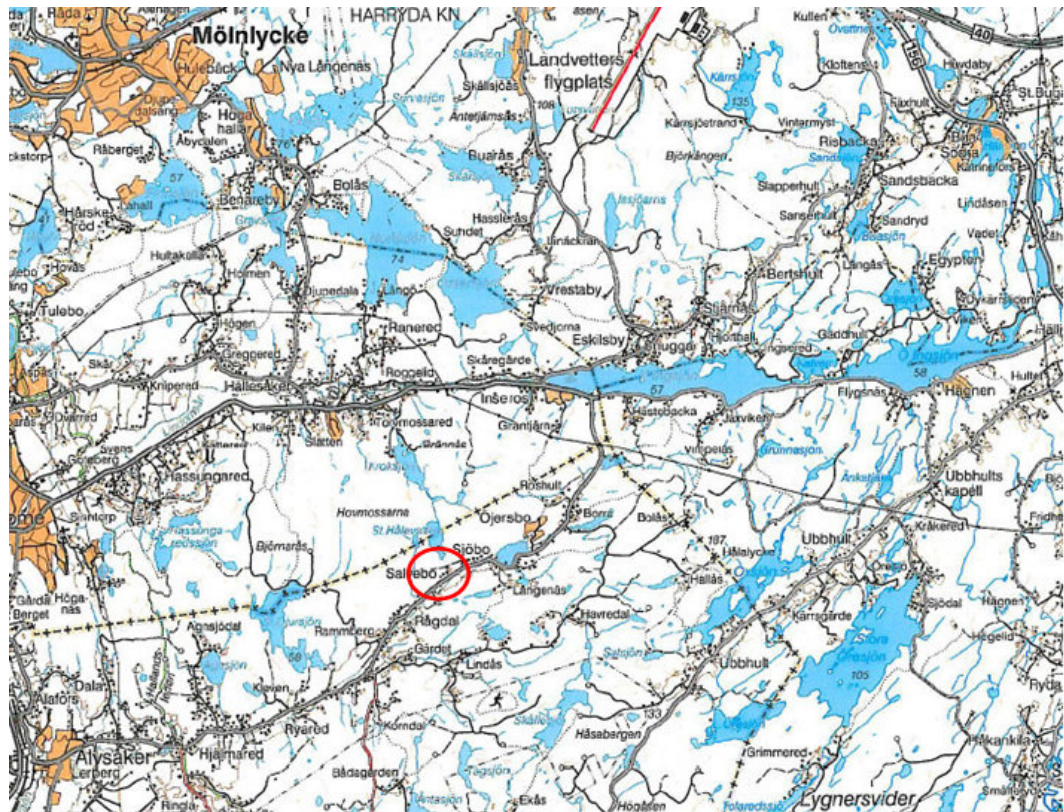
Aktuellt område berörs av den flygvägsförändring som togs i drift januari 2009. Kombinationen av de nya flygvägarnas geografiska sträckning, tekniken vilken flygvägarna är baserad på och villkor för tillämpning skapar i nuläget ett koncentrerat flygspår i aktuellt område. Det vill säga, starter samlas i ett relativt sett, smalt spår upp till den höjd där luftfartyg tidigast kan tillåtas lämna SID (dag/kväll 6 500 fot MSL - 2 000 m). Med en hög koncentration av flygplan längs SID följer å ena sidan en geografisk förutsägbarhet, och att boende vid sidan av flygspåret inte överflygs. Å andra sidan exponeras de boendegrupper som bor under flygspåret för all trafik.

Det ska särskilt påpekas att denna utredning omfattar alternativ geografisk dragning av en flygväg, dvs. en åtgärd som skulle *flytta* trafik från ett område till ett annat. Detta ska inte blandas samman med utredning kring villkor som reglerar att lämna SID, vilket kan *avlasta* områden under en befintlig SID (se avsnitt 3). Det ska också tydliggöras att denna utredning av flygvägens geografiska dragning kan komma att förändra utbredning av bullernivåer *överstigande* aktuella riktvärden om än marginellt.

2.1 Aktuellt område, berörda flygvägar och trafikvolymer

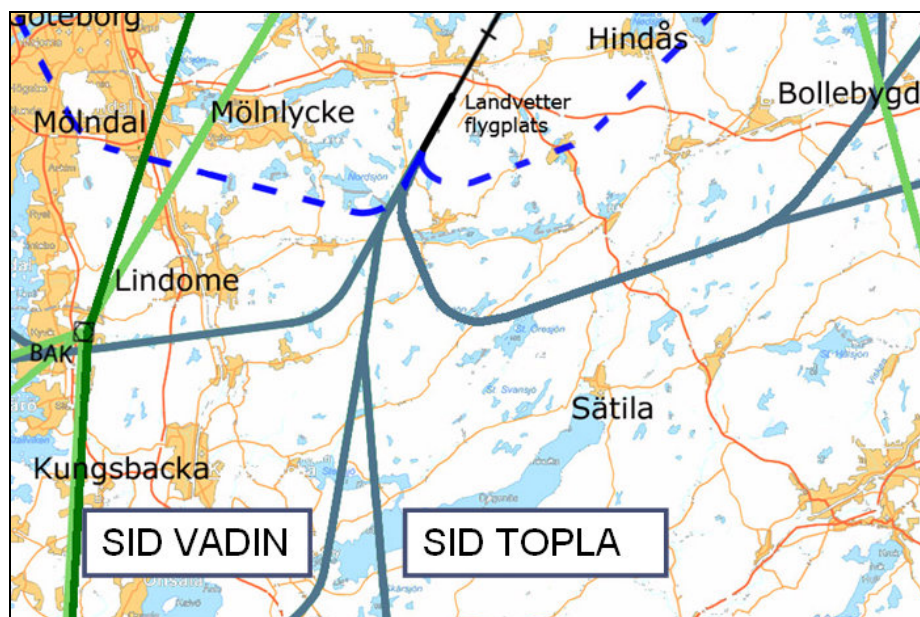
Ett nytt område som blev särskilt berört av det nya flygvägssystemet 2009, och vilket denna utredning omfattar, är beläget cirka nio kilometer sydväst om flygplatsen och benämns Salvebo i detta avsnitt³.

³ Västra delarna av Sjöbo, östra delarna av Rågdal samt andra gårdar berörs också av aktuella flygvägar, men för enkelhetens skull används namnet Salvebo. De boende som engagerat sig i frågan om aktuella flygvägar kallar sig också för *Salvebogruppen*.



Figur 1 Området söder om flygplatsen. Salvebo inringat rött.

Området påverkas av två utflygningsvägar från bana 21; SID VADIN för trafik mot Västeuropa och SID TOPLA för trafik mot Central- och Östeuropa. Dessa två SID har en identisk geografisk dragning i aktuellt område, se Figur 2 nedan.



Figur 2 SID VADIN och TOPLA från bana 21. Inledningsvis har flygvägarna en gemensam dragning som senare delas upp i två spår.

De två aktuella utflygningsvägarna från bana 21 trafikeras av ca 40 % av all avgående trafik från flygplatsen, inbegripet båda banriktningarna⁴. Det motsvaras av cirka 11 000 rörelser. Trafikflödet är i särklass störst, det näst största avgående flödet från flygplatsen utgörs av trafik från bana 21 mot nordost (cirka hälften så många flygplan).

För ett äldre trafikfall, 2005, gjorde LFV en djupgående studie av hur trafik fördelades över enskilda dygn. Rullbanan används på liknande sätt i befintligt system som 2005 och trafikandelar längs SID är liknande, vilket gör att följande tabell även är representativ för nuläget.

⁴ Genomsnitt av trafikfall 2009-2011

SID TOPLA / VADIN	trafikmängd
Procentandel av totala antalet starter inbegripet båda banriktningar	39 %
Max antal flygplan per dygn	58
Antal dygn utan trafik	12
Antal dygn med 1-20 rörelser	64
Antal dygn med 21-40 rörelser	104
Antal dygn med över 40 rörelser	175

Tabell 1 Fördelning avgående trafik SID VADIN/TOPLA (trafikfall 2005)

Av tabellen går att utläsa att det är få dygn som dessa SID inte trafikeras överhuvudtaget. Vidare framgår det att det under ungefär hälften av årets dagar är mer än 40 flygplan som trafikerar flygvägarna.

2.2 Tidigare utredning av aktuella flygvägar

Inom ramen för mål M 118-01 utreddes alternativa dragningar för SID från Landvetter. För aktuella SID söderut togs det fram två alternativa dragningar som skulle ersätta de då gällande utflygningssvägarna söderut från bana 21.

Det som då styrde processen var att utnyttja P-RNAV⁵ teknik för att så långt det var möjligt undvika tätare bebyggelse i flygplatsens närområde såsom Inseros och Öjersbo. I framtagandet av förslag var ytterligare en begränsning att dragningen skulle undvika Hällesåker. Vidare skulle ny konstruktion minska spridningen längs nominell färdlinje i den tidiga flygfasen för att därigenom maximera förutsägbarheten. Avslutningsvis skulle nya förslag bibehålla en effektiv och säker korsning gentemot landande trafik på STAR (inflygningssväg) från söder⁶.

Två förslag konstruerades vilka var relativt identiska. Det förslag som sattes i drift benämndes SID TOPLA/VADIN VÄST, se Figur 3 nedan.

⁵ Precision Area Navigation

⁶ Tidigare utredning erhålls i sin helhet i "Teknisk beskrivning SID 070828" D 2007-07005

LFVs bedömning var då att utrymmet var minimalt för fler förslag på utflygningar i denna riktning. LFV menade då att det område inom vilket beskrivna förslag var

förlagda, var relativt sett de mest glesbebyggda områdena söder om Landvetter flygplats. Möjliga justeringar västerut skulle påverka Hällesåker och justeringar österut skulle skapa överflygningar av Inseros och Öjersbo, vilket inte var eftersträvänsvärt.

2.3 Erfarenhet av befintlig flygväg i drift

Så som förutspåddes innebar de nya flygvägarna SID TOPLA/VADIN(väst) en annorlunda spridningsbild längs den nominella färdlinjen jämfört med äldre SID. P-RNAV tekniken i kombination med flacka svängar har samlat trafiken mycket nära den nominella färdlinjen. Miljövillkor som styr när avgående flygplan tillåts lämna SID, har också *förstärkt* koncentrationseffekten genom att flygplan följer SID längre än innan förändringen januari 2009⁷. Den spridning som ändå skapats består i huvudsak av flygplan som inte har erforderlig teknik att följa P-RNAV SID. Nedan illustreras den smala korridor som skapats genom befintliga SID VADIN och TOPLA.



Figur 5 Bilden syftar att illustrera koncentrationseffekten över området kring Salvebo. Bilden visar radarspår (gröna spår) från cirka 100 avgående flygplan från bana 21, med P-RNAV utrustning, som följer SID VADIN och TOPLA. När flygplanen passerar området kring Salvebo är de samlade i ett smalt spår. Av bilden kan också utläsas att väldigt få av flygplanen har uppnått den höjd då det är tillåtet att lämna SID (enstaka gröna spår utanför huvudspåret). Detta förstärker koncentrationseffekten.

⁷ Tidigare miljövillkor tillät avgående jetflygplan att lämna SID efter passage av 5 000 fot MSL (1 500 meter).

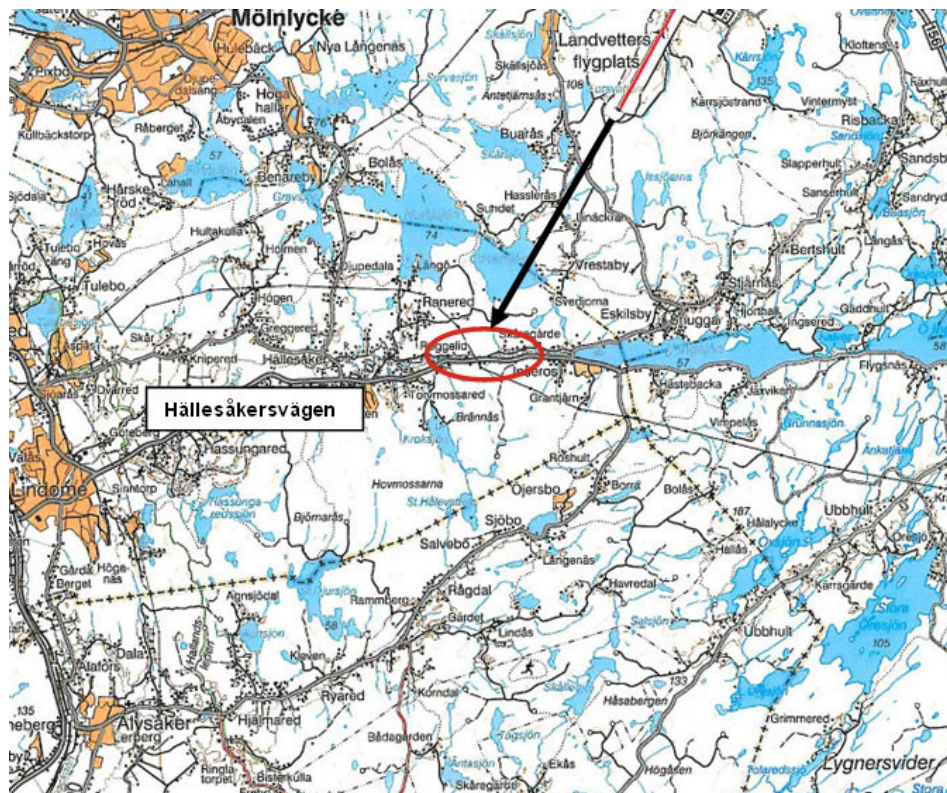
2.4 Förlag från boende

I ett förslag beskriver boende i och kring Salvebo en ändring av SID TOPLA/VADIN bana 21 där båda flygvägarna får en mer västlig sträckning. Förslaget går ut på att avgående trafik skulle följa en flygväg som under en längre sträcka nyttjar det område där *ankommande* trafik befinner sig då bana 03 är i bruk för landning; området vid och sydväst om sjön Kroksjön (se Figur 5 ovan). Effekten av förslaget skulle då kunna bli att färre boende skulle exponeras för bullernivåer överstigande 70 dB(A).

2.5 Styrande variabler för Swedavia vid framtagande av förslag

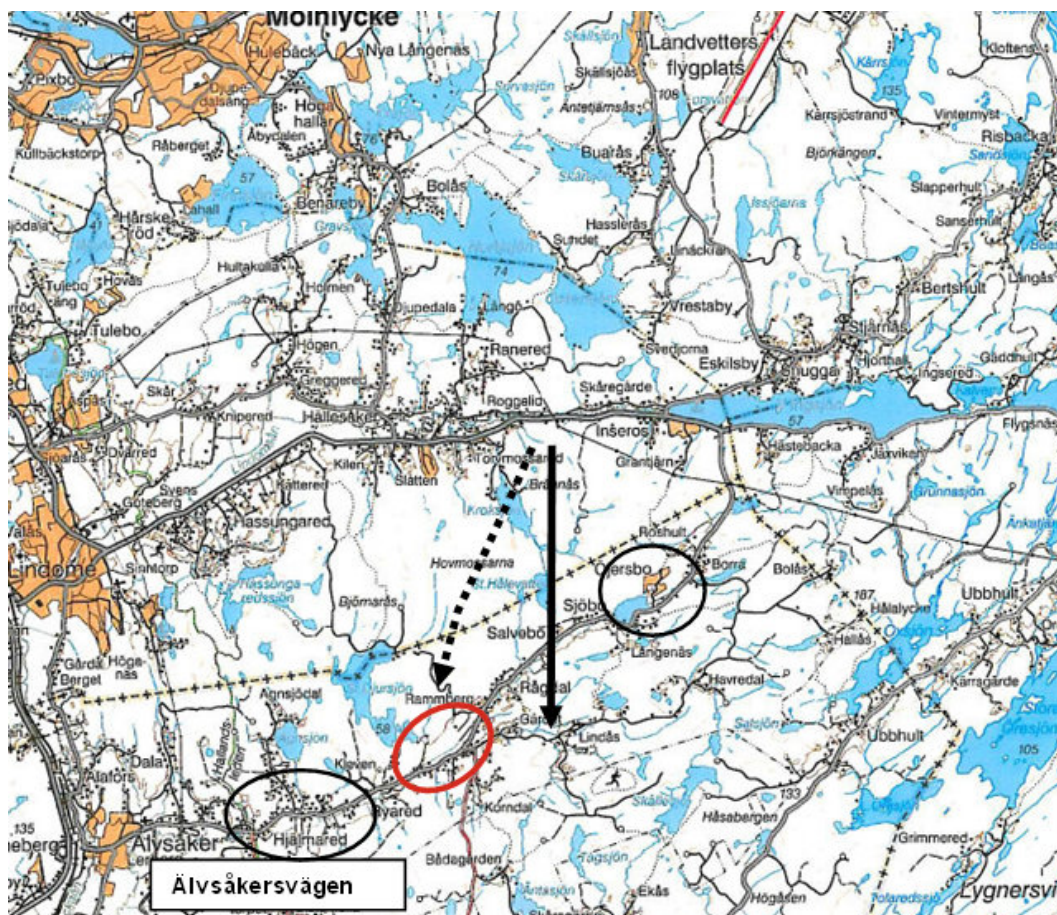
Uti från förslaget som beskrivs ovan, dialog med boende i aktuellt område samt samråd inom ramen för ansökan om nytt miljötillstånd har Swedavia specificerat följande kriterier som styrande för utformningen av ett förslag på alternativ SID söderut:

- Bibehållen flygsäkerhet och kapacitet
- Förslaget ska innebära mycket små eller inga förändringar i området där flygvägen korsar Hällesåkersvägen. Swedavias bedömning är att korsningen av Hällesåkersvägen har en lämplig dragning mellan Inseros och Hällesåker (se inringat rött i Figur 6 nedan).
- Följer trafiken området för inflygning till bana 03 under för lång tid är Swedavias bedömning att bullerkurvan riskerar att svälla mot Hällesåker på ett ogynnsamt sätt. Svängen mot söder bör därför ske så tidigt som möjligt, utan att för den skull påverka Inseros.



Figur 6 Översikt av området söder om flygplatsen. Inringat rött anger del av Hällesåkersvägen där flygväg TOPLA/VADIN korsar vägen (mellan Hällesåker och Inseros).

- En flygväg söderut från Landvetter måste korsa Älvsåkersvägen (se Figur 7 nedan). Längs aktuellt vägavsnitt har Öjersbo i öst och Hjälmaröd i väst högst koncentration av boende. Swedavia bedömer att förslag till ny flygväg inte ska dras över denna tätare bebyggelse. Ju tidigare vägen korsas, desto högre bullerexponering, eftersom flugen sträcka från flygplatsen blir kortare. Och ju längre västerut en flygväg placeras desto lägre bullernivåer kommer att uppstå vid passage av Älvsåkersvägen. För att undvika Hjälmaröd är Swedavias bedömning att en alternativ dragning bör korsa vägen så tidigt som möjligt efter passage av Salvebo/Rågdal (inringat rött område i Figur 7 nedan).



Figur 7 Översikt II av området söder om flygplatsen. Inringat svart visar Hjälmared i väster och Öjersbo i öster. Heldragen svart pil – befintlig dragning av SID VADIN/TOPLA. Streckad pil – område för konstruktion av alternativ. Inringat rött anger del av Älvsåkersvägen där förslag på flygväg korsar Älvsåkersvägen.

- Swedavias utgångspunkt har varit att i första hand konstruera ett alternativ för den västra av de två flygvägarna; dvs SID VADIN. Detta skulle flytta cirka hälften av trafikvolymen från området kring Salvebo, men hälften skulle vara kvar (på befintlig SID TOPLA). Beräkning av bullerexponering kommer dock att ske för både det fall att hälften av trafiken flyttas (trafik på SID VADIN), som att all trafik flyttas (trafik för både VADIN och TOPLA).
- Längre ut ska framtaget alternativ sammanfalla med nuvarande dragning, för att kunna bibehålla avståndet till ankommande trafikflöde via inflygningsvägen STAR RISMA.

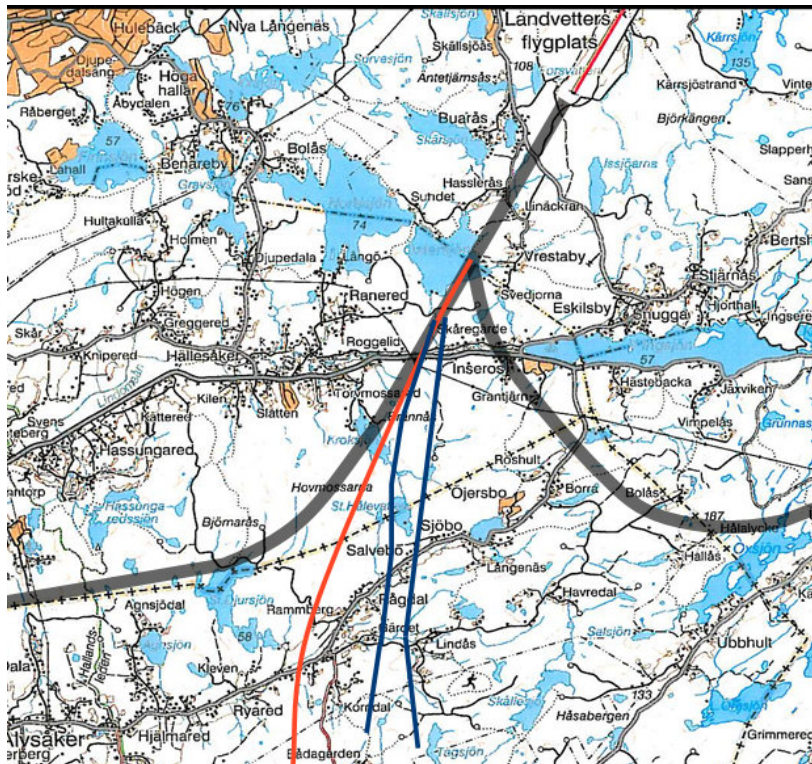
2.6

Konstruktion av alternativ SID VADIN

LFVs flygvägskonstruktörer har konstruerat ett förslag baserat på P-RNAV teknik och på det internationella regelverket framtaget av ICAO, Doc 8168.⁸

⁸ ICAO Doc 8168 – Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations, Volume II, 5th edition inklusive alla ändringar till och med nr 3.

Förslaget, benämnt **Alternativ SID VADIN** följer initialt befintlig SID mot väster. Den första svängen söderut (området mellan Inseros och Hällesåker) är dragen så att fördelning av trafik bedöms sammanfalla med nuvarande dragning. Efter denna flacka vänstersväng följer en rakbana som korsar Älvsåkersvägen strax öster om Ryared (flygvägen förskjuts cirka 2000 meter västerut). Rakbanan fortsätter och Nya SID VADIN sammanfaller med befintlig flygväg.



Figur 8 Förslag Ny SID VADIN – markerad röd. Blå streck markerar korridor inom vilken den huvudsakliga koncentrationen av avgående trafik idag befinner sig längs befintlig SID VADIN/TOPLA. Svarta streck, SID för trafik väster/norrut samt öster och nordost. På det sättet flygvägen är kodad bedöms inte trafiken korsa området mellan Inseros och Hällesåker på annat sätt än idag.

2.7

Sammanfattande bedömning

Det förslag som skapats kommer att medföra att avgående trafik flyttar västerut från nuvarande område. Utgångspunkten för Swedavia har varit att Alternativ SID VADIN i första hand kan komma att trafikeras av trafik mot sydväst (cirka hälften av befintlig trafikandel). Den nya dragningen kommer också att betyda att ett område som idag överflygs relativt sällan av avgående trafik, kommer att överflygas avsevärt mer frekvent.

Utifrån flygtrafikledningstjänstens perspektiv utgör Alternativ SID VADIN en marginell förändring. Flygsäkerheten bedöms inte påverkas och påverkan på kapaciteten kommer, både i nuläget och för sökt verksamhet, att vara av marginell

karaktär och inget som bör vara styrande för om förslaget ska ha företräde framför befintlig flygväg. Skillnad i flygväglängd är också mycket liten.

Swedavia har gjort en samlad bedömning av en eventuell förändring av avgående trafikflöde söderut. Förändringen skulle inte medföra en minskning av antal boende som är bullerexponerade över 70 dB(A) 3 gånger per årsmedeldygn. En konsekvens av en justering är att boende i Ryared, som i dagsläget främst berörs av landningar på bana 03, även skulle överflygas av starter från bana 21. Swedavia bedömer därför att det inte finns skäl för att förorda en förändring av SID TOPLA/VADIN.

3 UTREDNING - MÖJLIGHET ATT LÄMNA SID

3.1 Sammanfattning

Detta avsnitt utreder möjligheten att avgående luftfartyg dag och kvällstid (klockan 06 – 22) kan tillåtas lämna SID när den beräknade bullernivån på marken understiger 70 dB(A). Med en sådan möjlighet kan utsläpp till luft reduceras samtidigt som den geografiska förutsägbarheten för avgående flygtrafik längs den *inledande* delen av utflygningsvägarna bibehålls.

3.2 Begreppet - att lämna SID

Grunden för ett flygvägssystem (SID- och STAR-system) är att det ska bidra till att skapa säkra och välordnade flöden från och till flygplatsen. Flygvägarna är dragna så att korsningar mellan ankommande och avgående flygtrafik undviks i möjligaste mån. Där det ändå måste finnas korsningar bidrar flygvägarnas geografiska dragningar till att möten mellan flygplan sker i lämpliga höjdsegment och så vinkelrätt som möjligt.

Att lämna SID menas i, det här sammanhanget, det skeende då flygledaren anmodar en pilot att navigera mot en punkt som tar luftfartyget ifrån den standardiserade utflygningsvägen.

Regler som styr när flygplan tidigast får lämna utflygningsväg regleras i flygledarens centrala och lokala drifthandböcker (miljövillkor ingår i lokal drifthandbok).

3.3 Att lämna SID vid en bullernivå 70 dB(A) istället för fast höjd

Befintligt system innebär normalt att all avgående trafik från Landvetter följer SID upp till den höjd varifrån flygledningen kan tillåta pilot att lämna vägen. Höjden regleras i miljövillkor och beskrivs mer omfattande i TB Del II Bilaga 1 avsnitt 11. Anledningen att flygledaren anmodar pilot att lämna vägen efter passage av föreskriven höjd är antingen operativa skäl eller för att förkorta flygsträcka. Flygplan som följer en SID *hela* vägen från rullbanan ut till slutpunkten är för de flesta SID, inte särskilt vanliga.

De avsnitt som här följer omfattar jettrafik som följer SID. Med dagens villkor tillåts avgående jettrafik att lämna SID vid passage av 6500 fot MSL (2 000 m), Denna höjd har motsvarat den höjd då flygplanstypen MD80 beräknats sluta exponera mark för bullernivåer överstigande 70 dB(A). I princip alla övriga flygplanstyper slutar dock exponera mark för dessa bullernivåer på lägre höjder. För vissa modeller gäller avsevärt lägre höjder. Men gällande miljövillkor tar inte hänsyn till detta, utan ur bullerhänseende betraktas alla startande jetflygplan som om de vore en MD80.

Denna utredning har som utgångspunkt att ett miljövillkor för avgående trafik ska tillåta att luftfartyg kan lämna SID då bullerexponering på mark understiger beräknade bullernivån 70 dB(A). Ett sådant villkor tar hänsyn till att flygplanstypers bullerprestanda vid start väsentligt skiljer sig åt och villkoret möjliggör att avgående trafik skulle kunna lämna SID tidigare än idag, utan att för den skull påverka nya områden för bullernivåer överstigande 70 dB(A).

I avsnittet används begreppet befintlig trafikvolym, eller befintlig fördelning av trafik. Med detta avses trafikvolymen och hur de fördelades i genomsnitt under åren 2009-2011.

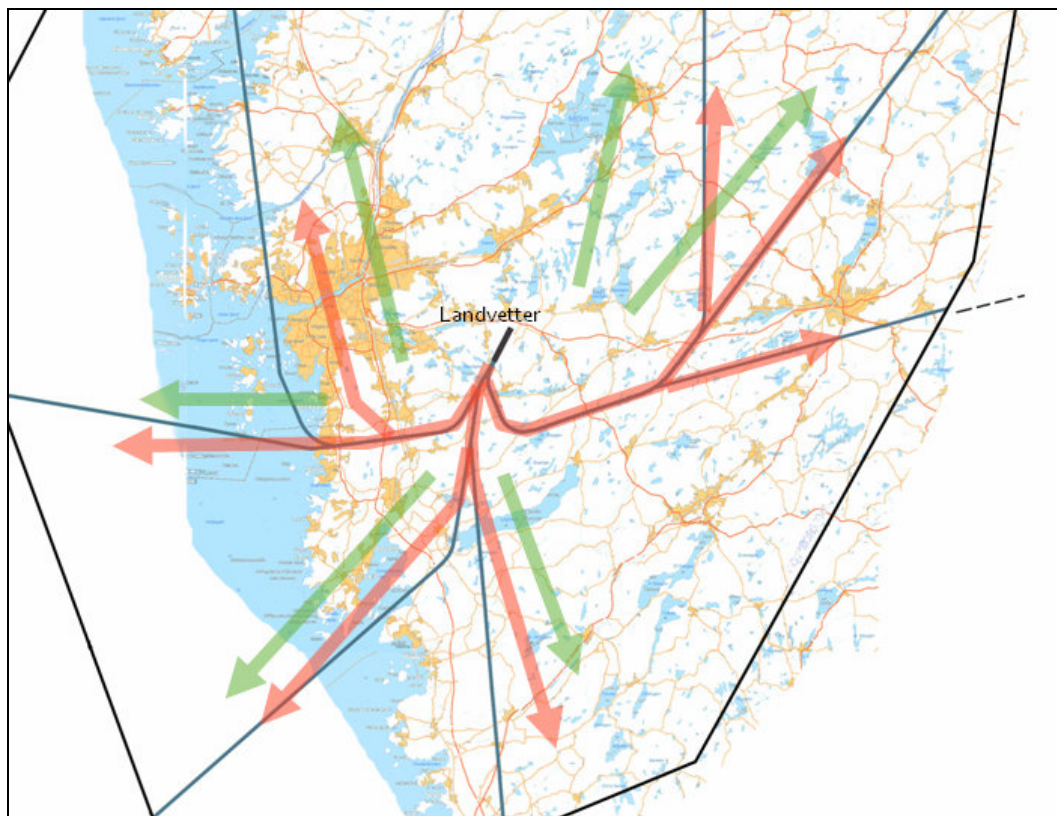
3.3.1 Effekter flygvägs längd

Ett villkor som tillåter luftfartyg att lämna SID tidigare än i befintligt system, kan förkorta flugen sträcka. En förkortad flygväg innebär att luftfartyg förbrukar mindre bränsle till sin destination och därigenom reduceras utsläpp till luft. För att beräkna omfattningen av den sammanlagda effekten på förkortad flygsträcka behöver ett antal variabler hanteras:

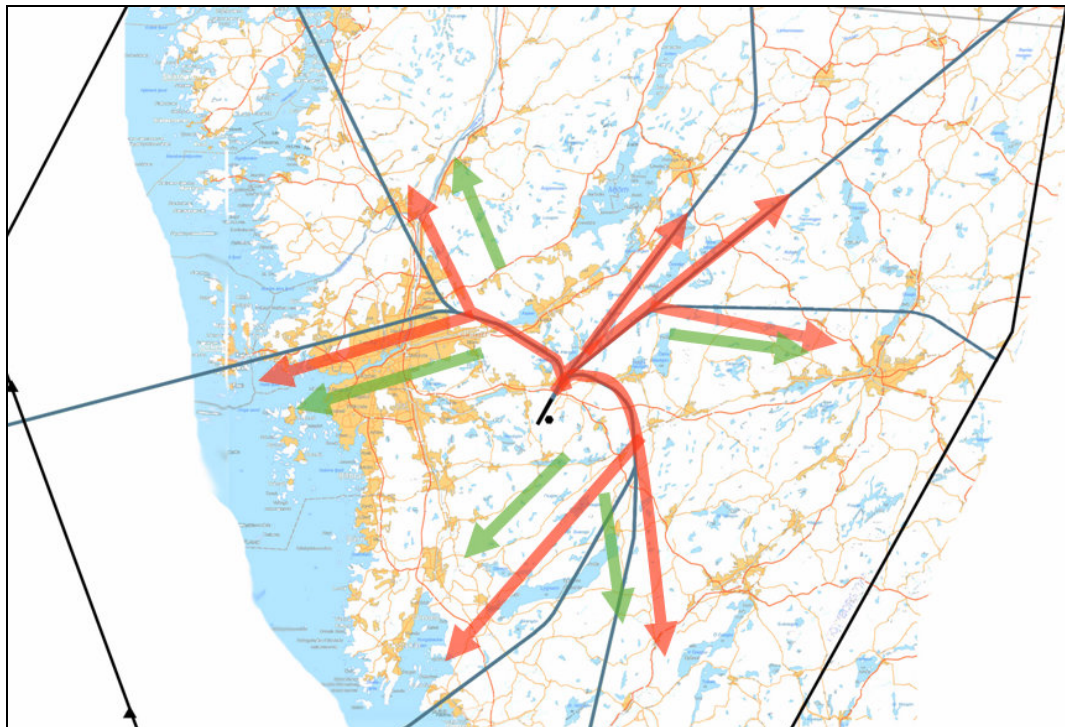
Förkortad flygsträcka är resultat av *var* längs SID ett luftfartyg kommer att lämna flygväg med annat miljövillkor, i förhållande mot befintligt system. Hänsyn ska då tas till att flygplan stiger olika snabbt beroende på bland annat flygplanstyp, aktuell vikt, destination och vindförhållanden.

Vidare ska hänsyn tas till hur stor andel av den avgående flygtrafiken som de facto kommer att ges möjlighet att förkorta flygsträckan genom att de tillåts lämna SID tidigare. Alla starter erhåller inte genvägar i den tidiga stigfasen, oavsett om villkoret tillåter att ett avgående luftfartyg får lämna flygvägen. Det är avhängigt exempelvis trafikbelastning, annan trafiks geografiska läge, destination, navigeringspunkter längs den planerade färdvägen mm.

Sedan ska man studera varje flygvägs geografiska dragning. Är flygvägen i sig konstruerad med en rak sträckning ut från flygplatsen mot flygplanets destination, ger möjligheten att lämna SID mindre flygvägsvinster. Är däremot flygvägen dragen med större omvägar och förlängningar finns stor potential för förkortad flygsträcka genom att luftfartyg tillåts lämna SID. Se exempel Figur 9 och Figur 10.



Figur 9 Exempel på variation i reducerad flygsträcka avseende att lämna SID från bana 21. Figuren visar SID (gråblå) från bana 21. Röda pilar illustrerar hur avgående flygplan vanligen stiger ut från flygplatsen enligt befintligt system. Gröna pilar symboliserar tänkbara sträckningar om avgående flygplan kunde lämna SID tidigare. Störst potential för att reducera flygsträcka finner man då för trafik som har sina destinationer i motsatt riktning mot det håll flygplanen har när de lämnar flygplatsen. För bana 21, då flygplanen inledningsvis styr mot sydväst, innebär det destinationer norrut.



Figur 10. Exempel på variation i reducerad flygsträcka avseende att lämna SID från bana 03. Figuren visar SID (gråblå) från bana 03. Röda pilar illustrerar hur avgående flygplan vanligen stiger ut från flygplatsen enligt befintligt system. Gröna pilar symboliserar tänkbara sträckningar om avgående flygplan kunde lämna SID tidigare. Störst potential för att reducera flygsträcka finner man då för trafik som har sina destinationer i motsatt riktning mot det håll flygplanen har när de lämnar flygplatsen. För bana 03, då flygplanen inledningsvis styr mot nordost, innebär det destinationer söderut.

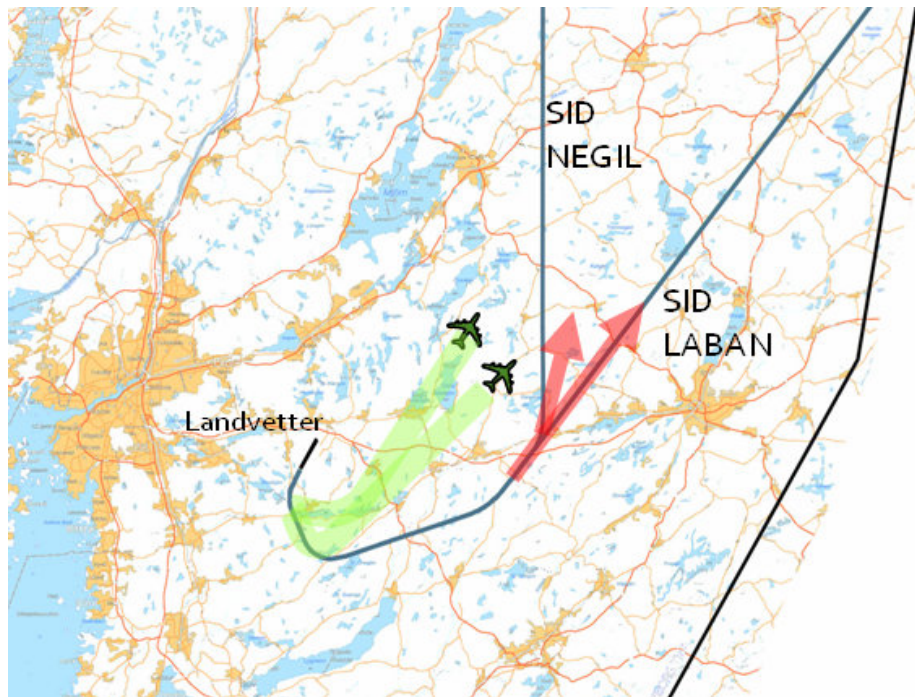
3.3.2 Sammantagna effekter flygväglängd

De potentiella effekterna för bränsleförbrukning har beräknats för befintligt SID-system och trafikvolym. Vidare har LFV gjort en bedömning av framtida effekter med hänsyn tagen till sökt trafikvolym. Tillvägagångssättet för ett par SID illustreras nedan: SID LABAN/NEGIL från bana 21. Just dessa utflygningssvägar är illustrativa för hur flygväglängd kan påverkas av att luftfartyg dag/kväll lämnar SID tidigare än i befintligt system. De leder till destinationer i motsatt riktning mot de håll flygplanen har när de lämnar rullbanan och de trafikeras av, relativt sett, större trafikvolymer. Beräkningen av hur flygsträckan påverkas är baserad på följande variabler (beräkning utgår från ett snitt av trafikfall 2009-2011):

- Antal jetflygplan som trafikerade aktuella utflygningssvägar i trafikfall.
- Kartläggning av navigeringspunkter som skulle vara aktuella att leda flygtrafik mot om denna skulle ges möjlighet att lämna SID tidigare.
- Hur stor andel av starterna som antas erhålla genvägar, det vill säga kommer att tillåtas lämna SID.

- Var längs SID som genomsnittet av trafiken skulle lämna utflygningssvägarna.
- Differensen mellan flugen sträcka jämfört med den sträcka som uppstår vid föreslagen ändring av villkor.

För SID NEGIL och LABAN från bana 21, ges följande värden:



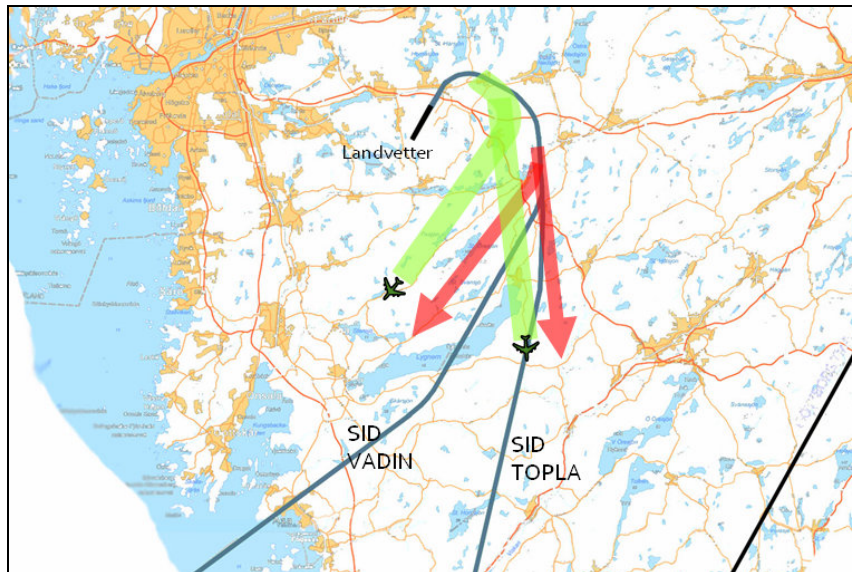
Figur 11 Uppskattning av flygvägsinst med ett villkor som tillåter flygplan att lämna SID när bullerexponering på marken understiger 70 dB(A). Exempel SID mot nordost från bana 21.

- Cirka 700 flygplan trafikerade SID NEGIL och 5000 flygplan trafikerade SID LABAN i genomsnitt årligen.
- De gröna linjerna markerar ett genomsnittligt avstånd längs SID där luftfartyg skulle lämna utflygningssvägen. Att jämföras med röda pilar som illustrerar hur flygvägarna nyttjas idag.
- Cirka 70 % av trafiken skulle ges möjlighet att lämna SID NEGIL för att flyga kortare än i befintligt system.
- Cirka 70 % av trafiken skulle ges möjlighet att lämna SID LABAN för att flyga kortare än i befintligt system.
- Jämfört med hur trafiken i nuläget följer aktuella SID skulle sparad flygsträcka bli cirka sex nautiska mil kortare för trafik mot NEGIL och cirka 2-3 nautiska mil för SID LABAN. Den sammantagna vinsten för dessa två SID skulle bli cirka 14 000 nautiska mil (cirka 26 000 km) under ett år utgående från befintlig trafikvolym.

Trafiken på de SID som använts i exemplet ovan utgör i befintligt system cirka 20% av totala antalet avgående flygplan från Landvetter. Potentialen att förkorta flygsträcka genom att tidigare tillåta luftfartyg att lämna SID varierar självfallet.

För vissa SID blir vinsten i förkortad flygsträcka marginell, medan det för andra vägar, som exemplet ovan, skulle finnas många nautiska mil att spara om avgående flygplan kan tillåtas lämna flygvägen tidigare.

Ytterligare exempel där potentialen är hög för utsläppsminskningar är SID från bana 03 och SID mot söder och sydväst. Se nedan.



Figur 12 SID från bana 03 söderut och tänkbar flygvägsinst om flygplan kan tillåtas lämna SID tidigare.

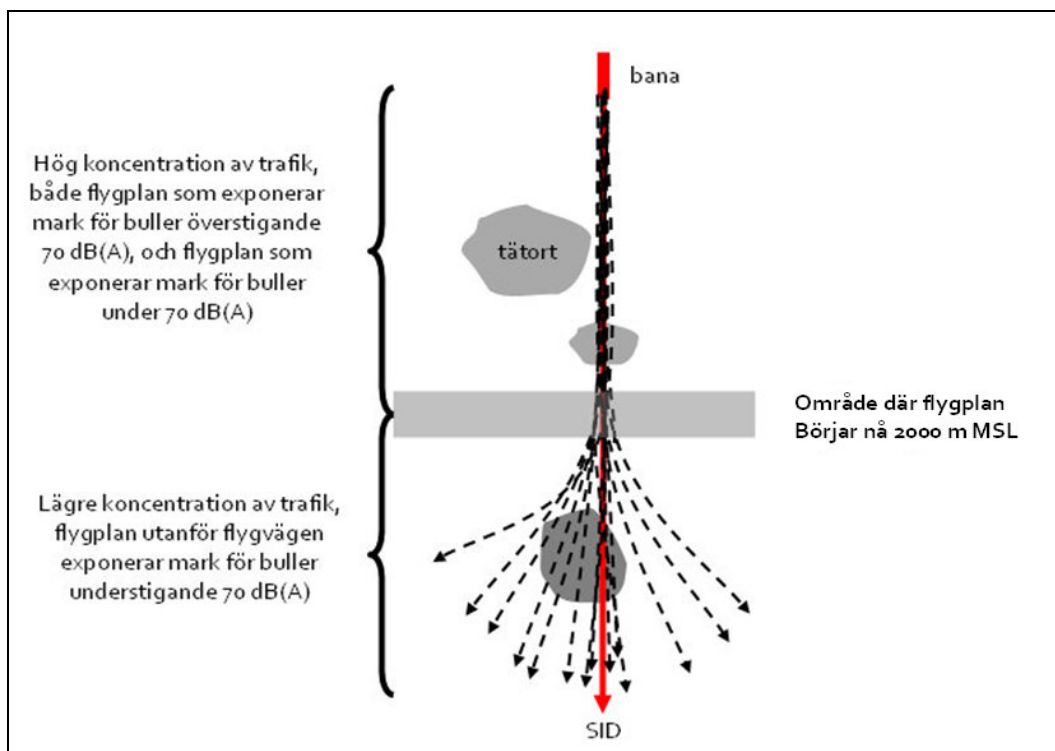
Effekten på sammantagen minskning av flugen sträcka är också direkt kopplat till vilka volymer som trafikerar respektive flygväg. För SID med större trafikvolymer kan även mindre flygvägsvinster skapa betydelsefulla minskningar av utsläppen till luft. Exempel på detta är SID TOPLA från bana 21 där varje flygning kan förkortas lite, men trafikvolymen är stor. För flygvägar som sällan används skapas å andra sidan inga större effekter på utsläpp oavsett hur flygvägen är dragen.

Ett villkor som möjliggör att luftfartyg kan lämna SID tidigare än vad dagens villkor medger, ger sammantaget förkortade flygsträckor och därigenom minskade utsläpp till luft. Omfattningen av besparing utifrån *befintlig* trafikvolym bedöms uppgå årligen till cirka 22 000 nautiska mil (40 000 km). Denna reducering av flygsträcka motsvarar cirka 400 ton koldioxid.⁹ Med sökt trafikvolym är det rimligt att anta att utsläppsminskningen kan dubblas.

⁹ Beräkningen är baserad på antagandet att ett flygplan förbrukar cirka 6 kg bränsle per nautisk mil.

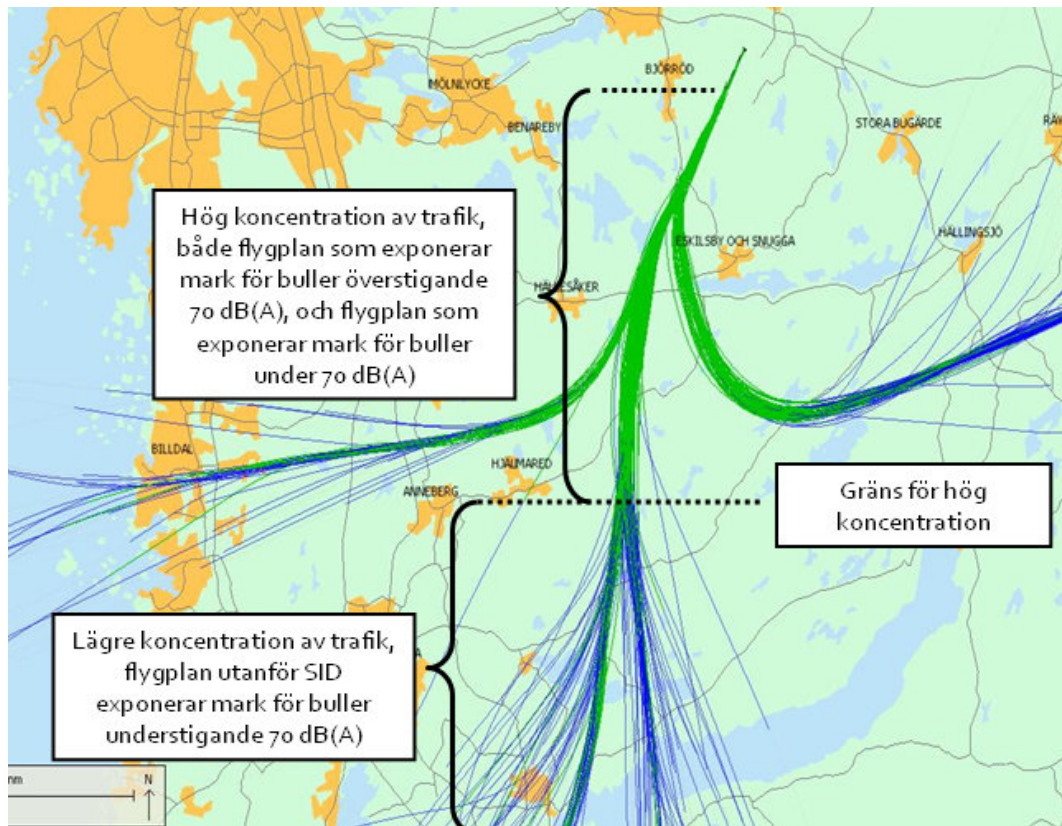
3.4 Effekt geografisk spridning

Kombinationen av hur flygvägarna är sträckta och hur dagens villkor är formulerade skapar i nuläget koncentrerade flygspår både i flygplatsens närområde där bullernivåer är höga, men också längre ut från flygplatsen där bullernivåer understiger riktvärden. Det vill säga, avgående trafik samlas i, relativt sett, smala spår upp till den höjd där luftfartyg tidigast kan tillåtas lämna SID; 2 000 meter respektive 3 000 meter MSL. Med en koncentration av starter följer å ena sidan en geografisk förutsägbarhet, och att boende vid sidan av flygspår inte överflygs. Å andra sidan exponeras de boendegrupper som bor under flygspår för all avgående trafik. Nedanstående Figur 13 illustrerar principen koncentration.



Figur 13 Flygplan följer flygväg upp till en fast höjd över marken som gäller alla flygplanstyper oavsett hur mycket det bullrar. När flygplan når höjd 2 000 meter MSL tillåts de att lämna SID och därigenom ökar successivt spridningen längs flygvägen. För boende under en flygväg där flygplan inte uppnått 2 000 meter innebär detta system en hög andel överflygningar. För boende under en flygväg där flygplan passerat 2 000 meter innebär detta system en avlastning (lägre koncentration).

Illustrationen nedan visar ett exempel på radarspår från flygplan för de mest trafikerade utflygningvägarna från Landvetter. Bilden visar hur principen enligt ovan ger hög koncentration inom ett smalt geografiskt område.



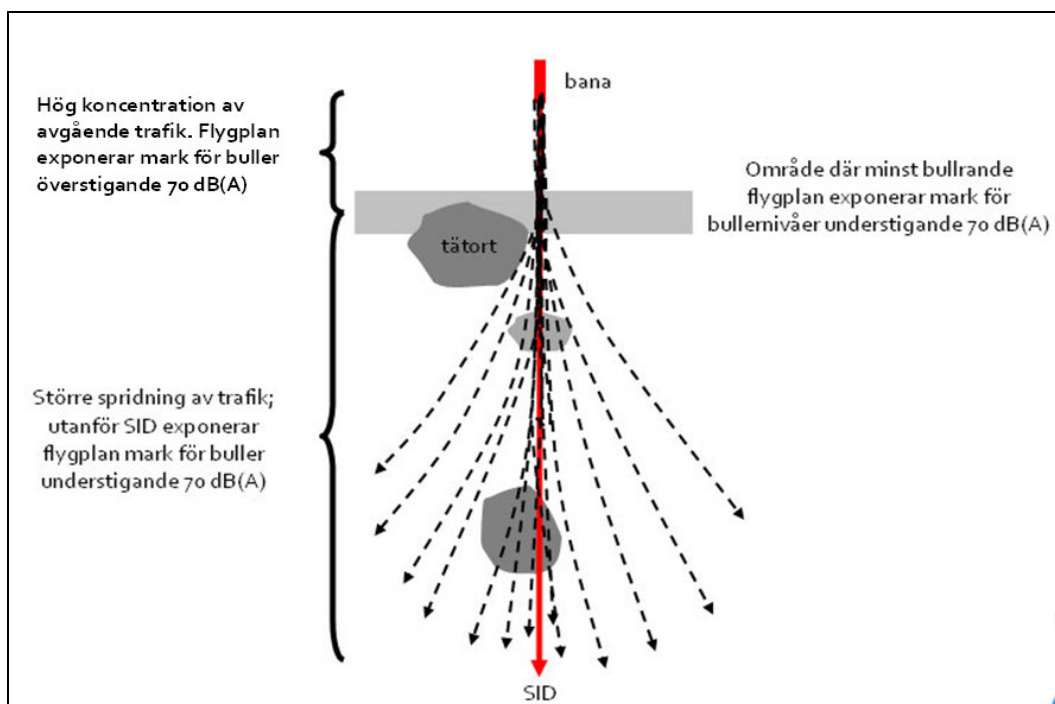
Figur 14 Flygspår från P-RNAV utrustade flygplan för en månad för avgående trafik från bana 21. I den inledande delen av flygningen befinner sig flygplanen under 6500 fot MSL (2 000 meter) och är färgade gröna. Enstaka flygplan har uppnått höjd då de tillåts lämna SID:en (blåa spår) men i stort, befinner sig alla flygplan på SID. Streckad linje illustrerar område där spridning skapas tack vare att en del flygplan lämnar SID. Flygplan som fortfarande ligger kvar på SID, har antingen inte uppnått höjd då det är tillåtet att lämna SID, eller kvarligger på SID av trafikskäl.

Vad gäller begreppet förutsägbarhet och överflygning av boende, bör det särskilt påpekas att förutsägbarhet i första hand gäller boende som bor utanför korridorer med flygplan. Vad både Swedavia och LFV erfarit i dialog med boende inom korridorer med avgående flygplan, är att de förvisso vet att de kan överflygas av flygplan. Men känslan av oförutsägbart uppstår ändå. Detta beror troligen på det faktum att det finns två banriktningar. Även om man bor under en korridor för SID kan det gå dagar eller till och med veckor utan överflygningar. Därefter kan mer intensiva perioder följa med, relativt sett många överflygningar. Val av bana styrs i huvudsak av vindriktning vilken är en i allra högsta grad oförutsägbart variabel.¹⁰

Den typ av villkor som omfattas i detta dokument innebär att trafik som exponerar mark för 70 dB(A) eller däröver ska följa SID. När bullerexponering vid mark understiger 70 dB(A) ska ett avgående luftfartyg dock kunna ges möjlighet att lämna utflygningssvågen för att istället, om möjligt, flyga så kort sträcka som

¹⁰ Val av bana beskrivs i TB Del II bilaga 1 Avsnitt 10.1

möjligt. Detta skapar fortsatt hög koncentration och förutsägbarhet för mer bullrande trafik, men när flygplan exponerar mark för lägre bullernivåer kommer koncentration och förutsägbarhet att minska och exponeringen av överflygningar fördelas istället över ett större geografiskt område. Figur 15 nedan illustrerar principen för ett sådant system.



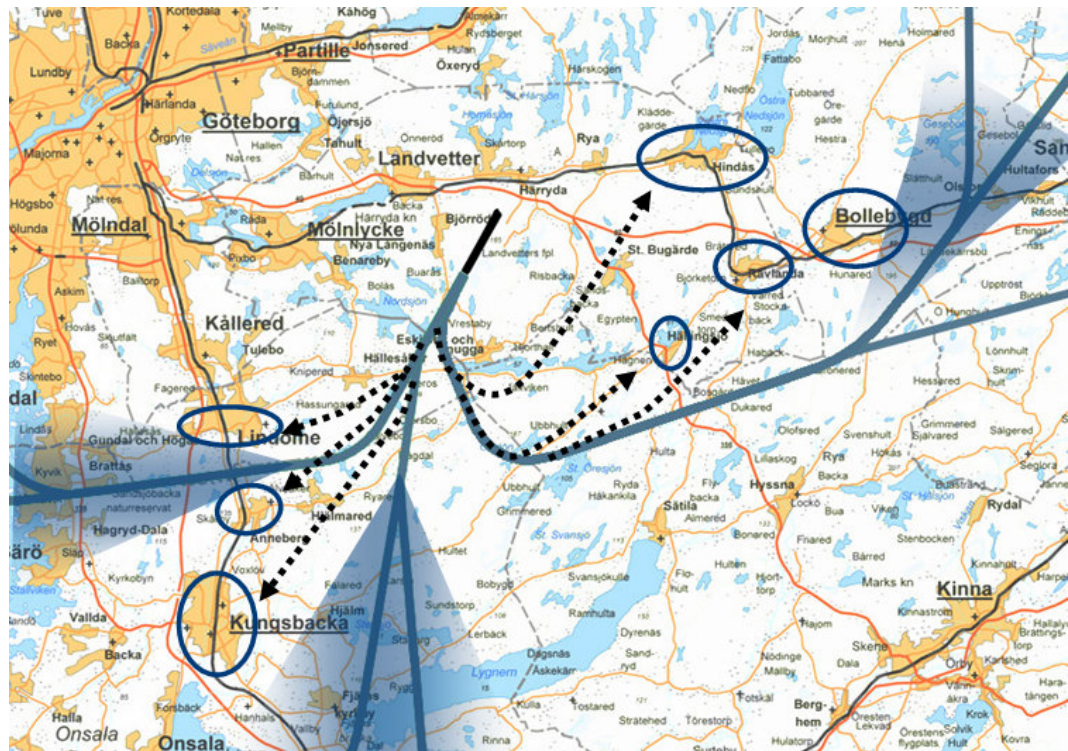
Figur 15 Flygplan följer flygväg upp till en höjd över marken som baseras på skilda bullerprestanda. Relativt sett tystare flygplan kan tillåtas lämna SID tidigt, medan mer bullrande flygplan ska ligga kvar längre på flygvägen. När exponering på marken understiger 70 dB(A) kan flygplan tillåtas lämna SID och därigenom uppstår en geografisk spridning av flygspår vid sidan av flygvägen. För boende under flygvägen sker en avlastning i ett tidigare skede, dvs närmare flygplatsen.

3.4.1 Överflygning tätort

Det villkor som beskrivs i detta dokument innebär att avgående flygtrafik kan komma att överflyga tätorter på ett sätt som inte sker idag. Vid genomförda samråd har kommuner och myndigheter efterfrågat en beskrivning av vad ett nytt villkor enligt detta förslag skulle innebära för överflygning av tätorter. Observera att följande resonemang endast avser *dag/kväll* och aktuella ljudnivåer vid överflygning understiger riktvärdet 70 dB(A). Nedanstående kartor ska illustrera den bedömda effekten av att en viss andel av trafiken dag/kväll skulle lämna flygvägen när bullernivåer understiger 70 dB(A), istället för, som idag, vid en fast höjd, se Figur 16 och Figur 17.

3.4.1.1 Bana 21 överflygning tätort

På kartan nedan har större tätorter markerats som kan komma att överflygas av flygplan från Landvetter då bana 21 är i bruk. På kartan illustreras också kortast teoretiska väg till dessa tätorter för ett flygplan som tillåts lämna SID.



Figur 16 Teoretiskt kortaste distans till tätort för avgående trafik från bana 21. Grå blå streck är den nominella linjerna för SID. Skuggade blå områden illustrerar de områden som idag överflygs som en effekt av den spridning som skapas då flygplan lämnar SID. Svarta prickade pilar illustrerar exempel på flygbanor som kan komma att skapas då flygplan lämnar SID när buller på marken understiger 70 dB(A). Just dessa flygbanor skulle då beröra inringade tätorter.

De jetflygplan som kommer att kunna lämna SID tidigast, dvs. de flygplan som kan komma att flyga kortast väg längs SID, är mindre jetflygplan¹¹. Längre ut längs SID kan sedan mellanstora och stora jetflygplan komma att lämna SID tidigare än idag.

¹¹ Typiska representanter för denna typ är Embraer 135/145 eller Canadair

	Kortast teoretiska sträcka vid överflygning av tätort	Uppskattad höjd vid överflygning av tätort
Hindås	23 km	7000 – 10 000 fot 2150 – 3000 meter
Rävlanda	25 km	6500 – 11 000 fot 2000 – 3300 meter
Bollebygd	28,5 km	7500 – 12 000 fot 2200 – 3500 meter
Hällingsjö	20 km	6000 – 10 000 fot 1800 – 3000 meter
Lindome ¹²	12 km	5000 – 6000 fot 1500 – 1800 meter
Kungsbacka	20 km	6000 – 10 000 fot 1800 – 3000 meter
Anneberg	15 km	5500 – 7000 fot 1700 – 2100 meter

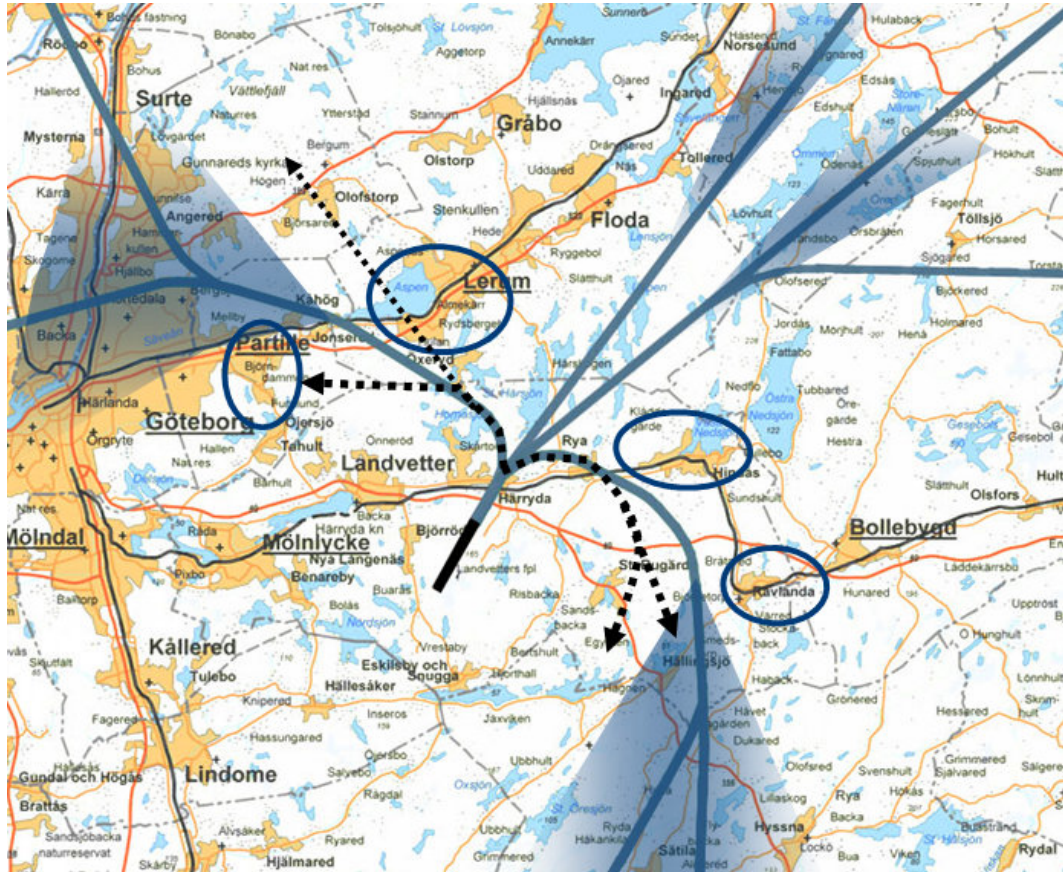
Tabell 2 Teoretiskt kortaste avstånd efter start från bana 21 samt uppskattad höjd då ett flygplan kan passera över aktuella tätorter. Bullernivåer är under riktvärdet.

3.4.1.2

Bana 03

Nedan följer motsvarande illustrationer för avgående trafik från bana 03. I denna banriktning skulle ett villkor som tillåter flygplan att lämna SID tidigare, minska antalet överflygningar eller passager för vissa tätorter.

¹² Med Lindome avses södra delarna, som teoretiskt kan komma att överflygas av jetflygplan som lämnar SID tidigare än idag.



Figur 17 Teoretiskt kortaste distans till tätort för avgående trafik från bana 03. Gråblå streck är de nominella linjerna för SID. Skuggade blå områden illustrerar de områden som idag överflygs som en effekt av den spridning som skapas då flygplan lämnar SID. Svarta prickade pilar illustrerar exempel på flygbanor som kan komma att skapas då flygplan lämnar SID när buller på marken understiger 70 dB(A). Just dessa flygbanor skulle då beröra inringade tätorter. För Hindås och Lerum skulle villkor där flygplan tillåts lämna SID då bullerexponering understiger 70 dB(A), innebära att färre jetflygplan överflyger eller passerar vid sidan av tätorten. Streckad pil som passerar Lerum visar att tätorten förvisso kan komma att överflygas av jetflygplan med destinationer mot nordost, men att trafikvolymen är väldigt liten (befintligt trafikfall; ett jetflygplan var tredje dag/kväll i snitt). Det sammanlagda antalet överflygningar av tätorten kommer att minska eftersom tätorten kan avlastas från trafik med destination västerut.

Färre flygningar kommer att överflyga eller passera nedanstående tätorter med ett villkor som tillåter avgående luftfartyg att lämna SID tidigare.

	Sträcka flugen vid passage	Uppskattad höjd passage
Hindås	8 km	4000 – 5000 fot 1200 – 1500 meter
Rävlanda	13,5 km	5500 – 6500 fot 1600 – 1900 meter
Lerum	8 km	4000 – 5000 fot 1200 – 1500 meter

Tabell 3 Teoretiskt kortaste avstånd efter start från bana 03 samt uppskattad höjd då ett flygplan kan passera aktuella tätorter.

Norra delarna av Partille överflygs i befintligt system. Med nytt villkor skulle vissa flygningar flyttas längre söderut.

	Sträcka flugen vid passage	Uppskattad höjd passage
Partille	13,5 km	5500 6500 fot 1600 – 1900 meter

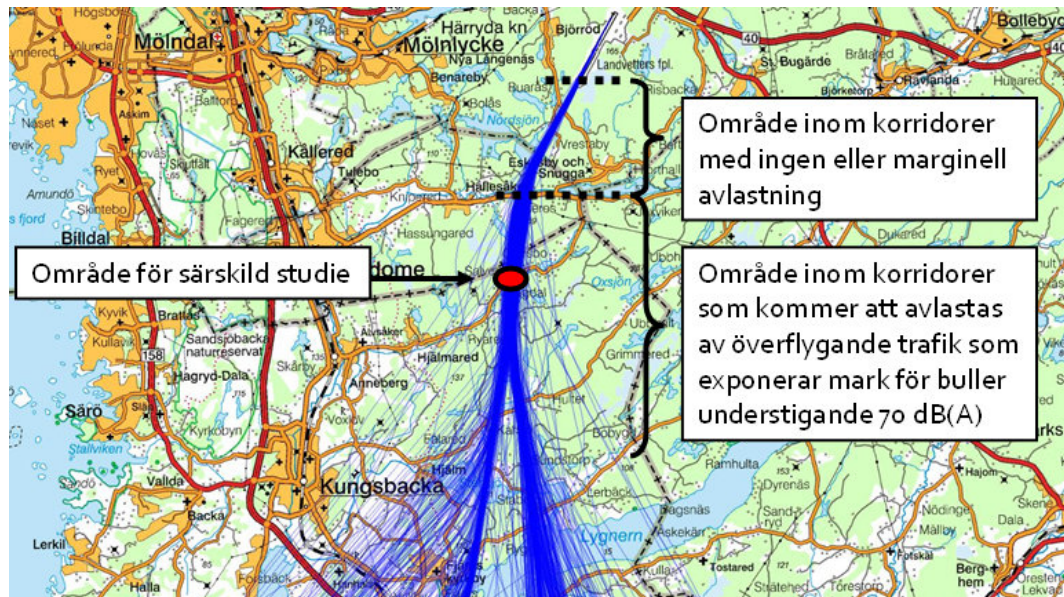
Tabell 4 Teoretiskt kortaste avstånd efter start från bana 03 samt uppskattad höjd då ett flygplan kan passera över aktuella tätorter. Bullernivåer är under riktvärdet.

3.4.2 Avlastning under flygvägskorridorerna

Ett villkor som tillåter mindre bullrande flygplan att lämna SID tidigare, kommer att innebära att vissa områden avlastas. Det vill säga, vissa områden nära flygplatsen kommer att överflygas i mindre utsträckning.

Swedavia har särskilt studerat effekter avseende avlastning i ett område söder om flygplatsen (markerat rött i figur nedan). Området överflygs av det största trafikflödet från Landvetter; starter söderut från bana 21. Trafikandelen i denna korridor uppgår till cirka 40 % av all avgående trafik från flygplatsen, inbegripet båda banriktningar¹³. Aktuellt område överflygs både av trafik som exponerar mark för buller *överstigande* 70 dB(A) och trafik som exponerar mark för bullernivåer *under* 70 dB(A). Den sistnämnda kategorin utgörs av mindre och mellanstora jetflygplan som ännu inte nått upp till höjden 2000 meter och kan tillåtas lämna SID, eller flygplan som har nått upp till 2000 meter men av trafikskäl kvarliggare på SID.

¹³ Trafikfall utgörs av ett genomsnitt av åren 2009-2011



Figur 18 Radarspår (blå) från en månads avgående trafik på SID VADIN och TOPLA från bana 21. Nära flygplatsen är spåret maximalt koncentrerat, alla flygplan befinner sig under 6500 fot MSL (2000 m). Längre ut, när flygplan passerat 6500 fot ökar spridningen. Med ändrat villkor skulle det uppstå en spridning tidigare än idag och aktuellt område skulle påverkas av en viss avlastning.

Swedavia har utifrån nuvarande trafikvolym och flygplanssammansättning studerat hur verkliga flygningar har stigit ut från flygplatsen. I samverkan med flygtrafiktjänsten har bedömning gjorts hur stor andel av trafikflödet som potentiellt *inte* skulle överflyga området med ett villkor som baseras på bullerexponering 70 dB(A) på mark. För aktuellt trafikflöde är bedömningen att uppemot en fjärdedel av de avgående flygplanen potentiellt skulle kunna lämna SID innan passage av området. Även om boende under korridoren endast skulle avlastas av flygplan som exponerar mark för buller *understigande* 70 dB(A) och att överflygningar i vissa fall endast skulle flytta trafiken något öster- eller västerut, är den avlastningseffekt som kan skapas ändå möjlig eftersträvningsvärd.

För sökt trafikvolym är bedömningen idag, att avlastningseffekten kan bibehållas. En ökad trafikvolym kan förvisso innebära en ökad trafikkomplexitet som gör att färre flygplan kan lämna SID. Å andra sidan utvecklas flygtrafiktjänsten tekniska stöd vilket bedöms underlätta hantering av direkttrouing, dvs. genvägar.

3.4.3 Operativ hantering av villkor att lämna SID vid 70 dB(A)

Istället för en enda fast höjd då luftfartyg tidigast kan tillåtas att lämna SID skulle ett villkor lämpligen kunna grundas på beräknad bullernivå 70 dB(A) på mark. För att flygledaren rent operativt ska kunna säkra att villkoret efterlevs kommer den beräknade bullernivån 70 dB(A) från ett avgående luftfartyg att översättas till en höjd över marken. Denna höjd blir då styrande när en specifik flygplanstyp tidigast kan tillåtas lämna en utflygningssväg.

I nuläget saknar flygtrafiktjänsten verktyg att hantera varje enskild flygplanstyps bullerprestanda vid start. För att rent praktiskt kunna omvandla ett villkor som baseras på bullernivå krävs därför att luftfartyg samlas i hanterbara klasser där luftfartyg i respektive klass har liknande bullerprestanda vid start. Varje klass ska representeras av en flygplanstyp som är styrande för den höjd som sammanfaller med en bullerexponering på marken om 70 dB(A). Den normerande flygplanstypen ska också vara den *mest bullrande* i varje sådan klass för att säkerställa att villkoret innehålls av samtliga flygplan.

Grunden för indelning i kategorier är storleken på ett luftfartyg eftersom det finns ett visst samband mellan storlek på flygplan och hur mycket det bullrar vid start. Dock är sambandet långt ifrån absolut. Modernare flygplanstyper bullrar exempelvis mindre än äldre typer. Antalet motorer påverkar också bullerexponeringen vid start.

Nedan, i Tabell 5 Exempel kategorisering av luftfartyg illustreras hur en kategorisering skulle kunna se ut där den mest bullrande flygplanstypen blir normerande för den höjd varifrån luftfartyg i aktuell kategori tidigare tillåts lämna SID.

Mellanstora jet	Flygplanstyp	Höjd 70 dB(A)	Normerande flygplanstyp
	A319	750 meter	-
	A320	900 meter	-
	B738	1200 meter	X

Tabell 5 Exempel kategorisering av luftfartyg där B738 skulle utgöra normerande flygplanstyp.

Då beräkningar är det allmänt vedertagna sättet att vid miljötillståndsprövningar beskriva flygbuller används här den beräkningsmetod som är accepterad i Sverige (ECAC doc 29 v3) för att beräkna höjd över mark då en flygplanstyp bullrar maximal ljudnivå 70 dB(A). Det beräkningsverktyg som används och som baseras på nämnda metod är INM version 7.0c¹⁴ vilken innehåller en databas över olika flygplanstypers ljudnivåer vid olika avstånd och gaspådrag. INM innehåller också en databas över olika flygplanstypers typiska startprofiler (gaspådrag, hastighet och höjd vid olika avstånd från rullbanan). Genom att kombinera dessa databaser kan den önskade höjden räknas fram.

¹⁴ Integrated Noise Model, beräkningsprogram för flygbuller framtaget av USA:s luftfartsmyndighet, FAA.)

3.5 Villkor för SID – andra flygplatser

I en jämförelse med övriga Norden är villkor för SID som tillämpas för Landvetter, mycket restriktiva. Flygplatser av Landvetters storlek eller större, har generellt villkor för dag/kväll som tillåter jetflygplan att lämna SID på avsevärt lägre höjder. Redovisning av antal boende som exponeras av ekvivalenta flygbullernivåer överstigande 55 dB(A) syftar till att ge en bild av hur tätbebyggt det är kring respektive flygplats.

	Höjd för när jetflygplan tidigast kan lämna SID dag/kväll (MSL)	Antal rörelser 2011	Boende inom L _{DEN} 55 dB(A)
Köpenhamn	900 m	254 000	2 900
Oslo Gardermoen	1200 – 1500 m	230 000	2 302
Arlanda	1850 m	213 000	1950
Helsingfors	1500 m	190 000	12 000
Bergen	500 m – 750 m	103 000	4 600
Stavanger	750 m – 900 m	82 000	6 500
Landvetter	2000 m och 3050 m	69 000	450
Trondheim	750 m	58 000	1 890
Billund	250 m – 300 m	52 000	76

Tabell 6 Sammanställning höjd för att lämna SID – nordiska större flygplatser (Presenterade i storleksordning utifrån antal rörelser 2011). Källa: Transportstyrelsen, Swedavia, Finavia, Avinor, Naviar, Billund Airport samt Copenhagen Airports.

3.6 Villkor för SID – Operativ betydelse

Möjligheten för flygtrafiktjänsten att tillåta piloter att lämna SID tidigt, har också en gynnsam effekt när flygtrafiktjänsten ska skapa säkra och effektiva trafikflöden med förutsättningar för flygoperatörer att flyga så bränsleekonomiskt som möjligt.

Möjligheten att lämna SID tidigt utgör en central del av den flexibilitet som krävs för att både avgående och ankommande trafik ska förbruka så lite bränsle som möjligt. I ett helhetsperspektiv ska ankommande trafik utifrån ett miljöperspektiv helst inte störas efter att de lämnat sin marschhöjd och avgående trafik ska helst inte tvingas avbryta sin stigning för att planflyga. För avgående är det ur ett miljöperspektiv till och med bättre med en viss omväg bort från SID istället för planflygning längs SID.

I befintligt system innebär 2000 meter som tidigaste höjd att lämna SID en hämmande faktor för att på effektivaste sätt minska bränsleförbrukning och därigenom utsläpp till luft. Erfarenheten av den restriktion som gäller för en utflygningsriktning dag/kväll från Landvetter (3050 meter) och som saknar motstycke för jämförbara flygplatser i ett nordiskt perspektiv, har kraftigt hämmat

möjligheten att skapa förutsättningar för att avgående och ankommande trafik ska minimera miljöpåverkan.¹⁵

3.7 Sammanfattning – Lämna SID

I detta avsnitt har LFV redovisat ett sätt att hantera jettrafik dag/kväll från Landvetter som skiljer från befintligt system. Utgångspunkt har varit att förändringen kan minska utsläpp till luft utan att öka antal boende som exponeras för bullernivåer överstigande riktvärden.

Villkoret utgår från en princip där hänsyn tas till bullerprestanda från enskilda flygplanstyper eller grupper av liknande flygplanstyper. Istället för, som i befintligt system, bedöma alla jetflygplan som om det vore en och samma flygplanstyp.

Effekten av sättet att hantera avgående jettrafik som redovisats i detta avsnitt blir att en hög grad av förutsägbarhet bibehålls nära flygplatsen där bullernivåer är högre, medan koncentrationen/förutsägbarheten minskar längre ut, där bullernivåerna är lägre.

En förändrad hantering bedöms i befintligt system skapa utsläppsminskningar som omfattar cirka 400 ton koldioxid och för sökt trafikvolym ungefär det dubbla.

¹⁵ Mer om detta i TB del II Bilaga 1 Befintligt system Avsnitt 9 och Avsnitt 12.

4 UTREDNING - RNP AR PROCEDURER LANDVETTER

Detta avsnitt utreder framtida tillämpning av så kallade kurvade inflygningar (RNP AR¹⁶) till Landvetter. Avsnittet ingår i den tekniska beskrivningen som är en del av Swedavias tillståndsansökan och har beteckningen TB del II, bilaga 2.

4.1 Inledning

Under 2010-2011 genomfördes projekt VINGA. Projektet var ett europeiskt samarbetsprojekt inom ramen för SESAR JU¹⁷. I projektet som leddes av LFV ingick Swedavia genom Göteborg Landvetter Airport, Novair¹⁸, Airbus¹⁹ och Quovadis²⁰.

Inom ramen för VINGA utvärderades bland annat implementering av RNP AR - procedurer till Landvetter. Mycket kort kan nyttjandet av kurvade inflygningar till Landvetter sammanfattas med att tekniken innebär att procedurerna möjliggör ett sätt att flyga under landningsfasen som ger betydelsefulla vinster i form av reducerad bränsleförbrukning. Under den period då de kurvade procedurerna användes framkom inte något av, vare sig teknisk, operativ eller miljömässig synpunkt som vid en samlad bedömning talade emot att fortsätta vägen mot permanent publicering och inkludera lösningen i ett framtida miljötillstånd.

I avsnittet används begreppet RNP AR som synonymt med begreppet kurvade procedurer. Begreppet befintlig trafikvolym eller befintlig fördelning av trafik används i avsnittet. Med detta avses trafikvolymen och hur de fördelades i genomsnitt under åren 2009-2011.

¹⁶ RNP AR (Required navigation performance authorization required)

¹⁷ SESAR JU – Single European Sky ATM research – joint undertaking

¹⁸ Systerbolag till Apollo, Sveriges tredje största researrangör.

¹⁹ Europisk flygplanstillverkare. Tillverkar mer än hälften av världens jetflygplan.

²⁰ Dotterbolag till Airbus – experter inom flygnavigering

4.2 RNP AR i Sverige

Den tredje rullbanan på Arlanda togs i drift i april 2003 och inflygningarna söderifrån till bana 01R passerar över Upplands Väsby tätort. I samband härmed inkom en mängd klagomål från boende i denna tätort. Swedavia²¹ gav därför LFV i uppdrag att utreda på vad sätt det kunde vara möjligt att minska bullerexponeringen över tätorten fastän bana 01R fortsatt användes för landningar. Bland annat togs en så kallad kurvad inflygning fram som skulle medföra att överflygning av Upplands Väsby kunde undvikas²². Vid denna tidpunkt fanns inga standarder för tekniken framtagna, men de testflygningar som genomfördes visade att den kurvade inflygningen fungerade mycket bra avseende själva navigeringen.

Nya konstruktionskriterier från ICAO²³ finns numera utgivna i Doc 9905 och kurvade inflygningar har idag benämningen RNP AR²⁴ (Required Navigation Performance Authorization Required).

Erfarenheten från Arlanda visade att tekniken hade potential att reducera miljöpåverkan både vad gäller utsläpp till luft och fördelning av buller från ankommande trafik och därför valde LFV och Swedavia att inom ramen för ett samarbetsprojekt fortsätta utveckla tekniken och förutsättningarna för en tillämpning på Göteborg Landvetter Airport. Två procedurer för Landvetter erhöles under 2010 och 2011 godkännande av Transportstyrelsen och publicerades i AIP. Procedurerna nyttjades endast för ett begränsat antal flygningar under begränsade tidsperioder. De flygningar som genomfördes till Landvetter visade att kurvade procedurer har potentialen att reducera utsläpp till luft för ett ankommande flygplan med uppemot 10 % från det att flygplanet lämnar sin marschhöjd cirka 250-300 kilometer från flygplatsen²⁵. Vidare tillät tekniken att dra procedurer på sådant sätt att tätorter som idag överflygs frekvent kan avlastas från överflygningar.

4.3 Tekniska förutsättningar

RNP AR saknar svensk benämning men som den engelska benämningen antyder krävs en viss funktionalitet hos flygplanet vad avser navigering samt ett särskilt tillstånd för besättningen att genomföra inflygningen.

RNP AR gör det möjligt att navigera helt oberoende av markbaserad infrastruktur till skillnad från vad som gäller ILS-inflygningar. En stor skillnad mellan en RNP

²¹ Dåvarande LFV. Flygplatsverksamheten vid LFV ingår från 1 april 2010 i Swedavia AB. Flygtrafikledningsverksamheten ligger kvar i LFV och är bibehållet som statligt affärsdrivande verk.

²² RNP 0.3 med RF-leg

²³ ICAO International Civil Aviation Organisation – Sammanslutning av de nationella luftfartsmyndigheter, vars regeringar anslutit sig till Chicagokonventionen

²⁴ Required Navigation Performance Authorization Required – Inflygningsprocedur som är baserad på satellitnavigationssystem med hög noggrannhet lateralt samt möjlighet att nyttja kodning med RF-leg.

²⁵ Ref VINGA Finalreport ver 3.0

AR-inflygning och en konventionell inflygning med hjälp av ILS är att RNP AR möjliggör svängar med mycket hög precision och förutsägbarhet i ett senare skede av inflygningsfasen. Svängarna benämns RF-leg²⁶. På detta sätt är det möjligt att skapa inflygningsprocedurer som, med vissa begränsningar kan skräddarsys utifrån lokala behov och begränsningar, exempelvis undvikande av höglänt terräng eller bullerkänsliga områden. Inflygningsprocedurer kan också förkortas och därigenom reducera utsläpp till luft.

Navigeringsmekaniken bygger på satellitnavigering, GNSS²⁷. För varje RNP AR-procedur specificeras en viss navigeringsnoggrannhet som flygplanet ska kunna hålla längs flygvägen och erfarenheter från genomförda kurvade inflygningar inom ramen för projekt VINGA visar att flygplan längs en RNP AR-inflygning har mycket hög navigeringsnoggrannhet.

RNP AR-inflygningen har ännu dock inte samma höga precision i det absolut sista skedet av inflygningen och kan därför inte genomföras vid lika låga siktvärden som ILS-inflygningen. För att kunna landa vid samma låga siktvärden vid en kurvad inflygning som vid en ILS-inflygning, krävs ny teknik som ännu inte finns i regelmässig drift någonstans i världen. För att säkerställa tillgängligheten till en flygplats krävs således fortfarande ILS.

Idag finns i Europa kurvade inflygningar konstruerade till Innsbruck, Tromsø, Arlanda och Landvetter. De kurvade inflygningar som används i andra världsdelar, exempelvis i Australien och USA (Alaska), bygger på andra konstruktionskriterier än ICAO:s, varför dessa utifrån befintligt regelverk, inte är tillämpliga i Sverige.

4.4 Tekniska förutsättningar

Införandet av RNP AR-teknik i regelmässig drift ställer krav på utrustning såväl i flygplanen som hos flygtrafikledningen. Dessutom krävs godkännanden och tillstånd från luftfartsmyndigheter samt utbildning av piloter och flygledare. I dagsläget finns inga internationella krav på nödvändig utrustning och godkännanden utan flygoperatörer väljer att göra de investeringar som krävs för att nyttja kurvade procedurer.

4.4.1 Flygplanstillverkare

Den utrustning som krävs i flygplanen för att kunna utföra RNP AR-inflygning anges i manualer och dokument utgivna av ICAO och EASA²⁸. Dessa anger bland annat att flygplan ska kunna följa de särskilda flygvägarna med viss beskriven navigeringsnoggrannhet. Vidare ska utrustning ombord vara då erforderlig satellitäckning saknas för att kunna följa flygvägen med tillräcklig noggrannhet.

²⁶ RF-leg. Radius to Fix. En kurvad sträckning mellan två punkter där luftfartyget flyger med konstant svängradie.

²⁷ Global Navigation Satellite System, ett samlingsnamn för olika världstäckande navigeringssystem som utnyttjar satelliter för positionsbestämning.

²⁸ Europeiska byrån för luftfartssäkerhet - European Aviation Safety Agency

4.4.2 Flygbolagsoperatörer

Varje flygbolag måste söka tillstånd från sin nationella luftfartsmyndighet för att få flyga inflygningar baserade på Baro-VNAV²⁹. För att flygbolaget ska få använda RNP AR-procedurer krävs dessutom ett särskilt tillstånd från Transportstyrelsen för varje RNP AR-flygväg som flygbolaget vill använda.

4.4.3 Flygtrafiktjänsten

Vid driftsättning av nya RNP AR-procedurer gör LFV en flygsäkerhetsanalys som ska godkännas av Transportstyrelsen. En sådan analys inbegriper identifiering av eventuella risker och på vilket sätt dessa ska undvikas.

Utöver godkännande för flygtrafiktjänsten från Transportstyrelsen ska flygledare utbildas i hantering av flygtrafik som använder RNP AR-teknik. Vidare ska den lokala flygledningsorganisationen skapa regler och metoder för hur flygledaren ska hantera de flygningar som ska följa en RNP AR-procedur.

4.5 Begränsningar

En RNP AR – procedur utgör en så kallad sluten procedur. Det vill säga, den leder flygplanet från en startpunkt hela vägen ner till rullbanan. Även om tekniken skiljer åt, är det samma grundprincip som gäller för befintliga slutna P-RNAV STAR för Landvetter³⁰ där STARens dragning i kombination med ILS skapar en sluten flygbana hela vägen till landning.

4.5.1 Trafikintensitet

Förutsättningar att kunna erbjuda en pilot en kurvad inflygning är direkt kopplat till trafikintensiteten. Är trafikintensiteten hög krävs att flygtrafiktjänsten kan radarleda ankommande flygplan för att kunna skapa fastställt säkerhetsavstånd mellan flygplan. Detta gäller även vid tillämpning av befintligt STAR-system, där Slutna STAR endast kan erbjudas då trafiksituationen tillåter detta.

Av flygsäkerhetsskäl kan man aldrig förutsätta att en inflygning kommer att genomföras via en kurvad procedur. Aktuell trafiksituation är avgörande vid varje tillfälle om det är möjligt att nyttja de kurvade inflygningarna eller om ett alternativt förfarande måste användas. Erfarenheten från användningen på Landvetter visar att utfallet blir relativt högt, sett till när piloten planerade för en kurvad inflygning kontra om piloten fullföljde en sådan inflygning. Inte minst nattetid då trafikintensiteten normalt är låg är förutsättningarna mycket goda för en hög andel kurvade inflygningar.

4.5.2 Väderbegränsningar

För närvarande har kurvade inflygningar ett ”väderminima”³¹, som säger att piloten ska kunna se banan då flygplanet befinner sig cirka 150 meter över

²⁹ Barometric Vertical Navigation

³⁰ Se TB Del II Bilaga 1 Avsnitt 5.

³¹ Krav på viss sikt eller viss höjd på molnundersida för att kunna landa.

marken medan det för en ILS-inflygning i dess mest avancerade form inte krävs någon sikt alls³². Är väderminima sämre, kan inte kurvad inflygning erbjudas utan då används alternativt förfarande.

För att kunna landa vid samma låga siktvärden vid en kurvad inflygning som vid en ILS-inflygning, krävs som nämnts ny teknik som ännu inte finns i regelmässig drift någonstans i världen. Emellertid sker fortlöpande en utveckling av tekniken, som syftar att kunna använda tekniken även vid sämsta siktförhållanden.

Vidare har RNP AR i nuläget en temperaturbegränsning som gör att den inte kan användas när temperaturen understiger -25 °C vilket för Landvetter är en marginellt hämmande faktor.

³² Benämns CATIII. Landvetter har ILS CATII, vilket kräver vissa siktvärden för att kunna landa.

4.6 RNP AR procedurer Landvetter - allmänt

Inom ramen för Swedavias ansökan om nytt miljötillstånd för Landvetter innefattas fyra kurvade inflygningsprocedurer. Två som angör terminalområdet från sydost och två som angör terminalområdet från sydväst.

Varje procedur redovisas var för sig. Redovisningen innehåller den geografiska dragningen, hur proceduren bedöms belastas på kort och lång sikt samt påverkan på flygväglängd/bränsleförbrukning.

4.6.1 Utgångspunkter vid geografisk dragning

Utgångspunkterna vid konstruktion av procedurerna har varit att de ska vara dragna för att reducera utsläpp till luft. Vidare ska de vara dragna så att inga nya boende, ska exponeras för bullernivåer över bullerriktvärden.

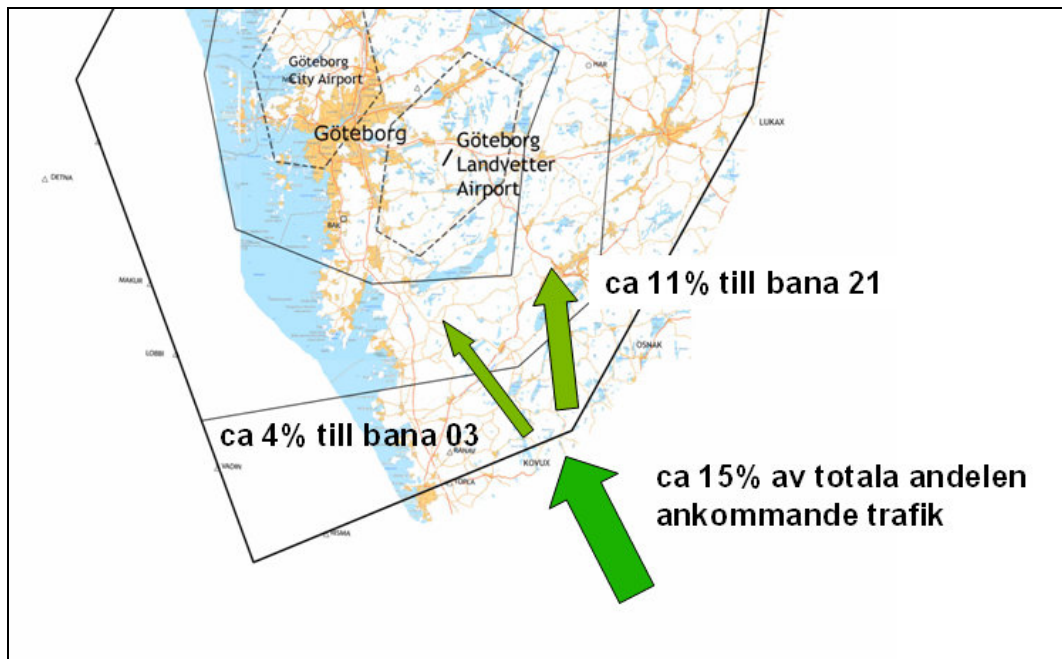
Två av procedurerna, de från sydost, användes inom ramen för projekt VINGA. De två procedurerna från sydväst har ännu inget tillstånd av Transportstyrelsen och har därför inte trafikerats.

4.6.2 Frekvens

Införande av kurvade inflygningar innebär *inte* att all trafik som idag nyttjar P-RNAV STAR och ILS kommer att flyttas över till kurvade procedurer, vare sig på kort eller lång sikt. Det finns ett antal begränsningar som kommer att påverka hur många flygplan som kan erbjudas att flyga aktuella kurvade procedurer.

4.6.3 Storlek på trafikflöde

Varje kurvad procedur är kopplad till ett specifikt trafikflöde till Landvetter. För proceduren från sydost till bana 21 är det således bara trafik från denna riktning som kan komma att bli aktuell för att nyttja proceduren. Flygplan från andra riktningar kommer inte att kunna nyttja proceduren. Detsamma gäller självfallet för övriga kurvade procedurer. Följande illustration åskådliggör detta.



Figur 19 Trafikflöde – exemplet sydost. Grön pil visar trafikflöde från sydost som inbegriper ankommande flygplan som potentiellt är aktuella för de kurvade procedurerna från sydost. Flödet från sydost utgör i befintligt system cirka 15% av all ankommande trafik. Denna trafikvolym ska sedan fördelas mellan bana 03 och bana 21, beroende på vilken bana som är i bruk. Sett över en längre tidsperiod har denna fördelning varit cirka 70/30. Av trafikflödet som utgör cirka 15% av all ankommande trafik kommer cirka 11% av följaktligen att potentiellt vara aktuell för proceduren till bana 21 och 4% till bana 03. Men då måste, som nämnts, flygoperatören ha erforderlig utrustning och godkännande.

4.6.4 Trafikintensitet och väderförutsättningar

Liksom de slutna P-RNAV STAR till Landvetter består kurvade procedurer av en sluten flygbana som leder ett ankommande flygplan hela vägen ner till rullbanan. Sådana procedurer kan användas vid lägre trafikintensiteter. Vid högre trafikintensiteter eller vid särskilda trafiksituationer krävs radarledning för att upprätthålla flygsäkerhet och kapacitet. För Landvetter följer i dagsläget cirka 60 – 70 % av ankommande trafik sluten procedur, just för att befintlig trafiksammansättning och intensitet möjliggör detta³³.

Nyttjandet av kurvade procedurer är, som nämnts, i nuläget beroende av något andra väderkriterier än ILS-procedurer. Under perioder med dålig sikt är enda möjliga landningsmetod ILS CATI eller CATII. Perioder med dålig sikt varierar över året men är vanligare under vintertid.

4.6.5 Antal bolag/flygplan som har erforderlig teknik och godkännande

I nuläget är det få flygoperatörer som har den utrustning, utbildning och godkännanden som krävs för att kunna erbjudas RNP AR-procedurer till

³³ Detta är en andel som kan komma att förändras beroende på trafikintensitet, trafik sammansättning och andel luftfartyg med godkänd utrustning för P-RNAV.

Landvetter. Det är två flygoperatörer som är aktuella: SAS³⁴ och deras Boeing 737 samt Novair's Airbus 321. Andelen flygoperatörer som kommer att kunna använda kurvade procedurer kan komma att öka.

4.6.6 Framtida utveckling

Etablering av kurvade procedurer till Landvetter är i dagsläget inget som kan ersätta nuvarande system med ILS – inflygningar. I dagsläget ska tekniken betraktas som en lösning som under vissa förutsättningar kan erbjudas flygoperatörer som har särskild utrustning och tillstånd.

Om och i vilket tempo flygoperatörer gör investeringar och söker tillstånd som möjliggör att flyga kurvade procedurer är svårt att prognostisera. En faktor som styr tempot är givetvis tillgängligheten. Skapas inte förutsättningar genom att göra bränslebesparande procedurer tillgängliga för flygbolag, så finns det heller inget incitament att göra nödvändiga investeringar.

Idag krävs att flygoperatören har ett särskilt tillstånd av Transportstyrelsen för varje kurvad procedur. Det är svårt att bedöma om denna tillståndprocess kommer att se likadan ut i en framtid.

Den beskrivning av hur stora trafikandelar som kan komma att använda kurvade procedurer för Landvetter utgår från den kunskap som finns idag om befintlig flygplansflotta. För att beskriva framtida trafikandelar har LFV gjort en samlad bedömning av framtida flygplansflotta och dess förutsättningar att nyttja kurvade procedurer.

Nuvarande bedömning är att antalet flygoperatörer inom överskådlig framtid kan komma att öka, men inte till en nivå att alla flygoperatörer kommer att kunna nyttja kurvade procedurer. För att kunna bedöma miljökonsekvenser av införande av kurvade procedurer gör LFV följande uppskattning. Inom ett tioårigt perspektiv bedöms andelen flygoperatörer som potentiellt skulle kunna nyttja kurvade procedurer uppgå till 60 %. Denna andel utgör därför grunden för att beräkna den frekvens som kan komma att bli en maximal frekvens för respektive kurvad procedur.

Att en viss procentandel kommer att ha erforderlig teknik och tillstånd att nyttja kurvade procedurer innebär inte att alla dessa de facto kommer att göra det. Återigen, kurvade procedurer är ett förfarande som kan erbjudas under vissa trafik- och väderförhållanden. Samma resonemang är som sagt gällande idag; en sluten P-RNAV STAR kan endast erbjudas trafik under vissa trafiksituationer och för flygoperatörer med erforderligt tillstånd.

³⁴ SAS – Scandinavian Airlines

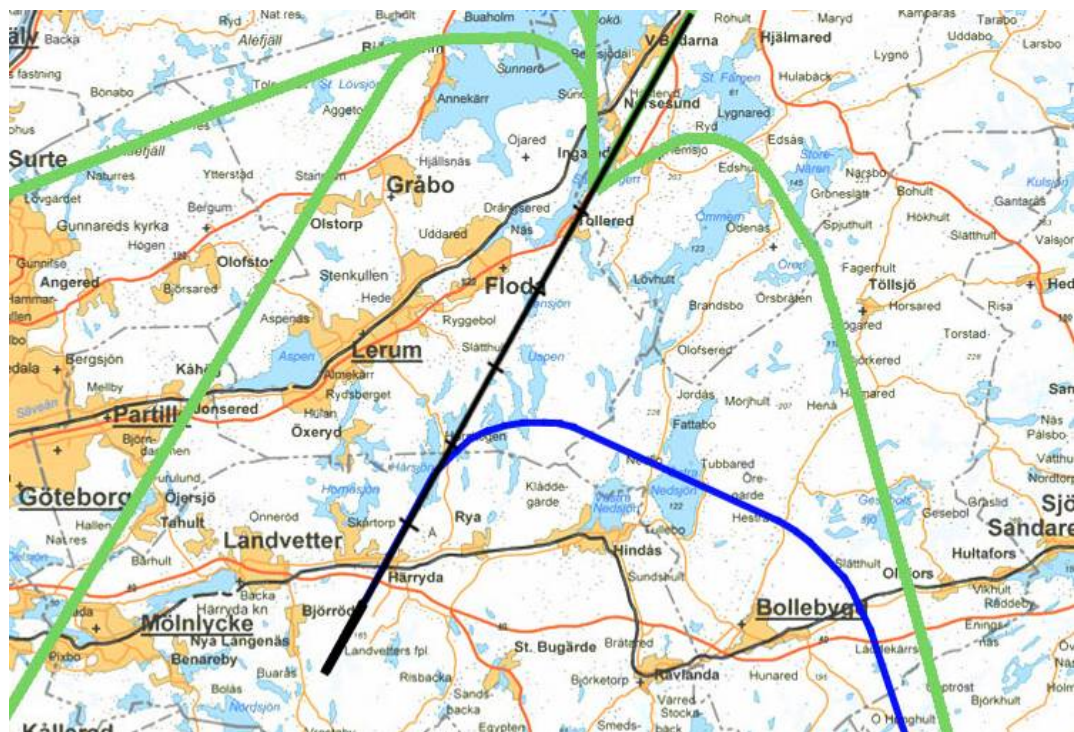
4.7

RNP AR från Sydost till bana 21 – OSNAK1X

Startpunkt för proceduren är OSNAK, vilket är en punkt som lateralt är placerad på terminalområdet gräns i sydost (sydost om Kinna). Proceduren har sedan en liknande geografisk dragning som befintlig P-RNAV STAR fram till ett område mellan Bollebygd och Sandmarken, där RNP AR OSNAK1X viker av mot väster, medan P-RNAV fortsätter mot nordväst. Dragningen nyttjar glesbebyggda områden nordost om flygplatsen, där flygplanet befinner sig på lägre höjder och proceduren är inte dragen över några tätorter (se Figur 20 nedan). Närmsta område med tätare bebyggelse (Nedflo) är cirka 15 kilometer ut längs proceduren, där flygplan håller höjden ca 2 900 fot MSL (870 m) till 3 500 fot MSL (1050 m).

I den avslutande delen (sista ca 6,5 kilometrarna) är proceduren sedan återigen identisk med befintlig inflygningsprocedur. Anslutningen till den avslutande rakbanan sker så sent som är tekniskt möjligt enligt gällande regelverk för RNP AR – 1 000 fot AGL³⁵ (300 m). Som Figur 20 nedan visar, kommer flygplan som följer den kurvade proceduren inte att överflyga det område som idag har en hög andel överflygande trafik (Tollerød/Ingared).

Denna procedur omfattas av Swedavias anmälan till Länsstyrelsen (dnr 555–20913–2012). Läs mer i TB del II Bilaga 1 avsnitt 11.13.



Figur 20 Geografisk dragning OSNAK1X – blå. Befintliga slutna P-RNAV STAR gröna.

³⁵ AGL – höjd i fot över flygplatsen.

4.7.1 Belastning OSNAK1X – befintlig trafikvolym

Skulle proceduren tas i drift i befintligt system kan förväntad trafikvolym anges med relativt hög noggrannhet. Detta tack vare nyttjandet av procedurerna under 2010 och 2011. Följande tabell beskriver andel och flygplan som bedöms trafikera OSNAK1X om den skulle göras tillgänglig i dagsläget.

	Nuläge Maximalt antal inflygningar per dygn i snitt	Sökt verksamhet – maximalt antal inflygningar per dygn i snitt
OSNAK1X	2	6

Beräkning för sökt verksamhet baseras på storlek av aktuellt trafikflöde, operativ erfarenhet av kurvade procedurer i drift samt en bedömning av andel av flygplansflottan som kommer att ha erforderlig utrustning och tillstånd.

4.7.2 Förkortad flygsträcka – bränslevinst OSNAK1X

OSNAK1X är 11 nautiska mil (drygt 20 kilometer) kortare än befintliga P-RNAV STAR till bana 21 som används idag för trafik från sydost.

OSNAK1X	Reducerad bränsleförbrukning³⁶	Reducerade utsläpp koldioxid
Utfall enskild flygning	0,090 ton	0,284 ton
Utfall – drift i befintligt system (2010)	72 ton	230 ton
Sökt verksamhet	189 ton	597 ton

Tabell 7 Effekt bränsleförbrukning och utsläpp koldioxid OSNAK1X

³⁶ Beräknad bränslevinst är baserad på de flygningar som genomfördes inom projekt VINGA. Referensflygningen utgjordes av flygning längs P-RNAV STAR OSNAK1S.

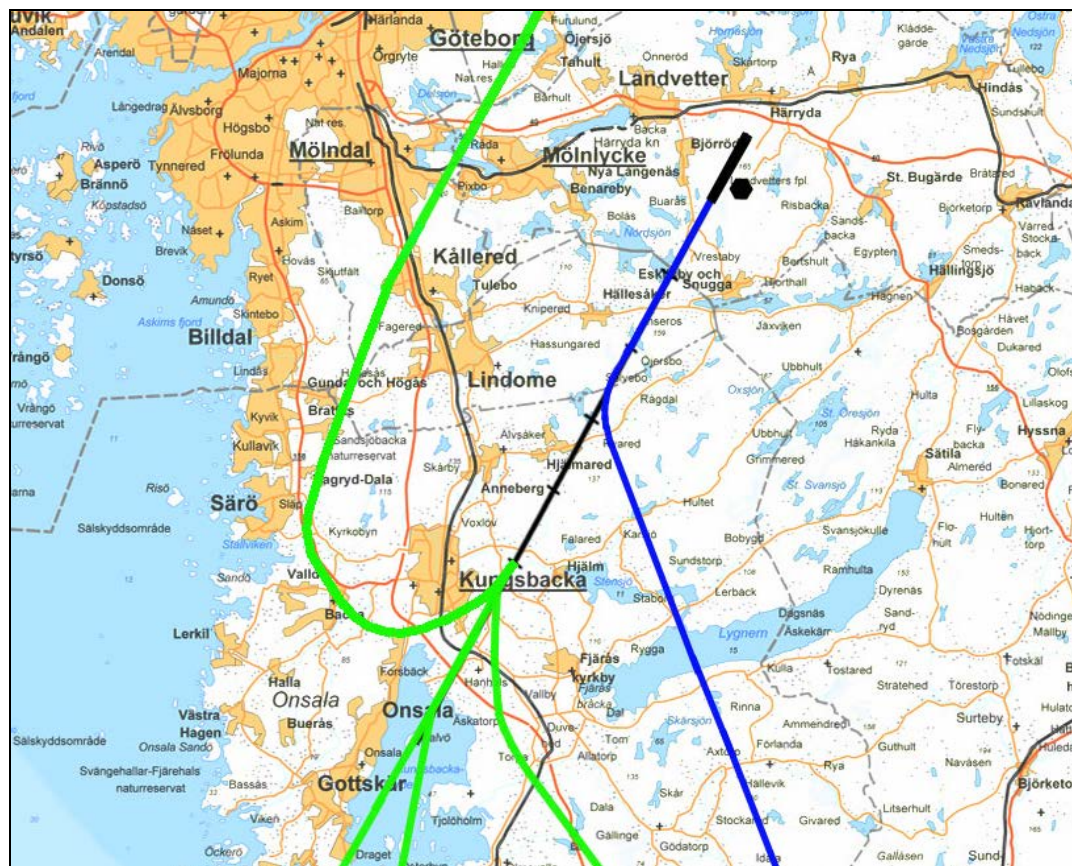
4.8

RNP AR från Sydost till bana 03 – KOVUX1Q

Startpunkt utgörs av punkten KOVUX som är lateralt placerad öster om Varberg. Sedan är flygvägen dragen öster om Kungsbacka stad, rakt mot en punkt öster om Hjälmared där den drygt 8 kilometer innan rullbanan, ansluter den ordinarie rakbanan till bana 03. (1490 fot AGL). Närmsta tätare bebyggelse som överflygs är strax öster Ryared (cirka 12,5 kilometer från rullbanan). Flygplanets höjd över detta område är cirka 2750 fot MSL (825 m).

Liksom för proceduren OSNAK1X (ovan) är det trafikflödet från sydost som är aktuellt för att trafikera proceduren (se Figur 19).

Denna procedur omfattas av Swedavias anmälan till Länsstyrelsen (dnr 555–20913–2012). Läs mer i TB del II Bilaga 1 avsnitt 11.13.



Figur 21 Geografisk dragning KOVUX1Q – blå. Befintliga slutna P-RNAV STAR gröna.

4.8.1 Belastning KOVUX1Q – befintlig trafikvolym

Skulle proceduren tas i drift i befintligt system (2012) kan förväntad trafikvolym anges med relativt hög noggrannhet.

	Nuläge Maximalt antal inflygningar per dygn i snitt	Sökt verksamhet – maximalt antal inflygningar per dygn i snitt
KOVUX1Q	1	3

4.8.2 Förkortad flygsträcka – bränslevinst KOVUX1Q

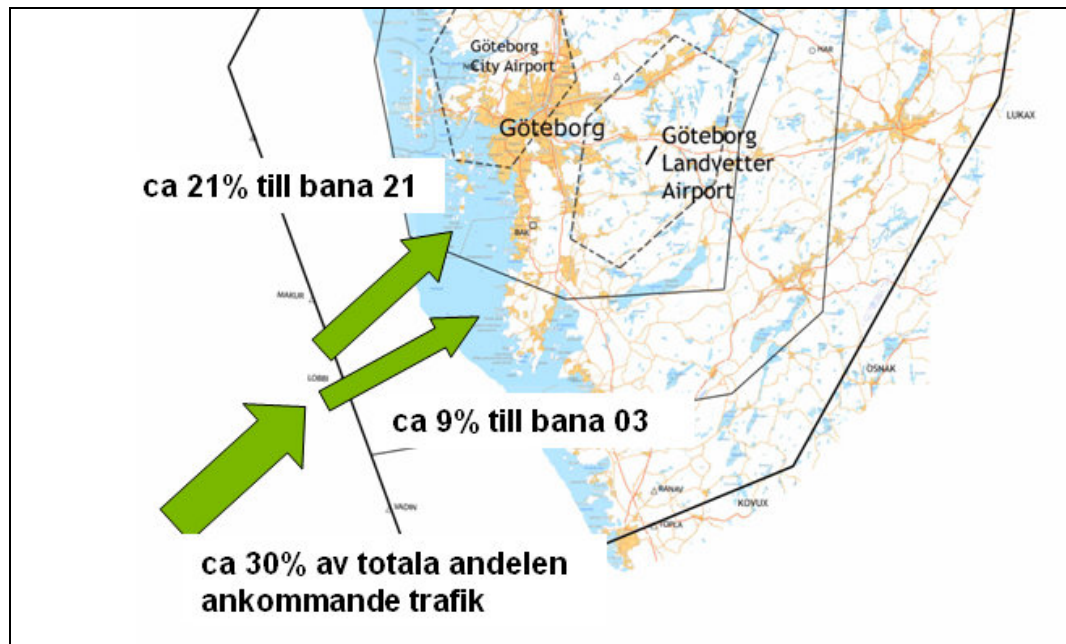
Den kurvade proceduren jämförs med befintlig P-RNAV STAR till bana 03 som används idag för trafik från sydost.

KOVUX1Q	Reducerad bränsleförbrukning	Reducerade utsläpp koldioxid
Utfall enskild flygning	0,022 ton	0,069 ton
Utfall – drift i befintligt system (2012)	6,6 ton	20,8 ton
Utfall sökt verksamhet	19, 8 ton	63 ton

Tabell 8 Effekt bränsleförbrukning och utsläpp koldioxid KOVUX1Q

4.9 RNP AR från sydväst till bana 03 – LOBBI1Q

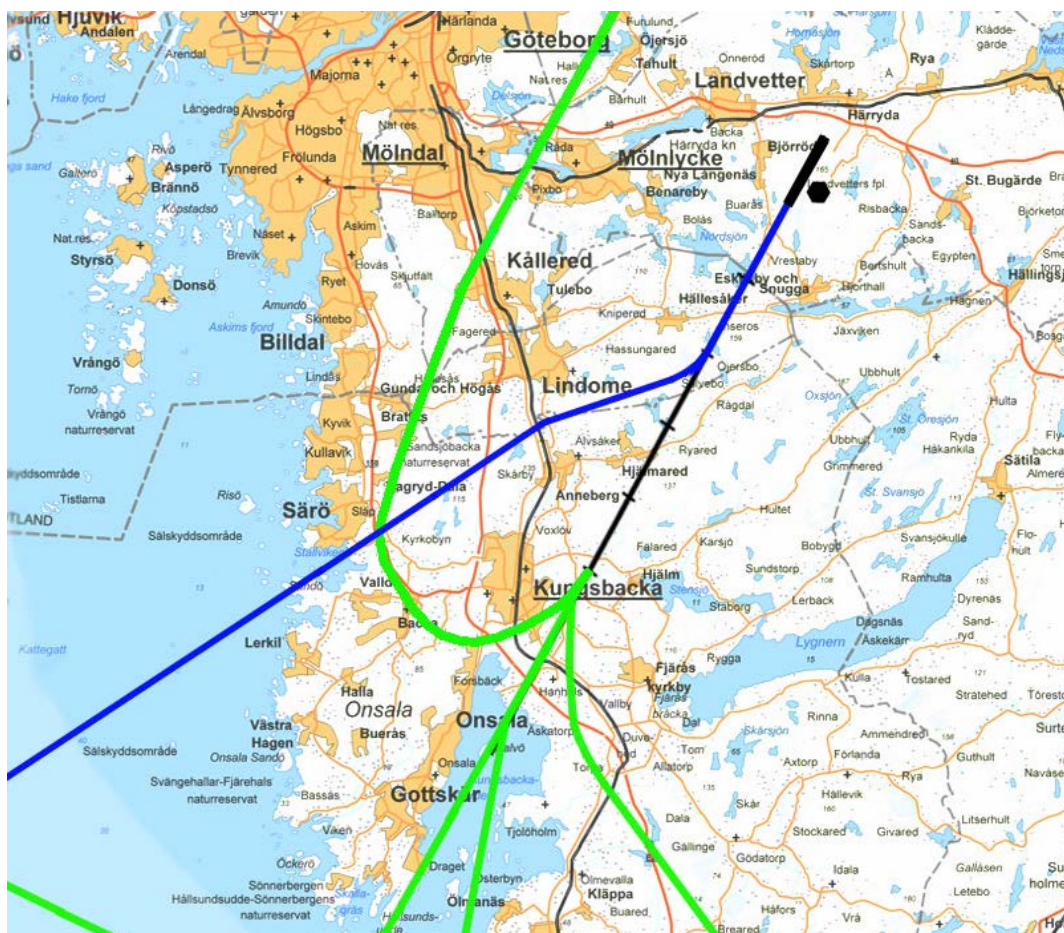
För kommande två procedurer (LOBBI1Q och LOBBI1X) gäller att de skulle kunna nyttjas av trafikflödet som ankommer till Landvetter från sydväst (se Figur 22 nedan).



Figur 22 Trafikflöde – exemplet sydväst. Grön pil visar trafikflöde från sydväst som inbegriper ankommande flygplan som potentiellt är aktuella för de kurvade procedurerna från sydväst. Flödet från sydväst utgör i befintligt system cirka 30% av all ankommande trafik. Denna trafikvolym ska sedan fördelas mellan bana 03 och bana 21, beroende på vilken bana som är i bruk. Sett över en längre tidsperiod har denna fördelning varit cirka 70/30. Av trafikflödet som utgör cirka 30% av all ankommande trafik kommer cirka 21% av dessa följaktligen att vara aktuell för proceduren till bana 21 och 9% till bana 03.

4.9.1 Geografisk dragning LOBBI1Q

Proceduren påbörjas i punkten LOBBI, placerad i västerhavet på gränsen mellan svenskt och danskt luftrum. Proceduren nyttjar det glesbebyggda området mellan tätorterna Anneberg och Lindome och ansluter ordinarie rakbana cirka 6,6 kilometer från rullbanan. Dragningen innebär inte att någon ny tätort berörs av ankommande flygplan. Närbeläget område med mer tät bebyggelse utgörs av Skäggered (cirka 15 km från rullbanan) där flygplan bedöms passera på cirka 3000 fot MSL (900 m).



Figur 23 Geografisk dragning LOBBI1Q – blå. Befintliga slutna P-RNAV STAR gröna.

4.9.2 Belastning LOBBI1Q – befintligt trafikvolyt

Skulle proceduren tas i drift i befintligt system (2012) kan förväntad trafikvolyt anges enligt följande:

	Nuläge Maximalt antal inflygningar per dygn i snitt	Sökt verksamhet – maximalt antal inflygningar per dygn i snitt
LOBBI1Q	1	5,5

4.9.3 Förförkortad flygsträcka – bränslevinst LOBBI1Q

Den kurvade proceduren LOBBI1Q jämförs med befintlig P-RNAV STAR till bana 03 som används idag för trafik från sydväst.

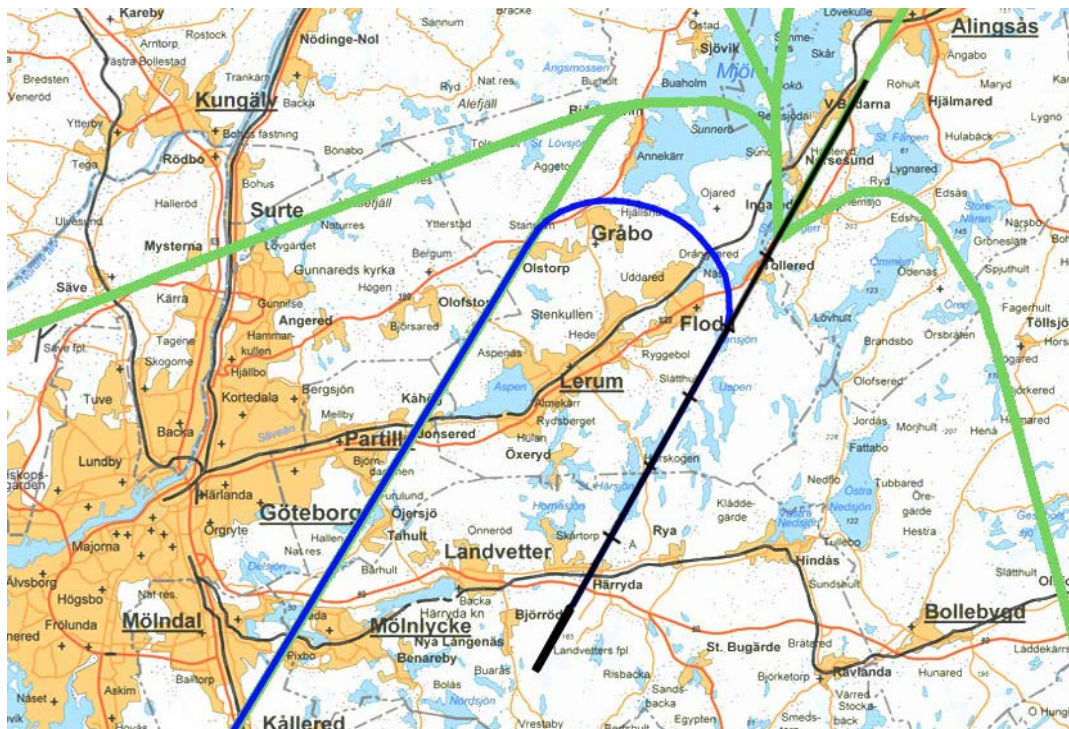
LOBBI1Q	Reducerad bränsleförbrukning	Reducerade utsläpp koldioxid
Utfall enskild flygning	0,040 ton	0, 126 ton
Utfall – drift i befintligt system (2012)	6 ton	19 ton
Utfall Sökt verksamhet 120 000 rörelser	80 ton	252 ton

Tabell 9 Effekt bränsleförbrukning och utsläpp koldioxid LOBBI1Q

4.10 RNP AR från sydväst till bana 21 – LOBBI1X

LOBBI1X kan komma att nyttjas av trafikflödet som ankommer till Landvetter från sydväst (se Figur 22).

Proceduren är identisk med befintlig P-RNAV STAR till bana 21 undantaget den avslutande högersvängen, se Figur 24 nedan. Området där dragningarna skiljer sig åt innefattar idag överflygande trafik, eftersom området nyttjas för radarledning.³⁷ Efter högersvängen ansluter flygplan ordinarie rakbana cirka 14,5 kilometer från rullbanan på höjden cirka 3 000 fot MSL (900 m).



Figur 24 Geografisk dragning LOBBI1Q – blå. Befintliga slutna P-RNAV STAR gröna.

4.10.1 Belastning LOBBI1X – befintlig trafikvolym

Skulle proceduren tas i drift i befintligt system kan förväntad trafikvolym anges enligt följande.

	Nuläge Maximalt antal inflygningar per dygn i snitt	Sökt verksamhet – maximalt antal inflygningar per dygn i snitt
LOBBI1X	1	13

³⁷ Beskrivs i TB del II bilaga 1 Avsnitt 11.4

4.10.2 Förkortad flygsträcka – bränslevinst LOBBI1X

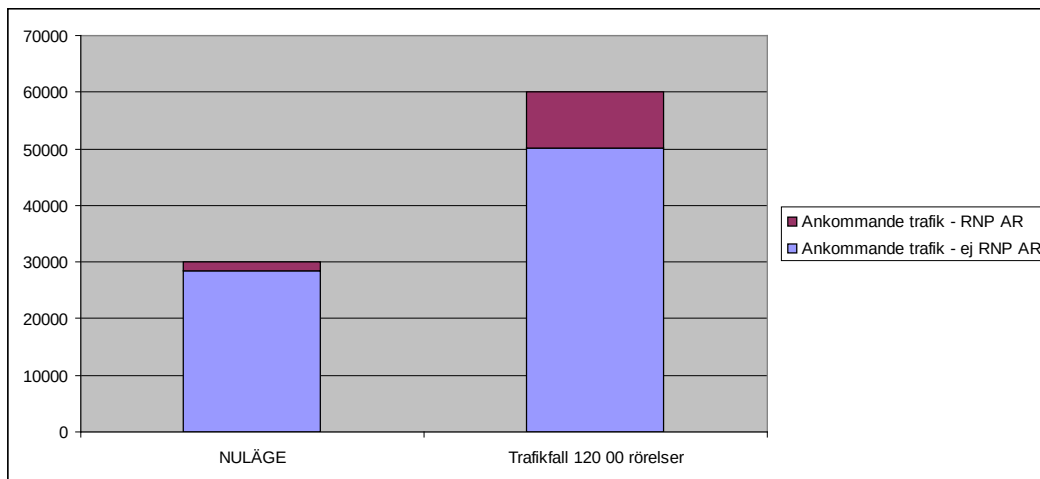
Den kurvade proceduren LOBBI1X jämförs med befintlig P-RNAV STAR till bana 21 som används idag för trafik från sydväst.

LOBBI1X	Reducerad bränsleförbrukning	Reducerade utsläpp koldioxid
Utfall enskild flygning	0,06 ton	0, 190 ton
Utfall – drift i befintligt system (2012)	18 ton	56, 8 ton
Utfall 120 00 rörelser	288 ton	910 ton

Tabell 10 Effekt bränsleförbrukning och utsläpp koldioxid LOBBI1X

4.11 Trafikvolymen - sammanfattning

Tabellen nedan sammanfattar hur aktuella RNP AR procedurer kan komma att belastas ställt i relation till annan trafik – utifrån ett nuläge och ett tioårigt perspektiv. Den bedömning som gjorts om framtida utfall är, som nämnts tidigare, förknippad med vissa osäkerheter.

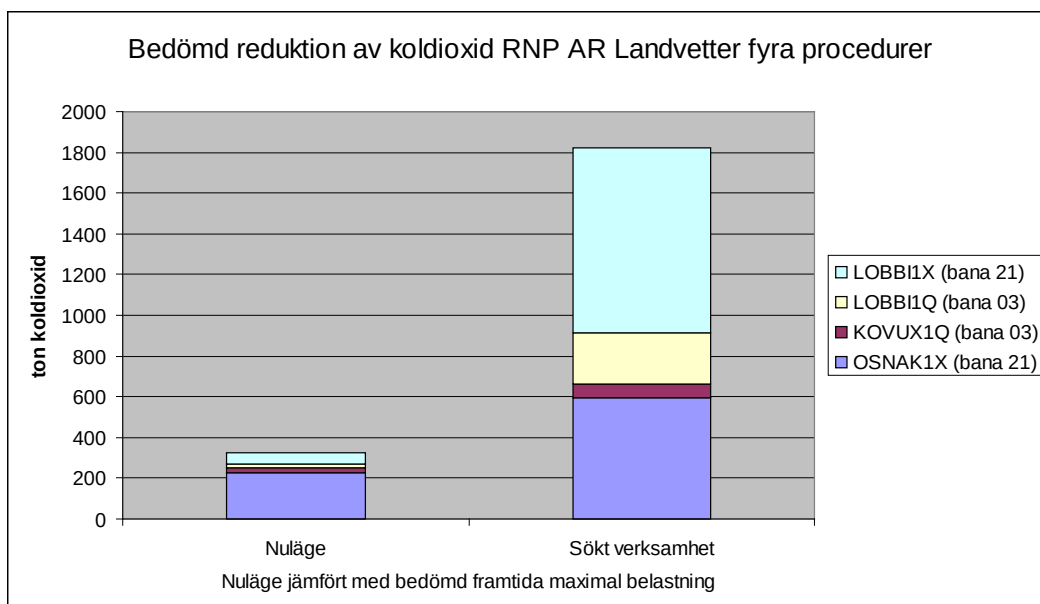


Tabell 11 I nuläget (2012) skulle inflygningar via kurvade procedurer kunna utgöra cirka 5 % av totala antalet landningar. I framtiden är bedömningen att andelen kurvade inflygningar kan uppgå till cirka 15 % av alla inflygningar.

4.12 Reducerad flygsträcka – sammantagna effekter

Utgångspunkten vid beräkning av utsläppseffekter har varit att sätta förändringen i relation till ett nuläge med befintligt flygvägssystem. De effekter som bedöms uppstå på kort sikt är baserade på att ett fåtal flygoperatörer idag, de facto, skulle ha möjlighet att nyttja procedurerna. Det ger en lägre grad av osäkerhet vid bedömning av utsläppseffekter. För utsläppseffekter på lång sikt finns dock osäkerheter som redovisades under avsnitt 4.6.

Tack vare att procedurerna erbjuder en, i sammanhanget, relativt stor flygvägsförkortning ger också ett mindre antal inflygningar effekter på utsläpp till luft. Nedanstående tabell redovisar sammantagna potentiella effekter avseende reduktion av koldioxid för de fyra kurvade procedurerna.



Figur 25 I nuläget (2012) skulle nyttjande av kurvade procedurer innebära en årlig reduktion av koldioxid med cirka 325 ton. En bedömd framtida maximal belastning skulle ge sammanlagda effekter omfattande cirka 1 800 ton koldioxid.

4.13

Sammanfattning RNP AR Landvetter

- Fyra procedurer är skapade för Göteborg Landvetter Airport
- Procedurerna kan nyttjas då trafikintensiteten inte är alltför hög.
- Kurvade inflygningar har idag högre väderminima än en ILS-inflygning vilket innebär att inflygningen ej kan användas vid dåliga siktförhållanden.
- Kurvade inflygningar enligt RNP AR är en relativt ny företeelse och det finns en mängd osäkerhetsfaktorer kopplade till hur man ska kunna prognostisera hur stor andel av trafiken som kommer att nyttja procedurerna på längre sikt. Idag är det endast ett fåtal flygplanstyper som har utrustning och godkännanden för RNP AR men antalet flygoperatörer som kommer att kunna flyga denna typ av inflygning bedöms öka i antal med åren. Tempot i utvecklingen styrs bland annat av hur tillgänglig tekniken blir på kort och medellång sikt.
- Både de publicerade och inte publicerade kurvade inflygningarna till bana 03 och 21 har geografiska dragningar som innebär att Tollered och Kungsbacka inte kommer att överflygas. Däremot påverkas nya gleset befolkade områden nordost, sydväst och sydost om flygplatsen; inga nya boende exponeras dock för bullernivåer överstigande riktvärden, se MKB avsnitt 11.
- Nyttjandet av procedurerna bedöms innebära minskad bränsleförbrukning och därigenom minskade utsläpp till luft med uppemot 1 800 ton koldioxid årligen satt i relation till flygning längs befintligt system med P-RNAV STAR

5 UTREDNING - JUSTERING P-RNAV STAR BANA 21

Detta avsnitt utreder kortande av befintliga P-RNAV STAR till bana 21.

Swedavia föreslår att det för befintliga STAR till bana 21 görs en viss geografisk justering. Denna justering har ingen påverkan på bullerutbredning avseende bullernivåer över riktvärden och följaktligen inte heller på de kartor som redovisar bullerexponering.

Den erfarenhet som LFV tillägnat sig avseende konstruktion och tillämpning av P-RNAV STAR ger utrymme till viss förkortning av sådana procedurer. I kombination med något sänkt anflygningshöjd³⁸ kan befintliga P-RNAV STAR till bana 21 justeras, så att det ger minskade utsläpp till luft. Det kommer att skapas ett förändrat flygmönster som totalt sett kommer att minska överflygning av större tätorter norr om flygplatsen.

5.1 Befintligt system

Miljövillkor för flygplatsen reglerar att propellerflygplan³⁹ ska sjunka till lägst 2 500 fot MSL (750 m) och jetflygplan till lägst 3 000 fot MSL (900 m) innan de ansluter ILS och påbörjar nedstigning längs glidbanan⁴⁰.

5.1.1 Hantering av ankommande trafik

Bana 21 används för cirka 70 % av all ankommande trafik till flygplatsen⁴¹. All ankommande trafik följer ILS-procedur den avslutande delen av inflygningen⁴². ILS-proceduren ger en mycket hög navigeringsprecision och skapar ett rakt och mycket smalt geografisk spår i det område där flygplanen befinner sig under nedstigningen mot rullbanan, se illustration nedan.

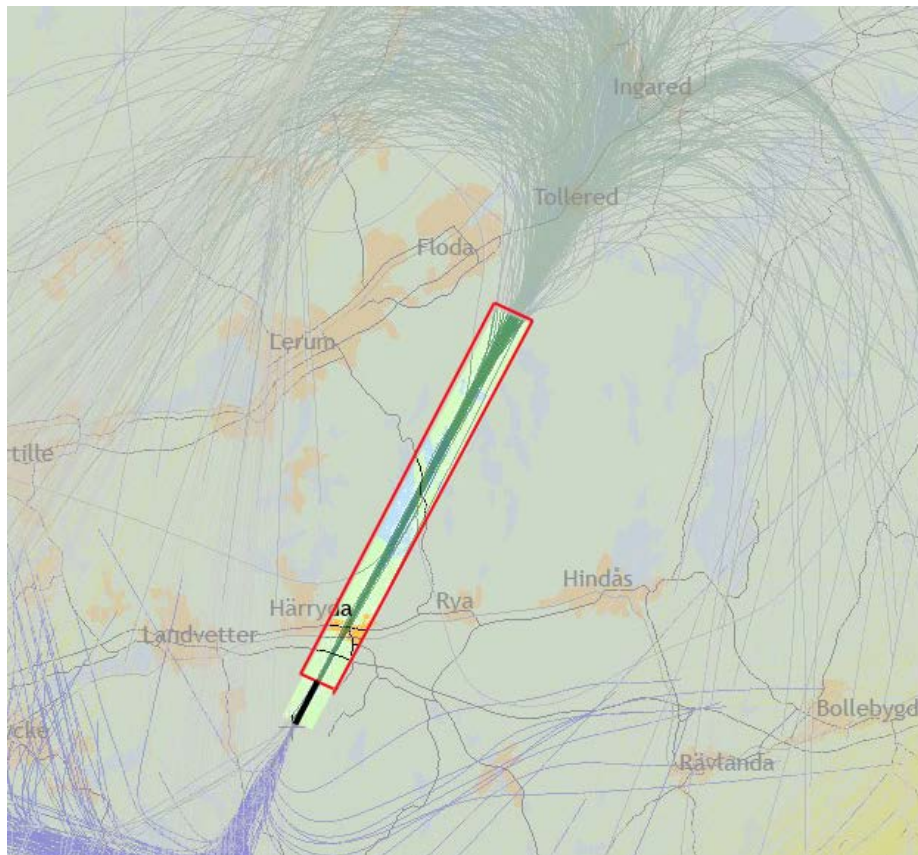
³⁸ I sammanhanget den höjd som flygplanet sjunker till innan nedstigning längs glidbanan påbörjas.

³⁹ MTOW överstigande 7 ton.

⁴⁰ Flygbaneprofil avsedd att ge vägledning i höjddled under slutskedet av en inflygning.

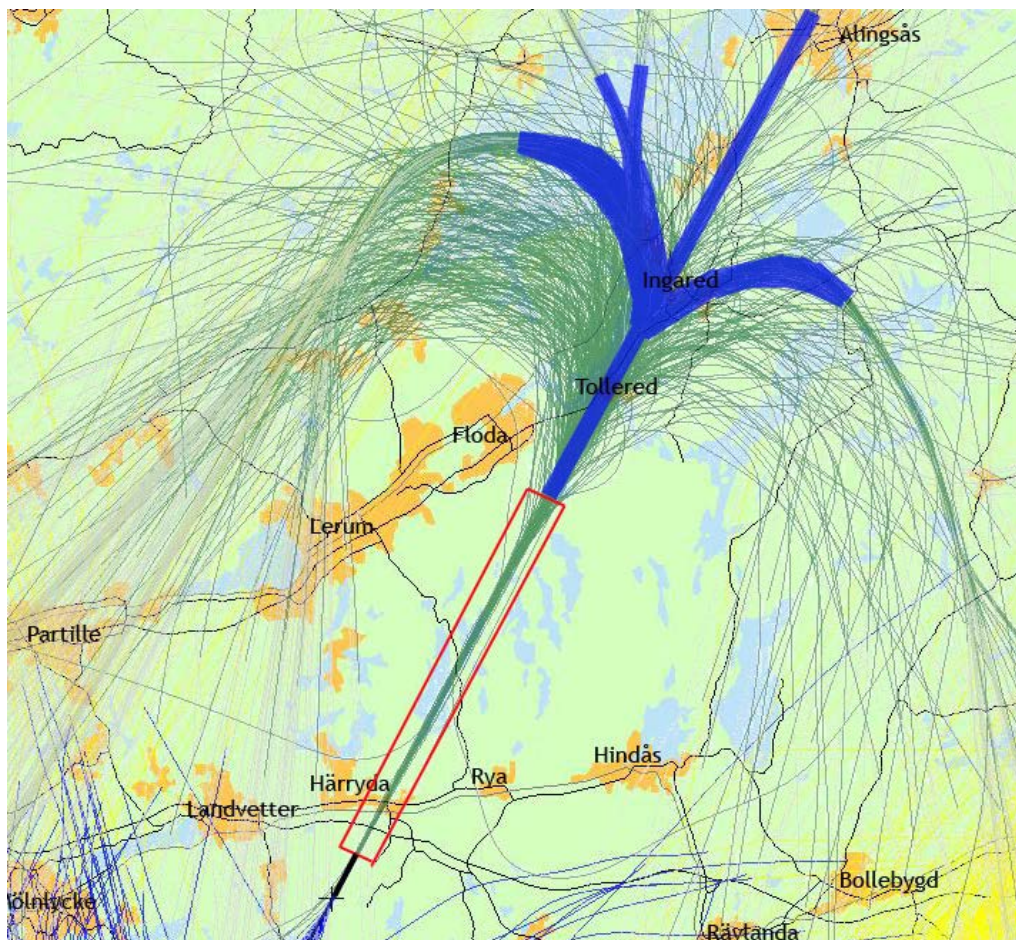
⁴¹ Utifrån ett genomsnitt av åren 2009-2011 blev utfallet 72 %

⁴² Det uppstår perioder då ILS är ur drift. Då används alternativa landningsprocedurer som geografiskt efterliknar en ILS-procedur (exempelvis NDB-procedur). Det finns även situationer, med extremt väder, då piloter av flygsäkerhetsskäl använder en så kallad visuellinflygning.



Figur 26 Bana 21. Området där all ankommande trafik normalt följer ILS vid landning. Längden på området är cirka 16 kilometer, vilket illustreras av det med rött markerade området med radarspår (gröna). Det markbundna ILS - systemet ger vägledning både i sid- och höjddled för piloten hela vägen ner till rullbanan som är markerad svart. (Tre veckors trafik januari 2012.

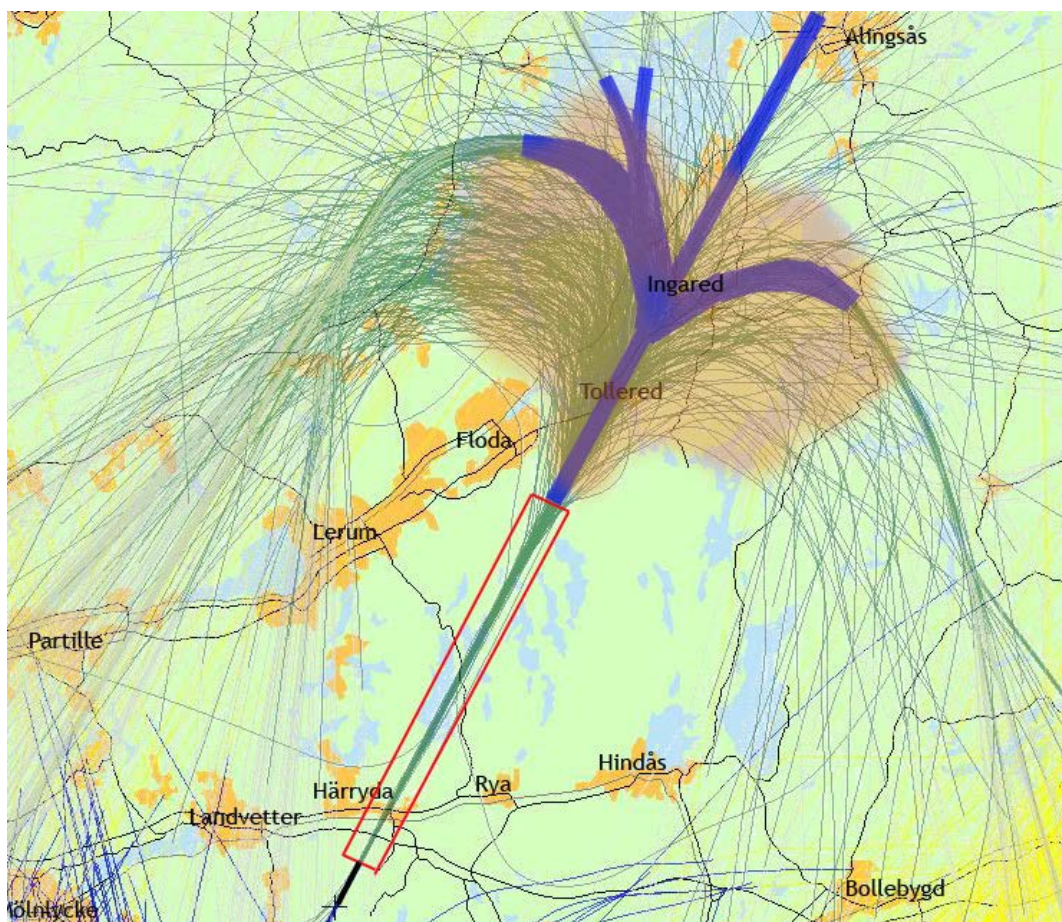
Fram till att flygplanet ska vara etablerat på ILS-proceduren, följer de normalt antingen en så kallad slutna STAR eller en radarledning som utförs av flygledningen. Vilket som blir fallet för ett ankommande flygplan avgörs av vilken navigeringsutrustning som flygplanet har och/eller rådande trafiksituation. I nuläget följer cirka 60-70 % slutna STAR och övrig andel av ankommande trafik radarleds. Vid framtagandet av befintliga slutna STAR utgick konstruktionen från att alla ankommande flygplan sjunker till anflygningshöjden 3 000 fot, vilket skapade de geografiska dragningar som nu är i drift. Bilderna nedan illustrerar hur området norr om flygplatsen berörs av ankommande trafik i befintligt system via slutna STAR och via öppen STAR (radarledning).



Figur 27 Radarspår ankommande trafik till bana 21 (tre veckors trafik). Blå fält markerar områden som berörs när ankommande flygplan följer sluten STAR. Detta område innefattar i dagsläget cirka 60-70% av all ankommande trafik i denna banriktning. Trafik längs sluten STAR berör tätorterna Ingared och Tolleröd. I figuren ovan kan också utläsas att en STAR består av en rakbana innan navigering längs ILS tar vid. Rakbanan ska finnas, enligt internationella regelverk, och ger piloten möjlighet att förbereda övergången till navigering längs ILS.

Området som berörs av radarledning illustreras nedan med orange fält. Området där flygplanen radarleds innefattar cirka 30-40 % av ankommande trafik till bana 21. Till skillnad mot flygplan som följer STAR fördelas flygplan i ett större geografiskt område vid radarledning, vilket är en nödvändig konsekvens då flygledningen på ett flygsäkert sätt ska leda in trafik till flygplatsen med lämpliga avstånd⁴³.

⁴³ Med lämpliga avstånd avses det avstånd mellan ankommande flygplan som för stunden krävs för att upprätthålla flygsäkerhet och hög kapacitet. Avståndet varierar från lägsta tillåtna avstånd tre nautiska mil till långt mer än tio nautiska mil.



Figur 28 Radarspår ankommande trafik till bana 21 (tre veckors trafik). Radarledningar utförs i området som är markerat orange. I huvudsak berörs området nordväst och nordost om tätorten Tollered.

.

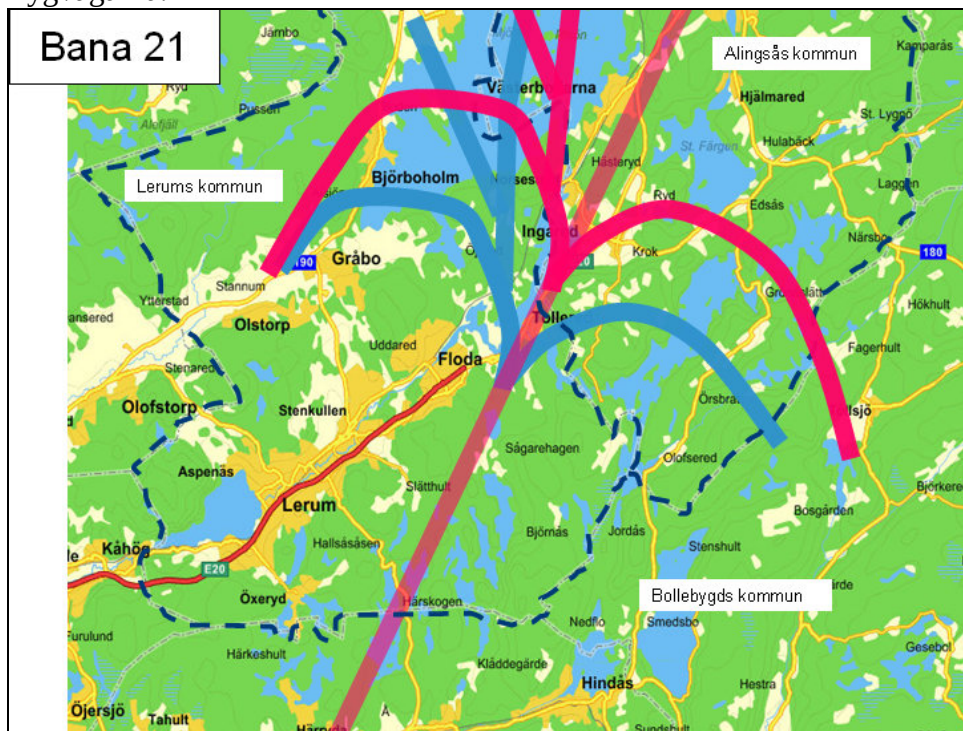
5.2 Justering av STAR

Regelverk för procedurdesign ger möjlighet till en något förkortad rakbana från det att flygplanet angör den avslutande rakbanan fram till den punkt där den avslutande nedstigningen sker längs glidbanesändaren⁴⁴. Med utgångspunkt från detta och med förutsättningen att alla flygplan kan tillåtas sjunka till anflygningshöjd 2 500 fot MSL (750 m)⁴⁵ har Swedavia tagit fram ett förslag på justering av slutna STAR till bana 21. Sänkningen av anflygningshöjden gör det möjligt att ytterligare förkorta dragningen och på ett sådant sätt mer optimalt nyttja mer glesbebyggda områden än idag för slutna STAR.

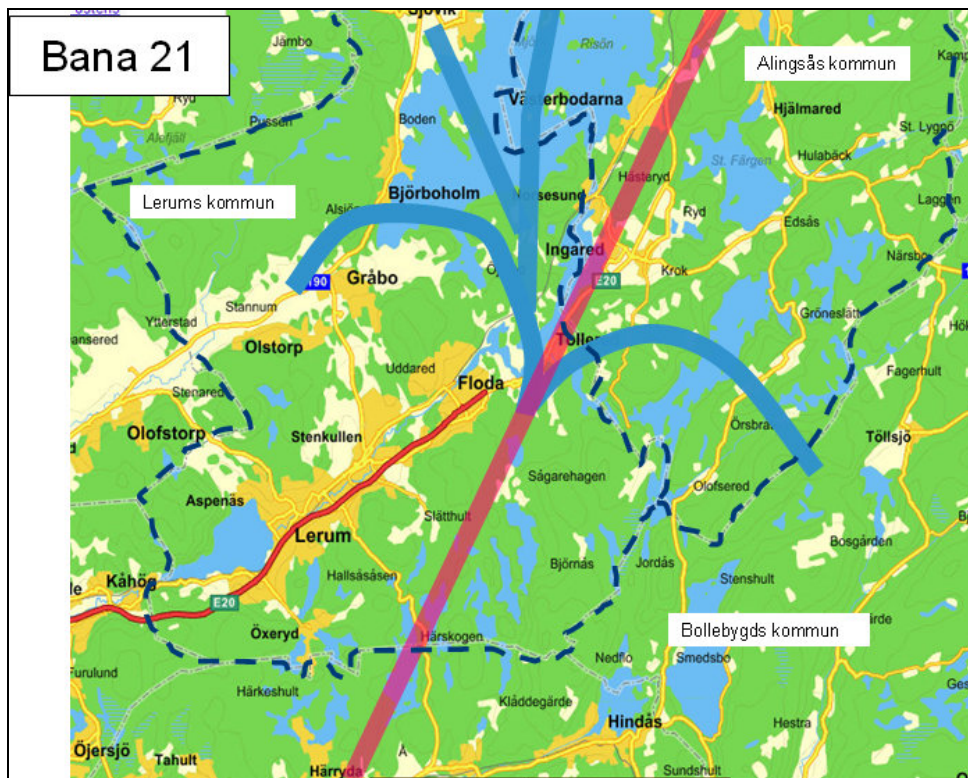
⁴⁴ Instrument på marken som vägleder pilot i vertikalplanet.

⁴⁵ I befintligt system är lägsta höjd för jettrafik 3000 fot MSL (900 m). För propellertrafik 2 000 respektive 2 500 fot MSL beroende på vikt.

Nedan följer två illustrationer. Figur 29 visar både befintlig och föreslagen justerade slutna STAR till bana 21. Figur 30 visar karta med bara de justerade flygvägarna.



Figur 29 Blå linjer illustrerar justerade STAR i jämförelse med röda befintliga slutna STAR.



Figur 30 Justerade STAR – blå. Den röda linjen illustrerar STAR från nordost som kvarligger enligt befintligt system.

Justeringen innebär att alla STAR till bana 21, förutom den som är dragen från nordost, kommer att flytta i riktning mot sydväst. Anslutningen till den avslutande rakbanan och ILS kommer således att ske närmare flygplatsen (cirka fyra kilometer). För ankommande trafik som följer slutna STAR från sydväst och från sydost kommer justeringen innebära en kortare flygbana och därigenom minskas utsläpp till luft. Justeringen kommer också innebära att en relativt stor trafikvolym kommer att flyttas från mer tätbebyggda områden kring Ingared till mer glesbebyggda områden sydväst och sydost om denna tätort.

5.3 Effekt flygväglängd och utsläpp till luft

Med befintlig trafikvolym⁴⁶ skulle justeringen innebära en reduktion av cirka 600 ton koldioxid per år. Beräkningen är baserad på hur många flygplan som trafikerar berörda flygvägar, hur stor andel av dessa som i befintligt system följer slutna STAR samt hur stor flygvägsvinst som erhålls genom justeringen (cirka 5 nautiska mil respektive 3,5 nautiska mil).

⁴⁶ Genomsnitt av antal ankommande flygplan för åren 2009-2011.

Nuläge ⁴⁷	Flygplan från sydväst	Flygplan från sydost	Summa
All trafik från aktuell riktning	7700	3300	
60-70 % följer sluten STAR (65% i beräkningen)	5000	2145	
Förkortad flygsträcka med justerade STAR	25 000 nautiska mil	7 500 nautiska mil	
Reducerade utsläpp till luft	500 ton	150 ton	650 ton⁴⁸

Figur 31 Tabell – utsläppsvinst justering STAR befintlig trafikvolym

Swedavia söker tillstånd för 120 000 rörelser vilket innebär en fördubbling av antal starter och landningar. För ett sådant framtida trafikfall innebär justeringen besparingar på omkring 1 200 ton koldioxid per år.

Utgångspunkten vid beräkning av utsläppseffekter har varit att sätta förändringen i relation till nuläget med befintligt flygvägssystem. De effekter som bedöms uppstå på kort sikt är således baserade på befintlig teknik, flygplansflotta och arbetssätt hos flygtrafiktjänsten. Avseende framtida effekter är LFVs bedömning att uppemot en dubbling av utsläppsvinster är rimlig att anta, med en dubblad trafikvolym.

Vidare är det av vikt att påpeka att den utsläppseffekt som kan erhållas tack vare förkortande av P-RNAV STAR ger en högre initial effekt än införande av RNP AR-procedurer. En mycket stor andel av flygplansflottan som trafikerar Landvetter har erforderlig teknik och tillstånd för P-RNAV vilket ger ett direkt genomslag vad gäller utsläppseffekter. Däremot bedöms den långsiktiga effekten av RNP AR-procedurer vara högre än förkortande av P-RNAV STAR.

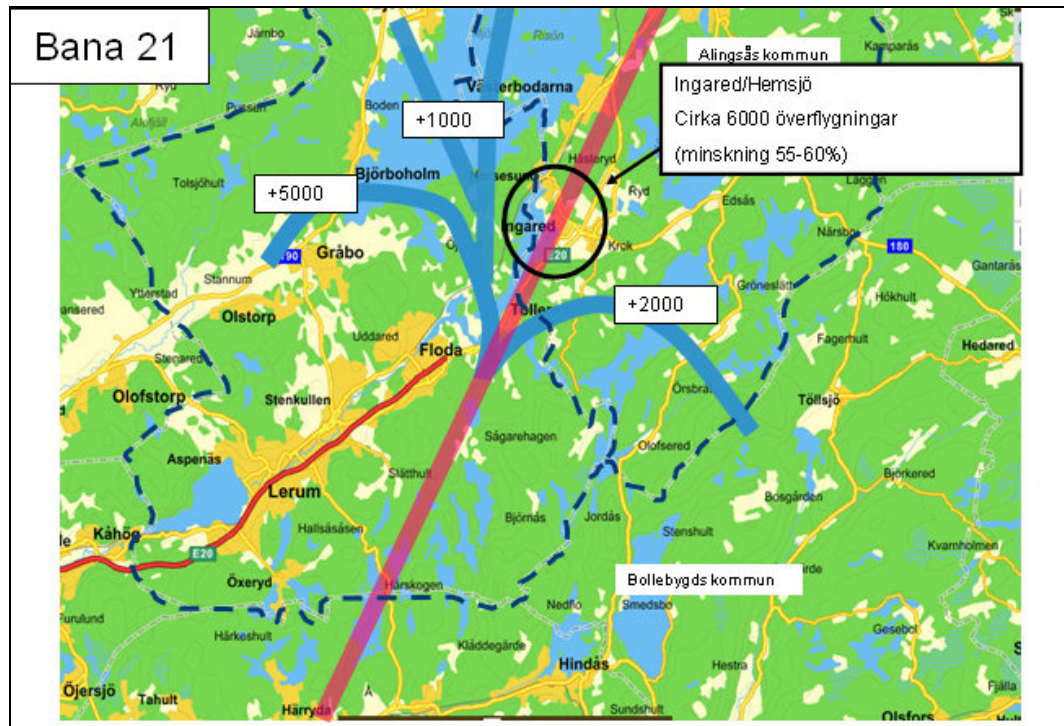
5.4 Effekt överflygning större tätorter

Som nämndes i inledningen förändrar inte justeringen utbredningen av bullernivåer överstigande riktvärden (se MKB avsnitt 11). Ser man till frekvensen överflygningar är det två större tätorter som berörs av överflygande trafik till bana 21 i befintligt system, Ingared och Tollered. Ingared överflygs idag av alla flygplan som följer sluten STAR och delar av det flöde som utgörs av radarledning. Tollered överflygs i princip av all ankommande trafik till bana 21, både trafik via STAR och radarledningar.

⁴⁷ Beräkningen utgår från ett genomsnitt av antal rörelser per år, baserat på åren 2009-2011.

⁴⁸ I beräkningen antas ett flygplan förbruka i snitt drygt 6 kg per nautisk mil.

Illustrationen nedan (Figur 32) visar på den skillnad som kommer att uppstå genom justeringen avseende överflygning av tätort.



Figur 32 För tätorten Ingared som i befintligt system överflygs cirka 14 000 gånger årligen kommer justeringen (blå linjer) att innebära minskat antal överflygningar med cirka 55 till 60 %, till omkring 6 000 överflygningar. I boxarna anges uppskattade trafikvolymen på de flygvägar som justeras.

En större andel av de överflygningar som i befintligt system sker över Ingared kommer att flytta till glesbebyggda områden väster om tätorten. En viss andel kommer också att förskjutas mot sydost. De överflygningar som kommer fortsätta att finnas över Ingared utgörs till stor del av trafik från Stockholmsområdet (röd linje över tätorten i Figur 32 ovan).

På grund av Tollered's läge är det svårt att skapa flygvägar som undviker överflygningar av tätorten. Förändringen kommer endast marginellt påverka antal överflygningar av tätorten. Det kommer visserligen bli färre raka överflygningar av tätorten, men ankommande flygplan längs STAR kommer fortsatt att vara nära Tollered. Närheten till tätorten Floda gör också att om det hade varit möjligt att flytta flygvägar från sydväst och nordväst längre från Tollered, hade det skapat överflygning av Floda, vilket Swedavia inte bedömer är eftersträvänsvärt.

5.5 Justering STAR till bana 03

LFV har på Swedavias uppdrag även låtit utreda en justering av slutna STAR till bana 03. Det vill säga motsatt landningsriktning än den som redovisats ovan.

Dragningar för justerade STAR skulle dock hamna över Kungsbacka stad. Även om bullernivåer inte skulle överstiga riktvärden, är Swedavias bedömning att en sådan förändring av flygvägar till bana 03 inte är eftersträvansvärd.

5.6 Sammanfattning justering P-RNAV STAR bana 21

LFV har låtit utreda en justerad geografisk dragning av slutna STAR till bana 21. Den alternativa dragningen skulle trafikeras av relativt sett, större trafikvolymer. Som effekt av att flygvägarna är kortare skapas påtagliga positiva effekter på utsläpp till luft.

Vad gäller överflygning av större tätorter skapar förändringen ett flygmönster som framförallt minskar antal flygplan som passerar tätorten Ingared.

6**UTREDNING SID MOT NORDOST FRÅN BANA 21**

I samband med införandet av det nya flygvägssystemet i januari 2009 flyttades flygvägen för avgående jettrafik från bana 21 mot destinationer nordost om Landvetter flygplats (bland annat Stockholm, Helsingfors) till ett mer sydligt läge.

Vid denna förändring var det bulleralstringen från flygplanet MD80 som avgjorde hur stor den totala bullerutbredningen blev. Med hänsyn till att MD80 är på väg att fasas ut kommer en annan flygplanstyp, Boeing 737, att avgöra bullerutbredningen i framtiden. Swedavia bedömde att det fanns anledning till översyn av möjligheten att förkorta befintlig flygväg för att minska utsläppen av koldioxid.

Swedavia har studerat möjligheten att förkorta flygvägen och utfört bullerberäkning av befintlig flygväg och en förkortad flygväg som efterliknar den flygväg som fanns före införandet av det nya flygvägssystemet. För befintligt flygvägssystem med en trafikvolym på 120 000 rörelser riskerar antalet exponerade boende inom bullerkurvan 70 dB(A) tre ggr/årsmedeldygn att bli något fler vid en förkortad flygväg jämfört med sökt alternativ med eller utan kurvade inflygningar. Den kortare flygvägslängden bedöms kunna minska utsläppen av koldioxid med ca 1 300 ton jämfört med nuvarande flygvägssystem.

Med hänsyn till att antalet personer bosatta inom område där riktvärdet överskrids riskerar att öka något bedöms en förändring av flygvägen inte motiverad, varför detta alternativ inte utretts vidare.