



**KTH Arkitektur
och samhällsbyggnad**

Långväga resande i linje med klimatmålen

Jonas Åkerman
Anneli Kamb
Simon Matti
Jörgen Larsson
Magnus Nilsson
Jonas Nässén

Långväga resande i linje med klimatmålen

Jonas Åkerman, Anneli Kamb, Simon Matti, Jörgen Larsson, Magnus Nilsson, Jonas Nässén

TRITA-ABE-RPT-2122

2022-01-10

Avdelningen för Strategiska hållbarhetsstudier
Institutionen för hållbar utveckling, miljövetenskap och teknik (SEED)
KTH

I Samarbete med Chalmers Tekniska högskola, Mittuniversitetet och Luleå universitet

Innehållsförteckning

Förord	4
1 Introduktion	5
2 Klimatpåverkan av svenskars långväga resande	5
2.1 Metod	6
2.2 Resultat	8
2.3 Diskussion.....	10
3 Potential för byte av färdmedel från flyg till tåg	11
4 Scenarier för långväga resande 2060 i linje med klimatmålen	14
4.1 Introduktion	14
4.2 Åtgärder för att minska klimatpåverkan från långväga resande	14
4.3 Scenarier för långväga resande 2060 i linje med klimatmålen	16
4.4 Diskussion och slutsatser	21
5 Nationella och internationella styrmedel	24
6 Allmänhetens stöd för styrmedel som syftar till att minska flygets klimatpåverkan	30
7 Strategiska val och styrmedel om klimatmålen ska uppnås	36
7.1 Ett långväga resande i linje med klimatmålen – Strategiska val.....	36
7.2 Internationella och nationella åtgärder/styrmedel för att nå klimatmålen.....	37
Referenser	40

Förord

Denna rapport utgör en avslutande del av det Vinnovafinansierade projektet ”Innovationer för ett hållbart långväga resande – styrmedel, affärsmodeller och teknikpotential” som löpt mellan 2017 och 2020. Projektet har letts av KTH i samarbete med Chalmers tekniska högskola, Luleå tekniska universitet, Mittuniversitetet och Magnus Nilsson Produktion. För närvarande pågår ett fortsättningsprojekt som också finansieras av Vinnova och som har namnet ”På väg mot ett klimatneutralt långväga resande 2045 - teknik, resmönster, höghöjdseffekter”.

Utöver denna syntesrapport har följande publikationer producerats helt eller delvis inom projektet:

Larsson J., Matti S., Nässén J., 2020. Public support for aviation policy measures in Sweden. Climate Policy.

Larsson, J., Åkerman, J., Elofsson, A., Sterner, T., 2019. International and National Climate Policies for Aviation: A review. Climate Policy.
<https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1562871>

Larsson, J., Kamb, A., Nässén, J., Åkerman, J., 2018. Measuring greenhouse gas emissions from international air travel of a country's residents. Methodological development and application for Sweden Environmental Impact Assessment Review. Vol. 72, pages 137-144

Elofsson, A., Smedby, N., Larsson, J., Nässén J., 2017. Local Governance of Greenhouse Gas Emissions from Air Travel. Journal of Environmental Policy & Planning, pages 1-17

Jacobson, L., Åkerman, J., Giusti, M., Bhowmik, A.K., 2020. Tipping to Staying on the Ground: Internalized Knowledge of Climate Change Crucial for Transformed Air Travel Behavior. Sustainability 2020, 12, 1994; doi:10.3390/su12051994

Nilsson, M., Larsson, J., Åkerman, J., 2020. Styrmedel för att begränsa det globala flygets klimatpåverkan – ett svenskt perspektiv. KTH-rapport. TRITA-ABE-RPT-2013

Åkerman, J., Kamb, A., Larsson, J., Nässén, J., 2021. Low-carbon scenarios for long-distance travel 2060. Transportation Research Part D 99 (2021) 103010.

1 Introduktion

Denna rapport utgör en syntes av den forskning kring det långväga resandet som utförts inom projektet. Ett syfte har varit att analysera möjliga scenarier för detta segment som ligger i linje med klimatmålen från Parisöverenskommelsen 2015, dvs att den globala uppvärmningen ska begränsas till mellan 1,5 och 2 grader. Det andra syftet har varit att analysera åtgärder/styrmedel som har möjlighet att realisera utvecklingar i linje med dessa scenarier och samtidigt kunna nå acceptans hos tillräckligt stora delar av befolkningen och beslutsfattare. Bakgrunden är att, när även internationella resor inkluderas, är klimatpåverkan från svenskars långväga resande (definierat som resor längre än 100 km enkel väg) idag är större än klimatpåverkan från det kortväga resandet. Idag står det långväga resandet för 14% av den svenska befolkningens totala konsumtionsbaserade klimatpåverkan (se Kap 2).

Denna rapport har skrivits under Covid-19 med de osäkerheter detta innebär. I de allra flesta fall där vi jämför med nutid avses förhållandena innan pandemin bröt ut.

Kapitlen i denna rapport bygger till största delen på publikationer som har producerats inom projektet. I kapitel 2 presenteras en kartläggning av utsläpp av växthusgaser genererade av den svenska befolkningens långväga resande år 2017. Speciellt fokus ges åt flygets utsläpp. Potentialen för att minska utsläppen genom byte av färdmedel från flyg till tåg behandlas i kapitel 3. Kapitel 4 omfattar scenarier till 2060 för det långväga resandet som är förenliga med klimatmålen. Här analyseras också strategiska vägval i närtid. I kapitel 5 analyseras olika nationella och internationella styrmedel och hur dessa kan samverka. Förutom styrmedlens effektivitet är acceptansen för dem en avgörande faktor, vilken analyseras i kapitel 6. Avslutningsvis, i kapitel 7, utnyttjas resultat från alla projektets delar för att dra slutsatser om strategiska val och möjliga styrmedelsstrategier för att nå klimatmålen.

2 Klimatpåverkan av svenskars långväga resande

Utsläppen från den svenska befolkningens (folkbokförda i Sverige) långväga utrikes och inrikes resor uppgick 2017 till 1,1 ton per capita (Se tabell 2.1). Dessa utsläpp räknas i huvudsak inte in i Sveriges territoriella utsläpp som då uppgick till 5,3 ton per, capita. De territoriella utsläppen omfattar alla utsläpp som sker inom Sveriges gränser. Det transportslag som orsakar störst utsläpp från långväga resor är flyget (ca 81%), trots att det endast står för en liten andel av antalet resor (ca 11%). Bil är det transportslag svenska befolkningen använder oftast och det står för två av tre långväga resor. Utsläppen av växthusgaser från det totala personbilresandet är i samma storleksordning som flygets utsläpp, men den största delen av biltrafikutsläppen kommer från kortare resor. I princip all kommersiell luftfart sker över längre avstånd.

Tabell 2.1: Resvolym och utsläpp av växthusgaser från svenska befolkningens långväga resande över 100 km enkel väg 2017.

	Långväga resande (person-km/capita)	Specifika utsläpp (kg CO ₂ -ekv/person-km)	Utsläpp (kg CO ₂ -ekv/capita)	Källor
Flyg	5 800	0,152	905	Kamb and Larsson (2018) och egna beräkningar
Bil	2 100	0,094	197	Trafikanalys (2020); Trafikverket (2019)
Tåg	690	0,004	3	Trafikanalys (2019); Åkerman (2012) och egna beräkningar
Buss	150	0,020	3	Trafikanalys (2020); Åkerman (2012) och egna beräkningar
Färja	55	0,170	9	Åkerman (2012)
Total	9 500	-	1 116	

På grund av att flyget orsakar överlägset störst utsläpp inom det långväga resandet finns det anledning att lägga extra fokus på detta transportslag. Utsläppen från internationellt flyg omfattas inte av Parisavtalet utan hanteras separat inom FN:s luftfartsorgan ICAO¹. Jämfört med andra transportslag sker också mycket av transportarbetet över nationsgränser och internationellt vatten, vilket gör att det är långt ifrån självklart vilket land som ska tilldelas vilka utsläpp. Därför finns det behov av att studera flygets utsläpp närmare.

Nedan sammanfattas metodutveckling och beräkningsresultat för utsläppen från svenska befolkningens flygresor. För mer detaljer om metod och resultat se den vetenskapliga artikeln "Measuring greenhouse gas emissions from international air travel of a country's residents: methodological development and application for Sweden" (Larsson et al., 2018) och rapporten "Klimatpåverkan från svenska befolkningens flygresor 1990 – 2017" (Kamb et al., 2018). Se även Excel-fil med beräkningar². Något som påverkar resultaten är att en uppdaterad uppskattning av de så kallade höghöjdseffekterna kom under 2020. Resultaten i tabell 1 ovan har justerats enligt denna uppdatering.

2.1 Metod

För att följa upp utsläpp från flygresande finns det en rad olika metoder som är tänkbara. UNFCCC (1996) har föreslagit nio olika alternativ. Dagens officiella uppföljningssystem är enkelt förklarat baserat på hur mycket flygbränsle som tankas i Sverige enligt IPCC:s metodbeskrivning (IPCC, 2006). Vill man studera utsläppen från *befolkningens* flygresande blir detta uppföljningssystem dock bristfälligt framförallt för utrikes luftfart, bl.a. då det endast inkluderar utsläpp till första destination utomlands samt inkluderar både svenska och utländska invånares resor. Vidare sker en stor del av det internationella flygresandet med mellanlandningar vid stora hubbar, vilket gör att de länder som har sådana hubbar konsumerar mer flygbränsle än vad som är representativt för landets invånares

¹ Till FN:s klimatkonvention rapporterar både Sverige och EU utsläpp från den volym flygbränsle som tankats på flygplan i internationell trafik vid flygplatser i Sverige respektive inom alla unionens länder. Dessutom rapporterar EU utsläppen från flygtrafik inom EES (EU27 + Island, Lichtenstein & Norge). Sedan 2019 sker motsvarande rapportering för allt internationellt flyg under ICAO:s klimatkompensationssystem CORSIA.

² <https://research.chalmers.se/publication/506746>

flygresor. Dessutom exkluderar systemet de så kallade höghöjdseffekterna, dvs. utsläpp av bl.a. vattenånga på hög höjd, och inkluderar således inte flygets hela klimatpåverkan. Därför finns behov av att utveckla en kompletterande indikator som återspeglar växthusgasutsläppen från den svenska befolkningens flygresor till slutdestination.

För att välja allokeringsmetod i denna studie beaktades fem kriterier (Kander, et al., 2015; Wood, et al., 2010);

- känslighet (systemet ska vara känsligt för faktorer som länder kan påverka)
- additivitet (summan av de nationella utsläppen ska vara lika med de globala)
- icke-läckage (länder ska inte kunna minska sina utsläpp genom att öka de globala)
- validitet (utsläppen bör spegla landets utsläpp)
- tillförlitlighet (övergripande konsistens)

De alternativ som är mest relevanta som komplement till bunkringsmättet är invånarperspektivet och konsumtionsperspektivet. Invånarperspektivet innebär att utsläppen allokeras till det land som passageraren bor i, konsumtionsperspektivet innebär istället att utsläppen tillskrivs det land som slutkonsumenten bor i. Skillnaden i allokering mellan dessa perspektiv uppstår för tjänsteresor, där Sverige ska allokeras utsläppen från tjänsteresor gjorda av svenska invånare för invånarperspektivet medan utsläppen ska allokeras till det land där köparen av exempelvis en Volvo bil bor för konsumtionsperspektivet. Båda dessa alternativ uppfyller de första fyra kriterierna, men när det gäller tillförlitlighet bedöms invånarperspektivet vara högre. Den vedertagna metoden för konsumtionsperspektivet är input-output-metodik, som fungerar väl vid beräkning av den totala konsumtionen men blir mer osäker vid nedbrytning på specifika konsumtionskategorier (som flygbiljetter). Visserligen saknas detaljerad statistik över individuella passagerare för att tillämpa invånarperspektivet, men genom kombination av officiell statistik och kompletterande data blir tillförlitligheten god. Vår analys visar därmed att invånarperspektivet är bäst lämpat för allokering av utsläppen från internationella flygresor.

Metoden vi har utvecklat för att beräkna utsläppen från befolkningens internationella flygresor består av tre steg:

$$\text{Totala utsläpp} = \text{antal resor} \cdot \text{medelavstånd per resa} \cdot \text{utsläpp per person-km}$$

Antalet resor kan fås från officiell passagerarstatistik för ett lands flygplatser, men denna statistik inkluderar både landets invånare och utländska invånare. Den måste alltså justeras ned för att endast inkludera resor som den egna befolkningen har gjort. Dessutom, om det finns närliggande flygplatser i andra länder som invånarna sannolikt använder så krävs även statistiken från dessa flygplatser. För det svenska fallet finns detaljerad passagerarstatistik bakåt i tiden (Trafikanalys, 2015; Transportstyrelsen, 2016). Denna data justeras sedan ned utifrån andelen svenskar baserat på Swedavias passagerarundersökning som görs på flygplatserna (Swedavia, 2016; 2018b). Därutöver inkluderas data från Kastrup i Danmark (Danaei, 2016) och Gardemoen i Norge (Tvetene, 2016).

För att beräkna medelavståndet för en utrikes resa behöver man veta var resan startar och den slutliga destinationen, inte bara den första destinationen utomlands, vilket flygplatsstatistiken täcker. För att beräkna avståndet till slutdestination har data från Swedavia använts för 2010-2017 och från Tillväxverket/Resurs AB för 1990 och 1991 (Resurs AB, 2014). Data från Swedavia är delvis baserade på total passagerarstatistik (Swedavia, 2018c), delvis på passagerarundersökningar baserade på 140 000 intervjuer årligen på Swedavias flygplatser (Swedavia, 2018a). Avståndet mellan varje start-slutdestination-par beräknades via det så kallade storcirkelavståndet, som är det kortaste avståndet mellan två punkter. Medelavståndet är sedan baserat på viktning utifrån antalet passagerare per par. Medelavståndet baserat på Swedavias data beräknas i två steg, först för svenska invånares direktresor (passagerarstatistik) och sedan för transferresor (passagerarundersökning). Det sammantagna

medelavståndet viktas sedan utifrån hur stor andel av passagerarna som hade minst en mellanlandning.

Även om utsläppen varierar mellan olika flygningar, exempelvis på grund av typ av flygplan, bör ett globalt utsläppsgenomsnitt ge en god uppskattning av utsläppen från en nations befolkning, eftersom invånarna flyger över hela världen. Data över den globala bränsleförbrukningen inom luftfarten inhämtades från International Energy Agency (IEA, 2016). Bränslemängden översattes därefter till CO₂-utsläpp med en faktor på 3,15 kg CO₂/ kg jetbränsle (IPCC, 2006). På hög höjd har framförallt utsläpp av kväveoxider och vattenånga – som orsakar kondensstrimmor och flyginducerad molnighet – också betydande effekter på klimatet (Azar och Johansson, 2012; ICAO, 2013; IPCC, 2007; Lee et al., 2009; Lee et al., 2020). Det finns en osäkerhet om hur stora dessa effekter är, men då det inte är någon tvekan om att icke obetydliga höghöjdseffekter existerar är det rimligast att inkludera dessa. Vi använder oss av den bästa vetenskapliga uppskattningen som är att den totala klimatpåverkan, mätt med GWP 100, är cirka 1,7 gånger högre än påverkan från endast CO₂-utsläpp (Lee et al., 2020), uppdaterat från den tidigare uppskattningen om 1,9 från 2010. För att endast inkludera bränsle som används för persontransporter räknas bränsle som används för militära syften och frakt bort. För att allokera utsläppen mellan frakt och passagerare används här vikt som mått, då detta är en central faktor för nivån på utsläppen. Utsläppen delades sedan med data över volymen person-km från ICAO (2008; 2015; 2018) och IATA (2015).

2.2 Resultat

Från 1990 till 2017 har antalet ankommande och avresande utrikespassagerare på svenska flygplatser ökat avsevärt, men andelen passagerare som är svenska invånare har däremot minskat (på t.ex. Stockholm Arlanda har andelen minskat från i genomsnitt 66 % 2001-2005 till i genomsnitt 54 % 2013-2017 (Swedavia, 2018b)). Figur 2.1 a visar antalet utrikes och inrikes tur-och-retur-flygresor som svenska invånare har gjort per år. Antalet resor har ökat med 160 % mellan 1990 till 2017, vilket innebär en genomsnittlig årlig ökning på 3,5 %.

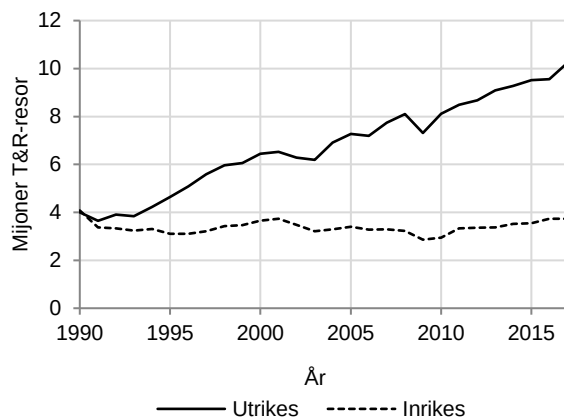
Medelavståndet har varit relativt stabilt mellan 1990 och 2017 och har legat mellan 2600 och 2900 km för en enkelresa, med en topp 2010 då andelen som reste till Asien var högre än efterföljande år (se figur 2.1 b). Som en jämförelse kan nämnas att avståndet för en enkelresa Stockholm – Madrid är ungefär 2600 km, medan en enkelresa Stockholm – New York är ca 6300 km.

CO₂-utsläppen för utrikesresorna har minskat från 150 gram per person-km år 1990 till 90 gram år 2017, vilket är en minskning med 40 % och en årlig minskning med 1,9 % (se Figur 2.1 c). Utsläppen från inrikesflyget var enligt våra beräkningar 120 g CO₂ per person-km 2017. Med en uppräkningsfaktor på 1,7 för att inkludera höghöjdseffekten blir utsläppen 155 g CO₂-ekvivalenter per person-km för utrikes flygresor 2017. För inrikesflyg, med en uppräkningsfaktor på 1,25, (Österström, 2016) blir utsläppen också 155 g CO₂-ekvivalenter per person-km. 155 gram kan jämföras med utsläppen från en genomsnittlig bil i den svenska bilparken som är cirka 154 g CO₂ per km (Trafikverket, 2018) (där utsläppen ska delas med antalet personer i bilen).

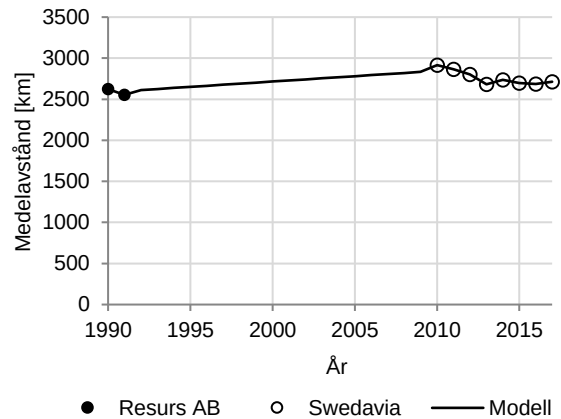
Utsläppen från svenska befolkningen flygresor kan ses i Figur 2.1 d. 2017 var utsläppen ca 8,7 Mton CO₂-ekv varav 7% kommer från inrikesresor, 93% från utrikesresor. Per capita blir detta ca 1,1 ton CO₂-ekv. Motsvarande globala genomsnitt är cirka 0,2 ton per capita. Tjänsteresorna står för ca en femtedel och privatresorna för ca fyra femtedelar. Utsläppen kan även jämföras med det så kallade bunkringsmålet för Sverige som visade på totala utsläpp om 3,1 Mton CO₂ (Naturvårdsverket, 2018a, 2018b). Det kan vidare jämföras med personbilsresande i Sverige som år 2017 genererade 10 Mton CO₂.

Utsläppen från svenskars flygande har ökat med 47 % mellan 1990 och 2017, vilket motsvarar en genomsnittlig årlig ökning på 1,5 %. Den stora utsläppsökningen skedde dock efter lågkonjunkturen i början på 90-talet. Sedan år 2000 har utsläppen varit mer stabila och alltså inte ökat nämnvärt. Anledningen till att utsläppen inte har ökat avsevärt sedan år 2000 är att utsläppsminskningen per

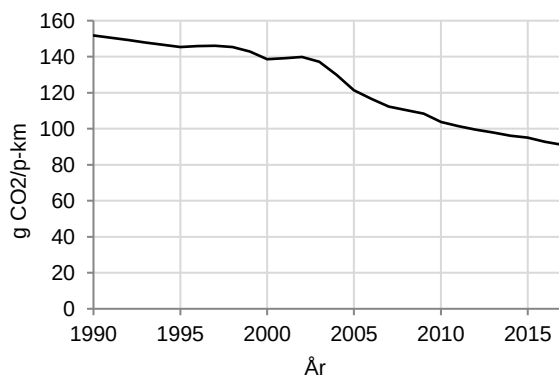
person-km har varit likvärdig med ökningen i antalet resor. Ungefär hälften av minskningen i utsläppen per person-km beror på den ökade kabinfaktorn, dvs fler fyllda säten. I och med att kabinfaktorn har en teoretisk gräns på 100 %, och en praktisk gräns som är lägre, krävs andra åtgärder om samma minskningstakt ska kunna upprätthållas framöver.



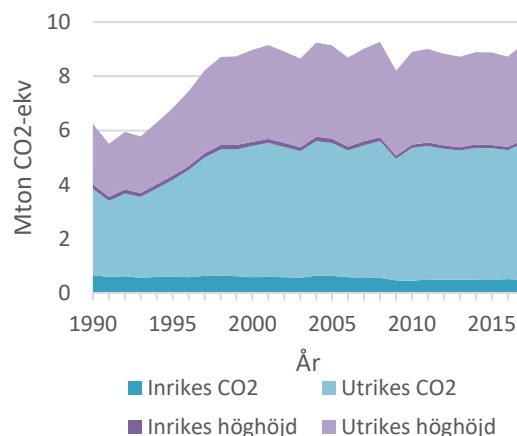
a) Totalt antal utrikes och inrikes tur-och-retur-flygresor per år som svenska invånare gjort.



b) Medelavståndet för svenska befolkningens utrikesresor enkel väg med flyg.



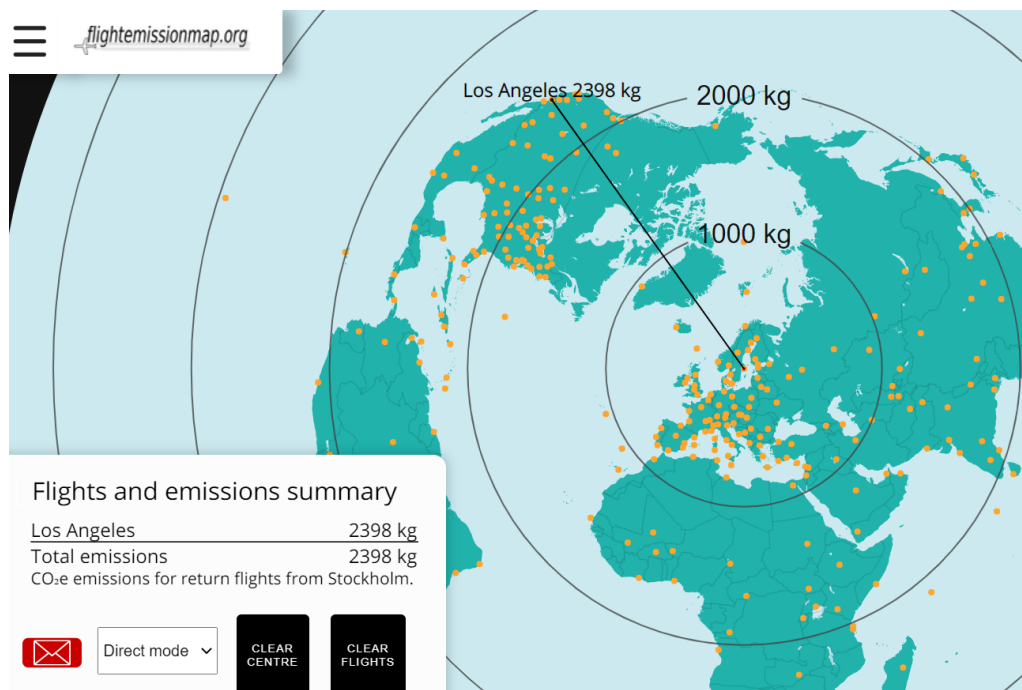
c) Utsläpp kg CO2 per person-km.



d) Utsläpp från svenska invånares flygresor 1990–2017.

Figur 2.1: Antal resor, medelavstånd, utsläpp per person-km och totala utsläpp från svenska befolkningens flygresor.

Forskning har visat att människor har dålig förståelse för såväl avstånd (Larsen och Guiver, 2013) som för storleksordningen på utsläpp från flygresor (Wolrath Söderberg och Wormbs, 2019). För att underlätta förståelsen har hemsidan flightemissionmap.org tagits fram, se Figur 2.2 som illustrerar hur stora utsläpp av växthusgaser en flygresor i genomsnitt orsakar. Att använda en genomsnittlig utsläppssiffra per person-km för en enskild resa är naturligtvis en förenkling. Kortare resor orsakar typiskt högre CO2-utsläpp medan längre resor typiskt orsakar högre höghöjdsutsläpp, så i genomsnitt blir utsläppen av CO2-ekv mer likvärdiga. Därför ger denna schablon en rimlig översiktsbild.



Figur 2.2: Utsläpp inklusive höghöjdseffekter för tur-och-retur-resor mellan Stockholm och olika destinationer. Figuren är baserad på 135 g CO₂-ekvivalenter per person-km, vilket motsvarar ekonomiklass år 2021. Utsläppen är nedjusterade för att ta hänsyn till sätesklass då businessklass tar större area i anspråk och årlig minskning av utsläpp per person-km sedan 2017. Hämtad från flightmissionmap.org.

2.3 Diskussion

Per capita orsakar svenska invånares flygresor ca 5 gånger högre utsläpp än det globala genomsnittet. Siffran illustrerar den ojämna fördelningen av utsläpp globalt, vilket är i linje med flera studier som visar att en liten andel av befolkningen orsakar stora andelar av flygets utsläpp under ett typiskt år, såväl globalt som nationellt (Gössling och Upham, 2009; Peeters et al., 2006; Trafikanalys, 2018).

För att följa effekterna av styrmedel över tid är det viktigt att ha uppföljningssystem för utsläpp som är känsliga för dessa styrmedel (Kander et al., 2015), samt att utsläppsberäkningarna är tillförlitliga (Gössling et al., 2016). Det befintliga bunkringsmättet är både tillförlitligt och känsligt för styrmedel för inrikesresor samt har hög validitet (det speglar landets utsläpp), medan både känsligheten och validiteten är lägre för utrikesresor, då systemet bl.a. tilldelar stora utsläpp till länder med stora transitflygplatser. Därför föreslår vi att det invånarperspektiv som vi har utvecklat följs upp som ett kompletterande mått på utsläppen från flygresor. Detta mått fångar utsläppen orsakade av flygresor som utförs av den egna befolkningen utan att inkludera effekten av t.ex. ökat antal inkommande turister. Det täcker alla invånarnas flygresor, även resor som börjar på flygplatser i grannländerna. Det är känsligt för styrmedel som syftar till att få invånarna att minska antalet internationella flygresor (oavsett startplats) eller välja närmare destinationer, genom t.ex. informationsbaserade styrmedel eller passagerarskatt baserat på avstånd.

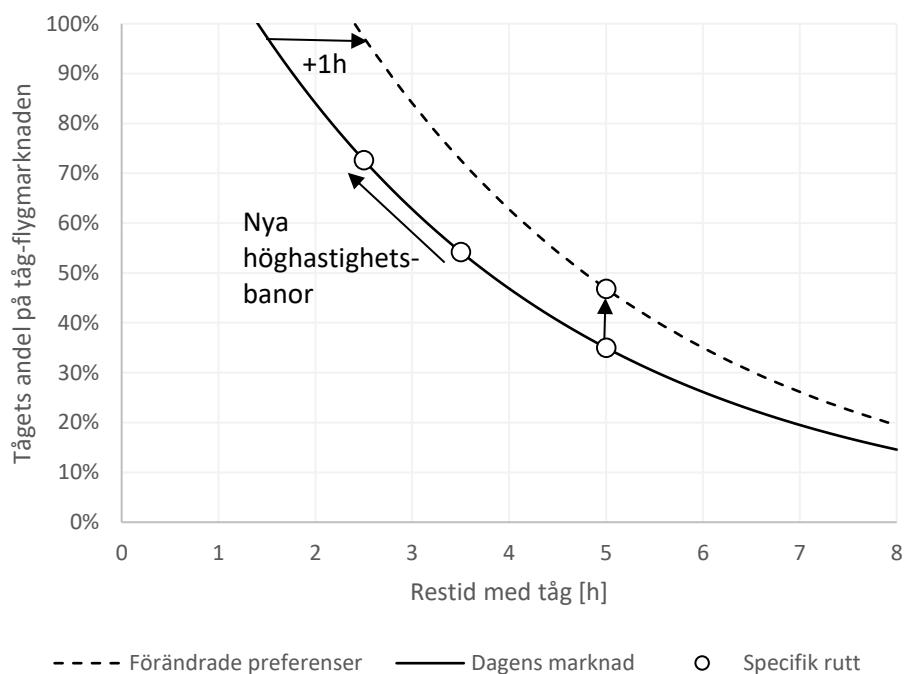
Utsläppen av växthusgaser från svenska invånares flygresor är i samma storleksordning som utsläppen från allt personbilsresande i Sverige. Även om dessa beräkningar har olika systemgränser, och jämförelser därmed bör göras med försiktighet, så kan det ge motiv att ha liknande nivå på styrningen i dessa två transportsektorer. Många länder har en uppsättning styrmedel för vägsektorn som syftar till att leverera utsläppsminskningar i linje med Parisavtalet, medan styrmedelstrycket inom flygsektorn är lägre. Vidare är utsläppen av växthusgaser från svenska invånares internationella flygresor flera gånger större än utsläppen från inrikesflyget i Sverige (står för ca 93%). Detta visar att det är av största vikt att jobba med styrmedel för att minska utsläppen från utrikesresandet för att nå klimatmålen.

3 Potential för byte av färdmedel från flyg till tåg

Att byta från flyg till andra färdmedel med lägre utsläpp av växthusgaser har potential att minska klimatpåverkan från långväga resande. Inom Europa skulle teoretiskt sett alla flygresor kunna ersättas av tåg. Förutsättningarna för denna typ av överflyttning beror i stor utsträckning på restiden med tåg, medan faktorer som frekvens och pris har mindre betydelse (Dobruszkes et al., 2014; Lundberg, 2011; Nelldal och Andersson, 2012). Detta samband undersöktes i artikeln *Low-carbon scenarios for long-distance travel 2060* (Åkerman et al., 2021).

Figur 3.1 visar tågresandens andel av den kombinerade tåg- och flygmarknaden som en funktion av restid med tåg, med minskande tågandelar när restiden ökar. För närvarande görs nästan alla resor under 2 timmar med järnväg, medan järnvägens andel vid 8 timmar är nere vid cirka 15%. Ett byte av färdmedel kan uppnås antingen genom att förkorta restiderna på specifika rutter (t.ex. bygga nya höghastighetsjärnvägar eller förbättra förbindelserna vid byten) eller ändrade preferenser där människor accepterar längre restider. Om en ny höghastighetsjärnväg byggs kan en viss rutt förväntas flyttas längs med kurvan upp till vänster i figur 3.1. Om människor accepterar längre restider kan samma tågandel uppnås vid längre restider - kurvan i figur 1 skulle flyttas åt höger. Exempel: Om människor accepterar +1 timme i restid med tåg, förskjuts kurvan åt höger och tågandelen vid 5 timmars tågrestid skulle öka från cirka 35% till 47%.

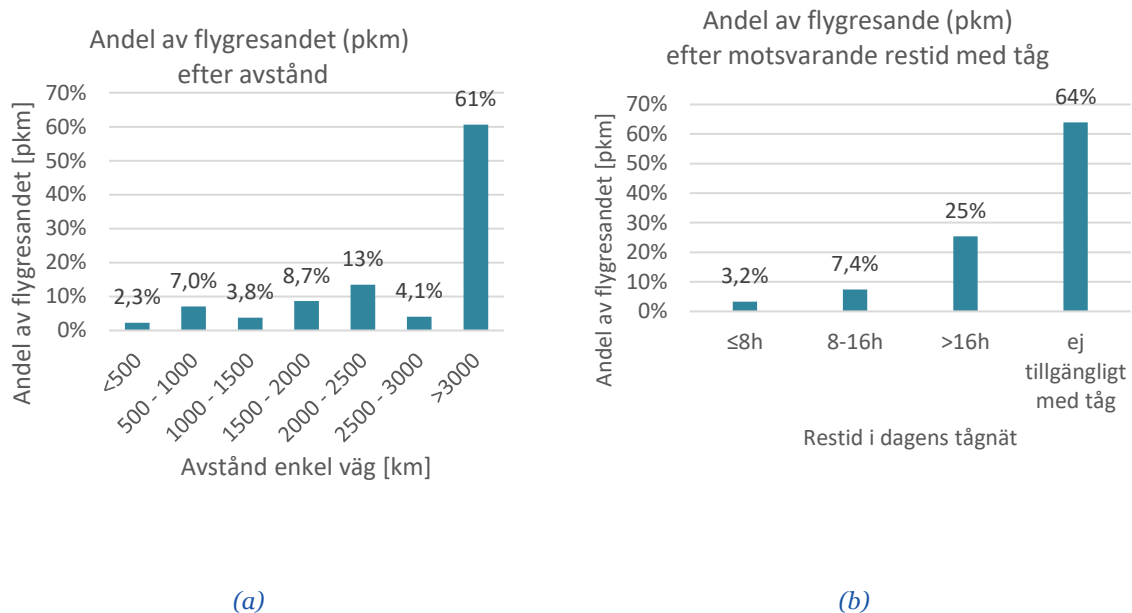
Det går dock att se på restiden på olika sätt. I och med att möjligheten till att t.ex. jobba eller titta på film på tågen har ökat, är inte en längre restid lika bortkastad. På samma sätt kanske inte restid på nattåg värderas på samma sätt som restid på dagen, eftersom en del av restiden läggs på att sova (Zhao et al., 2015). Här antar vi att nattåg har samma tågandel som dagtåg vid 6 timmar kortare restid (jfr Zhao et al., 2015), vilket innebär att nattåg med 12 timmars restid skulle nå samma marknadsandel som dagtåg med 6 timmars restid.



Figur 3.2: Tågets marknadsandel som en funktion av restid med tåg, på tåg- och flygmarknaden. Den streckade linjen anger hur marknadsandelen skulle förändras om människor accepterade en timmes längre restider. Den heldragna linjen är anpassad från Lundberg (2011) och Nelldal och Andersson (2012).

För att bedöma potentialen för byte av färdmedel analyserades den svenska befolkningens långväga resor med hjälp av den nationella undersökningen "Svenskars resande" från 2017 (SCB och

Tillväxtverket, 2018). Flygresandet för den svenska befolkningen kan ses i figur 3.2 där flygresor (pkm) fördelas i intervall efter (a) avstånd och (b) motsvarande restid med tåg om resan flyttas från flyg till tåg. Som framgår går över 60% av flygvolymen (pkm) till destinationer som inte är tillgängliga med tåg.



Figur 3.2: Flygresor (pkm) för den svenska befolkningen 2017 fördelade på (a) avstånd och (b) restid med tåg om flygresan flyttades till tåg, med dagens järnvägsnät. Observera att avstånd med tåg ofta är längre än med flyg. Egen beräkning baserad på resor från svenska invånare (SCB, 2018) och Sterky et al. (2019).

Skifte av resande från flyg till tåg kan ske på olika sätt. Potentialerna för olika åtgärder visas i tabell 3.1. En ökad acceptans för längre restider, så att samma tågandel uppnås vid en timme längre restid tåg, skulle flytta över volymer från flyg till tåg även utan effektiviseringar i järnvägen. Förkortade restider med tåg skulle även flytta resor från flyg till tåg. Genom en betydande utbyggnad av höghastighetsjärnvägsnätet i Europa kan större delen av kontinenten nås från Sverige inom 12–15 timmar istället för nuvarande 20+ timmar (Sterky et al., 2019), vilket skulle kunna göra resor möjliga under dagen eller över natten. Överflyttning kan också realiseras genom "mixed modes", dvs. kombinationer av tåg och flyg. Detta kan uppnås antingen genom att resa med flyg i en riktning och med tåg i den andra, eller genom att kombinera båda färdmedlen i båda riktningarna och därmed förkorta flygsträckan. Om man till exempel reser från Stockholm till London kan klimatpåverkan minskas med cirka 30% genom att ta tåget till Köpenhamn och sedan flyga till London.

Genom att kombinera alla dessa sätt (med en acceptans på + 1 timmars restid, utbyggnad av höghastighetsjärnvägar, ökad preferens för natttåg och mixed till Köpenhamn) beräknas en överflyttning från flyg till tåg på 11% kunna uppnås (se Tabell 3.1).

Tabell 3.1: Potential för överflyttning från flyg till tåg.

	Överflyttning till tåg <i>(av totala flyg-pkm)</i>	Överflyttning till tåg <i>(av flyg-pkm inom Europa)</i>
Ökad acceptans +1h	1,0%	2,5%
Ökad acceptans +2h	2,0%	5,0%
Utbyggda höghastighetsbanor (HSR)	2,0%	5,0%
Ökade nattåg	1,7%	4,3%
Mixed modes: Tåg i en riktning (för flyg till västra/södra Europa)	14%	35%
Mixed modes: Tåg till Köpenhamn (för flyg till västra/södra Europa och Afrika)	8,7%	-
Ökad acceptans + 1h, HSR, nattåg och mixed modes Köpenhamn	11%	-

4 Scenarier för långväga resande 2060 i linje med klimatmålen

4.1 Introduktion

Detta avsnitt utgör ett kondensat av artikeln *Low-carbon scenarios for long-distance travel 2060* (Åkerman et al., 2021). Syftena med artikeln är att (1) utarbeta/identifiera möjliga framtider för ett svenskt och globalt långväga resande som är förenligt med klimatmålen, (2) analysera utmaningar vad gäller att realisera dessa framtider, och (3) analysera hur närtida beslut kan leda in sektorn mot dessa framtider. Fokus är på den svenska befolkningens långväga resande, dvs resor som är längre än 100 km enkel väg. Det metodologiska angreppssättet är en form av backcasting vilket innebär att scenarierna ska nå det mål som sätts upp.

Klimatmålet som används innebär att de totala globala bruttoutsläppen av växthusgaser ska minska med 85% från 49,2 Gt CO₂-ekv. 2017 (UNEP, 2018) till 7,4 Gt CO₂-ekv 2060. Detta är i linje med The Sustainable Development Scenario som utvecklats av IEA (2020) och som uppskattas ha 67% sannolikhet att begränsa den globala uppvärmningen till 1,8 grader. Med ett antagande om en global befolkning om 9,9 miljarder 2060 innebär det globala utsläpp per capita om maximalt 0,75 ton CO₂-ekv.

En nyckelfråga är hur mycket av dessa 0,75 ton som ska allokeras till långväga resor. För närvarande härrör 13,6% av de konsumtionsbaserade svenska utsläppen om 8,2 ton CO₂-ekv från långväga resor. (Naturvårdsverket, 2021) Se tabell 1). Det finns argument både för att långväga resor både ska minska och öka sin andel av de totala utsläppen. Inom transportsektorn är flyget en av de transportslag där det är svårast att minska utsläppen. Å andra sidan finns det sektorer, inte minst jordbruket, där det kan vara ännu svårare. Idag är flyget till stor del befriat från klimatskatter och moms som tas ut på vägtransporter. Ett avskaffande av dessa undantag skulle möjliggöra en snabbare minskning av utsläppen inom denna sektor. Eftersom flygresor vanligtvis inte tillgodoser grundläggande behov är utsläpp från flygresande i allmänhet positivt korrelerat med inkomstnivåer, det vill säga när utvecklingsländer ökar sin ekonomiska nivå så tenderar andelen utsläpp från långväga resor att öka. Den framtida andelen av de totala utsläppen som kommer från långväga resor är alltså beroende av flera faktorer. Här antas i scenarierna att denna andel för svenska invånare är oförändrad på 13,6 %, och att den genomsnittliga andelen globalt också når denna andel framemot 2060, främst på grund av förväntade ökande inkomster globalt. Vi gör en känslighetsanalys av detta antagande genom att beräkna flygresevolymerna vid en lägre, 10 %, respektive en högre andel, 17 % (se fig. 4 i avsnitt 5). Det är således viktigt att notera att det fördelningsantagande som ligger till grund för alla scenarier är att det genomsnittliga svenska flygresandet per capita kommer att ha konvergerat med det globala genomsnittet 2060. Utsläppen från långväga resor för 2017 beräknas till 1116 kgCO₂-ekv. per capita (GWP100) och scenarierna är utformade för att uppfylla målen, som är 575 kg CO₂-ekv. per capita 2040 och 102 kg till 2060.

4.2 Åtgärder för att minska klimatpåverkan från långväga resande

Det finns i princip fem sätt att minska klimatpåverkan av långväga resor, nämligen:

1. Byte av transportslag
2. Förbättrad energieffektivitet hos fordon och ökad beläggning
3. Bränslen med låga koldioxidutsläpp
4. Förbättrad organisation av trafiken
5. Begränsad långväga resvolym

De byten av transportslag som används i framtidsbilderna analyserades i avsnitt 3 (se Tabell 3.1).

Det finns fortfarande en viss potential för förbättringar av den traditionella flygplanskonfigurationen, men det kommer krävas en betydande ansträngning enbart för att hålla uppe den nuvarande förbättringstakten under de kommande decennierna. ICAO (2019a) har utvecklat fyra scenarier fram till 2050 med årliga specifika förbättringar av bränsleeffektiviteten på mellan 0,57% och 1,5% för den globala flottan. Dessa förbättringar är den kombinerade effekten av teknik och förbättrad ATM (Air Traffic Management). De två mellersta scenarierna ger 0,96% respektive 1,16% årlig förbättring.

En potentiell teknikväg är "open rotor". Det inkluderar vanligtvis motroterande propellrar och innebär en flyghastighet som är något lägre än för turbojetflygplan. Seitz (2011) uppskattade att ett sådant flygplan kan förbruka 20% mindre bränsle än ett motsvarande turbojetflygplan.

För flygplan krävs bränslen med högt energiinnehåll. Konventionellt flygbränsle (A-1) har ett energiinnehåll på 11 900 Wh/kg vilket kan jämföras med elbilsbatterier som i dagsläget har en energitäthet på cirka 200 Wh/kg (mätt på batteripacknivå). Detta innebär att flygbränsle har en 70 gånger högre energitäthet än ett batteri. Ett elektriskt framdrivningssystem har mycket högre verkningsgrad än en jetmotor, men även det inräknat innebär det att det effektiva energiinnehållet är mer än 30 gånger högre för konventionellt flygbränsle. Schäfer et al. (2019) har visat att om batteriers energidensitet fyrdubblas till 800 Wh/kg kan marknadssegmentet för flygningar upp till 1100 km elektrifieras. Detta ger en teoretisk potential på upp till 15% av det globala flygresandet och skulle enligt dem kunna uppnås tidigast kring 2060.

När det gäller bränsleval för en flygsektor i linje med klimatmålen finns det tre huvudkandidater, drop-in biobränslen, drop-in elektrobränslen och väte. Drop-in-bränslen har fördelen att de går att använda i befintliga flygplan. Detta förkortar ledtiden för implementering avsevärt. Å andra sidan begränsas biobränslen av att de flesta samhällssektorer efterfrågar dem samtidigt som tillgången är begränsad, och elektrobränslen är elintensiva och kommer att bli dyra. Väte som produceras från sol eller vind beräknas kosta något mindre än elektrobränslen. Övergång till väte kräver dock en fullständig förnyelse av den globala flygplansflottan, vilket kommer att ta flera decennier.

IPCC (2018) har sammanställt 85 scenarier i vilka den globala uppvärmningen begränsas till 1,5 grader. Medianen för bioenergianvändning i dessa scenarier är 42 PWh/år. I IEAs (2020) scenario för hållbar utveckling (Sustainable Development Scenario) som begränsar uppvärmningen till 1,8 grader med 67% sannolikhet, är bioenergianvändningen 27 PWh 2040 och 34 PWh 2070. Den framtida kostnaden för biobaserat flygbränsle är svår att förutsäga och kommer att variera bland annat beroende på typen av primär biomassa. En grov uppskattning är att storskalig framtida produktion av bioflygbränsle skulle innebära en kostnad mellan 80 och 200 euro/MWh (Europeiska kommissionen, 2017 a och b; de Jong, 2018). Detta kan jämföras med priset på fossilt flygbränsle som var 42 euro/MWh sommaren 2019 då oljepriset låg på 60 dollar per fat (IATA, 2020).

Ett bränslealternativ som har diskuterats i allt högre utsträckning är så kallade elektrobränslen, som produceras genom att koldioxid och väte reagerar i en reaktor för att bilda energibärare som metan eller syntetiskt flygbränsle. Produktionen av 10 kWh elektrobränsle kräver ungefär 20 kWh el, vilket indikerar en relativt låg energieffektivitet (Brynnolf et al, 2018). Med den snabba ökningen av intermittenta energikällor som vind och sol har användningen av billig "överskottsel" blivit ett intressant alternativ för produktion av väte och andra bränslen.

Brynnolf et al. (2018) har gjort en granskning av produktionskostnaderna för elektrobränslen baserat på ett stort antal studier. De drar slutsatsen att kostnaden för att producera flytande bränsle 2030 kommer att ligga i intervallet 110 till 340 euro/MWh med ett centralt värde på cirka 170 euro/MWh. Detta är ca fyra gånger högre än de 42 euro/MWh som priset på fossilt flygbränsle var sommaren 2019. Eftersom väte används i processen kommer elektrobränslen sannolikt att vara dyrare än väte och medföra högre energiförluster. Å andra sidan har elektrobränslen för flyget fördelen att de inte kräver nya flygplan och bränsledistributionssystem.

En begränsande faktor för elektrobränslen kan vara tillförsel av koncentrerad koldioxid från punktkällor (Reiter och Lindorfer, 2015), eftersom koldioxidavskiljning från luften är flera gånger dyrare. Det bör noteras att ju mer CO₂ som behöver fångas upp och lagras under jord (Carbon capture and storage (CCS) eller Bioenergy carbon capture and storage (BECCS)), desto mindre kommer det att finnas tillgängligt för tillverkning av bränslen. Det vill säga att ju mer krävande det övergripande klimatmålet är, desto mindre koldioxid från punktkällor kan vara tillgängligt för att producera elektrobränslen.

Att byta till väte skulle kräva helt nya flygplan samt produktionsanläggningar och ett distributionsnät för vätgas. För att undvika kondensstrimmor och molnbildning skulle vätgasflygplan åtminstone ibland behöva flyga på lägre höjder, under 8-10 000 meter. Detta skulle i sin tur öka bränsleförbrukningen något.

För att väte ska minska luftfartens klimatpåverkan avsevärt måste det produceras med koldioxidneutrala energikällor som vind och sol. Kostnaden för väte som produceras genom elektrolys från sol- och vindgenererad elektricitet skiljer sig väsentligt mellan olika källor, främst på grund av elpriset och utnyttjandegraden för elektrolysatorerna. En uppskattning av Brynolf et al. (2018) för vätgasproduktion 2030 med ett elpris på 50 euro/MWh är 110 euro/MWh. Detta motsvarar ett bränslepris för flytande väte på 140 euro/MWh. Detta kan jämföras med priset på fossilt flygbränsle som var 42 euro/MWh sommaren 2019 då oljepriset var 60 US dollar per fat (IATA, 2020).

Det finns flera studier om potentialen att minska klimatpåverkan genom att ändra flygvägar horisontellt och/eller vertikalt. Resultaten från Sridhar och Chen (2010), som studerade det amerikanska luftrummet, tyder på att en omdirigering av flygningar där teoretiskt sett skulle kunna ge en 53% minskning av kondensstrimmor på bekostnad av en 3% ökad bränsleförbrukning. Yin et al. (2018) har gjort en helårssimulering av potentiell minskning av kondensstrimmor för transatlantiska flygningar, men har inte uppskattat reduktionen av klimatpåverkan. De fann att en 40-procentig reduktion av den sträcka som ger kondensstrimmor kunde nås med en förlängd flygsträcka på mindre än 2%. En nyligen genomförd studie som gällde det japanska luftrummet kom till slutsatsen att en omledning av 1,7% av flygningarna skulle kunna minska klimatpåverkan med 60% (Teoh et al., 2020). Dessa studier har olika geografiskt omfång och använder olika metoder, vilket innebär att fler studier krävs för att få mer robusta resultat.

Virtuella möten har en betydande potential att minska tjänsteresandet. När virtuella möten implementerades i ett antal offentliga myndigheter i Sverige uppnådde man en minskning av koldioxidutsläpp per anställd med 10%, jämfört med andra offentliga myndigheter som ökade utsläppen per anställd med 9% (Arnfolk, Pilerot et al., 2016). På samma sätt har det svensk-finska företaget TeliaSonera halverat antalet passagerarkilometer per anställd mellan 2001 och 2010 genom att revidera deras rese- / mötespolicy och samtidigt tillhandahålla utmärkta tekniska hjälpmedel för virtuella möten. Erfarenheterna av virtuella möten under Corona-pandemin kommer sannolikt också bidra till en betydande minskning av tjänsteresandet.

4.3 Scenarier för långväga resande 2060 i linje med klimatmålen

De scenarier för framtida långväga resande som beskrivs i detta avsnitt uppnår de mål för 2040 och 2060 som beskrivs i avsnitt 4.1. Uppenbarligen kan de inte realiseras enbart genom svenska insatser, på grund av flygets internationella karaktär. De kräver en mer eller mindre samordnad utveckling globalt som leder mot målen för Parisavtalet.

De fem scenarierna är:

1. Storskalig användning av drop-in-bränslen
2. Höghastighetståg
3. Lokalt, regionalt fritidsresande
4. Vätgasflyg
5. Kombinerade förändringar

Alla scenarier innebär betydande förändringar av det socio-tekniska systemet för långväga resor, om än av olika slag. Förändringen av resepreferenser mot mer närliggande destinationer är liten i scenario 1 och 4, större i scenario 2 och 5 och störst i scenario 3. Befolkningen värderar i alla scenarier en begränsad klimatförändring högre jämfört med andra samhällsmål än vad man gjorde kring 2020. Beskrivningarna av scenarierna fokuserar på de viktigaste förändringarna jämfört med idag. Man bör dock komma ihåg att många andra förändringar också är nödvändiga för att nå målen, även om antaganden om dessa är mer eller mindre desamma för alla scenarier.

Tjänsteresandet antas minska avsevärt främst på grund av den omfattande användningen av virtuella möten: med 60% i scenarierna 1 och 4, som huvudsakligen är teknik / bränsle drivna och med 80% i övriga scenarier. Covid-19-pandemin medförde ett ofrivilligt försök med storskalig användning av virtuella möten. Således har tröskeln troligen sänkts avsevärt för de minskningar av tjänsteresor som antas i scenarierna.

Alla scenarier innebär att resenärer accepterar 1 timme längre restid med tåg, utom i Scenario 3 där 2 timmar längre restid accepteras. I alla scenarier företas 40% av resor (till södra och västra Europa och Afrika³) genom en kombination av tåg och flyg för att förkorta flygsträckan, med undantag för Scenario 2 där utvidgningen av höghastighetsnätet har möjliggjort att 80% av dessa resor företas med tåg och flyg. En fortsättning av trenden före Covid-19 ger en ökning av långväga tågresandet med 30% från 2017 till 2060. Utöver detta har antagits ytterligare förändringar av tågresandet specifika för varje scenario.

Flygplanens bränsleeffektivitet förbättras avsevärt i alla scenarier (se tabell 4.1). Två nivåer för drop-in-bränslen används. I Scenariot för hållbar utveckling (Sustainable Development Scenario) från IEA (2020) används 2 PWh biodrivmedel och 2 PWh elektrobränslen inom flyget globalt år 2060. För att återspegla den stora osäkerheten om potentialen för tillförsel av drop-in-bränslen använder vi en 25% högre nivå i scenario 1 och en 25% lägre nivå i scenarierna 2,3 och 5. Med avdrag om 10% för flygfrakt får vi sedan 4,5 respektive 2,7 PWh för passagerflyget. I scenario 4 används endast hälften av den lägre nivån (biobränslet) eftersom el används för att producera vätgas istället för elektrobränsle. I scenario 4 används 5 PWh el (10% mer än vad som används för att producera elektrobränsle i scenario 1) för att producera 2,85 PWh väte. Denna mängd el motsvarar cirka 8% av den globala elförsörjningen i IEA: s scenario för hållbar utveckling 2060 eller 19% av nuvarande globala elproduktionen. I alla scenarier har helelektriska flygplan tagit 10% av flygmarknaden, utom i Scenario 3 Höghastighetståg, där de har tagit 5%.

Som påpekats ovan är potentialen för att minska klimatpåverkan av höghöjdsutsläpp genom omläggning av flygvägar sannolikt betydande men osäker. Två nivåer används därför i scenarierna,

³ Samtliga dessa destinationer ligger generellt i rätt väderstreck för att en tågresa till Köpenhamn väsentligt ska förkorta avståndet för flygresan. I mer direkt östlig och västlig riktning har denna åtgärd däremot ingen effekt.

40% respektive 80% nettoreduktion. Både biobränslen och elektrobränslen antas ge en extra minskning på 30% av höghöjdspåverkan utöver det som uppnås genom omläggning av flygvägar.

I alla scenarier används el eller biodrivmedel för 95% av körsträckan för långväga bilresande 2060 och fossila bränslen för resten, vilket är i linje med IEA (2020) Scenario för hållbar utveckling. Förbränningsmotorbilar har 30% lägre specifik energianvändning än 2017.

De viktigaste kvantitativa egenskaperna för scenarierna visas i tabell 4.1 och 4.2.

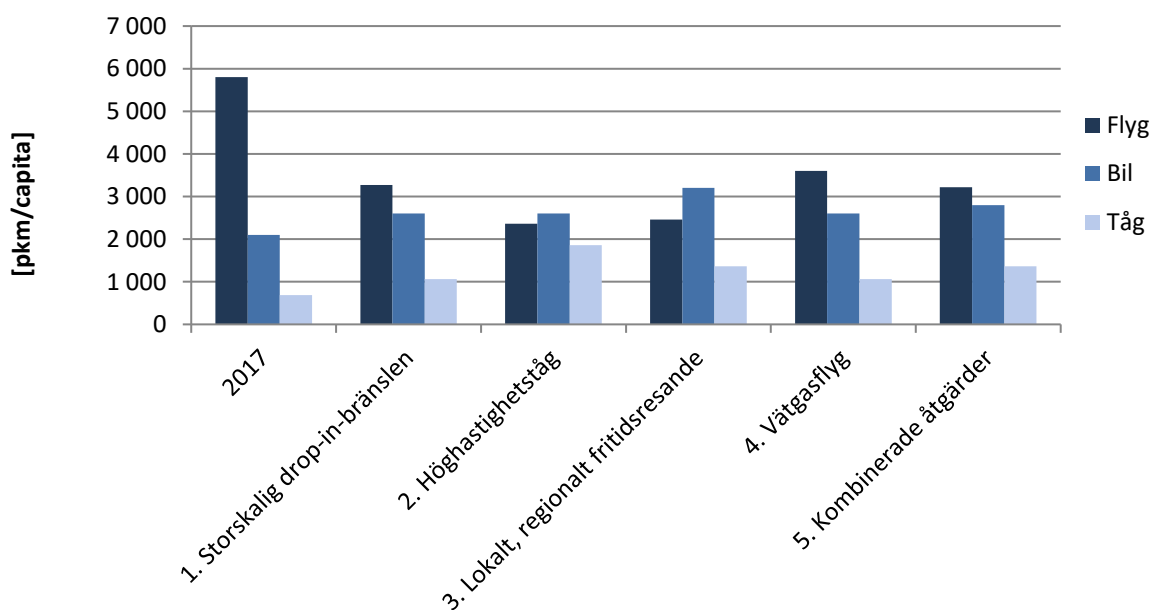
Tabell 4.1: Teknik och bränsleanvändning i scenarierna

	2017	Scenario 1: Storskalig användning av drop-in- bränslen	Scenario 2: Höghastig- hetsbanor	Scenario 3: Lokalt, regionalt fritidsresand	Scenario 4: Vätgasflyg	Scenario 5: Kombine- rade föränd- ringar
Årlig minskning av specifik bränsleförbrukning 2017-2060 (kWh/sätes-km)	0,36 kWh/pkm 2017	1,1%	1,1%	1,1%	1,1%	1,4%
Marknadsandel långsammare flygplan		20%	20%	20%	20%	50%
Minskad höghöjdseffekt pga ändrade flygvägar (nettoeffekt)		50%	50%	50%	80%	80%
Global energianvändning för passagerarflyg inkl elflyg	2,8 PWh	6,6 PWh	4,9 PWh	4,9 PWh	7,2 PWh	5,7 PWh
- Global användning av drop-in-bränsle (netto)	0 PWh	4,5 PWh	2,7 PWh	2,7 PWh	1,4 PWh	2,7 PWh
- Global fossil flygbränsle-användning, (netto)	2,8 PWh	1,7 PWh	2,0 PWh	2,0 PWh	2,6 PWh	2,7 PWh
- Väteanvändning (netto)	0	0	0	0	2,8 PWh	0

Tabell 4.2: Byte av färdmedel från flyg till tåg i scenarierna 2060

	Scenario 1: Storskalig användning av drop-in- bränslen	Scenario 2: Höghastig- hetsbanor	Scenario 3: Lokalt, regionalt fritids- resande	Scenario 4; Vätgasflyg	Scenario 5: Kombinerade förändringar
Byte från flyg till tåg	5,7%	11%	7,0%	5,7%	5,7%
Acceptans av längre restid	+1h	+1h	+2h	+1h	+1h
Kortare restid pga utbyggda höghastighetsbanor	-	Ja	-	-	-
Andel kombination av tåg och flyg: Tåg till Köpenhamn	40%	80%	40%	40%	40%
Nattågsandel efter restid med tåg	8-12h: 15%	8-12h: 15%	8-12h: 20%	8-12h: 15%	8-12h: 15%
	12-16h: 20%	12-16h: 20%	12-16h: 26%	12-16h: 20%	12-16h: 20%
	16-24h: 3%	16-24h: 3%	16-24h: 5%	16-24h: 3%	16-24h: 3%

I figur 4.1 visas resvolymerna per capita för flyg, bil och tåg i scenarierna 2060 jämfört med situationen 2017.



Figur 4.1: Resvolym i scenarierna 2060.

Scenario 1: Storskalig användning av drop-in-bränslen

Huvudidén i detta scenario är att utsläppen minskas genom att ersätta fossila bränslen med drop-in bränslen (biobränslen och elektrobränslen) i stor skala. Flygresor använder 2060 cirka 12% av den totala globala tillförseln av bioenergi, eller 3,8 PWh (netto 2,25 PWh). Den totala nettoförbrukningen av flygbränsle uppgår till 5,3 PWh. Som en jämförelse användes för flygresor 2017 totalt 2,8 PWh flygbränsle. Det relativt höga priset på biodrivmedel har bidragit till att minska de svenska invånarnas flygresande per capita med 44% jämfört med 2017. Med tanke på att Sveriges befolkning har ökat till 12 miljoner invånare betyder det att det totala flygresandet för befolkningen har minskat med 33%. Svenska invånares tågresor har ökat med 60%, främst på grund av fler resor i Sverige men också fler resor till Danmark och Norge.

Scenario 2: Höghastighetståg

Huvudidén i detta scenario är att minska utsläppen genom att förbättra alternativen till flygresor, särskilt höghastighetståg. Nya höghastighetsbanor mellan de tre största städerna i Sverige slutfördes i slutet av 2030-talet. Dessutom har nya höghastighetsbanor tillkommit i norra/centrala Europa och Fehmarn-bälttunneln mellan Danmark och Tyskland har slutförts. År 2060 har järnvägen nästan helt konkurrerat ut flygresor i södra Sverige och till Danmark. När människor reser med flyg sker en del av resan ofta med järnväg så att själva flygresan förkortas. Detta innebär att för flygresor till södra och västra Europa samt till Afrika är avreseflygplatsen oftast Malmö, (Sturup) eller Köpenhamn (Kastrup). Denna praxis har minskat svenskars flygresandet med cirka 7% 2060 jämfört med situationen 2017 mätt som pkm. Tågresandet per capita har nästan tredubblats jämfört med 2017. Järnväg har ersatt mer än 11% av flygresandet mätt som person-km, när även effekten av kombinerade resor är inräknad. Dessutom har vissa flygresor ersatts av tågresor till mindre avlägsna destinationer. De flesta reseföretag erbjuder resor som kombinerar olika transportslag, och resenärer är garanterade ersättningsresor om förseningar innebär att en anslutning missas.

Scenario 3: Lokalt, regionalt fritidsresande.

Huvuddraget i detta scenario är att människor i allmänhet har antagit en mindre hektisk livsstil och att intresset för att tillbringa semester i Sverige och dess grannländer har ökat. Denna omvandling startade under 2020-talet och orsakades av fyra huvudfaktorer. Den första var ett ökat intresse för lokala och regionala destinationer som delvis utlöstes av Covid-19-pandemin. Denna utveckling stärktes sedan av ett större fokus på marknadsföring av lokala och regionala turistmål som bekvämt kunde nås med tåg, buss eller bil. För det tredje bidrog oro för klimatförändringar till förändrade resvanor, och slutligen ledde kortare arbetstid till högre acceptans av längre restider, vilket i sin tur ökade tågets andel av resandet. Människor accepterar i allmänhet två timmars längre restid när de reser med järnväg jämfört med 2020.

Tågresandet är 2060 mer än dubbelt så stort som det var 2017, och långväga bilresor, i synnerhet till fritidshus, har ökat med 50%. Beståndet av fritidshus används mer intensivt jämfört med sekelskiftet, en förändring som har möjliggjorts av en mängd hyres- och byteskoncept, några som liknar Airbnbs affärsmodell 2020. Mindre hektiska livsstilar har ökat tågresor till norra Europa trots att de planerade höghastighetsbanorna i Sverige aldrig byggdes. Nattåg avgår från större svenska städer på kvällen och anländer till städer som Berlin, Basel, Bryssel, Paris och Amsterdam nästa morgon eller förmiddag. Eftersom människor i genomsnitt arbetar färre timmar under året kan de stanna borta längre perioder men resa mindre ofta. Flygresor till andra kontinenter görs i genomsnitt tre till fyra gånger under ens livstid.

Scenario 4: Vätgasflyg

Huvudfokus i detta scenario är en övergång till förnybart producerat väte för flyget. Det första kommersiella vätgasflygplanet togs i bruk i mitten av 2030-talet. År 2060 är andelen vätedrivna flygplan nästan 50%. Flygvägar har anpassats så att de ökade utsläppen av vattenånga inte orsakar kondensstrimmor eller cirrusmoln. Detta innebär att flyghöjden ibland sänkts till under 8000 meter. Väte produceras med 5 PWh el globalt från sol- och vindkraft. Detta kan jämföras med den totala elförsörjningen 2017, som var 27 PWh. Flygplan och bränsledistribution är något dyrare än vad som var fallet med konventionella flygplan runt 2020, men villigheten att betala för hållbart långväga resande är relativt hög. Dessa preferenser i kombination med en stor oro för klimatförändringarna möjliggjorde den historiska internationella överenskommelsen på 2020-talet om en globalt samordnad övergång till väte. Flygresandet per svensk invånare är 38% lägre än det var 2017

Scenario 5: Kombinerade förändringar

I detta scenario bygger den minskade klimatpåverkan inte på någon enskild radikal transformation, utan snarare på ett flertal gradvisa förändringar. Biobränslen och elektrobränslen har stimulerats och används för cirka 60% av flygresandet. Flygvägar är organiserade för att orsaka så lite kondensstrimmor och cirrusmoln som möjligt. Fritidsresandet med flyg 2060 är 36% lägre per capita än 2017, medan tjänsteresandet minskat med 80% på grund av den ökade användningen av virtuella möten.

Det minst konventionella inslaget i detta scenario är att "open-rotor-flygplan" (avancerade turboprop-flygplan) som är cirka 15-20% långsammare än turbojetflygplan har tagit stora marknadsandelar. Detta har minskat energianvändningen per passagerar-km med ytterligare 10-15%. Dessutom flyger de på höjder under 8000 meter, vilket innebär att de inte ger någon klimatpåverkan orsakad av kondensstrimmor eller flyginducerade cirrusmoln. Dessa flygplan används för en stor del av flygningar upp till 3000 km och står nu för nästan hälften av svenska invånares flygresande.

För 40% av resorna till södra och västra Europa används tåg för att komma till Malmö eller Köpenhamn, varifrån resorna fortsätter med flyg. Denna praxis som började redan under 2020-talet har minskat flygresandet med cirka 4%. Svenska invånare tillbringar sin semester i Sverige och angränsande länder i hög utsträckning, dock inte i samma utsträckning som i Scenario 3. Järnvägsresor har mer än fördubblats och bilresor har ökat med en tredjedel, delvis på grund av en ökad användning av fritidshus inom Sverige.

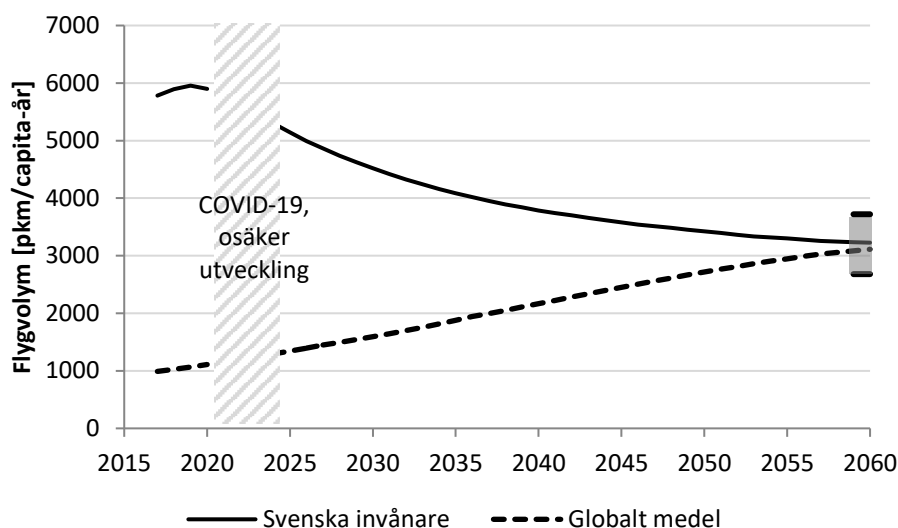
4.4 Diskussion och slutsatser

Alla scenarier innebär betydande utmaningar. Scenario 1 bygger på att en stor markareal används för produktion av biobränslen. Detta skulle innebära en hårdnande konkurrens om produktiv mark och är sannolikt bara möjlig om den globala befolkningen har en låg andel animalisk föda i den genomsnittliga dieten 2060. I Scenario 2 utgör de höga kostnaderna för de nya höghastighetsbanorna en konkret barriär. Den stora förändring av resmönster som antas i Scenario 3 kräver en radikal förändring av människors resepreferenser. Förändringen är av samma storleksordning som den som orsakades av Covid-19 under 2020. Scenario 4 är det som innefattar det största flygresandet. Det kräver dock en samordnad global övergång till ett förhållandevis dyrt alternativ (vätgasdrift) som tar 40-50 år att genomföra. Scenario 5 kräver ingen enskild radikal förändring, men den mångfald av signifikanta förändringar som krävs kommer att ställa stora krav på den internationella beslutsapparaten.

Ett viktigt antagande bakom scenarierna är att svenska invånares flygresande per capita ligger nära det globala genomsnittet 2060, i motsats till den nuvarande situationen där det är fem gånger högre (Kamb et al., 2018). I figur 4.2 visas utvecklingen för det genomsnittliga svenska respektive globala flygresandet per capita fram till 2060 schematiskt för Scenario 5. Det innebär att svenska invånares flygresande per capita skulle minska med cirka 44% medan det genomsnittliga globala flygresandet

skulle öka med 216%. I Airbus (2019) marknadsprognos, som gjordes före Covid-19, beräknades det totala globala flygresandet öka med 4,3% årligen mellan 2019 och 2038. I vårt scenario 5 är den genomsnittliga ökningen av det globala flygresandet mellan 2017 och 2060 2,7% årligen.

Hur stor andel av de totala utsläppen som långväga resor antas ta i anspråk är uppenbarligen en kritisk faktor vid en skattning av vilket flygresande som är förenligt med klimatmålen. Figur 4.2 visar för år 2060 (gråmarkerat intervall) de nivåer på det globala flygresande som skulle överensstämma med en andel av de totala växthusgasutsläppen för långväga resor på mellan 10% och 17%. Basantagandet för kurvorna är 13,6%.



Figur 4.2: Svenskt och globalt flygresande per capita i Scenario 5. Det gråmarkerade intervallet 2060 indikerar möjligt flygresande om långväga resors andel av de totala växthusgasutsläppen ligger mellan 10% och 17% (basantagande för kurvorna är 13,6%).

En generell slutsats från vår analys är att det inte finns någon "silver bullet" som kan få långväga resande i linje med Parisavtalet. Alla fem scenarierna är förknippade med stora utmaningar, om än av olika karaktär.

En central slutsats är att alla scenarier innehåller en betydande minskning av flygresandet per capita för Sverige och liknande länder. Minskningen av flygresande per capita i scenarierna är mellan 38 och 59% jämfört med 2017. En följd av detta är att det i dessa scenarier inte lär finnas något behov av ökad flygplatskapacitet i Sverige eller liknande länder. Konsekvensen av detta är att det sannolikt inte kommer behövas flera rullbanor på Arlanda ens på lång sikt och detta gäller även om hela Brommas trafik skulle flyttas över till Arlanda. Om vi antar att hela Brommas trafik år 2017 (29 733 landningar) skulle flyttas över till Arlanda och att det totala antalet landningar sedan skulle minska med 38% (den övre nivån) respektive 59% (den lägre nivån) så skulle antalet landningar på Arlanda komma att ligga 4 respektive 37% under nivån 2017 (som var 124 395 landningar), givet oförändrad storlek på flygplanen (Trafikanalys, 2018). I detta är inräknat en befolkningsökning i Sverige om 22% mellan 2017 och 2060 enligt SCB befolkningsprognos (SCB, 2021).

En osäker faktor att ta hänsyn till är hur den genomsnittliga flygplansstorleken kommer att utvecklas över tid, eftersom en flygplats begränsning i kapacitet i huvudsak ligger i *antalet* flygplan som kan trafikera den. Det har förts fram att en introduktion av små elflygplan kan komma att minska det genomsnittliga antalet passagerare per flygplan. De första elflygplanen, exempelvis de som utvecklas av Heart Aerospace, kommer att kunna ta 19 passagerare eftersom detta är maxgränsen för att få en mindre omfattande certifieringsprocedur. Så små flygplan kommer dock sannolikt att innebära höga kostnader per passagerare eftersom bland annat personalkostnaderna och flygplatsavgifter inte skalar

med antalet passagerare (Trafikanalys, 2020). Det behövs exempelvis, liksom för ett tio gånger större flygplan, två piloter i ett sådant elflygplan. Dessa företagsekonomiska faktorer gör att det finns starka incitament att så snart som möjligt skala upp storleken på elflygplan när de väl blir mogna för kommersiell trafik. Detta gör i sin tur att påverkan på genomsnittlig flygplansstorlek av elflygets introduktion sannolikt blir begränsad.

Det finns också en viktig faktor som tenderar att öka den genomsnittliga flygplansstorleken, nämligen den betydande minskning av inrikes tjänsteresande som förutses av många experter t ex Trafikanalys (2020). Detta beror på att tjänsteresandet har en högre andel av inrikesresorna än utrikesresorna och att flygplanen i inrikes trafik i genomsnitt är mindre än de i utrikes trafik. Dessutom är det i allmänhet trafiken under morgontimmarna som är dimensionerande och under denna tid är tjänsteresenärerna överrepresenterade. Inkommande turism behöver också tas med i beräkningen, men scenarierna förutsätter att även andra industriländer minskar sitt flygresande per capita vilket skulle minska inkommande turism till Sverige. I detta sammanhang kan också nämnas att det redan i dag finns potential att öka antalet landningar på Arlanda genom så kallad "peakbreddning" vilket innebär en breddning av trafikspetsarna i morgon- och eftermiddagsrusningarna (Swedavia, 2017).

En annan slutsats är att den direkta effekten på flygresandet av att bygga höghastighetsbanor i Sverige och resten av norra Europa (Scenario 2) är begränsad. Effekten kan dock bli högre om resenärer är villiga att kombinera tåg och flyg för en viss resa och om de är villiga att byta till mer närliggande destinationer som det är möjligt att nå med järnväg. En väsentlig förbättring av tågförbindelser kan också öka allmänhetens acceptans för att flygets skatteundantag fasas ut. Att färdigställande av höghastighetsbanor tar lång tid gör dock denna effekt begränsad. Närtida förbättringar av tågresandet, t ex i form av moderna nattåg som går direkt till europeiska storstäder, kan sannolikt spela en större roll vad gäller ökad acceptans för att ta bort flygets skatteundantag.

När det gäller bränsleval för flyget finns det tre huvudkandidater: drop-in biobränslen, drop-in elektrobränslen och väte. Helelektriska flygplan utgör en nischteknik i alla scenarier för de kortaste avstånden. Drop-in-bränslen har fördelen att det inte kräver nya flygplan och bränsledistributions-system. Detta förkortar ledtiden för deras implementering avsevärt. Å andra sidan begränsas biobränslen av en begränsad råvarutillgång medan elektrobränslen är elintensiva, kommer att bli ganska dyra och dessutom använder koncentrerade koldioxidströmmar som också kan komma att efterfrågas för att uppnå negativa utsläpp. Vätgas kan produceras från sol eller vind till ett pris som är något lägre än priset för elektrobränslen och tillgången begränsas inte av konkurrensen om koncentrerade koldioxidströmmar. Denna väg kräver dock en fullständig förnyelse av den globala flygplansflottan, vilket skulle ta flera decennier även om incitament för förtida skrotning av flygplan införs. Viss användning av biobränsle, åtminstone fram till 2040, ingår i alla scenarier. Det är centralt att inom de närmaste åren skapa en enighet inom branschen om vad som ska komma därefter, vare sig det är mer biodrivmedel, en kombination med elektrobränslen eller en övergång till väte.

5 Nationella och internationella styrmedel

Att utveckla verktyg för att begränsa klimatpåverkan från en så global verksamhet som flyget är en stor politisk och diplomatisk utmaning. Nationella åtgärder kan i viss utsträckning bidra. Ett exempel är att flygfotogen sedan 1 juli 2021 inkluderats i den svenska reduktionsplikten. Ett annat exempel är de passagerarskatter som införts i de flesta länder i Västeuropa, som dämpar efterfrågan på flygtrafik, vilket i sin tur dämpar flygets klimatpåverkan. Många nationella handlingsalternativ blockeras dock av internationella avtal eller av att de riskerar att leda till förändringar av trafiken på ett sätt som undergräver klimatnyttan. Inom projektet har vi genomfört olika analyser av styrmedel för att minska flygets klimatpåverkan, dels en vetenskaplig artikel i tidskriften *Climate policy* (Larsson et al., 2019), dels en rapport (Nilsson et al., 2020). Nedanstående kortfattade beskrivning bygger i huvudsak på dessa analyser, samt på en uppdatering med den senaste utvecklingen på området med referenser även till annan forskning.

Att flygtrafiken rör sig mellan världens länder, och att flygbolagen verkar på en i hög grad globaliserad marknad, innebär att ett utvecklat, internationellt samarbete och samordning är avgörande för att på allvar komma tillrätta med problemen. De för svensk del viktigaste arenorna för detta är ICAO och EU. ICAO, International Civil Aviation Organization, är FNs luftfartsorgan med 193 medlemsstater, dvs. i praktiken är alla världens länder medlemmar. ICAO-samarbetet berör enbart internationell trafik, dvs. flygtrafik mellan två länder. I praktiken avgör dock ICAO-regler i mycket även förutsättningarna för inrikestrafik, inte minst tekniska krav på flygplan, flygbränslen, flygledning, flygplatser etc. Att ICAO fått huvudansvar för det globala klimatarbetet inom luftfarten beror på att det internationella flygets klimatpåverkan inte hanteras i de globala klimatavtalen, t.ex. Parisavtalet. 2016 beslöt ICAOs kongress att inrätta det globala utsläppskompensationssystemet CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation). Syftet med CORSIA är att med hjälp av klimatinsatser inom andra sektorer neutralisera klimatpåverkan från den ökning av utsläppen från den internationella luftfarten som förväntas.

Förutsättningarna för svensk klimatpolitik bestäms i hög grad av beslut inom EU. ICAO-regler implementeras ofta genom att de skrivs in i EU-lagstiftningen. EU är som organisation inte medlem i ICAO, men samordnar medlemsstaternas agerande.⁴ Den EU-lagstiftning som har störst betydelse för flygets klimatpåverkan är utsläppshandelsdirektivet, som omfattar koldioxidutsläpp från all flygtrafik inom EES (EU27 samt Island, Lichtenstein och Norge).⁵ En annan viktig EU-lagstiftning är energiskattedirektivet som i sin nuvarande form i princip förbjuder medlemsstaterna att beskatta flygbränsle vid internationell trafik.

Styrmedel för mera energieffektiva flygplan

Med nya flygplansmodeller sjunker energianvändningen per passagerar-km och därmed koldioxidutsläppen. Utvecklingen drivs främst av att flygbolagen av kommersiella skäl vill sänka sina bränslekostnader, men denna utveckling backas numera på marginalen upp av en internationell standard för koldioxidutsläpp (egentligen bränsleförbrukning) från nya flygplan. Den nya standarden, som beslutades av ICAO 2017, implementeras successivt och ska från 2028 omfatta alla nya flygplan.⁶ De nya kraven anses dock inte vara teknikdrivande utan mest ett hinder för mindre effektiva flygplan att återkomma på marknaden.

4 Notera att EU inte är medlem i ICAO, vilket betyder att EU som organisation saknar rösträtt och inte heller i sina beslut är skyldig att respektera beslut inom ICAO på det sätt som gäller för EUs medlemsstater. Detta förhållande har visat sig ha stor betydelse för förutsättningarna för EU och dess medlemsstater att agera för att minska flyget klimatpåverkan.

5 I systemet ingår även flygningar från EES-länder till Schweiz samt - från och med 1 januari 2021 - Storbritannien.

⁶ Annex 16 - Environmental Protection - Volume III - Aeroplane CO₂ Emissions. ICAO 2017

Att flygplanens utsläppsprestanda varierar kan dock utnyttjas som bas för avgiftssättning. Från och med 2022 kommer således det statliga svenska flygplatsbolaget Swedavia att differentiera start- och landningsavgifterna vid flygplatserna Arlanda och Landvetter efter flygplanens beräknade koldioxidutsläpp under LTO-cykeln (Landing and Take-Off)⁷. Underlaget för differentieringen är de certifierade utsläppsvärden för flygmotorer som finns registrerade i ICAO Aircraft Engine Emissions Databank.⁸ Sedan tidigare baseras delar av de landnings- och startavgifter Swedavia tar ut på flygplanens avgas- (egentligen kväveoxider) och bullerprestanda. Från och med 2022 ska man på ett principiellt aningen annorlunda sätt införa en koldioxidrelaterad avgift. Medan nuvarande avgas- och bulleravgifter är ett rent kostnadspåslag i förhållande till flygplanets prestanda, kommer koldioxidrelateringen att ske i förhållande till ett medelvärde för flygplanen vid flygplatserna, vilket resulterar antingen i en bonus eller en avgift.

För passagerarflygplan med en maximalt tillåten vikt (MTOW) under eller lika med 175 ton kommer differentieringen att baseras på planets koldioxidutsläpp per säte (i förhållande till övriga flygplan inom denna grupp). För plan med MTOW över 175 ton och annan trafik än passagerartrafik differentieras avgiften på motsvarande sätt, fast utifrån flygplanets koldioxidutsläpp per ton tillåten vikt (MTOW).

Om de genomsnittliga värdena för de plan som nyttjar flygplatserna efter hand faller, kommer även medelvärdet att löpande falla. Denna mekanism säkerställer incitament för kontinuerlig effektivitetsförbättring av flygplatsens totala flygplansflotta.

Styrmedel för förnybara drivmedel

Både inom ICAO och EU finns redan styrmedel som uppmuntrar användningen av biodrivmedel inom flyget. Inom ICAOs utsläppskompensationssystem CORSIA kan flygbolagen minska kravet om kompensationsåtgärder genom att använda förnybar flygfotogen som uppfyller av ICAO fastställda krav ("CORSIA Eligible Fuels")⁹.

Inom EU finns krav på medlemsstaterna att till 2030 öka biodrivmedlens andel av den energi som används inom respektive lands transportsektor till minst 14 procent. För biobränslen inom flyget finns en särskild bonus som innebär att varje kWh förnybart flygbränsle får bokföras som 1,2 kWh. Endast bränslen som uppfyller de s.k. hållbarhetskriterierna i EUs förnybartdirektiv får utnyttjas, och bokförs då som nollutsläpp. Samma villkor gäller inom EUs utsläppshandel EU ETS.

I Sverige omfattas flygfotogen från och med 1 juli 2021 av den så kallade reduktionsplikten. De drivmedelsbolag som levererar flygfotogen vid svenska flygplatser är skyldiga att säkra att de genomsnittliga livscykelutsläppen av växthusgaser från den flygfotogen företaget säljer i Sverige är minst 0,8 procent lägre än från standardflygbränsle. Reduktionen ska uppnås genom inblandning av biodrivmedel eller andra typer av förnybart drivmedel, t.ex. elektrobränsle. Ju lägre livscykelutsläppen från biodrivmedlet är, desto mindre volym behöver blandas i. Reduktionsplikten höjs 2022 till 1,7 procent och kommer därefter att till 2030 stegvis höjas till 27 procent, vilket antas motsvara 30 volymprocent.¹⁰

⁷ LTO-cykeln = flygplanets rörelser i anslutning till flygplatsen under 3000 fots höjd (ca. 915 meter), inklusive s.k. taxning, dvs. när flygplanet körs på marken

⁸ <https://www.easa.europa.eu/domains/environment/icao-aircraft-engine-emissions-databank>

⁹ <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/CORSIA-Eligible-Fuels.aspx>

¹⁰ Lagrådsremiss "Reduktionsplikt för flygfotogen" 201217

Statliga flygplatsbolaget Swedavia ger en bonus (Sustainable Aviation Fuel Incentive, riktad till flygbolagen) på 50 procent av extrakostnaden för sådant ”hållbart flygbränsle” som tankas utöver reduktionsplikts krav vid någon av företagets flygplatser.¹¹

I juli 2021 föreslog EU-kommissionen att en volymbaserad kvotplikt (se tabell 5.1) för Sustainable Aviation Fuels, SAF, ska införas på allt flygbränsle som tankas vid flygplatser inom EES.¹² Lagförslaget riktar sig till tre aktörer:

1. Drivmedelsbolagen föreslås från och med 2025 bli skyldiga att successivt öka volymandelen SAF i flygbränslet (tabell nedan).
2. Flygplatsägarna blir skyldiga att utrusta sina anläggningar med infrastruktur för hållbara flygbränslen och elektricitet.
3. Flygbolagen blir skyldiga att tanka minst 90 procent av bränslebehovet på avgångsflygplatserna.

Tabell 5.1: Kvotplikt enligt EU-kommissionens förslag

	Volymandel sustainable aviation fuels, SAF	varav ”synthetic SAF”
2025	2%	
2030	5%	0,7%
2035	20%	5%
2040	32%	8%
2045	38%	11%
2050	63%	28%

Samtliga dessa krav gäller endast vid flygplatser med mer än 1 miljon passagerare per år (i Sverige 2019 är det Kallax, Arlanda, Bromma, Skavsta, Landvetter och Sturup).

Bränsleskatter

En vanlig missuppfattning är att Chicago-konventionen förbjuder medlemsstaterna att beskatta flygbränsle, men det är inte korrekt. Det som istället hittills begränsat Sveriges (och övriga EU-länders) möjligheter att beskatta flygbränsle är dels EUs energiskattedirektiv, dels de bilaterala s.k. flygserviceavtal (ASA - Aviation Services Agreements) som medlemsländerna (i vissa fall parallellt med EU) har slutit med resten av världen. Enligt energiskattedirektivet får EUs medlemsländer fritt beskatta flygbränsle för inrikestrafik. Vid internationell luftfart är däremot bränsleskattning inte tillåten, med ett undantag: två eller flera länder inom EU har rätt att komma överens om att beskatta flygbränsle för trafik mellan länderna.¹³

I det stora lagstiftningspaket EU-kommissionen presenterade i juli 2021 föreslås stora förändringar. Kommissionen vill att nuvarande förbud mot att beskatta flygbränsle ersätts av en skyldighet för medlemsländerna att beskatta allt flygbränsle som används inom EES utifrån en miniminivå som länderna får överskrida. Länderna föreslås även få rätt att beskatta bränsle på samma sätt oavsett om flygplanet ska flyga inom EES eller från EES-området till någon annan del av världen. Dock föreslås det fortsatt vara förbjudet för medlemsstaterna att beskatta flygbränsle som används för renodlat fraktflyg. Den föreslagna minimiskatten är dock låg och föreslås dessutom fasas in över en 10-årsperiod. I kombination med den i tidigare stycke nämnda föreslagna skyldigheten att tanka minst 90 procent av bränslebehovet på avgångsflygplatsen, skulle det dock bli möjligt för medlemsstaterna att ta

¹¹ <https://www.swedavia.com/about-swedavia/incentive-programme-and-discounts/>

¹² Förslag till Europaparlamentets och rådets förordning om säkerställande av lika villkor för hållbar luftfart COM(2021)561

¹³ Denna regel gäller inte enbart EU-länderna utan alla länder som ingår i ECAA, European Common Aviation Area, som består av EU, Island, Lichtenstein och Norge samt de sex länder på Balkan som inte är medlemmar i EU.

ut mycket hög skatt på flygbränsle, eftersom möjligheterna att undkomma skatten genom att tanka vid någon annan flygplats än avgångsflygplatsen i stort sett elimineras.

EU och dess medlemsstater styr dock inte fullt ut över bränslebeskattningen. I huvuddelen av de drygt 40 s.k. horisontella flygserviceavtal (ASA), som EU ingått med länder utanför unionen, ingår ett förbehåll som uttryckligen tillåter beskattning av flygbränsle som förbrukats vid flygningar mellan länder inom EES. I det viktigaste avtalet, det s.k. Open Skies-avtalet med USA, finns dock ett förbehåll som innebär att om bränsleanvändningen på USA-registrerade flygplan ska beskattas, måste detta först godkännas av den gemensamma kommitté EU-USA som ska förvalta avtalet, dvs. USA kan sannolikt ensidigt stoppa en sådan åtgärd. De amerikanska flygbolag som främst påverkas av flygbränsleskatter inom Europa ägnar sig åt renodlat fraktflyg. Förklaringen till att kommissionen föreslår fortsatt förbud mot att beskatta flygbränsle för fraktflyg är sannolikt att man därigenom hoppas undvika en konflikt med USA.

Passagerarskatter

Genom att ta ut en skatt per passagerare kan flygtrafiken och därmed flygets klimatpåverkan dämpas. När Storbritannien 1994 blev först inom EU med en passagerarskatt ("Air Passenger Duty"), var inte syftet att minska flygets klimatpåverkan, utan att kompensera för att det visat sig ogörligt att ta ut mervärdesskatt på internationella flygbiljetter. Passagerarskatter finns numera i nio västeuropeiska länder, däribland Sverige. Mer än 60 procent av de flygresor som görs från flygplatser inom EU (inkl. Storbritannien) beräknas omfattas av någon typ av passagerarskatt. Skatterna är i samtliga fall differentierade efter flygdistanst och varierar från för korta sträckor (ofta definierade som "inom EU") 20-80 kronor per passagerare, till upp till 500-600 kronor per passagerare för långa distanser. Att införa passagerarskatter är betydligt enklare än bränsleskatt eller biljettmoms, eftersom det varken inom EU eller ICAO finns någon reglering.

Omkring 2010 övervägde den brittiska regeringen att ersätta passagerarskatten med en skatt per flygplan, bl.a. därför att en sådan lösning skulle stimulera flygbolagen att öka den s.k. kabinfaktorn och därmed minska koldioxidutsläppen per passagerare. Diskussionen ledde dock aldrig till något konkret förslag. Det är oklart om internationella avtal och EU-regler tillåter en sådan lösning.

Mervärdesskatt

De flesta EU-länder tar ut moms på inrikes flygbiljetter, men samtliga, även Sverige, har valt att undanta internationellt flyg. EU-lagstiftningen förbjuder inte mervärdesskatt på flygbiljetter, däremot är moms på flygbränsle och annan proviantering (mat som serveras ombord etc.) vid internationella flygningar inte tillåtet. Att ingen moms tas ut innebär att konsumtion av flygbiljetter gynnas framför annan konsumtion, en indirekt subvention. Införande av mervärdesskatt på internationella flygresor försvåras av att skatteuttaget är förknippat med betydande praktiska svårigheter (typ "Hur ska man momsbelägga biljetter som säljs via Internet?") som inte går att lösa utan revideringar av EUs momsdirektiv.

Marknadsbaserade styrmedel inom EU – utsläppshandel

Sedan 2012 ingår flygtrafiken i EUs utsläppshandelssystem, EU ETS, som i övrigt (efter Brexit) omfattar ca 10 500 stora energi- och industrianläggningar inom EES (EU27 samt Island, Lichtenstein och Norge). Formellt omfattas allt flyg till och från flygplatser inom EES, men i praktiken har systemet enbart tillämpats för flyg inom EES. Flyg från EES till Schweiz eller Storbritannien omfattas också. Trafik från Schweiz till EES omfattas istället av det schweiziska utsläppshandelssystemet. Samma lösning har införts för trafiken mellan Storbritannien och EES. Flygbolag med trafik inom EES måste vara registrerade i något EES-land, och är skyldiga att varje år redovisa koldioxidutsläppen från sin trafik inom EES-området till ansvarig myndighet i registreringslandet. I efterhand måste flygbolagen överlämna en utsläppsrätt per ton utsläppt koldioxid till EU-kommissionen, annars väntar höga böter.

Kommissionen utfärdar varje år nya utsläppsrätter enligt ett fastlagt schema. En andel av utsläppsrätterna delas ut gratis till vissa branscher som deltar i systemet, bl.a. flyget, resten säljs vid

offentliga auktioner. Utsläppsrätter säljs och köps på en andrahandsmarknad av företag, via mäklare och på börsen. Utgivningen av utsläppsrätter minskar år från år.¹⁴ Gratistilldelningen till flyget har hittills varit ca 32 miljoner utsläppsrätter per år, vilket kan jämföras med flygets utsläpp som 2019 var 68 miljoner ton. Flygsektorn har således tvingats köpa in mer än halva sitt behov av utsläppsrätter vid de offentliga auktioner som ordnas, från andra aktörer inom systemet eller av mäklare som handlar med utsläppsrätter. Längre låg priset på utsläppsrätter kring 5-6 euro per ton, men efter beslut om att ändra regelverket tagits i början av 2018 steg priserna på kort till till 20-25 euro per ton, och har därefter fortsatt att stiga till (mot slutet av 2021) 80 euro per ton.

Flygets andel av de totala utsläppen inom utsläppshandelssystemet är liten, men växer snabbt. 2013 kom 2,7 procent av utsläppen inom EU ETS från flyget, 2019 4,3 procent. Tidigare gavs nya utsläppsrätter ut enligt ett förutbestämt schema, men fr.o.m. 2019 gäller nya, komplicerade regler, den s.k. MSR-mekanismen. I korthet innebär den att antalet nya utsläppsrätter som varje år auktioneras ut påverkas av hur utsläppen från de s.k. stationära anläggningar som ingår (stora energi- och industrianläggningar) utvecklas. Flyget berörs dock inte av mekanismen. Hur stora de totala långsiktiga utsläppen från ETS-systemet kommer att bli, påverkas därför inte av hur flygets utsläpp utvecklas. Med nuvarande regelverk leder därför åtgärder som dämpar koldioxidutsläppen från flygtrafik inom EES – t.ex. den svenska reduktionsplikten eller nuvarande flygskatt – paradoxalt nog inte till att de totala, långsiktiga utsläppen från verksamheter inom EU ETS minskar.

I det stora klimatlagstiftningspaket ”Fit for 55”, som EU-kommissionen presenterade i juli 2021, föreslås ett antal förändringar av utsläppshandelssystemet som påverkar flyget:

- Gratistilldelningen till flygbolagen föreslås trappas ned och helt upphävas fr.o.m. 2027
- Den s.k. MSR-mekanismen föreslås omfatta även flygets utsläpp.
- Utgivningen av utsläppsrätter föreslås trappas ned betydligt snabbare och helt upphöra från 2040.
- Flygtrafik inom EES föreslås undantas från det globala utsläppskompensationssystemet CORSIA (se nedan).

Marknadsbaserade styrmedel globalt – CORSIA

Efter många och komplicerade turer beslöt ICAOs kongress 2016 att fr.o.m. 2021 starta utsläppskompensationssystemet CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation). Syftet är att neutralisera klimateffekten om koldioxidutsläppen från den internationella flygtrafiken blir större än de var 2019. Ökar utsläppen utöver denna nivå, blir flygbolagen skyldiga att finansiera klimatåtgärder utanför flygsektorn som kompenserar för ökningen. Kompensationskraven baseras på de genomsnittliga årliga utsläppen under treårsperioder – 2021-2023, 2024-2026 etc.

Deltagandet i systemet är frivilligt för ICAOs medlemsstater, och kompensationskravet gäller enbart utsläppsökningar från trafik mellan de länder som anslutit sig. Avsikten är att i princip alla länder ska delta fr.o.m. 2027. Systemet startade 2021 med en försöksfas som bl.a. alla EU-medlemmar och USA deltar i. Inledningsvis beräknas systemet omfatta knappt hälften av all internationell flygtrafik. För att hålla nere kompensationskravet kan flygbolagen tanka ”CORSIA Eligible Fuels”, förnybart flygbränsle som prövats särskilt inom ICAO, och som uppfyller ungefär samma hållbarhetskrav som gäller inom EU.

Den ökning av utsläppen över nivån 2019 som därefter återstår behöver flygbolagen kompensera genom att köpa in och redovisa ”CORSIA Eligible Emission Units” – utsläppsminskningskrediter som genererats av åtgärder inom ett antal, av ICAO granskade och godkända, klimatkompensationsprogram. Inledningsvis måste alla flygbolag kompensera samma andel av sina utsläpp, men efterhand knyts kraven mera direkt till de enskilda bolagens utsläpp. Avtalet om CORSIA gäller än så länge endast till 2035. Den kraftiga minskning av flygtrafiken – och därmed koldioxidutsläppen från den

¹⁴ I systemet finns två typer av utsläppsrätter: EUA, som kan utnyttjas av alla deltagare, samt EUAA, som t.o.m. 2020 endast kunde användas av flygbolagen. För närvarande (2021) är 2057 slutår för utgivningen av EUA. För EUAA är slutåret 2063.

internationella luftfarten – som följt av coronapandemin, väntas dämpa utsläppen under lång tid. De (osäkra) prognoser som gjorts indikerar att några kompensationskrav inom CORSIA inte kommer att uppstå vare sig under den första (2021-2023) eller den andra (2024-2026) avtalsperioden.¹⁵

Nyckelfråga för EU-länderna: EU ETS eller CORSIA?

Sedan CORSIA startade vid årsskiftet 2020/2021 omfattas flyg mellan EES-länderna av både CORSIA och EUs utsläppshandeln. Flygindustrin och många icke-europeiska ICAO-medlemmar anser att detta strider mot avtalet om CORSIA, och att EU därför måste plocka ut flyget ur utsläppshandeln. I sitt lagstiftningspaket från juli 2021 föreslår EU-kommissionen istället det motsatta, dvs. att flygtrafik mellan EES-länderna undantas från CORSIA. Huruvida ICAO och resten av världen kommer att acceptera en sådan förändring återstår att se. Beslutet kompliceras av att det formellt är EUs medlemsstater, inte EU, som anslutits till CORSIA, medan det krävs godkännande av både EUs regeringar och Europaparlamentet för att flyget ska kunna plockas ur EU ETS.¹⁶

¹⁵ <https://www.greenaironline.com/news.php?viewStory=2735>

¹⁶ Kommissionens förslag om att undanta intra-EES-flyg från CORSIA föreslås gälla först fr.o.m. 2022. Under åtminstone 2021 kommer flyg mellan EES-länderna därför att omfattas av bägge systemen. Eftersom den globala flygtrafiken under pandemin fallit kraftigt antar kommissionen att krav om kompensationsåtgärder under CORSIA kommer att uppträda först efter 2023.

6 Allmänhetens stöd för styrmedel som syftar till att minska flygets klimatpåverkan

I den här studien, ursprungligen publicerad i Larsson et al., (2020), analyserade vi allmänhetens acceptans (stöd) för olika typer av politiska styrmedel i Sverige. Acceptans är en central aspekt i utvärderingen av olika politiska alternativ. Det har blivit uppenbart, inte minst inom den globala klimatpolitiken, att sviktande acceptans underminerar politiska försök att införa nya politiska åtgärder eftersom beslutsfattare inte vill riskera missnöje och negativ opinion (Burstein, 2003; Wallner, 2008). Denna studie är dock begränsad till styrmedel som kan beslutas på nationell nivå. Internationell klimatpolitik som behöver stöd från många länder, såsom en förstärkning av EU:s ETS eller CORSIA, är inte inkluderat i studien. Även alternativet att beskatta flygbränslen är exkluderat i studien eftersom sådan beskattning för närvarande inte är tillåten inom EU och kan införas först om samtliga 27 regeringar inom unionen enas om detta (se avsnitt 5).

De sju politiska styrmedlen som jämfördes i denna studie valdes för att återspegla alternativen i den samtida debatten (tabell 6.1). Skatter för flygpassagerare har implementerats i många länder (Faber & Huigen, 2018) och gröna partier strävar efter höjda passagerarskatter. En brittisk miljöorganisation förespråkar en skattemodell som de kallar "frequent flyer levy" (A free ride, 2019) som är en variant av en progressiv flygskatt. Styrmedel som föreskriver en skyldighet att använda biodrivmedel, dvs reduktionsplikt, har implementerats i Norge (och nyligen även i Sverige). Personliga utsläppsrätter är en form av individualiserad cap-and-trade politik som också har föreslagits för flygresor specifikt (von Bahr m.fl., 2018). Investeringar i järnväg är ett vanligt förslag för att minska utsläppen från flygresor.

Tabell 6.1: Studerade styrmedelsalternativ för flyget.

Kortnamn	Formulering i enkät
Passagerarskatt	I samhällsdebatten har flygets negativa påverkan på klimat och miljö diskuterats. Ett förslag som då framförts är att öka passagerarskatten på flygresor till 200 kr för resor inom EU och 1300 kr för längre resor i syfte att minska denna negativa klimatpåverkan. Intäkterna från den höjda flygskatten kommer att användas för att sänka skatter med lika många kronor för alla skattebetalare oavsett hur mycket man flyger.
Progressiv passagerarskatt	Ett annat förslag som framförts är att samtliga svenska medborgare får göra en flygresa per år med dagens skattenivå, men att skatten för ytterligare flygresor höjs till 400 kr för resor inom EU och 2600 kr för längre resor.
Personliga utsläppsrätter	Ett annat förslag som framförts är att inrätta personliga utsläppskonton för samtliga svenska medborgare, som tillåter utsläpp från en viss mängd flygresande per person och år. Om man vill flyga mer så får man köpa utsläppsrätter från någon som inte flyger.
Reduktionsplikt	Ett annat förslag som framförts är att lagstifta om att flygbranschen måste använda minst 5% biobränsle i flygplanen, vilket också innebär en höjning av biljettpiserna.
Subvention snabbtåg	Ett annat förslag som framförts är att använda statliga medel för att investera i en omfattande utbyggnad av snabbtåg mellan Göteborg, Malmö och Stockholm.
Subvention nattåg	Ett annat förslag som framförts är att använda statliga medel för en utbyggnad av nattåg till bland annat Tyskland och Frankrike.
Klimat-deklaration	Ett annat förslag som framförts är att införa obligatorisk klimatdeklaration på flygannonser på liknande sätt som idag gäller för bilreklam. Det skulle kunna se ut så här: "Klimatpåverkan från denna resa motsvarar 2,3 ton koldioxid, vilket är jämförbart med vad en bil i snitt släpper ut under 12 månader."

I den här studien har vi inkluderat två separata förslag, subventioner för höghastighetståg och för nattåg, eftersom båda dessa två alternativ diskuteras i den svenska klimatdebatten. Slutligen ingår ett

informationsstyrmedel i form av obligatorisk klimatdeklaration på flygannonser (SOU 2019:11; von Bahr et al., 2018; Åkerman et al., 2016).

De specifika forskningsfrågorna är:

1. Hur varierar acceptansen mellan olika typer av politiska styrmedel?
2. I vilken utsträckning påverkas acceptansen av (a) faktorer kopplade till den enskilde, som normer, klimatoro, politisk ideologi och förtroende, och (b) styrmedelsspecifika föreställningar ("policy-specific beliefs"), såsom upplevd effektivitet, rättvisa och konsekvenser för personlig frihet?

Dataunderlaget i studien kommer från en online-undersökning som ingår i den svenska medborgarpanelen som administrerats av Laboratoriet för opinionsforskning vid Göteborgs universitet (www.lore.gu.se). Fältarbetet varade i 26 dagar, från 12 september till 7 oktober 2018. Ett bruttourval på 7500 respondenter användes, stratifierat efter ålder, kön och utbildning baserat på data från SCB. Efter två påminnelser nåddes svarsfrekvensen 60%. Deltagarurvalet är förhållandevis representativt för den svenska vuxna befolkningen med en liten överrepresentation av män (52%). Åldersintervallet för urvalet är från 18 till 70 år, med ett medelvärde på 47 år. 27% av respondenterna har avslutat tre års högre utbildning eller mer.

Den huvudsakliga beroende variabeln, politiskt stöd (acceptans), mättes av en fråga som ber respondenterna att ange sin inställning till styrmedelsförslaget ("Om du tänker på förslaget i sin helhet. Vilken är din inställning till detta förslag?") På en skala från 1 (mycket negativt) till 7 (mycket positivt) där 4 är skalans mittpunkt. Därefter undersöktes också respondenternas uppfattningar om konsekvenserna av den föreslagna politiken med avseende på i vilken utsträckning de tyckte att förslaget var rättvist och effektivt, och huruvida det påverkade deras personliga frihet negativt. Alla svar gavs i en 7-punkts skala (mycket orättvis / mycket rättvis, mycket ineffektiv / mycket effektiv, ingen negativ inverkan alls / avsevärd negativ inverkan).

Därefter ställdes ett antal andra frågor för att fånga upp andra faktorer som tidigare litteratur visat har betydelse för styrmedelsacceptans (Matti, 2015): Klimatoro ("Jag är orolig för förändringar i det globala klimatet"), personliga normer ("Jag känner en moralisk plikt att göra något åt klimatproblemet"), politisk-ideologisk inriktning ("Det sägs ibland att politiska åsikter kan placeras på ett vänster-höger-skala. Var skulle du placera dig på en sådan vänster-höger-skala?"), och institutionellt förtroende (ett index bestående av respondentens nivå tillit till svenska parlamentet, svenska regeringen, svenska myndigheter och politiska partier). Slutligen inkluderades ett antal ytterligare kontrollvariabler i undersökningen: uppfattning om sociala normer ("Människor runt omkring mig ser det som viktigt att göra något åt klimatproblemet"), kön, ålder, utbildning, inkomst, bostadsort och antal flygresor per år.

Som illustreras i figur 6.1 sträcker sig medel för allmänhetens stöd till de olika styrmedelsförslagen från 3,25 till 5,08 på en skala från 1 till 7. Man bör dock komma ihåg att eftersom vårt urval inte är helt representativt för den svenska befolkningen bör den absoluta acceptansnivån för ett specifikt styrmedel tolkas med försiktighet. När vi jämför stödet för de olika förslagen ser vi att styrmedlen med subventioner till höghastighetståg och nattåg är bland de mest populära. Det är knappast förvånande av flera skäl. Ett antal tidigare studier har visat att pull-åtgärder som försöker presentera alternativ till ohållbart beteende vanligtvis stöds i större utsträckning än push-åtgärder som bestraffar den negativa effekten av ett beteende, helt enkelt eftersom de innebär en lägre direkt personlig kostnad (vår frågeformulering anger att skatteintäkter används för att finansiera tågsubventionerna) (Jagers & Matti, 2010). En annan tolkning är att människor kan se införandet av alternativa transportsätt som avgörande för att uppnå minskade utsläpp.

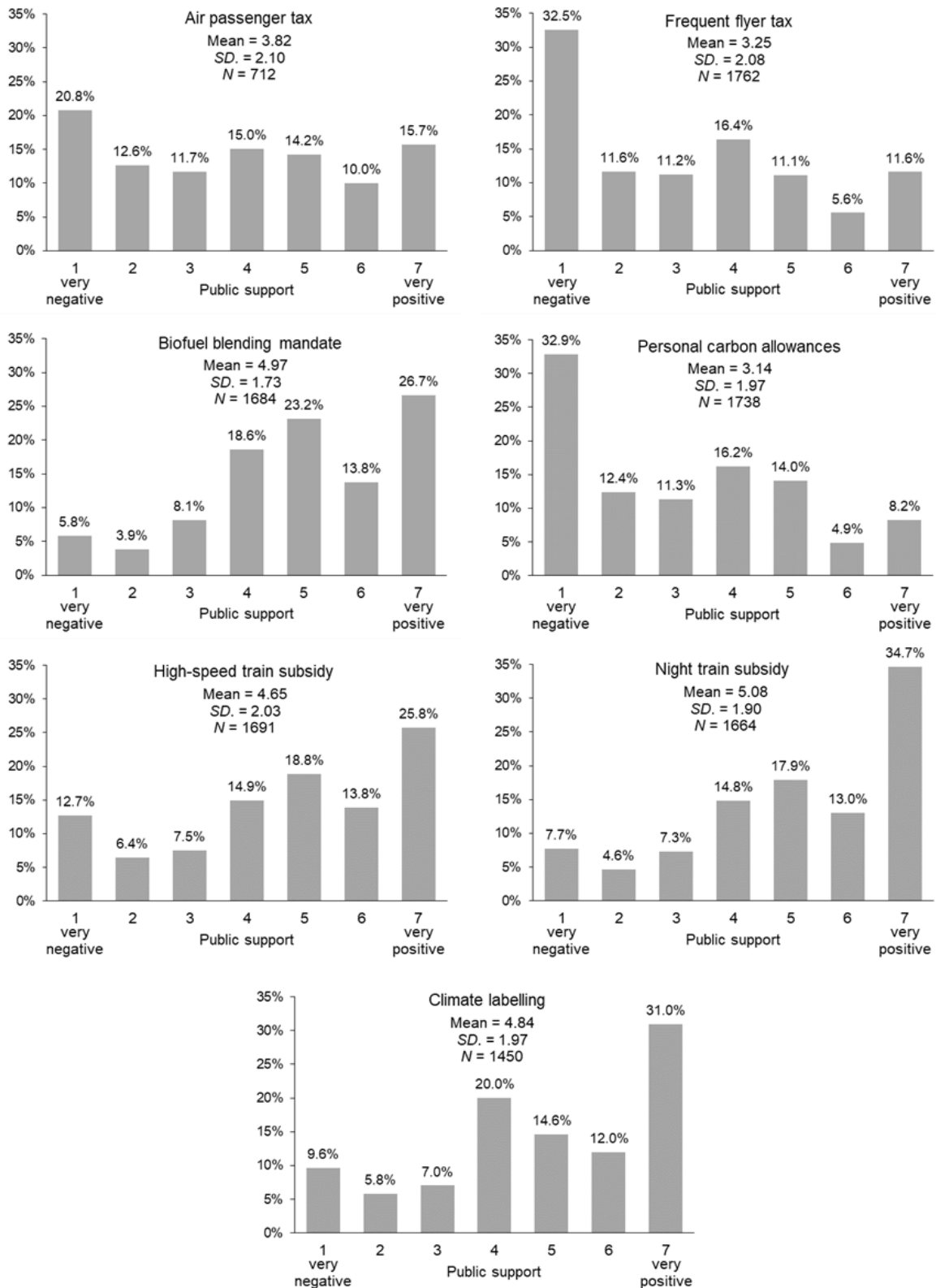
Reduktionsplikt för biobränsleiblandning har också en relativt hög popularitet och som framgår av figur 6.1 är andelen respondenter med negativa attityder (1-3 på skala 1-7) endast 18%, vilket är lägre

än för någon av de andra politiska åtgärderna. Biodrivmedel ses generellt i debatten i Sverige som ett bra sätt att minska växthusgasutsläppen och denna politiska åtgärd lägger också bördan mer direkt på flygindustrin, vilket tidigare har visat sig leda till starkare stöd än politik riktad mot individer (Kantenbacher et al., 2018). Inte överraskande är mjuka politiska instrumentet för klimatdeklaration också relativt populärt. Återigen lockar detta en högre nivå av stöd jämfört med mer tvingande och dyrare åtgärder. Det relativt låga stödet för att personliga utsläppsätter kan förklaras på ett liknande sätt. Denna åtgärd kan få drastiska konsekvenser för individer med behov och/eller önskan om ett omfattande resande.

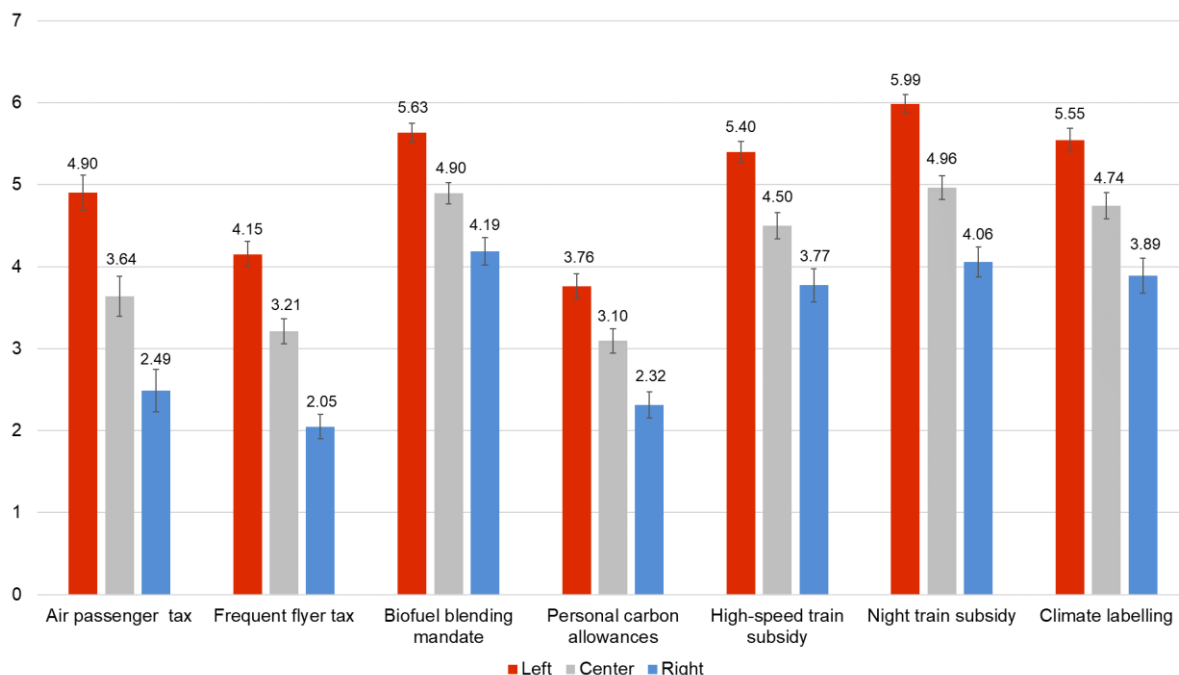
Den föreslagna passagerarskatten är också relativt impopulär, troligen åtminstone delvis på grund av den föreslagna höjningens omfattning (1300 kr för interkontinentala flygningar, en fyrfaldig höjning av den nuvarande skattenivån). Vi testade också en annan alternativ design för ett skattepolitiskt instrument: en progressiv passagerarskatt, där den första resan på ett år inte medför någon skatt, men där varje ytterligare resa skulle få en dubbelt så hög skatt (2600 kr för interkontinentala flygningar). Det totala stödet för den progressiva passagerarskatten var dock lägre i alla grupper än för den vanliga passagerarskatten, oavsett hur mycket folk flyger. Det bör noteras här att den progressiva passagerarskatten är en nyare styrmedelsidé än de flesta andra styrmedel som ingår i analysen och att bristande kännedom kan ha påverkat respondenternas attityd.

Om vi tittar på frekvensen av olika svar i figur 6.1 kan vi se att de är långt ifrån normalfördelade. För de flesta styrmedlen är den neutrala positionen (4) vanligare än de måttligt negativa (2, 3) och måttligt positiva (5, 6), men vi ser också höga frekvenser för de mer extrema positionerna (1, 7). I synnerhet fick de styrmedel som medför direkta kostnader för resenären (de två skatteförslagen och personliga utsläppsätter) en stor andel mycket negativa svar (1), medan subventioner till nattåg och klimatmärkning fick mer än 30% mycket positiva svar (7).

Nästa steg i analysen var att utforska den roll som vänster-höger-politisk inriktning spelar för acceptans av styrmedlen. I praktiken behöver politiska förslag antas av en parlamentarisk majoritet och valda beslutsfattare är känsliga för attityder bland väljarna. Således kan politiska förslag med relativt brett stöd från väljare över det ideologiska spektrumet ha större chanser att genomföras och att bibehållas i framtiden. Resultaten visar att respondenter med en politisk inriktning till vänster i genomsnitt är betydligt mer positiva gentemot alla politiska instrument än respondenter med en politisk inriktning i centrum, som i sin tur är mer positiva än respondenter till höger. De största skillnaderna i genomsnittligt stöd efter politisk inriktning hittades för passagerarskatt, följt av subventioner till nattåg och progressiv passagerarskatt.



Figur 6.1: Acceptansnivåer för sju olika styrmedelsförslag (skala 1-7). Fråga: "Om du tänker på förslaget i sin helhet. Vilken är din inställning till detta förslag?" Skala 1-7 där 1 är mycket negativ och 7 är mycket positiv.



Figur 6.2: Styrmedelsstöd längs vänster-höger-skalan. Staplarna visar medelvärden och inkluderar 95% konfidensintervall.

För att utforska skillnader i förklaringsfaktorerna till stödet för olika styrmedel gjordes också ett antal regressionsanalyser. Dessa analyser genomfördes för var och en av de olika styrmedelsåtgärderna i undersökningen och delar många egenskaper. Oro för klimatförändringar, en personlig norm för att agera på ett mer klimatvänligt sätt, en politisk-ideologisk inriktning till vänster och höga nivåer av institutionellt förtroende korrelerar med stöd för alla olika styrmedelsförslag. Respondenter med en politisk orientering till höger stöder genomgående mindre politiska ingripanden än väljare till vänster, men effekten är större för de två skatteförslagen och tågsubventionerna, som medför betydande statlig intervention. Reduktionsplikten framstår som ett mindre polariserande förslag.

Som man kunde förvänta sig så är respondenter som flyger mycket genomgående mer negativa än andra till åtgärder som skulle innebära ytterligare kostnader för flygresor, särskilt för de två förslagen om skatter, men också avseende reduktionsplikt och personliga utsläppsrätter. Slutligen visade sig sociodemografiska variabler ha små effekter i allmänhet. Det mest anmärkningsvärda undantaget är för subventioner till snabbtåg, där respondenter i storstäderna var starkt för, medan landsbygdsrespondenter var starkt emot. Subventioner till snabbtåg är också det enda förslaget där ålder är en viktig variabel, där unga respondenter är betydligt mer positiva än äldre respondenter. Båda resultaten kan förklaras av egenintresse, eftersom debatten i Sverige om nya höghastighetsjärnvägsnät har koncentrerats kring anslutningen av Sveriges tre huvudstäder och byggandet av nya höghastighetstågnät kan ta flera decennier att avsluta. Kvinnor tenderar att vara något mer positiva gentemot alla styrmedel, men ingen av dessa korrelationer har en hög statistisk signifikans. Social klass, representerad av personlig inkomst och utbildningsnivå, har låg statistisk betydelse för samtliga styrmedelsförslag.

I en andra modell inkluderade vi också variabler för i vilken utsträckning åtgärderna upplevs vara rättvisa, effektiva och påverka den personliga friheten. När dessa variabler inkluderades. I synnerhet uppfattningar om rättvisa och effektivitet visade sig vara mycket starka förklaringsfaktorer för det övergripande stödet för en specifik politisk åtgärd. Det bivariata sambandet mellan politiskt stöd och rättvisa varierar mellan 0,77 och 0,84 och för effektivitet mellan 0,70 och 0,75. Intressant är dock att i vilken utsträckning genomförandet av en styrmedelsåtgärd förväntas påverka den egen personliga friheten inte var kopplat till individens övergripande stöd. Dessa mönster är likartade för alla politiska

alternativ: rättvisa är den absolut starkaste förutsägaren, medan frihet inte är det. Dessa resultat är påfallande lika, även om vi inkluderade en rad mycket olika styrmedelsåtgärder.

Det starka sambandet mellan övergripande stöd och uppfattningar om rättvisa bör undersökas närmare i framtida forskning. Dels behövs mer kunskap om vad människor anser vara ett rättvist styrmedel och enligt vilken rättvis princip de utvärderar detta (t.ex. behov, jämlikhet, nytta) för att bättre förstå hur uppfattningarna om orättvisa kan förändras genom styrmedelsutformning. Vi behöver emellertid också bättre metoder för att skilja stöd från styrmedelsspecifika övertygelser och för att belysa orsakssambanden mellan dem. Kort sagt, är uppfattningar om rättvisa en drivkraft för acceptans av politiken ("det är rättvist, därför stöder jag det"), eller till och med en del därav ("rättvist är lika med stöd")? Eller används styrmedelsspecifika övertygelser istället för att motivera individens övergripande attityd ("Jag stöder det för att det är rättvist")?

7 Strategiska val och styrmedel om klimatmålen ska uppnås

I detta avsnitt drar vi slutsatser kring vägen framåt under förutsättning att Parisavtalets klimatmål ska nås och att förändringar avseende det långväga resandet ska bidra till detta. I avsnitt 7.1 behandlas några centrala vägval vad gäller bland annat investeringar och val av bränsle. I avsnitt 7.2 presenteras ett förslag till övergripande styrmedelsstrategi som bygger på forskningen inom detta projekt samt externa källor.

7.1 Ett långväga resande i linje med klimatmålen – Strategiska val

Behovet av flygplatskapacitet

I scenarierna minskar svenskars flygresande med mellan 38 och 59% per capita jämfört med 2017 års nivå. Utgångspunkten är att Parisavtalet tolkas så att den globala uppvärmningen med 67% sannolikhet begränsas till 1,8 grader. En följd av det minskade flygresandet är att det i scenarierna inte finns något behov av ökad flygplatskapacitet i Sverige och i andra liknande länder. Mer specifikt innebär det att det sannolikt inte skulle finnas något behov av flera rullbanor på Arlanda även om hela Brommas trafik skulle flyttas över dit (se även avsnitt 4.4).

Överflyttning från flyg till tågresor

Vi kan konstatera att den direkta effekten på flygresandet av att bygga höghastighetsbanor i Sverige är relativt liten. Utan ändringar av preferenser vad gäller restid och val av resmål blir minskningen av den svenska befolkningens totala flygresande (inrikes och utrikes) ca 2%. Effekten bli större om tåg och flyg kombineras i samma resa, dvs att för slutdestinationer söderut eller västerut så sker första resan med tåg till Öresundsregionen för att sedan fortsätta med flyg. Om 50% av alla sådana resor inleddes och avslutades med tåg skulle ytterligare (utöver höghastighetsbanornas effekt i sig) drygt 4% av det totala svenska flygresandet kunna ersättas. En sådan strategi är inte beroende av höghastighetståg, men tröskeln skulle minska med lägre restider till Öresundsregionen (se avsnitt 3).

Covid-19, digitala möten och minskade tjänsteresor

Antalet avresande passagerare från svenska flygplatser minskade under 2020 med 74% huvudsakligen till följd av Covid-19 (Swedavia, 2021). Flygresandet minskade dock även 2019, troligen delvis som en följd av en mer utbredd vilja att minska sin egen klimatpåverkan. Hur den underliggande reseefterfrågan (givet en viss styrmedelspalett) kommer att se ut framöver är osäkert. Då den tidigare huvudsakliga barriären för att ersätta tjänsteresor med digitala möten var en ovana vid sådana möten, kommer sannolikt en betydande minskning av tjänsteresandet att bestå även efter pandemin (Trafikanalys, 2020). Detta kommer att påverka de flygrutter där tjänsteresandet har en stor andel, inte minst inrikesresande med flyg.

Framtidens flygbränsle

När det gäller bränslen för flyget finns det tre huvudkandidater: drop-in biobränslen, drop-in elektrobränslen och väte. Batteridrivna elflygplan kan komma att utgöra en nischteknik för de kortaste avstånden. Drop-in bränslen har fördelen att de inte kräver nya flygplan och bränsle-distributionssystem. Detta förkortar ledtiden för deras implementering avsevärt. Å andra sidan kan biobränslen förväntas bli en allt knappare resurs då de flera samhällssektorer efterfrågar dessa samtidigt som tillgången är begränsad. Elektrobränslen är elintensiva, kommer att vara relativt dyra och dessutom används koncentrerade strömmar av koldioxid som kan behövas för att uppnå negativa utsläpp genom koldioxidlagring. Väte kan produceras från sol eller vind till en något lägre kostnad än elektrobränslen och begränsas inte av konkurrensen om koncentrerade strömmar av CO₂. Denna väg kräver dock en fullständig förnyelse av den globala flygplansflottan, vilket skulle ta åtskilliga decennier, även om incitament för förtida skrotning av flygplan införs. Viss biobränsleanvändning, åtminstone de närmaste åren, är ett gemensamt drag för alla scenarier som beskrivs i avsnitt 4. Det är centralt att inom de närmaste åren skapa en enighet inom branschen om vad som ska komma därefter, vare sig det är mer biodrivmedel, en kombination med elektrobränslen eller en övergång till väte.

7.2 Internationella och nationella åtgärder/styrmedel för att nå klimatmålen

Här drar vi slutsatser vad gäller lämpliga åtgärder/styrmedel för att nå scenarier liknande de som presenterats i avsnitt 4. Dessa rekommendationer om hur klimatmålen kan nås bygger på tidigare avsnitt, rapporter inom detta projekt samt externa källor.

Framgångsrika styrmedelspaket behöver uppnå (1) effektivitet med avseende på måluppfyllelse (2) acceptans hos beslutsfattare och medborgare (3) kostnadseffektivitet och (4) praktiskt och juridisk genomförbarhet (Hedegaard Sørensen et al., 2014). Förbättrade tågalternativ och inblandning av biobränsle verkar ha ett högre stöd hos de den svenska allmänheten än passagerarskatter och andra ekonomiska styrmedel (se avsnitt 6). Detta är i linje med etablerad kunskap som visar att pull-åtgärder är mer populära än push-åtgärder. Samtidigt är starka push-åtgärder nödvändiga om klimatmålen ska nås. Mot bakgrund av vår acceptansstudie (avsnitt 6) och dessa kriterier kan vi dra slutsatsen att följande tre policyområden behöver kombineras:

1. Förbättrade alternativ för klimatsmart mobilitet/tillgänglighet
2. Effektivare internationella styrmedel
3. Stärkta nationella styrmedel fram till dess att kraftfulla internationella styrmedel har förverkligats

Nedan redogör vi för våra slutsatser inom dessa policyområden:

1. Förbättrade alternativ för mobilitet/tillgänglighet

En åtgärd som snabbt kan förverkligas är att stimulera attraktiva nattågsförbindelser till städer som Berlin, Bryssel, Amsterdam och Paris med få eller inga byten. Den direkta effekten på kort sikt är begränsad, men förbättrad alternativ mobilitet kan även ge ökad acceptans för starkare ekonomiska styrmedel såsom passagerarskatten för flygresande. I takt med förbättrad infrastruktur, t ex tåg-tunneln mellan Danmark och Tyskland, har nattåg i framtiden en potential att ta ökande marknadsandelar (Curtale et al., forthcoming). Investeringskostnaden – att köpa nya nattåg - är också förhållandevis liten jämfört med att bygga ny infrastruktur. Vi har vidare identifierat kombinerade resor med tåg och flyg som ett segment med potential att minska klimatpåverkan.

När det gäller utvecklingen av järnvägssystemet så har flera omvärldsfaktorer förändrats avsevärt de senaste åren, bland annat allt bättre utsikter för elektrifiering av vägsektorn och en tilltagande brådska i klimatfrågan. I en till detta projekt angränsande rapport analyseras fyra olika alternativ för utbyggnad av höghastighetsbanor. Det konstateras där att risken är överhängande att de minskade utsläppen genom överflyttning till tåg när banorna är klara inte kommer att kunna kompensera den negativa klimateffekten från byggfasen (Åkerman och Höjer, 2021). Av dessa skäl behövs en ny utredning som tar ett helhetsgrepp på hur det svenska järnvägssystemet ska kunna utvecklas och bidra till att utsläppen av växthusgaser, på ett kostnadseffektivt sätt, minskar snabbt de närmaste 10-20 åren. Åtgärder som behöver utredas är bland annat ökad kapacitet per tåg (genom längre tåg och dubbeldäckare), förlängda perronger och förbigångsspår, samt satsningar på moderna nattåg.

Pandemin Covid-19 har inneburit ett ofrivilligt försök vad gäller storskaligt ersättande av långväga resor med digitala möten. Då det största hindret tidigare varit en ovana vid digitala möten kommer dessa mötesformer sannolikt fortsatt att vara populära även efter pandemins slut. Digitala mötesformer kan stimuleras ytterligare exempelvis genom utvecklade mötespolicies inom offentliga såväl som privata organisationer, samt ytterligare teknisk utveckling (bl.a. VR-teknik).

2. Effektivare internationella styrmedel

Intentionen bakom CORSIA var att det skulle vara ett heltäckande styrmedel för allt internationellt flygresande. Inom EU finns dock redan ett styrmedel, ETS, för flygtrafik mellan EES-länderna. Då CORSIA är ett mycket svagt styrmedel i förhållande till ETS är det viktigt att Sverige agerar inom EU för att flyget ska ligga kvar inom ETS. Därutöver är det angeläget att sänka banan för tilldelning av utsläppsrätter för hela ETS-systemet, vilket också borde vara logiskt när EU nu skärpt målet för

utsläppsminskningar till 2030 från -40% till -55% (jämfört med 1990). De höga priserna på utsläppsrätter (december 2021) kan dock minska sannolikheten för en sådan skärpning. Då flygresor som företas inom EU inte kan utföras utanför EU bör flygets gratistilldelning av utsläppsrätter slopas, eller i varje fall minska betydligt.

I juli 2021 föreslog EU-kommissionen att en volymbaserad kvotplikt för Sustainable Aviation Fuels, SAF, ska införas på allt flygbränsle som tankas vid flygplatser inom EES. Lagförslaget huvudpunkt är att drivmedelsbolagen blir skyldiga att successivt öka volymandelen av förnybart innehåll i flygbränslet enligt tabell 7.1 nedan

Tabell 7.1: Kvotplikt enligt EU-kommissionens förslag

	Volymandel sustainable aviation fuels, SAF	varav "synthetic SAF"
2025	2%	
2030	5%	0,7%
2035	20%	5%
2040	32%	8%
2045	38%	11%
2050	63%	28%

Dessa krav gäller endast vid flygplatser med mer än 1 miljon passagerare per år (i Sverige 2019 är det Kallax, Arlanda, Bromma, Skavsta, Landvetter och Sturup).

I internationella fora bör Sverige också arbeta för att på sikt få till stånd ett kraftfullt globalt styrmedel för att minska flygets klimatpåverkan. Det är i dagsläget oklart om det går att utveckla CORSIA till något som är i linje med Parisavtalet eller om det behövs något helt nytt, exempelvis en global utsläppshandel eller någon form av globalt harmoniserad bränsleskatt. Det borde vara möjligt för EU att utveckla koordinerade lösningar kring flygets klimatpåverkan med t.ex. USA, men kanske även Kina.

Slutligen är det centralt att minska flygets höghöjdseffekter, den klimatpåverkan flyget orsakar genom bildandet av kondenstrimmor och cirrusmoln (contrail cirrus) samt utsläpp av kväveoxider. Nyligen presenterades i denna fråga en rapport beställd av EU-kommissionen. Några åtgärder för minskade höghöjdseffekter som där analyserades var en kväveoxidavgift, minskad aromathalt i flygbränsle, användande av alternativa flygbränslen samt ändrade flygvägar horisontellt och/eller vertikalt för att undvika bildning av kondenstrimmor och cirrusmoln (European Commission, 2020). I denna rapport hävdades att ändrade flygvägar är möjligt på interkontinentala rutten men att det skulle vara svårt inom Europas hårt trafikerade luftrum. Med färre flygrörelser skulle systemets flexibilitet och möjligheterna att klimatanpassa ruttvalen förbättras.

3. Stärkta nationella styrmedel till dess att kraftfulla internationella styrmedel har förverkligats

Trots dagens styrmedel (främst passagerarskatt och EU ETS) har flyget en betydligt lägre klimatkostnad än vägsektorn och dessutom läggs ingen moms på utrikesflyg och bara 6% på inrikes flyg-, tåg- och bussresor (Åkerman et al., 2016). Cirka två tredjedelar av utsläppen från svenska befolkningens flygresor sker dessutom utanför EU ETS och berörs därför inte av systemet¹⁷.

¹⁷ Egna beräkningar baserat på resvaneundersökningen "Svenskars resande" (data för 2017 från SCB/Tillväxtverket). Cirka 57% av transportvolymen (pkm) går till destinationer utanför EEA, här ingår direktflyg men också flygsträckan efter transfer inom EEA (23% gör en transfer inom EEA och vi antar att resan innan transfer är 1000 km, se Kamb et al., 2018). Total

Höghöjdseffekterna innefattas inte alls av EU ETS. Även med en fördubblad svensk passagerarskatt – en liknande nivå som Schweiz och Storbritannien har idag – skulle flyget fortfarande gynnas skattemässigt i förhållande till vägsektorn, men skillnaden skulle ha minskat (Åkerman et al., 2016). Det är viktigt att analysera hur mycket klimatnyttan förändras av att en viss överflyttning skulle ske till flygplatser i Danmark och Norge, samt att analysera regionalpolitiska effekter. En möjlighet kan vara att undanta delar av Norrland samt Gotland från hela passagerarskatten (inte bara höjningen). Detta skulle endast marginellt minska skattens klimatnytta.

När det gäller den införda reduktionsplikten för flyget i Sverige och den av EU-kommissionen föreslagna kvotplikten finns några viktiga överväganden att göra för att säkerställa en tillräckligt god klimateffekt. Klimatnyttan av biobränslen är oklar och varierar kraftigt beroende på råvara. För det första krävs att biobränslen inte bidrar till avskogning och att de ger god klimatnytta även i ett kortare tidsperspektiv, dvs på 10-20 års sikt, när förändrade kolsänkor samt indirekta effekter på markanvändning tas med i beräkningarna. Ny forskning som direkt mäter koldioxidutbytet mellan skog och atmosfär visar att gamla skogar fortsätter att ta upp och binda koldioxid. Dessutom är skogsmark en nettokälla till utsläpp under 10–12 års tid efter en kalhuggning och det tar ungefär lika lång tid innan den växande ungskogen har kompenserat för dessa utsläpp. Det innebär att en kalhuggen skogsmark inte börjar göra klimatnytta förrän efter cirka 25 år (Rummukainen, 2021). Det finns också forskning som pekar på att även om GROT (grenar och toppar), som annars legat kvar i skogen, används för att tillverka biobränsle, så tar det 25-40 år innan man når ”break even” vad gäller GWP jämfört med ett fossilt bränsle (Holmgren et al., 2007).

En annan aspekt att ta hänsyn till är att klimateffekten blir olika beroende på om biobränslen används inom respektive utanför EU ETS. *Utanför* ETS får man en direkt effekt på utsläppen (*om* reservationerna i föregående stycke kunnat tillgodoses). Användning *inom* ETS riskerar dock på grund av ”vattensängseffekten” att inte ge någon nettoeffekt alls på koldioxidutsläppen. Det kan sålunda finnas skäl till att om möjligt utforma reduktionsplikten så att så mycket som möjligt av inblandningen av biodrivmedel sker i flygningar till destinationer som inte omfattas av EU ETS (ev. skulle dock kostnaderna för detta kunna fördelas proportionellt mellan alla flygplan som tankar vid svenska flygplatser).

Flera av ovannämnda aspekter analyseras vidare i vårt nu pågående fortsättningsprojekt ”På väg mot ett klimatneutralt långväga resande 2045 - teknik, resmönster, höghöjdseffekter”.

klimatpåverkan inklusive höghöjdseffekten har beräknats genom att multiplicera CO₂- utsläppen med 1,7 för utrikesresor och 1,3 för inrikesresor.

8 Referenser

- A free ride, 2019. www.afreeride.org.
- Azar, C., Johansson, D., 2012. Valuing the non-CO₂ climate impacts of aviation. *Climatic change*, 111(3), 559-579. doi:10.1007/s10584-011-0168-8
- Burstein, P., 2003. The impact of public opinion on public policy: A review and an agenda. *Political research quarterly*, 56(1), 29-40.
- Curtale, R., Larsson, J., Nässén, J., (forthcoming). Renaissance of night trains in Europe? Factors influencing choices between train and flight.
- Danaei, S., 2016. Personal communication: Survey data for the share of departing passengers from Kastrup, Denmark that are Swedish residents.
- Dobruszkes, F., Dehon, C. and Givoni, M. (2014) 'Does European high-speed rail affect the current level of air services? An EU-wide analysis', *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Elsevier, 69, pp. 461–475. doi: 10.1016/j.tra.2014.09.004.
- European Commission, 2020. Updated analysis of the non-CO₂ climate impacts of aviation and potential policy measures pursuant to EU Emissions Trading System Directive Article 30(4)
- Faber, J., Huigen, T., 2018. A study on aviation ticket taxes. Hämtad från www.cedelft.eu:
- Gössling, S., Upham, P., 2009. *Climate change and aviation - Issues, Challengers and Solutions*. London: Earthscan.
- Gössling, S., Cohen, S. A., Hares, A., 2016. Inside the black box: EU policy officers' perspectives on transport and climate change mitigation. *Journal of transport geography*, 57, 83-93.
- Hedegaard Sørensen, C., Isaksson, K., Macmillen, J., Åkerman, J., Kressler, F., 2014. Strategies to manage barriers in policy formation and implementation of road pricing packages. *Transportation Research Part A. Special Issue: Policy and Practice: Addressing transport policy challenges through Policy-Packaging*
- Holmgren, K., Eriksson, E., Olsson, O., Olsson, M., Hillring, B., Parikka, M., 2007. Biofuels and climate neutrality – system analysis of production and utilisation. *Elforsk rapport 07:35*.
- IATA, 2015. WATS 59 - World Air Transport Statistics. 2015 Edition. Hämtad från www.iata.org:
- ICAO, 1993. ICAO resolution. Document 8632. Hämtad från www.icao.int:
- ICAO, 2008. Annual Report of the Council: 2007. Hämtad från www.icao.int:
- ICAO, 2013. ICAO Environmental Report 2013. Aviation and Climate Change. In. www.icao.int.
- ICAO, 2015. Annual Report of the Council: 2014, Appendix 1, Tables relating to the world of air transport in 2014. Hämtad från www.icao.int: <http://www.icao.int/annual-report-2014/Pages/appendices.aspx>
- ICAO, 2018. Annual Report of the Council: Presentation of 2017 Air Transport Statistical Results. Hämtad från https://www.icao.int/annual-report-2017/Documents/Annual.Report.2017_Air%20Transport%20Statistics.pdf

- IEA, 2016. Database. World: Oil. Hämtad från <http://www.iea.org/statistics/statisticsearch/report/?year=2013&country=WORLD&product=Oil>
- IPCC, 2006. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Hayama, Japan: Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- IPCC, 2007. Mitigation of climate change -Contribution of working group III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press.
- Jagers, S. C., Matti, S., 2010. Ecological citizens: Identifying values and beliefs that support individual environmental responsibility among Swedes. *Sustainability*, 2(4), 1055-1079.
- Kamb, A., Larsson, J., Åkerman, J., 2018. Klimatpåverkan från svenska befolkningens flygresor 1990 – 2017 Hämtad från <https://research.chalmers.se/en/publication/506796>
- Kander, A., Jiborn, M., Moran, D. D., Wiedmann, T. O., 2015. National greenhouse-gas accounting for effective climate policy on international trade. *Nature Climate Change*, 5(5), 431-435.
- Kantenbacher, J., Hanna, P., Cohen, S., Miller, G., Scarles, C., 2018. Public attitudes about climate policy options for aviation. *Environmental Science & Policy*, 81, 46-53. Larsen, G. R., Guiver, J. W., 2013. Understanding tourists' perceptions of distance: A key to reducing the environmental impacts of tourism mobility. *Journal of Sustainable Tourism*, 21(7), 968–981. <https://doi.org/10.1080/09669582.2013.819878>
- Larsson, J., Åkerman, J., Elofsson, A., Sterner, T., 2019. International and National Climate Policies for Aviation: A review. *Climate Policy* 2019, VOL. 19, NO. 6, 787–799.
- Larsson, J., Kamb, A., Nässén, J., Åkerman, J., 2018. Measuring greenhouse gas emissions from international air travel of a country's residents methodological development and application for Sweden. *Environmental Impact Assessment Review*, 72, 137-144. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.05.013>
- Larsson, J., Matti, S., Nässén, J., 2020. Public support for aviation policy measures in Sweden. *Climate Policy*, 2020, VOL. 20, NO. 10, 1305–1321.
- Lee, D. S., Fahey, D. W., Forster, P. M., Newton, P. J., Wit, R. C., Lim, L. L., . . . Sausen, R., 2009. Aviation and global climate change in the 21st century. *Atmospheric Environment*, 43(22), 3520–3537.
- Lee, D. S., Fahey, D. W., Skowron, A., Allen, M. R., Burkhardt, U., Chen, Q., Doherty, S. J., Freeman, S., Forster, P. M., Fuglestvedt, J., Gettelman, A., De Leon, R. R., Lim, L. L., Lund, M. T., Millar, R. J., Owen, B., Penner, J. E., Pitari, G., Prather, M. J., ... Wilcox, L. J., 2020. The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. *Atmospheric Environment*, 244, 117834.
- Lundberg, A., 2011. Konkurrens och samverkan mellan tåg och flyg.
- Matti, S., 2015. 35. Climate policy instruments. In K. Bäckstrand & E. Lövbrandand (Eds.), *Research Handbook on Climate Governance* (pp. 400): Edward Elgar Publishing.

- Naturvårdsverket, 2018a. Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter. Hämtad från <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/>
- Naturvårdsverket, 2018b. Utsläpp av växthusgaser från utrikes sjöfart och flyg. Hämtad från <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-utrikes-sjofart-och-flyg/?visuallyDisabledSeries=535f3405776c23fa>
- Nelldal, B., Andersson, E., 2012. 'Mode shift as a measure to reduce greenhouse gas emissions', *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 48, pp. 3187–3197. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.1285>. Nilsson, M., Larsson, J., Åkerman, J., 2020. Styrmedel för att begränsa det globala flygets klimatpåverkan ett svenskt perspektiv. TRITA-ABE-RPT-2013
- Peeters, P., Gossling, S. and Becken, S., 2006. 'Innovation towards tourism sustainability: climate change and aviation', *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 1(3), p. 184. doi: 10.1504/IJISD.2006.012421.
- Resurs AB, 2014. Database: Turistdatabasen 1990, 2010, 2012, 2013. In. Stockholm, Sweden. Rummukainen, M., 2021. Skogens klimatnyttor – en balansakt i prioritering (utökad utgåva). CEC SYNTES NR 06 | 2021 | LUNDS UNIVERSITET.
- SCB, 2021. Sveriges framtida befolkning 2021–2070. Demografiska rapporter 2021:1. SCB, Statistiska centralbyrån.
- SCB & Tillväxtverket, 2018. Resvaneundersökningen Svenskars resande
- SOU 2019:11. Biojet för flyget. Hämtad från www.regeringen.se:
- Sterky, P., Pohl, K., Klacka, E., 2019. Greater Copenhagen – Anslutande tågtrafik till Kastrup. Malmö: Kreera AB.
- Swedavia, 2016. [Data från kundenkät: andel svenska passagerare på svenska flygplatser]. Juni 2016.
- Swedavia, 2017. Draft Masterplan Stockholm Arlanda Airport. 17-02-22
- Swedavia, 2018a. [Data från kundenkät: andel svenska passagerare baserat på slutdestination samt transferstatistik]. Oktober 2018.
- Swedavia, 2018b. [Data från kundenkät: andel svenska passagerare på svenska flygplatser och medelavstånd]. Maj 2018.
- Swedavia, 2018c. Destinationsstatistik. In. <https://www.swedavia.se/om-swedavia/statistik/#gref>.
- Swedavia, 2021. Trafikstatistik på Swedavias flygplatser (Hämtad 21-02-25 på: https://www.swedavia.se/globalassets/statistik/swedavia_202012tot.pdf)
- Trafikanalys, 2015. Luftfart 2014.
- Trafikanalys, 2018. Luftfart 2017. Statistik 2018:8.
- Trafikanalys, 2020. Elflyg - början på en spännande resa. Redovisning av ett regeringsuppdrag. Rapport 2020:12.
- Trafikanalys, 2018. Så reser vi baserat på socioekonomi PM – resmönster för 37 grupper 2018:9.

- Trafikverket, 2018. Minskade utsläpp men snabbare takt krävs för att nå klimatmål.
- Transportstyrelsen, 2016. Tidsserier flygplatser. In. www.transportstyrelsen.se. Hämtad May 10, 2016.
- Tvetene, Ø. U., 2016. [Personal communication: Survey data for the share of departing passengers from Gardemoen, Norway that are Swedish residents.]. May 5, 2016.
- UNFCCC, 1996. Communications from Parties included in Annex I to the Convention- Guidelines, schedule and process for consideration - Addendum 1. Geneva, Switzerland: Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice
- von Bahr, J., Nyblom, Å., Wranne, J., Hult, Å., 2018. Konsumenters möjligheter att köpa hållbara paket- och charterresor. Analys av dagens marknad och förslag till åtgärder. Konsumentverket Rapport 2018:7:
- Wallner, J., 2008. Legitimacy and public policy: Seeing beyond effectiveness, efficiency, and performance. *Policy Studies Journal*, 36(3), 421-443.
- Wolrath Söderberg, M., Wormbs, N., 2019. Grounded: Beyond flygskam. European Liberal Forum & Fores.
- Wood, F., Bows, A., & Anderson, K., 2010. Apportioning aviation CO 2 emissions to regional administrations for monitoring and target setting. *Transport policy*, 17(4), 206-215.
- Zhao, J., Zhao, Y. and Li, Y. (2015) 'The variation in the value of travel-time savings and the dilemma of high-speed rail in China', *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Elsevier Ltd, 82, pp. 130–140. doi: 10.1016/j.tra.2015.09.012.
- Åkerman, J., 2012. Climate impact of international travel by Swedish residents. *Journal of Transport Geography*, 25, 87-93.
- Åkerman, J., Höjer, M., 2021. Höghastighetsbanorna ur ett klimatperspektiv. TRITA-ABE-RPT-2114, KTH.
- Åkerman, J., Kamb, A., Larsson, J., Nässén, J., 2021. Low-carbon scenarios for long-distance travel 2060. *Transportation Research Part D* 99 (2021) 103010.
- Åkerman, J., Larsson, J., Eloffsson, A., 2016. Svenska handlingsalternativ för att minska flygets klimatpåverkan. TRITA-INFRA-FMS 2016:10. ISSN 1652-5442.
- Österström, J, 2016. Luftfartens marginalkostnader: en delrapport inom Samkost 2.