

Flyget och den globala uppvärmningen

Luftfarten står för 3,5 procent av den globala uppvärmningen varav en tredjedel kommer av koldioxidutsläpp och två tredjedelar från sådant som kondensstrimmor. Under de senaste tio åren har det skett en ökning av passagerarkilometer, men koldioxidutsläppen har hållit sig anmärkningsvärt konstanta tills de nu har börjat öka igen. Detta är slutsatserna från två nyliga rapporter från tyska Deutsche Luft und Raumfahrt DLR och engelska Royal Aeronautical Society.

Der glo-ba-le Luft-ver-kehr
Greener by Design Annual Report 2019-2020

En omfattande internationell studie ledd av Manchester Metropolitan University, med deltagande av German Aerospace Center (DLR), publicerades i tidskriften Atmospheric Environment den 3 september 2020.

Studien är den första i sitt slag sedan 2009 och ger den mest omfattande insikten hittills om luftfartens klimatpåverkan. Forskarna bedömer alla faktorer som flygindustrin har bidragit till klimatförändringarna inklusive utsläpp av koldioxid (CO₂), kväveoxider (NO_x) och effekten av kondensstrimmor (moln av iskristaller som produceras av flygmotorer på hög höjd under lämpliga meteorologiska förhållanden). Andra klimatrelevanta utsläpp såsom vattenånga, sot, aerosol och sulfat, som också finns i avgaserna i flygmotorer, ingår också i studien.

Den internationella organisationen för klimatförändringar (IPCC) införde 2013 ett nytt mätvärde i analysen av luftfartens klimatpåverkan. Det nya mätvärdet kallas "Effective Radiative Force" (ERF) och representerar ökningen eller minskningen av balansen mellan den energi som kommer från solen och den energi som avges av jorden sedan tiden före industrialiseringen, vilket innebär att strålningsbudgeten för jordens atmosfär står i centrum för analysen.

För första gången beaktas även effekter av rumsligt inhomogena effekter i beräkningarna, såsom den globalt olikfördelade förekomsten och verkan av kondensstrimmor beroende på flygtrafik och väderförhållanden.

Med hjälp av den nya ERF-metriken fann forskarna att påverkan av kondensstrimmor är mindre än hälften av tidigare uppskattning, men fortfarande är det största bidraget från luftfarten till den globala uppvärmningen. Kondensstrimmorna reflekterar bort solstrålning och detta har en kylande effekt. Å andra sidan minskar de värmestrålningen ut från jorden, vilket värmer klimatet. I det globala genomsnittet dominerar uppvärmningseffekten.

Koldioxidutsläppen är det näst största bidraget till luftfartens klimatpåver-



kan. I motsats till effekterna av kondensstrimmor, som är jämförelsevis kortlivad med några timmar, kvarstår effekten av CO₂ på klimatet under många århundraden. Den globala luftfartens CO₂-utsläpp under hela branschens historia mellan 1940 och 2018 beräknas i studien till 32,6 miljarder ton. Omkring hälften av de totala kumulativa koldioxidutsläppen har genererats bara under de senaste 20 åren, främst på grund av ökningen av antalet flygningar, rutter och flottstorlekar, särskilt i Asien.

Forskargruppen uppskattar att siffran 32,6 miljarder ton utgör cirka 1,5 procent av de totala mänskliga koldioxidutsläppen. Om icke-CO₂-effekter ingår står flygtrafiken för 3,5 procent av alla mänskliga aktiviteter som driver den globala uppvärmningen.

Forskarna gjorde en omfattande analys av de individuella faktorerna för att för första gången beräkna en övergripande klimatpåverkan från den globala luftfarten. Liknande undersökningar hittills har genomförts under 1999, 2005 och 2009. I framtiden kommer luftfartens inverkan på klimatförändringarna att kunna jämföras med andra sektorer som sjötransport, marktransporter och energiproduktion på grundval av dessa resultat.

För framtiden forskar DLR redan på metoder och teknik för att nå CO₂-neutrala flygplan med hjälp av biobränslen, vätgas och hybridelekt-

riska framdrivningssystem. Användningen av biobränslen leder också till ett lägre utsläpp av sot och därmed till mindre kondensstrimmor. För att minska icke-CO₂-effekter undersöker DLR också metoder för optimering av flygrutter och flyghöjder med målet att uppnå en lägsta klimatpåverkan. Alternativa flygrutter erbjuder till exempel möjligheten att undvika regioner och flyghöjder där kondens skulle kunna uppstå på grund av temperatur och fuktighet.

En annan organisation, brittiska Royal Aeronautical Society, har släppt sin årliga rapport Greener by Design 2019-2020. Rapporten är baserad på resultaten från Greener by Design Conference 2019 och utforskar också nuvarande trender och framtida utveckling. Den är sammanställd av Greener by Design Specialist Group som består av branschexperter och akademiker.

Vid konferensen noterades att CO₂-utsläppen de senaste tio åren har hållit sig anmärkningsvärt konstanta trots en ökning av passagerarkilometer, men har nu börjat öka igen medan effekterna av NO_x och SO_x minskade. Sotpåverkan var högre och kondensstrimmor förväntades ha en mycket större inverkan.

Flyget och den globala uppvärmningen

Det är värt att se på vad som har uppnåtts under de senaste 20 åren. I ACARE:s dokument Vision 2020 fastställdes ett mål om en 50-procentig minskning av koldioxid per passagerarkilometer 2020 för "nya flygplan" – dokumentet släpptes i januari 2001.

Industrin har antingen uppfyllt eller kommit mycket nära målet. Flygplan och motorteknik har förmodligen bidragit med 30-40% mindre bränsleförbrukning - en A350 och 777-9:as bränsleförbrukning per säte är ungefär 30% lägre än en 747-400 och ännu bättre jämfört med de klassiska 747 och DC-10 flottorna, som fortfarande är i drift. Historien är liknande för single aisle flygplan om man jämför A320 (VD och NEO) och 737 (NG och MAX) familjerna med de stora flottorna av klassiska 737, DC-9 och MD-80 flygplan.

Ytterligare betydande fördelar har uppnåtts genom kabinförtätning (fler säten installerade i befintliga kabiner), ökad genomsnittlig storlek på flygplan och operativa förbättringar såsom minskad vertikal separation, kontinuerlig nedstigning och tillvägagångssätt för att minimera hålltid före landning och bränsleåtgång på inflygning.

Det globala styrmedlet som ICAO beslutat om, kallas Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA). Det innebär i korthet att det internationella flygets koldioxidutsläpp tillåts växa fram till år 2020. Därefter måste flygbolagen köpa utsläppsrätter för de utsläpp som överstiger 2020 års nivå, vilket då bidrar till utsläppsminskningar inom andra sektorer än inom det internationella flyget. Med denna åtgärd skulle det internationella flyget få en så kallad koldioxidneutral tillväxt efter år 2020.

Branschen var alltså på väg att leverera CORSIA, men ICAO har nu röstat för att justera basåret 2020 på grund av Covid-19-pandemin. Sedan mars 2020 har ju flygtrafiken sjunkit med över 90%. Socialt avståndstagande, arbete hemifrån och virtuella möten har blivit den nya normen. Hur mycket av detta som blir permanent återstår att se, men flera år kommer sannolikt att förflyta innan flygresorna återgår till 2019 års nivåer.

Nedstängningen har minskat luftföroreningarna med 50 procent, och



koldioxidutsläppen kanske med så mycket som 20 procent. Nedstängningen visar vad som kan göras för att minska koldioxidutsläppen om motivationen är tillräckligt stark.

Om världen återgår till det tidigare efter pandemin beräknas efterfrågan på luftfart (pax/km) öka med 240 % mellan 2014 och 2050, medan koldioxidutsläppen beräknas öka med 83 % under samma period. Det finns tre vägar till netto noll: minskad efterfrågan, större effektivitet och ny teknik som övergång till elektricitet, biomassa eller väte och avskiljning av koldioxid.

Det finns fortfarande möjligheter till drifts- och teknikförbättringar för att minska bränsleförbrukningen. Effekten av olika källor till ineffektivitet kan bedömas genom ett nyckeltal för "energi till intäktarbete" (ETRW) som förhållandet mellan energi som frigörs genom bränslet och produkten av vikt nyttolast och flugit avstånd. Ett typiskt värde för ETRW för närvarande är ca 1,2.

Ett flygplan uppnår sina lägsta ETRW-värden, vilket innebär högsta driftseffektivitet, när man arbetar nära den punkt där flygplanets vikt innan något bränsle tillsätts (nollbränslevikten) och startvikten båda ligger på sina certifierade högsta tillåtna värden. Under dessa förhållanden är värdet av ETRW ca 0,6. Om alla flygplan i dag kunde fungera som mest effektivt skulle endast hälften av bränslet behövas.

I betydelseordning är källorna till ineffektivitet: drift under maximal belastningsfaktor, brist på matchning av ett flygplan med dess designområde, flygledningstrafik, avgångslinjer

och stigningsprofil, nedstigningsprofil och ankomstrutter och markmanövrering.

I uppskattningar av luftrumets effektivitet kan visas att de viktigaste komponenterna är stigning och nedstigning som tillsammans står för cirka 70 % av ineffektiviteten i systemet. Det är dessa delar av flygningen som först behöver åtgärdas.

När det gäller flygledning har kondensstrimmor större klimatpåverkan än koldioxiden. De flesta strimmorna kommer från en mycket liten del av flygningarna på de sällsynta dagar då meteorologiska förhållanden på höjd är särskilt ogynnsamma. En liten förändring i flyghöjd av en minoritet av flygningar kan avsevärt minska klimatpåverkan med en mycket liten ökning av bränsleförbrukningen. En omledning av 1,7% av flygningarna förutspås minska påverkan av CO2 och strimmor tillsammans på 35,6% och minska strimmorna ensamt med 59,3%. Det beräknade ökade bränslet för de omdirigerade flygen var bara 0,27% eller 0,025 procent av flygbolagens årliga bränsleförbrukning.

När det gäller tekniken finns också mycket lovande utsikter att utveckla små och medelstora elektriska flygplan inom de närmaste tio åren. Betydande förbättringar av batteritekniken – sex till åtta gånger större energitäthet – krävs dock för att möjliggöra kommersiella transatlantiska flygningar. Viss oro har också uttryckts om elektriska flygplan, med hänvisning till svårigheter att göra dem så säkra som fotogendrivena plan, delvis på grund av risken för batteribrand.

Flyget och den globala uppvärmningen



För längre sträckor finns det istället goda möjligheter att utveckla hållbara flygbränslen. Den första flygningen med hjälp av detta var 2005 och hittills har 200000 kommersiella flygningar gjorts med fem flygplatser och elva produktionsanläggningar över hela världen. För närvarande är det ändå bara 0,01% av den totala flygbränsleproduktionen. Industrimålet är att 2 % av allt flygbränsle ska vara hållbart senast 2025, men då krävs investeringar. Det gäller också att utveckla hållbara flygbränslen, som inte påverkar motorunderhållet negativt för att maximera framtida tillgänglighet.

På längre sikt ger avskiljning och lagring av koldioxid en möjlighet att kompensera för återstående luftfartsutsläpp. Uppskattningsvis kostar att ta bort och lagra ett ton koldioxid från atmosfären omkring 2000 kr per ton koldioxidekvivalenter. Att föra denna kostnad vidare till kunden, och förutsatt en viss förbättring av effektiviteten, skulle resultera i att kostnaden ökar med 15 öre för varje kilometer per passagerare. Även om det inte är billigt, är det inte oöverkomligt dyrt heller och ger en väg för luftfarten att uppfylla Net Zero Challenge 2050.

Åtagandet att begränsa den globala temperaturökningen till 1,5 grader kräver nollutsläpp av koldioxid från omkring 2050. Det kan dock ifrågasättas om flygsektorn kan uppnå netto

-noll till 2050. International Air Transport Association (IATA) har åtagit sig att endast minska koldioxidutsläppen med 50 % fram till 2050 genom en blandning av effektivitetsvinster inom teknik, drift och infrastruktur, tillsammans med tillväxt i biobränslen och ekonomiska åtgärder.

Kvittning är nu lätt tillgänglig. Det innebär att kompensera för koldioxidutsläpp genom att bidra till klimat-skyddsprojekt på andra områden. Troligen måste flygbolagen själva ta en ledande roll när det gäller kvittning eftersom frivilliga system inte har lyckats då endast 1% av passagerarna är villiga att delta.

Ironiskt nog kan covid-19 krisen vara lösningen. Om flygtrafiken hamnar 60 % under tidigare nivåer kommer den att bidra med mindre än 1 % av den globala koldioxiden. Inga problem kan lösas genom att man inriktar sig på mindre än 1 % av problemet, så fokus kommer med rätta att övergå till bilar, lastbilar, el- och värmeproduktion. Verkliga framsteg måste göras över hela världen inom alla dessa sektorer om den globala uppvärmningen skall kunna hejdas.

Om man dessutom antar att utvecklingen av hållbara bränslen fortsätter är det fullt rimligt att anta att de skulle kunna stå för 30 till 50 procent av flygets (mycket minskade) bränsleefterfrågan. Med vissa elektriska flyg-

plan och direkt borttagning och lagring av koldioxid från atmosfären skulle kanske det önskade nettonollutsläppet av koldioxid kunna uppnås.

The Greener by Design Group

Greener by Design bildades 1999 av Royal Aeronautical Society och organ som företräder flygplatser, brittiska flygbolag och flygindustrin. Man samlar experter från alla delar av flygindustrin med statliga organ och forskningsinstitutioner. Initiativet stöds av avdelningen för näringslivs-, energi- och industristrategi och andra organ inom luftfartssektorn, men det är alliansfritt, forskat och ge råd oberoende av intresse.

Greener by Design

- Forskar, bedömer och ger råd till regeringen och industrin om operativa, tekniska, ekonomiska och regulatoriska alternativ för att begränsa luftfartens miljöpåverkan.
- Främjar bästa praxis inom flyg- och flygsektorn.
- Främjar en balanserad förståelse av luftfartens verkliga miljöpåverkan och dess miljöprogram, i samverkan med andra grupper med liknande mål.
- Utfärdar en årsrapport och håller en årlig konferens och workshops om hållbar luftfart.