

Flygets klimatutmaningar – en analys



Per Kågeson

Nature Associates

2018-06-20

Förord

Ett uppdrag våren 2018 från Transportföretagen att kritiskt granska argumenten i debatten om flygets klimatpåverkan inför ett internt branschmöte gav mig ett välkommet tillfälle att uppdatera mig på ämnet. Efter inläsningen fann jag att det kunde vara värt att lägga ytterligare tid på frågan i syfte att kunna presentera aktuell överblick baserad på en något fördjupad analys och med visst fokus på det internationella arbetet. Den nu aktuella rapporten har alltså delvis finansierats av Transportföretagen och delvis av mig själv. Slutsatserna är förstås mina egna.

Per Kågeson

Inledning

Flygets bidrag till utsläppen av klimatgaser och sektorns ansvar för utsläppen är omstridda. Att branschen och miljöorganisationerna har skilda meningar om detta bör inte förvåna. Så har det historiskt nästan alltid varit när allvarliga miljöproblem diskuterats. Det ligger i sakens natur att respektive sida i sådana konflikter tenderar att i första hand uppehålla sig vid faktorer som talar för deras sak och bortser från eller vill tona ner betydelsen av andra aspekter. Sammantaget kan detta leda till att allmänheten och politikerna får svårt att orientera sig och ta ställning på saklig grund. Att de argument som framförs från respektive sida dessutom kan vara olika väl underbyggda underlättar inte för den lekman som vill bilda sig en egen uppfattning.

Syftet med denna rapport är att opartiskt redovisa flygets klimatpåverkan och analysera vilka åtgärder för att reducera utsläppen av växthusgaser som kan vara mest kostnadseffektiva på kort och lång sikt.

Flygets utsläpp av växthusgaser

Det civila flygets utsläpp av de växthusgaser som omfattas av Förenta Nationernas klimatkonvention (UNFCCC) redovisas med uppdelning på emissioner som förorsakas av inhemskt flyg och de som uppkommer i internationell luftfart. I det senare fallet bygger redovisningen på mängden flygbränsle som försålts inom respektive lands gränser för användning på internationella rutten.

För svensk del har utsläppen från bunker som tankats av flygplan i internationell trafik ökat från 1 354 000 ton koldioxidekvivalenter 1990 till 2 560 000 ton år 2016 (+ 89,0 %). Under samma period minskade utsläppen från det inhemska trafikflyget i Sverige med 19,5 procent (från 687 000 ton koldioxidekvivalenter till 553 000 ton). Klimatkonventionen redovisar emellertid inte alla växthusgaser och täcker inte flygets höghöjdsutsläpp av vattenånga.

På global nivå stod flyget år 2010 för ca 2,4 procent av de energirelaterade koldioxidutsläppen, varav knappt två tredjedelar kom från internationell luftfart och den resterande delen från inrikes trafik. Flygets andel av transportsektorns globala utsläpp uppgick detta år till 10,6 procent (IPCC, 2014, s. 603 och 606). Flygets andel av koldioxidutsläppen har troligen ökat sedan 2010. Men räknat som andel av alla utsläpp av växthusgaser blir emellertid flygets bidrag något mindre, eftersom andra samhällssektorer ger upphov till betydande utsläpp av andra växthusgaser än koldioxid.

Inom gruppen utvecklade industriländer, Kyotoprotokollets s.k. Annex-1-länder, svarade flyget år 2015 för 2,9 procent av de totala utsläppen av alla växthusgaser (CO₂e, exklusive LULUC, enligt UNFCCC GHG Data). I dessa siffror är dock inte klimateffekten av flygets höghöjdsutsläpp inräknad.

Successivt ökande flygtrafik i kombination med att andra sektorer (över hela världen) reducerar utsläppen från fasta anläggningar och vägtrafik kommer sannolikt att leda till att flygets andel av utsläppen ökar markant om inte kraftfulla insatser görs för att minska dem.

Höghöjdsutsläppen

Flygets förhöjda klimatpåverkan är en effekt av att kväveoxider och vattenånga som uppkommer vid förbränning av flygbränslet påverkar de atmosfäriska förhållandena när de släpps ut på hög höjd. När vattenångan i de varma avgaserna blandas med kall luft kan ispartiklar och kondensstrimmor bildas med samma klimatpåverkande effekt som tunna höga moln. Flygplanens utsläpp av vattenånga, partiklar och aerosoler kan också bidra till ökad uppkomst av cirrusmoln.

Flygets utsläpp av kväveoxider kan på hög höjd leda både till en uppvärmande och en avkylande effekt på klimatet. Den sammantagna effekten av flygets kväveoxidutsläpp är dock en uppvärmning av jordytans atmosfär. Kväveoxidutsläpp på hög höjd påverkar dessutom ozonskiktet negativt då kväveföreningarna omvandlas till lustgas.¹

Både kväveoxider och vattenånga som släpps ut på hög höjd bidrar således till uppvärmningen av jorden. Forskningen är dock inte enig om hur stor denna påverkan är. Även förbränning av förnybara drivmedel i flygplansmotorer ger upphov till en höghöjdeffekt.

En svårighet vid bedömning av den genomsnittliga klimateffekten av höghöjdsutsläppen är att den varierar med den kemiska sammansättningen hos atmosfären och påverkas av meteorologiska bakgrundsförhållanden. Effekten varierar i viss mån mellan dag och natt och över året samt med latitud.

Sett i ett hundraårsperspektiv anses i olika bedömningar uppvärmningseffekten från höghöjdsutsläppen i genomsnitt öka flygets utsläpp med faktor 1,3 till 2,6 jämfört med om man bara tar hänsyn till effekten av koldioxidutsläppet. En ofta citerad studie är Lee, et al. (2009) som beräknade faktorn till i genomsnitt ca 1,9. De svenska forskarna Azar och Johansson (2012) bedömer att 1,7 gånger effekten av enbart koldioxid är den bästa uppskattningen av den totala genomsnittliga klimateffekten av det globala flygets utsläpp.

Vattenångan står för ca tre fjärdedelar av höghöjdsutsläppens uppvärmningseffekt (exkl. effekten av CO₂) och kväveoxiderna för den återstående delen (Azar & Johansson, 2012). Vattenångans uppehållstid i atmosfären är emellertid kort, så i ett långsiktigt perspektiv blir bidraget väsentligt mindre än den effekt som koldioxidutsläppen ger upphov till.

Utsläpp av vattenånga och kväveoxider i den lägre delen av atmosfären får inte samma effekt på jordens värmebalans som emissioner på hög höjd. På nivåer under 8 000 meter uppkommer ingen signifikant effekt. Det betyder att korta flygrutter inte ger upphov till höghöjdsutsläpp eller att de bara uppkommer under en mindre del av resan. Plan utrustade med turbopropmotorer, vilka är vanligt förekommande i svensk inrikestrafik, flyger så lågt att de vanligen inte ger upphov till höghöjdsutsläpp.

¹ <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/Tre-satt-att-berakna-klimatpaverkande-utslapp/Flygets-klimatpaverkan/>

Att osäkerheten om den exakta effekten av utsläppen på hög höjd är betydande bör inte tas som intäkt för att inte alls beakta utsläppen. I stället bör försiktighetsprincipen tillämpas.

Det är angeläget att få en tydligare bild av effekterna av utsläpp på hög höjd och hur de varierar beroende på bakgrundsfaktorer. Fördjupade kunskaper i detta avseende kan användas för en bedömning om det i en del fall kan vara bättre att ibland välja en lägre flyghöjd trots att detta ger upphov till högre bränsleförbrukning

Det globala flygets totala klimatpåverkan

Inklusive effekten av höghöjdsutsläppen ger flyget på global nivå (internationell linjer + nationella) troligen upphov till utsläpp som svarar för drygt 4 procent av de totala utsläppen av växthusgaser (exkl. LULUC).

Prognoser för svenskt passagerarflyg

Det svenska inrikesflyget nådde sin högsta nivå år 1990 med 3,9 miljarder personkilometer (pkm) och 8,72 miljoner avresande passagerare. År 2015 uppgick antalet avresande passagerare till 7,5 miljoner och transportarbetet till 3,6 miljarder pkm. Det motsvarar 86 respektive 92 procent av 1990 års nivå. Trafikarbetet varierade under dessa 25 år mellan 2,9 och 3,9 miljarder pkm, i hög grad påverkat av skiftningar i den ekonomiska konjunkturen. Stagnationen 1990-2015 är anmärkningsvärd med tanke på att befolkningen i Sverige under samma tid ökade med 15 procent samtidigt som BNP per capita steg med 48 procent i reala termer.

Trafikverket (2016) bedömer, delvis baserat på antaganden i tidigare prognoser från Swedavia och Transportstyrelsen, att inrikesflygets trafikarbete i ett huvudalternativ kommer att uppgå till 4,1 miljarder pkm år 2040, baserat på 8,2 miljoner passagerare. I prognosen överskrider 1990 års rekordnivå 2034 beträffande transportarbete men inte ens år 2040 med avseende på antal passagerare. I ett högalternativ nås 4,5 miljarder pkm och 9,1 miljoner passagerare år 2040. I prognosens lågalternativ stagnerar trafiken på 2015 års nivå, 7,5 miljoner passagerare och knappt 3,7 miljarder pkm.

År 2015 hade utrikesflyget 27 miljoner avresande passagerare, vilket motsvarar en ökning med 300 procent från 1990 års nivå. Trafikverket (2016) räknar i sin prognos i huvudalternativet med 49 miljoner avresande passagerare år 2040, en ökning med 82 procent från 2015 års nivå och med 544 procent jämfört med 1990. I högalternativet anges antalet avresande passagerare till 57 miljoner år 2030, och i lågalternativet till 41 miljoner.

Prognoserna är baserade på antaganden om hur ett stort antal parameterar av relevans för en bedömning av hur efterfrågan på flygresor kommer att utvecklas till 2040, bland dem befolkningsutveckling, ekonomisk tillväxt, oljepris och konkurrens från övriga transportslag. Flera av dem är mycket svårbedömda.

Beträffande oljeprisets utveckling använder Trafikverket en prognos från International Energy Agency där oljepriset förväntas bli 142 dollar per fat år 2040, vilket ligger i linje med Swedavias antagande om 160 dollar år 2045. Ett så högt oljepris år 2040 kan dock knappast inträffa annat än om den globala klimatpolitiken i stor utsträckning misslyckas samtidigt som skifferoljetillgångarna i USA och

andra länder inte exploateras i någon högre utsträckning. För de närmaste 7-8 åren förefaller ett råoljepris mellan 50 och 70 dollar per fat mera sannolikt än en kraftig prisuppgång.

Klimateffekten av svenskarnas flygresor

Beräkningar utförda av Kamb et al. (2016) visar att antalet internationella resor som svenska invånare gör ökade med 130 procent mellan 1990 och 2014. De bedömer dock att utsläppen per person-kilometer minskade med 37 procent under perioden och att en betydande del av effektiviseringen är ett resultat av ökad kabinfaktor. Ca 90 procent av utsläppen härrörde från internationella flygresor och bara knappt 10 procent från inrikesresorna. Inklusive effekterna av utsläpp på hög höjd uppgick utsläppen från svenskarnas flygresor år 2014, enligt denna bedömning, till nära 11 miljoner ton CO₂-ekvivalenter. Det motsvarar knappt 1,2 ton CO₂-ekvivalenter per invånare. Utsläppen från svenskar-nas flygresor är ungefär lika stora som de totala utsläppen från alla personbilstransporter i Sverige. Rapportens författare uppskattar att de svenska medborgarnas flygande redan 2040 kommer att ge upphov till lika stora utsläpp som summan av alla övriga utsläpp från källor i Sverige om inte effektiva styrmedel sätts in i syfte att dämpa flygets klimatpåverkan.

Flyget i den internationella klimatpolitiken

Internationell flygverksamhet regleras i Chicagokonventionen² från 1944 genom vilken parterna kom överens om villkor för utnyttjande av luftrummet och om registrering av flygplan samt om gemensamma säkerhetskrav. Genom konventionen bildades flygets internationella organisation, International Civil Aviation Organization (ICAO), som nu har ca 190 medlemsländer. Det internationella samarbetet har också lett till tecknande av ett stort antal luftfartsserviceavtal mellan olika länder, de flesta bilaterala. Beträffande miljökrav bygger dessa avtal på bestämmelser som fastställts genom ICAO.

I klimatkonventionens Kyotoprotokoll (1997) angavs att den internationella sjöfartens och flygets organisationer, International Maritime Organization (IMO) och ICAO i samverkan med sina medlemsländer skulle ansvara för arbetet med att reducera utsläppen, medan ansvaret för utsläppen från inhemskt flyg och sjöfart skulle tas av protokollets nationella Parter. Konventionens Parisöverenskommelse innebär att de enskilda länderna ska ta med det nationella flyget i sina åtaganden, s.k. Nationally Determined Contributions (NDCs). Överenskommelsen inkluderar inga åtgärder avseende utsläpp från det internationella flyget.

Flygbolagens organisation, International Air Transport Association (IATA), har som mål att söka reducera utsläppen med 50 procent till 2050 räknat från 2005 års nivå genom tekniska förbättringar och omfattande användning av biodrivmedel.

ICAO:s roll i klimatarbetet

Trots Kyotoprotokollets åläggande avvaktade ICAO länge med att tackla frågan om flygets klimatpåverkan. Men 2013 bedömde organisationen att tillväxten hos trafikarbetet var så snabb att det inte skulle räcka med enbart tekniska åtgärder för att hindra en fortsatt ökning av utsläppen. Man uppskattade att den fortsatta trafiktillväxten skulle bli ca 5 procent per år, medan den årliga bränsleeffektivitetsförbättringen inte kunde förväntas bli större än 1-2 procent. ICAO:s miljökommitté (CAEP)³

² Chicago Convention on International Civil Aviation.

³ Council's Committee on Aviation Environmental Protection.

drog slutsatsen att det internationella flygets bränsleförbrukning kunde förväntas öka mellan 2,8 och 3,9 gånger till 2040 jämfört med 2010 års nivå.⁴

Hösten 2013 antog ICAO en resolution (A38-18) i vilken uttalades att man ska arbeta tillsammans med medlemsstaterna och relevanta organisationer med målet⁵ att från 2020 stabilisera de globala nettoutsläppen från det internationella flyget på 2020 års nivå. För att klara målsättningen behövde de tekniska åtgärderna kompletteras med någon form av marknadsbaserat styrmedel. Man beslutade att flyget ska betala för utsläppskompenserande åtgärder i andra sektorer i syfte att förhindra en nettoökning av de aggregerade utsläppen. Regler om detta fastställdes hösten 2016 genom beslut om införande av programmet Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA).

CORSIA

Arbetet med att kompensera den faktiska ökningen av sektorns utsläpp inleds med en pilotfas 2021-2023 och en första officiell fas 2024-2026 som båda kommer att bygga på frivilligt deltagande. Från 2027 ska deltagande gälla alla med undantag för länder vars andel av den totala trafiken 2018 uppgick till mindre än 0,5 procent av totalt försålda tonkilometer.⁶ Om landets andel av utsläppen ingår i de 90 procent av de ackumulerade utsläppen som nås om man adderar utsläppen efter andelarnas storlek medges dock inget undantag för så vitt inte landet tillhör Least Developed Countries (LDCs), Small Island Developing States (SIDS) eller Landlocked Developing Countries (LLDCs).

Systemet kommer att vara ruttbaserat och för att en internationell rutt ska ingå krävs att de båda berörda staterna är överens om frivilligt deltagande alternativt (efter 2027) att båda omfattas av obligatoriska krav. De utsläppsrätter som flygsektorn kommer att behöva köpa ska kunna genereras genom specifika projekt i andra sektorer eller köpas från existerande och framtida utsläppshandelsystem. En utsläppsenhet motsvaras av ett ton CO₂. Systemet kompenserar inte för effekten av flygets höghöjdsutsläpp.

ICAO bedömer att sektorn kommer att behöva kompensera utsläpp överskridande 2020 års nivå med 142 till 174 miljoner ton CO₂ 2025 och med 443 till 596 miljoner ton 2035. Baserat på antaganden om den framtida kostnaden för inköp av utsläppsrätter uppskattar ICAO att kostnaden år 2025 kan komma att hamna mellan 1,5 och 6,2 miljarder US dollar och att den 2035 hamnar mellan 5,3 och 23,9 miljarder dollar. Det kan låta mycket men motsvarar, enligt ICAO, bara 0,2-0,6 procent av flygets beräknade intäkter 2025 och 0,5-1,4 procent av intäkterna tio år senare. ICAO konstaterar, med referens till beräkningar gjorda av IATA, att effekten på biljettpiserna med dessa förutsättningar i så fall bara motsvarar ca en femtondel av effekten av historiska variationer i priset på flygbränsle.

Det framstår som oklart hur stor del av "överutsläppen" som faktiskt kommer att kompenseras efter 2027 genom inköp av utsläppsrätter eller utsläppskrediter och hur stor nettoeffekten blir. Mot inköp av utsläppskrediter från projekt i utvecklingsländerna kan invändas att sådana projekt historiskt bara i begränsad utsträckning lett till additionella utsläppsminskningar. Enligt en analys utförd på uppdrag

⁴ Assembly Working Paper A39-WP/55.

⁵ "A collective medium term global aspirational goal"

⁶ Revenue Tonne Kilometers (RTKs). RTKs is the utilized (or sold) capacity for passengers and cargo expressed in metric tonnes, multiplied by the distance flown.

av EU-kommissionen hade 85 procent av ett stort antal granskade CDM-projekt⁷ ringa grad av additionalitet (Öko-Institut et al, 2016).

ICAO har ännu inte bestämt vilka regler och krav som ska kringgärda inköpen av kompenserande utsläppsrätter, men när detta skrivs sammanträder ICAO:s Råd för besluta om utformningen av Annex 16 volym 4, som innefattar de Standards and Recommended Practices (SARP) som ska utgöra kärnan i regelverket kring CORSIA. På remissversionen inkom totalt 101 svar från olika stater, varav alla utom Saudiarabien, Venezuela och Ryssland antingen svarade att de kan acceptera förslaget eller lämnade kommentarer. De frågor som ser ut att bli svårast att lösa i de slutliga förhandlingarna rör vilka biobränslen som ska få användas, krav från vissa länder på att UNFCCC:s krediter ska vara automatiskt godkända inom CORSIA samt att USA vill att CORSIA ska vara det enda klimatstyrmedlet som reglerar det internationella flygets klimatpåverkan.⁸

I motsats till Parisöverenskommelsen, som uppmuntrar Parterna till ambitiösa åtaganden, är ICAO:s arbete inriktat på att skapa ett system som ensamt hanterar det internationella flygets utsläpp och är lika för alla. Det innebär att mera långtgående nationella eller regionala ambitioner uppfattas som störande (Lyle, 2018).

Avsikten inom CORSIA är att även uppströmsutsläppen från odling och produktion ska räknas in i biobränslenas totala utsläpp (baserat på livscykelanalys, LCA). Även ILUC-värden ska beaktas och belasta sådana bränslen inför godkännande för användning inom CORSIA. Det av ICAO föreslagna tröskelvärdet om en minsta utsläppsminskning med 10 procent jämfört med det fossila alternativet gäller hela LCA kedjan.

Kraven på utsläppsrätter från utsläppshandelssystem för användning inom CORSIA har ännu inte fastställts. När ICAO började ta fram grundläggande kvalitetskrav på krediter från sådana system visade det sig politiskt känsligt att värdera hur baslinjerna satts och att fastställa krav på i vilken takt utsläppstaken måste reduceras för att krediter från dem ska få användas inom CORSIA. Listan över Eligible Emission Units kommer inte att fastställas förrän en särskild expertgrupp, Technical Advisory Body, TAB, (som ännu inte tillsatts) har granskat de program som vill få möjlighet att sälja utsläppskrediter till CORSIA och lämnat en rekommendation till Rådet om vilka program som bör godkännas. Detta förväntas inte vara klart förrän om några år. Det förefaller rimligt att deltagande utsläppshandelssystem måste ha tak som satts så att de inte medger ökade utsläpp under någon tid (för att först senare sänkas) samt att reduktionstakten är sådan att nollutsläpp (alternativt mycket låga utsläpp) nås inom 40-60 år (beroende på om det är fråga om industriland eller ett utvecklingsland).

Det är först när alla detaljer är klara som man kan bedöma om CORSIA påtagligt kommer att bidra till en reduktion av flygets klimatpåverkan eller om det blir ett slag i luften. I strikt mening kommer dock CORSIA inte att vara obligatoriskt och ICAO saknar sanktionsmöjligheter (Lyle, 2018).

IATA har, som framgått ovan, uttalat sig för en omfattande satsning på biodrivmedel. Trots detta kommer troligen flygbolagen att välja billiga åtgärder framför dyra. Det kan leda till att CORSIA, i

⁷ CDM = Clean Development Mechanism

⁸ Mejl från Therese Sjöberg, Transportstyrelsen.

varje fall inledningsvis, främst leder till köp av utsläppskrediter från projekt av olika slag snarare än till de betydligt dyrare biodrivmedlen.

I en analys bedömer International Council on Clean Transportation att CORSIA kan komma kompensera 73 procent av tillväxten i tonkilometer mellan 2021 och 2035, vilket vid det senare året beräknas motsvara 25 procent av all internationell flygtrafik (ICCT, 2017).

Om det internationella klimatarbetet blir framgångsrikt och de flesta länder genomför sina åtaganden under Parisprotokollet så kommer emellertid möjligheterna för flyget att köpa utsläppsrätter från andra sektorer att försämrats över tid och de utsläppsrätter som kan förvärfvas kommer sannolikt att bli allt dyrare. Som framgår nedan kommer EU helt sluta fördela utsläppsrätter år 2057.

Så hanterar EU flygets klimatutsläpp

Utsläppen från trafikflyg inom EU hanteras för närvarande inom ett eget utsläppshandelssystem som är kopplat till EU:s stora handelsystem för utsläppsrätter (EU ETS). Avsikten vid införandet var att systemet utöver EU-interna flygrutter också skulle täcka utsläpp från flygningar med start eller mål utanför unionen, men protester från omvärlden gjorde att EU tvingades överge den tanken i avvaktan på beslut inom ICAO om någon form av global modell.

Flygbolagen tilldelas varje år "luftsfartsutsläppsrätter"⁹ motsvarande 95 procent av det EU-interna flygets genomsnittliga utsläpp under åren 2004-2006. Merparten fördelas bland bolagen på basis av deras tidigare utsläpp och en mindre del säljs på auktion. Varje rättighet motsvarar ett ton koldioxid. Överskridande utsläpp måste bolagen täcka genom att köpa ytterligare rättigheter från EU ETS. Verksamheter vars utsläpp ligger under taket för EU ETS tillåts däremot inte köpa rättigheter från flygsektorns bubbla.

Från och med 2021 kommer utgivningen av nya utsläppsrätter inom EU ETS årligen att minska med 2,2 procent och samma nedtrappning kommer att gälla flygets tilldelning av utsläppsrätter. Konsekvensen av detta blir att utgivning av nya utsläppsrätter upphör år 2057. Systemets begränsning till flyg inom EU kvarstår till och med 2023.

Läget är oklart beträffande hur CORSIA och EU ETS kommer att samspela i framtiden. EU-kommissionen kommer att genomföra en utredning av hur CORSIA har implementerats och värdera hur väl systemet fungerar med rapport till parlamentet före år 2024. Därefter ska beslut fattas om EU ETS även efter 2024 ska inkludera internationella flygningar inom EEA-området. Skillnaden i ambitionsnivå mellan EU ETS och CORSIA är betydande främst genom att EU ETS täcker alla utsläpp av koldioxid, alltså även upp till 2020 års nivå. Så det mest troliga är nog att EU beslutar att ETS fortsatt får täcka den inomeuropeiska trafikens utsläpp, medan den internationella trafikens hanteras inom CORSIA.

Utöver att infoga flyget i systemet med utsläppsrätter har EU-kommissionen förgäves försökt övertyga medlemsländerna om att införa moms på utrikes flygbiljetter och att öppna för beskattning av flygbränslen. Frånvaro av sådana styrmedel gör det billigare att flyga, särskilt för privatpersoner som

⁹ European Aviation Allowances (EUAA).

saknar möjlighet att göra avdrag för kostnaden av erlagd moms på egna intäkter av moms. För att kompensera för momsbefrielsen införde Storbritannien 1994 en "Air Passenger Duty", en skatt på flygpassagerare som är differentierad för flygsträckan. Frankrike, Italien, Tyskland, Österrike och Norge har infört liknande skatter och 2018 presenterade den svenska regeringen en proposition om skatt på flygresor (se nedan).

Effekten av teknisk utveckling på flygets utsläpp

Fortlöpande tekniska förbättringar har medfört att flygets bränsleeffektivitet över lång tid förbättrats med i genomsnitt drygt en procent per år. Det handlar om lättare material, minskat luftmotstånd och effektivare motorer. Förhållandet att planen blivit större, särskilt på långa rutter, har också betydande effekt på bränsleförbrukningen per sätesskilometer. Genare flygvägar och anpassning av flyghöjd efter meteorologiska förhållanden har också viss betydelse liksom "gröna inflygningar"¹⁰ där planen glidflyger in mot flygplatsen. Sådana inflygningar förekommer till bl.a. Arlanda, Landvetter, Malmö och Umeå.

Enligt ICAO har den genomsnittliga bränsleförbrukningen per passagerarkilometer reducerats med 80 procent sedan 1960-talet. Om den av ICAO uppgivna reduktionen har varit någorlunda linjär så torde ungefär hälften ha ägt rum sedan 1990. Förbrukningen per passagerarkilometer borde i så fall vara ca 36 procent lägre 2015 jämfört med 1990. För svenskt inrikesflyg är minskningen dock inte alls så stor. Utsläppen minskade med 20 procent, medan antalet personkilometer sjönk med ca 9 procent. Baserat på den ovan redovisade statistiken över transportarbetet och Sveriges rapportering av utsläppen uppgick minskningen i bränsleförbrukning per passagerarkilometer bara till 15 procent mellan 1990 och 2016. Möjligen kan det vara så att effektiviseringen i mindre flygplan gått långsammare och att kabinfaktorn inte ökat lika mycket i svensk inrikestrafik som globalt.

För den globala trafiken är reduktionen svårare att beräkna eftersom det statistiska underlaget inte är heltäckande. Kamb et al. (2016) uppger att utsläppen per personkilometer minskade med 37 procent mellan 1990 och 2014, vilket är mer än det genomsnitt på ca 1,2 procent per år för Europa mellan 2000 och 2014 som framgår av en redovisning från European Environment Agency.¹¹ Skillnaden kan delvis bero på olika beläggningsgrad. Enligt Kamb et al. (som refererar till data från ICAO) steg den genomsnittliga globala kabinfaktorn från 66 procent 1991 till 80 procent år 2014. Då återstår en genomsnittlig årlig effektivisering till följd av teknisk utveckling på drygt en procent.

På sikt kan det bli svårt att upprätthålla en fortsatt årlig reduktion på denna nivå. När den genomsnittliga kabinfaktorn nått så högt som 80 procent blir det gradvis svårare att höja den ytterligare. Dyrare bränsle kan dock vara en faktor som medverkar till att göra det lönsamt för flygbolagen att höja kabinfaktorn ett steg till innan de överväger att sätta in ytterligare avgångar på olika rutter. Enligt IPPC (2014) har förbättringstakten varit avtagande under de senaste decennierna, och det ligger i sakens natur att det successivt kan bli svårare när man plockat de lägst hängande frukterna.

¹⁰ Continuous Descent Approach

¹¹ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/energy-efficiency-and-specific-co2-emissions/energy-efficiency-and-specific-co2-9>

I februari 2016 presenterade ICAO en standard för bränsleförbrukning i nya trafikflygplan. För nyttillverkade plan av redan existerande modeller som levereras 2028 gäller att de på kryssningsnivå ska förbruka i genomsnitt 4 procent mindre än vad samma flygplanstyp gjorde 2015. Men reduktionskraven kommer att skifta (0-11 %) mellan olika plan beroende på deras maximala vikt.

För helt nya modeller gäller särskilda krav från och med 2024. Dessa beskrivs av ICCT som relativt milda och mest ägnade att förhindra försämringar i förhållande till redan tillgänglig teknik.¹²

Ett problem för genomslag av ny teknik är att trafikflygplan ofta är i drift i 25-30 år. Det kan således ta uppemot 30 år innan hela flottan är utbyggd, och bland plan som beställs för leverans mellan 2025 och 2030 kommer de flesta att tillhöra modeller som redan sedan länge finns på marknaden.

Man bör i sammanhanget vara medveten om att bränslets andel av flygets totala kostnader brukar ligga inom intervallet 25-30 procent (dock påverkat av oljeprisfluktuationerna) vilket länge skapat incitament att utnyttja teknik som reducerar förbrukningen.

Enligt Svenskt Flyg ("Flygfakta") förbrukar Airbus A380, Boeing 787, ATR-600 och Bombardiers CSerie alla mindre än 3 liter bränsle per 100 passagerarkilometer.¹³ Som jämförelse förbrukar en modern bil i motorvägsfart 5-6 liter per 100 km. Med två personer i bilen blir bränsleförbrukningen per passagerarkilometer ungefär den samma som för de bästa flygplanen. Kamb et al. (2016) anger att flygets koldioxidutsläpp år 2014 i genomsnitt uppgick till ca 100 gram per passagerarkilometer (exkl. effekten av utsläpp på hög höjd). Det innebär att genomsnittet låg något över den nivå som Svenskt Flyg uppger för de ovan uppräknade flygplatstyperna.

Ett annat sätt att spara bränsle är att dela upp långa flygningar i två delar med mellanlandning för tankning. Man kan då använda flygplan som är konstruerade för kortare sträckor och som drar 20-40 procent mindre beroende på konstruktion och minskade ytor för kök, service och passagerare. Ca hälften av den totala besparingen är en följd av att planet inte behöver bära bränslet för sista halvan av den totala rutten under flygningens första halva.¹⁴ Restiden blir förstås lite längre och större flygplatskapacitet tas i anspråk.

Hur hantera höghöjdsutsläppen?

Hittills har man bara noterat att höghöjdsutsläppen ger upphov till en klimateffekt men inte sökt minska dem på något annat sätt än genom att göra flygplanen mer bränsleeffektiva. Eftersom ett skifte till biodrivmedel inte påtagligt förändrar utsläppsbilden finns skäl att fundera över kompletterande åtgärder i syfte att minska dem. En potentiell möjlighet skulle kunna vara att anpassa flyghöjden så att man flyger på lägre nivå under omständigheter då risken för uppkomst av kondensstrimmor och cirrusmoln är stor och på normal höjd när den är lägre. Flygning på lägre nivå är dock förenat med större bränsleförbrukning vilket ger högre koldioxidutsläpp per flygkilometer. För att avväga

¹² <https://www.theicct.org/publications/international-civil-aviation-organization-co2-standard-new-aircraft>

¹³ "Flygfakta" på föreningens hemsida

¹⁴ Tomas Grönstedt, Dan Henningson, Petter Krus, Anders Lundblad och Sebastian Samuelsson, *Mellanlandning kan halvera utsläppen från Thailandsresa*, DN Debatt 2018-06-04, och av samma författare, *Våra beräkningar bygger på detaljerade modeller*, DN Debatt 2018-06-12.

den effekten mot fördelen att undvika utsläpp på hög höjd måste man vid beräkning av nettoeffekten bestämma vilket tidsperspektiv som bör användas. Koldioxidens uppehållstid är ju mycket längre än vattenångans och kväveoxidernas. Att medföra rätt mängd flygbränsle kan också vara en utmaning.

Användning av biodrivmedel inom flyget

Turbinmotorer kan köras på alternativa bränslen som alkoholer, biobaserat jetbränsle eller t.o.m. vätgas. Men i praktiken bortfaller förmodligen flera av dem därför att de har låg energitäthet och tar onödigt mycket plats (alkoholerna) eller troligen inte klarar flygets krav på höga säkerhetsmarginaler. Att använda gasformiga bränslen är komplicerat då lagring ombord antingen kräver övertryck eller kylning för att lagras i vätskeform. För vätgas tillkommer stora utsläpp av vattenånga som har större växthuseffekt på hög höjd än på låg. Syntetisk diesel, av typ Fischer Tropsch och HVO, fungerar bättre som flygbränsle. Nästan allt trafikflyg, oavsett om det är propeller- eller jetdrivet, använder bränslet Jet A1 som till sin karaktär är mycket likt dieselolja.

Fyra processer för framtagande av förnybara flygbränslen har hittills godkänts av det amerikanska standardiseringsinstitutet ASTM. De är syntetisk paraffinfotogen framställt via Fischer–Tropsch-syntes (FT), syntetisk fotogen framställt via hydrering av estrar och fettsyror (HEFA), syntetiska isoparaffiner (SIP) och Alcohol-to-Jet (ATJ). FT, HEFA och ATJ får inblandas med upp till 50 volymprocent och SIP med upp till 10 volymprocent (Trafikutskottets arbetsgrupp för forskningsfrågor, 2018).

Försöken med inblandning av biodrivmedel i Jet A1 har globalt hittills omfattat fler än 40 000 avgångar, men bio-jet säljs ännu bara på ett litet antal flygplatser. Att trafikflyg kan använda biodrivmedel är inte omstritt. De svåra frågorna är istället hur hög andel av flygets bränslebehov som de kan komma att tillgodose och vad det kommer att kosta.

Att döma av ett diagram som visar IATA:s plan för 2050 så räknar flygindustrin med att ca 700 miljoner ton koldioxid från förbränning av fossila bränslen ska försvinna genom partiell övergång till bioenergi. Enligt T&E (2016) skulle en så omfattande efterfrågan från flyget kräva produktion av biomassa på ca 230 miljoner hektar, vilket enligt samma källa motsvarar ca 15 procent av den globala åkermark som nu brukas. En betydande komplikation är förstås att flyget kommer att konkurrera med andra sektorer om denna biomassa.

Beräkningar visar att det årliga uttaget av biomassa i Sverige under de närmaste årtiondena borde kunna öka med 40-50 TWh (Börjesson, 2016). Om drygt hälften kan frigöras för framställning av biodrivmedel skulle det i ett fall där omvandlingsförlusterna är mycket små räcka till totalt ca 18 TWh drivmedel, inklusive den redan idag existerande produktionen av biodrivmedel från inhemska råvaror som uppgår till ca 4 TWh. Den inhemska produktionspotentialen på medellång sikt motsvarar således mindre än en fjärdedel av den nuvarande förbrukningen av vägtrafikens drivmedel i Sverige.

Berörda svenska myndigheter (Energimyndigheten, Naturvårdsverket, Boverket, Trafikanalys, Trafikverket, Transportstyrelsen) bedömer gemensamt att den totala nettoproduktionen av biodrivmedel avsedd för transporter maximalt kan uppgå till 17–18 TWh år 2030 (Energimyndigheten, 2016).

I tidsperspektivet 2030 bedöms biodrivmedel producerade från avfall och restprodukter potentiellt klara maximalt ca 16 procent av vägtrafikens bränslebehov i Europa (Harrison et al, 2014). Därtill kommer viss användning av jordbruksgrödor. Import från andra världsdelar är förstås fortsatt möjlig men reducerar i så fall exportländernas egna möjligheter att ersätta fossil energi.

IEA (2017) bedömer i ett scenario att biomassa år 2060 globalt maximalt skulle kunna bidra med omkring 145 EJ primärenergi (drygt 40 000 TWh) utan att orsaka allvarliga konsekvenser för miljön. Räknet på en framtida världsbefolkning på ca 10 miljarder motsvarar det (brutto) ca 4 TWh bioenergi per miljon invånare.

En ytterligare möjlighet kan vara att framställa biodrivmedel ur alger odlade i saltvatten, men den amerikanske bränsleexperten Peter Hind menar att detta knappast kan vara kommersialiserat förrän tidigast om 20 år.¹⁵ Bedömningen att produktion av drivmedel baserade på alger ligger två årtionden bort har länge varit ungefär densamma, men trots att stora resurser satsats på odling och utvinning av bioolja är det fortfarande osäkert i vilken utsträckning det kommer att leda till kommersiell produktion.¹⁶

Elektrobränslen kan vara ett ytterligare alternativ, men Malins (2017) konstaterar att de bara ger ca 13 procents totalverkningsgrad jämfört med 73 procent för batteridrift. Han bedömer att produktionskostnaden på kort sikt blir minst € 3 per liter elektrodiesel, alltså 6-7 gånger mer än för fossil diesel. Med hänvisning till Brynolf et al (2016) anger Malins att kostnaden år 2050 kan hamna under € 2 per liter men att det förutsätter tillgång till elektricitet som inte kostar mer än 5 € cent/kWh. För att elektrobränslen ska kunna ge ett substantiellt bidrag till 2050 krävs dock, till följd av den låga totalverkningsgraden, en mycket omfattande utbyggnad av den europeiska kraftproduktionen (samtidigt som kolkraften och äldre kärnkraft avvecklas).

ICAO genomförde hösten 2017 en konferens i Mexico City som tillstyrkte *2050 ICAO Vision for Sustainable Aviation Fuels*. I den föreslås att man ska sikta på att ersätta 2 procent av det internationella flygets konventionella bränslen med hållbara drivmedel till år 2025 (motsvarande 5 Mt) för att 2040 nå 32 procent (128 Mt) och 50 procent år 2050 (285 Mt) (ICAO Sekretariat, 2017). Det handlar i så fall om ännu mer biodrivmedel än vad IATA förutser. Det är oklart vilka hållbarhetskriterier som ska tillämpas och om åkergrödor får användas utan begränsning. Inom EU gäller dock samma hållbarhets- och spårbarhetskrav på biodrivmedel oavsett i vilken del av transportsektorn som de används.

I en studie utförd av Stockholm Environment Institute bedömer författarna att det är fullt möjligt att framställa de kvantiteter av biobränsle som flyget behöver utan negativa effekter på markanvändning. De understryker dock att osäkerheten är betydande, främst med avseende på konkurrens om råvarorna från andra sektorer (Bailis et al, 2016).

International Transport Forum (ITF), som är OECD-ländernas forum för transportfrågor, anser att en målsättning att ersätta 65 procents av flygets bränslebehov med biodrivmedel till år 2050 utgör en

¹⁵ <http://www.aviationeconomics.com/NewsItem.aspx?title=The-Commercial-Use-of-Biofuels-in-Aviation>

¹⁶ *Alger – hajp eller hopp?* Sveriges Natur 2018/2.

stor utmaning givet att andelen år 2014 uppgick till mindre än 0,001 procent. ITF understryker också att klimateffektiviteten knappast bli hundra procentig eftersom framställningen av biodrivmedel fortfarande vid den aktuella tidpunkten kan komma att kräva insatser av fossil energi. Dessutom uppkommer energiförluster i produktionskedjan (ITF, 2016).

EU arbetar med ett projekt, European Advanced Biofuels Flightpath, som syftar till att kartlägga förutsättningarna för att producera 2 miljoner ton biofotogen år 2020 vilket motsvarar ca 4 procent av efterfrågan på flygbränsle i Europa. Men man räknade 2014 med att kostnaden kommer att hamna ca 15 kronor per kilo över det dåvarande priset på Jet A1.¹⁷ Med 2018 års oljepris får man nog räkna med att biodrivmedlet kommer att kosta minst tre gånger så mycket som det fossila bränslet.

En rapport från Nordiska Ministerrådet (2016) bedömde det vara möjligt att nå en genomsnittlig inblandning av 1,2 procent biodrivmedel i all användning av flygbränslen i de nordiska länderna år 2020. År 2030 skulle andelen kunna nå 37,5 procent (2 miljarder liter). Författarna understryker att den största utmaningen ligger i skillnaden i pris mot Jet A1. Biobränslena anges kosta 2,5 till 8 gånger mer (EUR 0.8–2.2/l jämfört med EUR 0.25/l). Rapporten nämner också konkurrens om råvaror och drivmedel från andra sektorer som en utmaning.

I en rapport utgiven av Svenskt Flyg diskuteras möjligheten att ersätta hälften av flygets förbrukning av Jet A1 med biodrivmedel. För att öka efterfrågan på icke-fossilt jetbränsle har Swedavia skapat ett incitamentsprogram som innebär att man vid inköp av förnybart flygbränsle på dess flygplatser kan få 50 procent av merkostnaden täckt via en fond. Regeringen har nyligen tillsatt en utredning med uppdrag att analysera om det behövs styrmedel för att öka andelen förnybara bränslen inom flyget, och riksdagen har fattat beslut om att satsa sammanlagt 100 miljoner kronor på utveckling och forskning av biobränsle för flyg under åren 2018-2020.

Forskare vid IVL Svenska Miljöinstitutet och Luleå tekniska universitet har i en förstudie bedömt att bioflygbränsle tillverkat av skogsrester kan klara det svenska flygets behov och hoppas kunna genomföra ett pilotprojekt vid LTU Green Fuels anläggning i Piteå till en kostnad av ca 150 miljoner kronor. Det handlar om förgasning av biomassa i kombination med en förvätskningsprocess, så kallad Fischer Tropsch-syntes, med en beräknad energiverkningsgrad på ca 40 procent vid produktion baserad på grenar och toppar (GROT) och svartlut.¹⁸

Samtidigt utreder SCA möjligheterna att bygga ett stort bioraffinaderi i Östrand som, om planerna förverkligas, skulle kunna täcka hela inrikesflyget med biobränsle alternativt bidra med drygt 2 procent av vägsektorns behov av drivmedel.¹⁹ SEKAB i Örnsköldsvik deltar i EU-projektet Rewofuel som syftar till att få fram nya metoder för produktion av biobensin och flygbränsle. Projektet ska pågå i tre år och SEKAB får cirka 30 procent av hela bidraget från EU, drygt 4 miljoner euro. Företagets roll i projektet är att förädla biomassa till socker och lignin, som i nästa steg kan omvandlas till biodrivmedel.

¹⁷ <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/biofuels/biofuels-aviation>,

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/20130911_a_performing_biofuels_supply_chain.pdf

¹⁸ <https://www.ivl.se/toppmeny/pressrum/pressmeddelanden/pressmeddelande---arkiv/2018-03-12-sverige-kan-flyga-gront-pa-svensk-skog.html>

¹⁹ <http://www.atl.nu/skog/sca-planerar-for-bioraffinaderi/>

Flera andra svensk projekt för produktion av biodrivmedel, primärt för leveranser till vägtrafiken, är på gång.

Ett fossilfritt inrikesflyg skulle kräva ca 2 TWh/år fossilfritt bränsle. Det motsvarar bara 1,5 procent av den årliga svenska bioenergianvändningen. Flyget, både i Sverige och internationellt, skulle med lätt-het kunna försörjas helt med biodrivmedel. Men det förutsätter att flygplanen inom globalt sett be-gränsade resurser får förtur till bioenergi framför andra användningsområden och att flygbolagen accepterar att bränslekostnaden ökar med 200-300 procent eller mer.

Eldrift av flygplan

Den snabba utvecklingen av fordonsbatterier har lett till en situation där åtminstone partiell drift av flygplan med el är möjlig och då främst i mindre plan som används för korta flygningar. Den avgö-rande förändringen är att batteriernas energitäthet ökat markant samtidigt som kostnaden sjunkit. Fördelar med el är att verkningsgraden hos elmotorn är ca tre gånger så hög som hos konventionella flygmotorer och att motorn väger mindre och inte kräver lika mycket underhåll. På kort till medellång sikt förefaller hybridisering vara ett naturligt första steg, ganska snart följt av hel-elektriska plan.

I en rapport beställd av norska Avinor ger Reimers (2018) en överblick över den pågående teknikut-vecklingen och bedömer att fortsatt förbättrad energidensitet hos batterierna inom 10-15 år kom-mer göra det möjligt att klara rutter på upp till 500 km med hel-elektrisk drift i plan med upp till 100 säten. Tvåsitsiga elflygplan finns redan i kommersiell tillverkning.

Vid sidan av tillverkare av mindre plan, som Lilium och Zunum, är även Boeing and Airbus engagerade i utvecklingen av elektriskt flyg liksom tillverkare av motorer och elektrisk system som Siemens, Rolls Royce och Safran.

Elmotorer erbjuder många fördelar jämfört med förbränningsmotorer. De är lätta och tysta samt kan snabbt ge den extra kraft och acceleration som behövs under start. Det skapar möjlighet att använda kortare start- och landningsbanor. På sikt kan vertikal start- och landning bli en möjlighet för små plan. Eldrift skapar också möjligheter till radikalt ny design av flygplanskroppar och vingar. En möjlig-het som testas är att integrera många små propellrar i flygplanets vingar.

Reimers räknar med att flygplansbatterier år 2025 kommer att ha en energitäthet på 500 Wh per kilo och inte kosta mer än 100 dollar per kWh batterikapacitet. En utmaning är att batterierna kommer att behöva klara betydligt fler laddningscykler (innan de tappat 20 % av sin kapacitet). Dagens ca 1 000 cykler räcker inte för plan som används 10 timmar per dag och som kan behöva snabbaddas upp till 10 gånger per dygn. Man siktar på att nå 5 000 cykler vilket ändå leder till behov av byte till nya batterier ungefär var artonde månad.

Energiåtgången bedöms kunna bli ca 0,1 kWh per säteskilometer i Zunums kommande plan med 50 säten. Det är mer än dubbelt så mycket som krävs i ett höghastighetståg, men skillnaden blir mindre per passagerarkilometer, eftersom flygplan i genomsnitt har betydligt högre belägningsgrad än tåg. Planets elförbrukning beror också på hastigheten som i de planerade elektriska planen uppges komma att ligga mellan 450 och 700 km/h, alltså betydligt snabbare än höghastighetstågen.

Jämfört med obeskattad Jet A1 kan energikostnaden vid eldrift mer än halveras och jämfört med biodrivmedel blir kostnaden troligen bara ca en sjättedel. Det ger utrymme för de höga batterikostnaderna.

Bland de företag som utvecklar tekniken hör Airbus som har för avsikt att tillsammans med motortillverkaren Rolls-Royce och Siemens modifiera en BAE 146 (med 100 säten) genom att ersätta en av dess fyra motorer med en 2 MW elmotor. Företagen hoppas att resultaten ska vara så övertygande att de i nästa steg kan satsa på ett helt hybridiserat plan med 50-100 säten som i så fall kan tas i drift kring 2030.²⁰ Easyjet har inlett ett samarbete med Wright Electric för att bygga elektriska flygplan som inom ett decennium kan klara rutter på ca 500 km, vilket räcker för att t.ex. trafikera Stockholm-Oslo eller Stockholm-Göteborg.

Det kommer ta minst 10-15 år innan elektriska flygplan med 50-100 säten är kommersiellt tillgängliga och sen ytterligare minst 20 år innan den nya tekniken helt slår igenom. Det tar tid att byta ut den existerande flottan. Chefen för Avinor, den norska motsvarigheten till Swedavia, säger i en intervju med nyhetsbyrån AFP att han bedömer att fligheter på under 1,5 timme kommer att kunna flygas med hel-elektriska plan.²¹ Avinors mål är att all norsk inrikestrafik ska vara elektrifierad år 2040. Elektrifieringen kommer således efter år 2030 få stor betydelse inom inrikestrafiken och på närlägen destinationer som de nordiska grannländernas huvudstäder. Elektrifieringens infrastrukturkostnad kan bedömas som liten eftersom laddning av batterierna helt kommer att ske på berörda flygplatser.

För stora flygplan som används på längre rutter blir batterivikten för hög för att hel-elektrisk drift ska vara realistisk, men olika typer av hybridisering framstår som en möjlig väg att minska bränsleförbrukningen.

Vad kan och bör Sverige göra för att minska flygets klimatpåverkan?

Det svenska flygets utsläpp kommer att omfattas av de frivilliga stegen i ICAO:s CORSIA-program samt av utsläppshandelssystemets successivt sänkta tak. Frågan är om detta är tillräckligt eller om regering och riksdag bör ta ytterligare initiativ utöver den flygskatt som infördes den 1 april 2018. De som vill öka pressen på flyget brukar anföra att priset på utsläppsrätter är lågt och att flyget får merparten av dem gratis och därför kommer lindrigare undan än de markbaserade transportslagen.

Flygets företrädare har i debatten om flygskatten hävdade att näringen ger upphov till så stora nyttor i form av bidrag till BNP och sysselsättning att kostnaden för åtgärder utöver de som överenskommits internationellt får för stora negativa effekter. Att samtliga transportslag, liksom andra näringar, ger upphov till nyttigheter och skapar sysselsättning är visserligen sant men utgör ingen anledning att låta dem slippa tuffa miljökrav. Dock bör man låta kostnadsnyttoanalys ligga till grund för beslut om hur långt man ska gå, och så sker vanligen också, i varje fall inom OECD-länderna. Eftersom marginalnyttan av ytterligare åtgärder ofta är avtagande samtidigt som marginalkostnaden ökar med stigande ambitionsnivå kommer man vanligen till sist till en punkt där det inte är rimligt att skärpa kraven ytterligare.

²⁰ The electric-flight plan. The Economist 2.12 2017.

²¹ <https://www.nyteknik.se/fordon/da-ska-alla-flyg-inom-norge-vara-eldrivna-6894280>

Men ny kunskap om hälsoeffekter och andra negativa konsekvenser kan, liksom tillgång till ny och billigare teknik, leda till att man får skäl att omvärdera tidigare beslut. Det finns många exempel på ökad ambitionsnivå när det gäller miljöpåverkan från vägfordon liksom beträffande olika typer av industriell verksamhet.

Klimatfrågan är emellertid speciell med avseende på kostnader och nyttor. Det är mycket svårt, sannolikt omöjligt, att med rimlig precision beräkna de framtida kostnaderna av en större klimatförändring och dessutom utgör valet av diskonteringsränta en utmaning. Den vanligaste ansatsen har därför istället blivit att söka bedöma marginalkostnaden (skuggpriset) för en miljöpolitik som leder till att man med viss säkerhet kan undvika en temperaturstegring som kan få omfattande och allvarliga konsekvenser.

I Paris kom klimatkonventionens parter fram till att man bör söka förhindra att luftens medeltemperatur vid jordytan ökar med mer än 1,5 grader Celsius jämfört med den förindustriella nivån, och i varje fall inte med mer än 2 grader C. Inom EU har slutsatsen blivit att detta knappast kan uppnås utan att nettoutsläppen av växthusgaser upphör i de rika länderna inom ca 40 år och därefter helst vänds i en nettoupptagning av koldioxid. Det förefaller från denna utgångspunkt logiskt att det internationella flyget bör minska sina utsläpp i ungefär samma takt. Beträffande persontrafik utnyttjas ju flyg främst av människor i de rika länderna samt av relativt förmögna medborgare i andra länder som också bör ha råd att klara den extra kostnad som en klimatanpassning medför.

Om flyget i Sverige ska tvingas ta ett ansvar som är större än det som beslutats av ICAO och EU beror på om kostnaden för ytterligare åtgärder är rimligt kostnadseffektiva. I debatten har förslag om följande typer av åtgärder framförts:

- Slopa alla subventioner till flyg och flygplatser i syfte att dämpa flygandet
- Inför koldioxidskatt på flygbränslen
- Flygskatt (nu införd)
- Biodrivmedelskvotplikt alternativt reduktionsplikt
- Subventionera konkurrerande tågtrafik genom att bygga banor för höghastighetståg

Flygets kostnadsansvar och förekomst av subventioner

Flygets kritiker hävdar att näringen är kraftigt subventionerad genom stöd i olika former och undantag från skatter. Svenska Naturskyddsföreningens ordförande och generalsekreterare presenterade nyligen i en debattartikel²² en lista på vad de ser som flygsubventioner:

- Energiskattebefrielse på inrikesflygets bränsle: 860 miljoner kronor.
- Energi- och koldioxidskattebefrielse på utrikesflygets bränsle: cirka 6 400 miljoner kronor.
- Bidrag till kommunala flygplatser: 100 miljoner kronor (statligt) och 286 miljoner kronor (kommuner).
- Momsbefrielse på utrikes flygresor: 720 miljoner kronor.

²² <https://www.svd.se/flyget-kan-inte-ha-en-fribiljett-i-klimatpolitiken>

Uppräkningen är emellertid felaktig och/eller inkomplett i flera avseenden. Naturskyddsföreningen betraktar undantag från energiskatt som en subvention. Men de ansvariga myndigheterna ser energiskatten på vägtrafikens diesel och bensin som en rörlig avgift som de i beräkningar av i vilken utsträckning som trafiken bär sin kortsiktiga marginalkostnad (slitage, emissioner och olyckor) avräknar mot kostnaderna. Istället för att belastas av energiskatt betalar de tre övriga transportslagen infrastrukturavgifter som helt eller delvis täcker deras motsvarande kostnader. Frånvaron av energiskatt är således inte någon subvention. Mer om detta nedan i ett avsnitt om externa kostnader.

Naturskyddsföreningen är inkonsekvent när den betecknar flygets undantag från koldioxidskatt som en subvention av utrikesflyget men inte av inrikesflyget. Om skälet till att man gör skillnad på utrikes och inrikes trafik är att inrikesflygets utsläpp av CO₂ omfattas av systemet för handel med utsläppsrätter måste man konstatera att samma sak gäller alla rutter inom Europa, alltså större delen av det utrikesflyg som startar eller landar i Sverige. Däremot är flyg till utomeuropeiska destinationer tills vidare undantagna från kravet på utsläppsrätter.

De statliga driftsbidragen till kommunala flygplatser uppgick 2016 till 63 miljoner kronor²³, medan Swedavias stora flygplatser tillför statskassan ett årligt överskott på ca 700 miljoner kronor per år. Därtill kommer emellertid statens utgifter genom trafikavtal för sex olönsamma inhemska flyglinjer som totalt får 90 miljoner kronor. Det motsvarar ca 10 procent av det statliga stödet till kollektivtrafik på olönsamma glesbygdslinjer. Resten tillfaller de övriga tre trafikslagen.

De kommunala och landstingskommunala nettokostnaderna för kollektivtrafik och transportinfrastruktur uppgår totalt till ca 28 miljarder kronor per år varav omkring 0,3 miljarder tillfaller kommunala flygplatser. Men Naturskyddsföreningen har missat den största flygplatssubventionen som är följden av det mycket fördelaktiga avtal med Stockholms stad som gör att Swedavia bara behöver betala ca 6 miljoner kronor per år för Bromma flygplats (5 kr per avresande passagerare). En avveckling av flygplatsen skulle frigöra mark för bostäder och lokaler som med tomträtt kan ge staden en årlig inkomst på minst 200 miljoner kronor. Trafiken på Bromma är också indirekt subventionerad genom att bulleravgiften är alldeles för låg för att täcka den påverkan som flygbullret medför i Stockholm.

För att få en total bild av i vilken grad olika trafikslag subventioneras måste man också studera statens årliga utgifter för investeringar i ny kapacitet. Det bortser flygets kritiker vanligen helt ifrån.

Järnvägstrafiken kostar staten mer än 23 miljarder kronor per år, inklusive investeringar i nya och gamla banor, medan de skatter och avgifter som belastar tågoperatörerna ger staten en årlig intäkt på mindre än 1,8 miljarder (Trafikanalys, 2017c). Kostnadstäckningen för infrastrukturen är således mindre än 8 procent. Järnvägssektorn konsumerar ca 40 procent av de resurser som staten lägger på transportsektorn men genererar bara 8,5 procent av antalet passagerarkilometer i svensk inrikestrafik och knappt 20 procent av godstransportarbetet, inklusive den del av utrikes transporter som sker på svenska vägar, banor och svenskt vatten.²⁴

²³ <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Finansieringsmetoder/Driftbidrag-till-icke-statliga-flygplatser/>

²⁴ <https://www.trafa.se/vagtrafik/transportarbete-4164/>

Skillnaden på drygt 21 miljarder mellan statens kostnader och intäkter är mycket större än summan av inrikesflygets undantag och subventioner och motsvarar i genomsnitt ett bidrag på 0,64 kronor per ton- och passagerarkilometer (eller ca 320 kr för en resa på 50 mil).

Internalisering av externa effekter

I ett regeringsuppdrag bedömde VTI att inrikesflyget genom de rörliga avgifter som belastar trafiken betalar för de kortsiktiga externa effekter som en ytterligare passagerarkilometer medför, men forskarna fann samtidigt att utrikesflyget långt ifrån betalar sina kostnader. För höghöjdsutsläppen användes faktorn 1,7 (för höjd över 8 000 m). Även persontrafik med tåg och bensindrivna bilar bedömdes betala för sina kortsiktiga marginalkostnader, medan dieselfordon och godståg uppvisade betydande underskott. Beträffande flyget konstaterade författarna dock att bulleravgiften är för låg för att motsvara de kostnader som trafiken på Bromma medför (Nilsson och Haraldsson, 2016).

Den svenska synen på transporternas externa kostnader bygger på att det är den kortsiktiga marginalkostnaden som ska internaliseras. Det handlar således om de kostnader som en ytterligare fordonskilometer ger upphov till, och denna kostnad jämförs sedan med summan av de skatter och avgifter som belastar en extra fordonskilometer. Skälet att begränsa kostnadsansvaret till de rörliga kostnaderna och avgifterna är att man vill undvika en situation där det blir onödigt dyrt att använda redan befintlig infrastruktur. Så skulle nämligen kunna bli fallet om ansvaret också omfattade de fasta kostnaderna, vilka domineras av investeringar i ny infrastruktur och reinvesteringar i befintlig. Men detta synsätt är inte självklart och det är ibland svårt att dra en tydlig gräns mellan fasta och rörliga avgifter och skatter.

Vid jämförelse mellan den högt beskattade vägtrafiken och övriga transportslag bör man notera att koldioxidskatten är avsedd att internalisera climateffekten av utsläpp av koldioxid, medan det som betecknas som energiskatt kan ses som en trafikberoende intäkt som ska täcka vägfordonens övriga kortsiktiga marginalkostnader. Det innebär, som framgått ovan, att energiskatten inte ses som klimatpolitiskt motiverad trots att den gör utnyttjande av fossila bränslen dyrare.

De av vägtrafikens kostnader som energiskatten kan sägas internalisera täcks inom järnvägstrafiken, flyget och sjöfarten av andra typer av avgifter. Flygtrafiken betalar bland annat avgifter i samband med start och landning och undervägsavgifter under själva flygningen. Startavgiften baseras på flygplanets maximala vikt, ofta också dess utsläpps- och bullerprestanda och varierar något mellan flygplatserna. En viktdifferentierad landningsavgift täcker olika flygtrafiktjänster. Undervägsavgiften som beror på flygplansvikt och flygsträcka beslutas av det europeiska flygtrafiksamarbetet Eurocontrol enligt ett gemensamt regelverk och används framförallt för att täcka kostnaden för flygtrafikledning (Trafikanalys, 2017).

Beträffande tågtrafiken konstaterar Trafikanalys att banavgifterna ungefärligen motsvarar persontrafikens externa kostnader (alltså exkl. investeringarna), medan godstågens banavgifter bara täcker en mindre del av deras externa kostnader. Beträffande passagerartågen noterar myndigheten dock att de inte tvingas ta ansvar för sina trängselkostnader. Innan man på grund av befarad kapacitetsbrist investerar i ny infrastruktur ska man, enligt ekonomisk teori, först pröva trafikanternas betalnings-

vilja genom att införa trängselavgifter och därefter underbygga eventuella beslut om investeringar i ny kapacitet genom samhällsekonomisk konsekvensanalys. Så sker dock inte alltid.

Koldioxidskatt?

Genom att de koldioxidutsläppsrätter som säljs inom EU ETS är billiga kommer flyget lindrigare undan än vägfordon vars bränslen i flertalet av unionens medlemsländer belastas av höga skatter på diesel och bensin. I Sverige har politikerna dock infört en uppdelning av drivmedelsskatterna i koldioxidskatt och energiskatt.

Den koldioxidskatt som belastar den svenska vägtrafikens drivmedel uppgår till 117 öre per kilo, medan priset på utsläppsrätter inom EU ETS de senaste åren pendlat mellan 5 och 7 öre per kilo. Dock har priset sedan början av 2018 stigit till 15 öre per kilo efter att EU beslutat om de långsiktiga reglerna för EU ETS.

För att ge samma incitament till energieffektivisering och byte av drivmedel samt samma återhållande effekt på efterfrågan som i vägtrafiken skulle kravet på flyget att tillhandahålla utsläppsrätter behöva kompletteras med en skatt som motsvarar skillnaden mellan 117 öre och dagspriset på utsläppsrätter, i varje fall inom inrikes luftfart där varken EU:s energiskattedirektiv eller Chicagokonventionen utgör hinder för beskattning. Norge belastar fossila bränslen som används i inrikes flyg med en koldioxidskatt som 2016 uppgick till NOK 1,08 per liter eller NOK 0,42 per kilo (ICAO, 2016). Dessutom tar den norska staten ut avgifter på flygets utsläpp av kväveoxider och svavel.

Med tiden kommer dock utsläppsrätterna att öka kraftigt i pris i takt med att tilldelningen skärs ner (för att helt upphöra 2057). Priser motsvarande 30 och 40 öre per kilo år 2030 förefaller troliga och på lång sikt kommer priset att behöva motsvara den långsiktiga marginalkostnaden för att bli kvitt de allra sista utsläppen av koldioxid. På mycket lång sikt går det inte att utesluta priser som t.o.m. överstiger den internationellt sett mycket höga svenska koldioxidskatten.

Mervärdesbeskattning

Resor mellan flygplatser i skilda europeiska länder är befriade från mervärdesskatt vilket gör dem relativt sett billigare än resor med andra transportslag och inrikesresor med flyg. För svensk del är dock skillnaden mot övriga transportslag och inrikes flygresor liten, eftersom den svenska transportmomsen bara uppgår till 6 procent. Man kan ifrågasätta varför just resor ska ha en lägre momssats än till exempel livsmedel, men en anledning till den låga momsen kan vara en önskan om att stärka kollektivtrafikens konkurrensförmåga gentemot privatbilismen.

Inom EU har kommissionen tidigare försökt få stöd för införande av en gemensam moms på allt flyg inom unionen.²⁵ Men nu verkar den vara inne på att låta medlemsländerna fortsätta att tillämpa mervärdesskattesatser efter eget gottfinnande, och det internationella flygets biljetter finns inte med bland de varor och tjänster för vilka kommissionen i januari 2018 föreslog en gemensam momssats på 15 procent.²⁶

²⁵ http://ec.europa.eu/taxation_customs/sites/taxation/files/com_2016_148_en.pdf

²⁶ https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2018_02_TE_Own_resources_position_paper_final.pdf

Flygskatten

Sverige införde från 1 april 2018 en skatt på flygresor som uppgår till 60 kronor per passagerare för resor inom Sverige och Europa och för resor till länder utanför EU till 250-400 kronor beroende på avstånd. Samtidigt beslutade riksdagen att som kompensation ge ett bidrag på 120 miljoner kronor till de regionala flygplatser där flygskattens negativa effekter förväntas bli störst.

Flera europeiska länder har sedan länge liknande skatter. För närvarande har Tyskland, Frankrike, Österrike, Norge och Storbritannien flygskatter. Erfarenheterna visar att införande av flygskatt påverkar konkurrensen med flygplatser i grannländer som inte beskattar flyget (Svenskt Flyg, 2017).

Ca hälften av de länder i Europa som någon gång provat att införa flygskatt har efter någon tid avskaffat den. Men ett antal länder fortsätter att debitera sådana skatter. Det hade rimligen varit enklare om alla länder i Europa hade kunnat enas om en skatt på flyget. Då hade risken för "läckage" till andra länders flygplatser varit mycket mindre.

Genom att flygskatten tas ut per försåld biljett och inte är differentierad för flygplanets specifika bränsleförbrukning får den begränsad effekt på utsläppen av koldioxid. Den effekt som uppkommer blir med en sådan utformning enbart ett resultat av att konsumenternas priskänslighet leder till färre resor. Därtill kommer för rutten inom Europa att de totala utsläppen under EU ETS inte minskar snabbare än den takt med vilken taket i handelsystemet sänks.

För inrikes resor är risken, i motsats till flygskatteutredningens bedömning, sannolikt liten att flyg ersätts av bilresor i någon större utsträckning. Konkurrensytan är större mellan tåg och bil än mellan bil och flyg. Bilen är mera flexibelt användbar och kan ta flera passagerare och mer bagage. Men att resenärer som valt att resa kollektivt med flyg i avsikt att minimera restiden skulle välja bil framför tåg på sträckor där tågförbindelserna är täta och snabba verkar föga troligt. Det tar dubbelt så lång tid att åka bil mellan Stockholm och Göteborg jämfört med tåg. För utrikes resor kan skattens positiva effekt däremot reduceras en aning till följd av att resenärer väljer att resa från eller via flygplatser i länder utan flygskatt.

Att flygskatten skulle få långtgående negativa konsekvenser för flyget men nästan ingen klimateffekt förefaller sammantaget mindre sannolikt. Enligt Utredningen om skatt på flygresor (2016) förväntas skatten leda till en reduktion av efterfrågan på flygresor med 3,6–4,8 procent för inrikesflyget, 1,4–1,9 procent för flyg inom Europa och 1,5–2,1 procent för flyg utom Europa. Den totala minskningen av avresande resenärer från flygplatser i Sverige beräknas bli 450 000 – 600 000 per år, jämfört med om ingen skatt införts. När hänsyn tas till ökade utsläpp från andra trafikslag genom överflyttningar från flyget kan nettoeffekten, enligt utredningen, bli en reduktion om 80 000 till 200 000 ton koldioxid.

Svenskt Flyg (odaterad) hävdar med referens till ett underlag framtaget av WSP att införandet av flygskatten leder till en förlust av 5 000 till 10 000 jobb under första året och att BNP minskar med 1,5 till 5,4 miljarder SEK. Det kan jämföras med att flygskatteutredningen säger att effekten på sysselsättningen blir liten och att det totala antalet avresande passagerare från flygplatser i Sverige förväntas öka trots införandet av skatten. Dessutom måste man konstatera att de pengar som efter

skattens införande inte längre används till flygbiljetter rimligen kommer att utnyttjas för annan konsumtion som i sin tur skapar arbetstillfällen och bidrar till BNP. Allmänna jämviktsstudier kan användas för att belysa sådana effekter.

Därtill behöver man bedöma om de nya skatteintäkterna kan användas för att reducera någon annan skatt som kan vara samhällsekonomiskt mera skadlig än flygskatten. De statsfinansiella nettointäkterna av den föreslagna skatten på flygresor beräknades av utredningen komma att uppgå till 1,75–1,78 miljarder kronor per år.

Kvotplikt

Centerpartiet har föreslagit kvotplikt i form av krav på fem procents inblandning av biodrivmedel (avsedd att senare öka stegvis) som ett alternativ till den nu införda skatten på flygsäten. Klimateffekten skulle sannolikt bli bättre, i varje fall på sikt, men det skulle troligen ta flera år att få ett sådant regelverk på plats. Flygskatten kommer att få en omedelbar effekt på flygets utsläpp men påverkar inte totalutsläppen inom EU som bestäms av taket i EU ETS.

En fördel med kvotplikt är att förbereda flyget för en framtida situation när knapphet på utsläppsätter leder till ökad konkurrens om dem och till stigande priser. Kostnaden för 5 procents biodrivmedelsinblandning torde belasta biljettpriserna ungefär lika mycket som flygskatten. Det innebär förstås att effekten i form av minskad efterfrågan på flygresor också blir ungefär lika stor som den som flygskatten förväntas ge upphov till.

Bygga höghastighetsbanor och subventionera tågresor

Miljöpartister brukar säga att det är skandal att det är billigare att flyga än att åka tåg, men järnvägen är ett dyrbart transportslag. Om det alltid ska kosta mer att flyga än att ta tåget måste man antingen subventionera järnvägstrafiken mer än idag eller utsätta inrikesflyget för pålagor som inte kan motiveras av dess kostnadsansvar. Vid strikt likabehandling, inklusive ansvar för klimatpåverkan, så kommer flyget ibland vara billigare. För att flyget alltid ska vara dyrare krävs ett koldioxidpris som ligger långt över dagens svenska koldioxidskatt samtidigt som järnvägstrafiken, i motsats till flyget, fortsatt slipper betala sina fasta infrastrukturkostnader.

I sammanhanget är det också relevant att påminna sig att flyg inte bara konkurrerar med tåg utan också med bilar. År 2014 var personbilstrafikens transportarbete 32 gånger större än inrikesflygets. Under det året ökade bilarnas transportarbete med 7,3 miljarder personkilometer, d.v.s. två gånger inrikesflygets hela transportarbete eller motsvarande 60 procent av järnvägens (Trafikverket, 2016)²⁷. Dock måste man notera att det bara är en mindre del av biltrafiken som är långväga, men samma sak gäller för persontrafik med tåg.

Flera riksdagspartier vill bygga banor för höghastighetståg mellan de tre svenska storstäderna och motiverar detta helt eller delvis med att det måste bli möjligt att åka snabbt utan att flyga. Miljöpartiet driver denna linje hårt, medan miljöorganisationerna inte förefaller lika övertygade om att projektet är ”klimatsmart”.

²⁷ Med referens till <http://trafa.se/vagtrafik/transportarbete-4164/>

Trafikverket har analyserat effekterna av introduktionen av järnvägens X2000-trafik på berörda flyglinjer. För de mest konkurrensutsatta, Stockholm-Göteborg och Stockholm-Malmö, kunde ingen betydande effekt påvisas. Flyglinjerna i dessa stråk hade snarare utvecklats lite bättre än inrikesflyget i genomsnitt (Trafikverket, 2016). Men detta hindrar förstås inte att effekten skulle kunna bli större om tågen kör ännu fortare, men erfarenheterna från andra delar av Europa är att investeringar i höghastighetståg sällan leder till att flygandet upphör.

Om det ska finnas någon möjlighet att hålla den globala temperaturökningen under 2 grader Celsius jämfört med förindustriell tid börjar det bli bråttom med klimatåtgärder som snabbt förmår reducera utsläppen. Därför måste utsläpp av växthusgaser från anläggning av ny infrastruktur snabbt kompenseras av reducerade emissioner från transportarbetet. Anläggning av höghastighetsbanor ger upphov till mycket stora utsläpp av koldioxid under byggskedet, eftersom man för att kunna köra i 300-350 km i timmen måste undvika kurvor och backar och därför tvingas borra tunnlar och anlägga broar över sänkor. Westin och Kågeson (2012) har visat att det glesa trafikunderlaget i södra Sverige gör det nästan omöjligt att återbetala koldioxidskulden från bygget av banorna på 50 år även i alternativ där man antar att övergången från bil och flyg till tåg blir mycket omfattande. Tillskyndarna gör dessutom misstaget att jämföra morgondagens tåg med dagens flygplan och bilar trots att de senare också i hög grad kommer att vara elektrifierade när höghastighetsbanorna tas i drift.

Ställda inför denna slutsats brukar höghastighetsbanornas förespråkare hävda att projekten ändå är klimatmässigt fördelaktiga genom att man frigör kapacitet på befintliga spår som kan utnyttjas för godstrafik och av långsammare passagerartåg. Men då tillämpar man inte den av miljöpartiet annars så omhuldade fyrstegsprincipen. Den innebär att man först som sista utväg ska anlägga nya vägar, flygplatser eller spår. Dessförinnan måste man pröva om nybyggnationen kan undvikas genom att 1) överväga åtgärder som kan påverka behovet av transporter, 2) vidta åtgärder som medför ett mer effektivt utnyttjande av befintlig infrastruktur, och 3) genomföra begränsade ombyggnationer.²⁸

Enligt den teori på vilket principerna för internalisering av trafikens kostnader bygger ska man vid kapacitetsbrist inte genomföra nyinvesteringar utan att först ha provat trafikanternas betalningsvilja genom att införa någon form av trängselavgift. I den mån som kapacitetsbrist föreligger i järnvägsnätet så borde således detta ske som steg 1 för både gods- och passagerartåg. I steg 2 borde man sätta in längre tåg. De nuvarande snabbtågen tar 300 passagerare, men man kör ibland två sådana tåg kopplade till varandra. Det kan ske i större omfattning. De svenska godstågen är också förhållandevis korta och en övergång till långa tåg skulle reducera transportkostnaden och göra tågen mer konkurrenskraftiga men kräva investeringar i längre mötes- och förbigångsspår (steg 3). Godstransporternas koldioxidutsläpp kan dessutom reduceras radikalt genom elektrifiering av motorvägarna mellan de tre storstadsområdena. Det skulle kosta mindre än en tiondel av kostnaden för höghastighetsbanorna och utgör ett realistiskt alternativ till försöken att flytta gods från väg till järnväg.

Om huvudsyftet med att lägga 230 miljarder kronor²⁹ av statliga investeringsmedel på höghastighetsbanorna är att få ner utsläppen av koldioxid från de två konkurrerande flyglinjerna, så kunde ett alternativ vara att skattebetalarna istället står för den merkostnad som skulle bli följden av att helt

²⁸ <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/fyrstegsprincipen/>

²⁹ Exklusive kostnaden för nya stationer och andra följdinvesteringar.

övergå från fossilt flygbränsle till biodrivmedel på dessa sträckor. Det handlar om ca 35 procent av allt bränsle som förbrukas i inrikes luftfart. Merkostnaden skulle bli ca 1,1 miljarder per år om biodrivmedlen antas kosta tre gånger så mycket som Jet A1. Mycket pengar, men en ganska liten andel av den årliga avkastning som staten skulle kunna få om den investerar 230 miljarder i produktiv verksamhet. En real avkastning på blygsamma 4 procent skulle ge 9,2 miljarder per år. Det skulle alltså räcka att man avsätter en dryg tiondel av avkastningen på detta kapital till subventionering av flygets biodrivmedel. Med eldrift efter ca 2035 (då höghastighetsbanan ännu inte är färdigbyggd) så blir flygets alternativkostnad betydligt lägre.

Låt den som har bråttom betala

Det är förvånande att så skilda intressenter som Svenskt Flyg och Miljöpartiet är så överens om vikten av att medborgarna ska kunna resa snabbt. Båda vill direkt eller indirekt subventionera hög hastighet och långväga resor.

Vi använder i genomsnitt ungefär lika mycket tid per dygn på att förflytta oss som för hundra år sedan, men teknisk utveckling i kombination med stigande inkomster har gjort det möjligt att successivt öka genomsnittshastigheten och åka mycket längre inom en oförändrad tidsbudget (Bleijenbergh, 2017). Man kan mot bakgrund av medborgarnas höga betalningsvilja för nöjesresor fråga sig varför skattebetalarna ska subventionera hög hastighet och långa resor?

Forskning visar att det är samhällsekonomiskt lönsamt att stödja lokal kollektivtrafik med skattemedel, och det kan också vara rimligt att subventionera vissa glesbygdslinjer i syfte att hålla ihop landet. Men det finns knappast några skäl, särskilt inte från miljösynpunkt, för staten att stå för en betydande del av kostnaden för medborgarnas resor mellan landets storstäder. Sådana subventioner får dessutom en regressiv fördelningspolitisk effekt. Den fattigaste fjärdedelen av befolkningen får vara med och subventionera den rikaste kvartilens resvanor och det gäller både flyg och höghastighetståg. Stöd till lokal trafik får fördelningsmässigt däremot motsatt effekt, eftersom låginkomsttagarna är mer hänvisade till lokaltåg och bussar än de med hög inkomst.

Om man tillämpar principerna om likabehandling av transportslagen och kostnadseffektiva åtgärder mot utsläppen av växthusgaser på resor mellan de tre storstäderna så är det rationellt att låta dem som vill komma snabbt fram betala det fulla priset för sin brådska! Då uppfylls också principen om att förorenaren ska betala och skattemedlen kan användas inom områden där de ger större nytta.

Vad händer om man tillämpar grundprinciperna på flygets utsläpp?

Styrmedel och krav avseende flygets miljö- och klimatpåverkan bör bygga på principerna om likabehandling och kostnadseffektivitet. Med likabehandling avses här i första hand i förhållande till övriga transportslag.

Som visats ovan kan man konstatera att flyget på kort sikt kommer lindrigare undan än vägtrafiken när det gäller utsläpp av växthusgaser. På längre sikt gäller, förutom IATA:s indikativa mål på minus 50 procent år 2050 räknat från 2005 års nivå, ICAO:s beslut om att alla utsläpp över 2020 års nivå ska klimatkompenseras. Men det inomeuropeiska flyget är dessutom underkastat de regler som fastställs av EU och som innebär att taket för tilldelning av utsläppsrätter till år 2057 gradvis kommer att sän-

kas till noll. Det är oklart om EU kommer att tillåta nettoinköp av utsläppsrätter från utsläppshandelssystem i andra delar av världen.

Den elektrifierade tågtrafikens indirekta utsläpp från kraftproduktionen är underkastade samma regler som flyget, medan vägtrafikens utsläpp omfattas av de enskilda medlemsländernas åtagande inom ramen för EU:s ansvarsfördelningsförordning (ESR³⁰). Sverige måste minska dessa utsläpp med 40 procent till år 2030, men har frivilligt åtagit sig att reducera dem med 63 procent och inom transportsektorn (exkl. inrikesflyget) med 70 procent. Det är bara den internationella sjöfartens utsläpp av koldioxid och flygets höghöjdsutsläpp av kväveoxider och vattenånga som ännu inte omfattas av bindande krav.³¹

På kort sikt tvingar inte dessa internationella regler och branschöverenskommelser det svenska flyget att göra någonting alls, men Sveriges deltagande i de två frivilliga faserna av ICAO:s CORSIA-program kräver att bolagen börja förbereda sig på åtgärder som kan behövas för att hålla utsläppen från de internationella rutterna på 2020 års nivå. För inrikesflyget krävs i detta avseende inte mycket eftersom någon större trafikökning inte är att vänta. För att klara EU:s krav räcker det med att flyget köper de utsläppsrätter som behövs inom ramen för EU ETS, men bolagen bör med avseende på dem förbereda sig på en kraftig prisuppgång under de närmaste 10-15 åren.

På lite längre sikt blir det betydligt svårare för flyget att klara sig med enkla åtgärder som nettoinköp av utsläppsrätter. Vid mitten av 2030-talet kommer taket för utsläpp inom EU ETS att ha halverats jämfört med 2015 och tio år senare kommer den årligen tillgängliga volymen motsvara ungefär en fjärdedel av dagens nivå. Med tanke på att flygplan vanligen används 25-30 år innan de skrotas måste alltså omställningen starta tidigt, annars riskerar man att stå med en onödigt bränslekrävande flotta när drivmedel och utsläppsrätter hunnit bli betydligt dyrare än idag.

Flygets anpassning till klimatkraven kan ske genom flera olika typer av åtgärder:

- Övergång till biodrivmedel
- Partiell elektrifiering
- Energieffektivisering (flygkropp, vikt, motorteknik, större plan, högre kabinfaktor)
- Val av lägre hastighet

Dessutom kommer flygets anpassningskostnader att påverka biljettpriserna uppåt och därigenom dämpa efterfrågan av flygtjänster. För att förstå storleksordningen av kommande kostnadsökningar kan man göra en kalkyl baserat på ett antagande om att bränsleförsörjningen år 2035 till hälften består av biodrivmedel som i genomsnitt kostar tre gånger mer än dagens Jet A1. Under förutsättning att priset på fossilt flygbränsle inte ökat från dagens nivå och att bränslekostnadsandelen i nuläget uppgår till 28 procent skulle biljettpriserna behöva höjas med 28 procent till 2035 för att täcka merkostnaden. Om kundernas genomsnittliga priskänslighet uppgår till -0,8 (högre för privatresenärer och lägre för de som flyger i tjänsten) så skulle efterfrågan på flygresor, allt annat lika, minska med 22 procent. Men under de 17 åren till 2035 kommer flygandet, i varje fall på utrikes destinationer att

³⁰ ESR = Effort Sharing Regulation

³¹ IMO antog dock i april 2018 målsättningen att reducera sjöfartens utsläpp med 50 procent till 2050 jämfört med 2008, men hur detta ska gå till är föremål för fortsatt arbete.

öka mycket mer än så. Det är bara i inrikestrafiken som en faktisk nettominskning kan inträffa till följd av klimatkostnaderna.

Effekten på flygets biljettpreiser av EU:s ambitiösa klimatpolitik kan således på 15-20 års sikt komma att bli i storleksordningen två till tre gånger så stor som den påverkan på inrikestrafiken som den nyligen införda flygskatten ger upphov till. Dock kan anpassningskostnaden hållas tillbaka något om flyget och flygplanstillverkarna kan hitta effektiviseringsåtgärder som är billigare än skiftet till biodrivmedel. Partiell elektrifiering kan tänkas tillhöra dem. Övergången till biodrivmedel kan bli billigare eller dyrare än vad som antagits i ovanstående räkneexempel. Konkurrens från vägtrafiken om biodrivmedel i kombination med strikta natur- och miljökrav kan medverka till högre priser, medan teknikutveckling och storskalig framställning kan pressa kostnaden. Särskilt viktigt är att minska framställningsprocessens omvandlingsförluster som är stora både för Fischer-Tropsch och för elektrobränslen.

Att välja lägre hastighet vid val av nya flygplan kan vara en kostnadseffektiv väg att minska utsläppen men leder förstås till något längre restider. En marschfart på 500–600 kilometer i timmen sparar mycket bränsle. Luftmotståndet kring vingarna kan reduceras rejält, speciellt om vingarna görs rakare.³² Lägre hastighet torde vara en nödvändig förutsättning för att ge rimlig räckvidd i hel-elektriska flygplan.

Flygets företrädare brukar framhålla risken för att skatter och andra kostnadsdrivande krav kommer att få stora ekonomiska konsekvenser inom branschen och för de näringar som är beroende av flyg. Det är rimligt att anta att nöjesresorna kommer att påverkas betydligt mer av prishöjningen än tjänsteresorna och att det kommer att påverka besöksnäringen. I den mån som turisterna anpassar sig genom att flyga mera sällan men stanna borta längre (färre weekendresor) så påverkas dock besöksnäringen i ringa grad. Om de väljer mera närbelägna resmål framför avlägsna destinationer påverkas inte heller den globala turistnäringen särskilt mycket. Eftersom det är handlar om en gradvis förändring blir det knappast fråga om någon minskning av resandet och inte heller om någon mera påtaglig stagnation inom den snabbt växande besöksnäringen.

Både regeringen och flygbranschen behöver tidigt fundera över vad som bör göras i syfte att förbereda och underlätta den kommande omställningen. En möjlighet kan vara att ersätta flygskatten med kvotplikt avseende inblandning av biodrivmedel eller av en koldioxidskatt som kompletterar kravet på att redovisa utsläppsrätter. I det förstnämnda alternativet får branschen och dess bränsleleverantörer anledning att investera i produktion och distribution av biobaserade drivmedel, medan det senare alternativet främst stimulerar effektivisering.

I det första skedet av satsningen på biodrivmedel för användning i vägfordon satsade riksdagen mångmiljardbelopp på stöd och stimulansåtgärder, och fortfarande får E85, biogas, ED 95, B100 och HVO 100 omfattande subventioner i form av skattebefrielse. I längden är detta ohållbart, och regeringen har tvingats införa reduktionsplikt för låginblandade biodrivmedel som ett sätt att överföra kostnaderna till konsumenterna i enlighet med principen om att förorenaren ska betala. Men mot

³² Tomas Grönstedt, professor i turbomaskiner på institutionen för tillämpad mekanik, Chalmers, i tidningsintervju. <https://www.dn.se/nyheter/vetenskap/lang-resa-kvar-till-klimatvanligt-flyg/>

bakgrund av det massiva stödet till vägtrafikens klimatarbete kan det vara rimligt att regeringen i lämplig form också bidrar till den första fasen av flygets skifte till biodrivmedel. Dessutom är det angeläget att Sverige stödjer arbetet med att förbereda en elektrifiering av delar av flygverksamheten. Förutom stöd till forskning och teknisk utveckling skulle det (om några år) kunna ske genom ett bidrag till bolag som köper elektriska plan eller elhybrider.

Med tanke på att flygets utsläpp på hög höjd varken täcks av de regler som utvecklats inom EU och ICAO eller utgör en del av den svenska klimatöverenskommelsen är det angeläget att Sverige verkar för åtgärder som på ett kostnadseffektivt sätt kan minska höghöjdsutsläppen. Det mest effektiva sättet vore att sätta ett pris på dem samt övervaka effekterna av individuella flygrörelser eftersom effekten av utsläpp av vattenånga varierar stort. Det skulle dels öka kunskaperna om utsläppen och deras effekt, dels skapa incitament att flyga på en höjd som totalt sett är ekonomiskt optimal.

För att inte snedvrider konkurrensen mellan transportslagen och för att lägga grunden till ett kostnadseffektivt klimatarbete är det viktigt att samtliga transportslag likabehandlas med avseende på externa kostnader samt att investeringar i ny kapacitet grundas på samhällsekonomisk kostnadsnyttoanalys och tillämpning av fyrstegsprincipen. Utsläppen av fossila växthusgaser bör så långt möjligt prissättas på samma sätt oavsett transportslag och även inkludera utsläpp från naturgas. För optimalt utnyttjande av den begränsade bioenergipotentialet kan det vara en fördel att låta reduktionsplikten omfatta alla inhemska transportslag och att samtidigt ställa krav på successivt ökande andel biogas i fasta anläggningar som förbränner fossil gas.

Slutsatser

Flyget betalar i huvudsak både infrastrukturens rörliga och fasta kostnader, och de trafikberoende avgifterna täcker på ett ungefär inrikesflygets externa kostnader om man accepterar deltagandet i den europeiska utsläppshandeln som tillräcklig internalisering av climateffekten. Jämfört med att betala koldioxidskatt på samma nivå som vägtrafiken uppkommer dock ett underskott i inrikestrafiken på drygt en halv miljard kronor per år. För utrikestrafiken är underskottet större, särskilt för flyg till och från utomeuropeiska destinationer.

Vid val av styrmedel är det viktigt att beakta att det inomeuropeiska flygets utsläpp täcks av EU:s utsläppshandelsystem, EU ETS. Det innebär att de samlade utsläppen reduceras i den takt med vilken taket i EU ETS sänks och att additionella åtgärder av typ skatt på flygstolar eller subventionerade höghastighetståg inte leder till någon ytterligare minskning. De åtgärder som medlemsländerna och flygbolagen vidtar bör således väljas utifrån en analys av deras kostnadseffektivitet. Det är dock i sammanhanget viktigt att beträffande teknisk utveckling och investeringar i nya flygplan beakta att priset på utsläppsrätter kommer att vara mycket högre om 20 år än idag.

Beträffande den globala flygtrafiken är det ännu svårt att bedöma vilken betydelse som ICAO:s CORSIA-program kan få på utsläppen. Programmet gäller bara utsläpp över 2020 års nivå och nettoeffekten kommer i hög grad att bestämmas av ur kraven på utsläppskrediter (från projekt i andra sektorer), köp av utsläppsrätter från handelsystem och utnyttjande av biodrivmedel utformas.

Den snabba teknikutvecklingen gör det sannolikt möjligt att på sikt elektrifiera inrikestrafiken liksom flyg till närbelägna städer i grannländerna. Det bör vara möjligt att genomföra en fullständig elektrifi-

ering av dessa rutter till 2050 men kan medföra att en del av den berörda trafiken kommer att behöva flyga långsammare än i dag. Kostnaden är svårbedömd, men skiftet till el kan i bästa fall genomföras utan någon större förändring av biljettpriserna.

Den långväga utrikestrafiken kan bara elektrifieras till en mindre del genom hybridisering och måste för att bli koldioxidneutral övergå till biodrivmedel och/eller elektrobränslen. Merkostnaden blir troligen högre än för elektrifiering och kan vid 100 procent biobränsle medföra att drivmedelskostnaden ökar med 200-300 procent eller mer. Det kan innebära att kostnaden för att flyga nästan fördubblas jämfört med idag för såvitt inte flygplanstillverkarna och flygbolagen kan utnyttja möjligheter till energieffektivisering, inklusive val av lägre hastighet, som är billigare. Vid nuvarande priser ökar det internationella flygets transportarbete med ca 5 procent per år, så även om resenärernas priskänslighet skulle visa sig vara hög kommer en fullständig övergång till biodrivmedel och elektrobränslen till mitten av seklet inte att leda till att flygandet minskar. Däremot kommer den årliga tillväxttakten att bli betydligt lägre än i dag.

Referenser

- Azar, C. & Johansson, D., (2012), *Valuing the non-CO2 climate impacts of aviation*. Climatic Change Vol. 111 p. 559-579.
- Bailis, R., Broekhoff, D. and Lee, C.M. (2016), *Supply and sustainability of carbon offsets and alternative fuels for international aviation*. Stockholm Environmental Institute, U.S. Seattle Office, Working Paper 2016-03.
- Bleijenberg, A. (2017), *New Mobility. Beyond the car era*. Eburon Academic Publishers, Delft.
- Brynolf, S., Taljegard, M., Grahn, M., & Hansson, J. (2016). *Electrofuels for the transport sector: A review of production costs*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, (July 2016), 1–11.
<http://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.288>
- Börjesson P. 2016, *Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi*. Lunds universitet, Avdelningen för miljö- och Energisystem. Rapport nr. 97.
- Energimyndigheten (2016). *Förslag till styrmedel för ökad andel biodrivmedel i bensin och diesel*. En rapport inom uppdraget Samordning för energiomställning inom transportsektorn. ER 2016:30.
- Harrison, P., Malins, C., Searle, S., Baral, A., Turley, D., & Hopwood, L. (2014), *Wasted: Europe's untapped resource*. International Council on Clean Transportation (ICCT).
- ICAO Secretariat (2017), *Defining the ICAO vision on aviation alternative fuels and future objectives: Proposed ICAO Vision on aviation alternative fuels*. In Conference on Aviation and Alternative Fuels (Vol. 3). Mexico City.
<https://www.icao.int/Meetings/CAAF2/Documents/CAAF.2.WP.006.4.en.Revised.pdf>
- ICAO (2016), *State Action Plan on CO2 emissions reduction activities Norway*. Report.
- ICAO (2018), *Proposal for the First Edition of Annex 16, Volume IV, concerning Standards and Recommended Practices relating to the Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)*.
- ICCT (2017), *International Civil Aviation Organization's Carbon Offset and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)*. International Council on Clean Transportation. Washington D.C.
http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICAO_MBM_Policy-Update_13022017_vF.pdf
- IEA (2017), *Technology Roadmap. Delivering Sustainable Bioenergy*. International Energy Agency.
- IPCC (2014), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>
- Kamb, A., Larsson, J., Nässén, J. och Åkerman, J. (2016), *Klimatpåverkan från svenska befolkningens internationella flygresor. Metodutveckling och resultat för 1990 – 2014*. Institutionen för energi och miljö, Avdelningen för fysisk resursteori, Chalmers Tekniska Högskola. <https://research.chalmers.se/publication/240574>
- Lee, D. S., Fahey, D. W., Forster, P. M., Newton, P. J., Wit, R. C. , Lim, L. L., Owen, B. & Sausen, R. (2009), *Aviation and global climate change in the 21st century*. Atmospheric Environment 43(22): 3520-3537.
- Lyle, C. (2018), *Beyond the ICAO's CORSIA: Towards a More Climatically Effective Strategy for Mitigation of Civil Aviation Emissions*, Climate Law 8, p. 104-127.

- Malins, C. (2017), *What role is there for electrofuel technologies in European transport's low carbon future?* Cerulogy. http://www.cerulogy.com/wp-content/uploads/2017/12/Cerulogy_What-role-electrofuels_November2017-v1.2.pdf
- Nilsson, J.-E. och Haraldsson, M. (2016). *Samkost 2 - Redovisning av regeringsuppdrag kring trafikens samhälls-ekonomiska kostnader*. VTI Rapport 914. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Nordic Council of Ministers (2016), *Sustainable jet fuel for aviation Nordic perspectives on the use of advanced sustainable jet fuel for aviation*. TemaNord 2016:538.
- Reimers, J.O. (2018), *Introduction of Electric Aviation in Norway*. Feasibility study by Green Future AS assigned by Avinor, Norwegian Airports Federation and the Federation of Norwegian Aviation Industries. <https://avinor.no/contentassets/c29b7a7ec1164e5d8f7500f8fef810cc/introduction-of-electric-aircraft-in-norway.pdf>
- Strömberg, J. (2017), *Ett fossilfritt inrikesflyg. Så når vi klimatmålen med flygbiobränsle*. Föreningen Svenskt Flyg.
- Svenskt Flyg (2017), *Internationella erfarenheter av flygskatt*.
- Svenskt Flyg (odaterad), *Flygskatt. En samhällsekonomisk analys*. Sammanfattning av analys utförd av WSP på uppdrag av Föreningen Svenskt Flyg.
- Trafikanalys (2017), *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader*. Rapport 2017:2.
- Trafikanalys (2017b), *Analys av åtgärds-kostnader för att reducera utsläpp av koldioxid inom transportsektorn*. Trafikanalys PM 2017:6.
- Trafikanalys (2017c), *Kunskapsunderlag om skatter och avgifter på transport- området – delredovisning*. Rapport 2017:19.
- Trafikverket (2016), *Resandeprognos för flygtrafiken 2040 - Trafikverkets Basprognoser 2016-04-01*. Publikation: 2016:060. https://www.trafikverket.se/contentassets/7e1063efbcfd4b34a4591b0d4e00f855/resandeprognos_for_flygtrafiken_2040_-_trafikverkets_basprognoser_2016-0....pdf
- Trafikutskottets arbetsgrupp för forskningsfrågor (2018), *Fossilfria drivmedel för att minska transportsektorns klimatpåverkan – flytande, gasformiga och elektriska drivmedel inom vägtrafik, sjöfart, luftfart och spårbunden trafik*. 2017/18:RFR13.
- Utredningen om skatt på flygresor (2016), *En svensk flygskatt*. SOU 2016:83.
- Westin, J. och Kågeson, P. (2012), *Can high speed rail offset its embedded emissions?* Transportation Research Part D, 17 (2012) 1–7.
- Öko-Institut, INFRAS and Stockholm Environment Institute (2016), *How Additional is the Clean Development Mechanism?* Berlin. Study prepared for European Commission, DG CLIMA.