

Mistra Urban Futures Reports
2016:3



Utsläpp av växthusgaser från Göteborgarnas flygresor



Anneli Kamb och Jörgen Larsson
Chalmers Tekniska Högskola

Förord

Den rapport du nu läser är en värdefull pusselbit i Göteborgs Stads miljöarbete. Den är också ännu ett gott exempel på det täta och resultatnriktade samarbete som pågår mellan akademien och offentliga aktörer inom ramen för Mistra urban futures-projektet WISE (Well-being in Sustainable Cities).

Göteborgs Stad har sedan 2008 ett konsumtionsbaserat klimatmål vilket räknar in utsläpp som sker utanför stadens gränser på grund av invånarnas konsumtion, till exempel från flyg. I stadens klimatprogram finns sedan 2014 ett mål om att *"Klimatpåverkan från göteborgarnas flygresor ska minska med minst 20 procent till år 2030 jämfört med år 2012"*. Göteborgs Stad har därför ett tydligt behov av att kunna mäta och följa utsläppen från göteborgarnas resor med flyg. För att på allvar kunna minska flygets klimatpåverkan krävs att utsläppen kan följas mer i detalj och att tillförlitlig kunskap ligger till grund för åtgärder. Med den här rapporten tas ett avgörande steg i det arbetet.

I rapporten redovisas för första gången lokala och årliga data från Göteborgarnas flygresor uppdelat på privata resor och affärsresor. Resultaten visar att både en genomsnittlig göteborgare och svensk orsakar runt 1,2 ton CO₂e-ekv/person och år från flygresande. Det motsvarar mer än hälften av en hållbar utsläppsbudget för att nå tvågradersmålet till 2050 och är i samma storleksordning som till exempel klimatpåverkan från bilresandet. Trots flygets teknikutveckling finns anledning att vara oroad för framtiden då ökat flygresande riskerar att även framöver äta upp teknikvinsterna, ett sannolikt scenario om inte kraftfulla styrmedel kommer på plats. Utmaningen för Göteborgs Stad ligger dels i att det främst är andra aktörer som kan fatta de avgörande besluten, men också i svårigheten att hitta alternativa sätt att ge tillgänglighet till upplevelser, personer och platser för stadens medborgare och företag. Som så ofta behövs en palett av insatser. Förutom teknikutveckling och styrmedel för flyget som redan nämnts, så kan alternativen stärkas. Digital kommunikation har sannolikt stor potential att ersätta arbetsresor och även kontakter i privatlivet. Satsningar på till exempel järnväg skulle kunna ersätta flygresor i stora delar av Europa. Påverkan kan minskas med ett förändrat beteende med ett ökat nära semestrande och färre och kanske mer långvariga semestrar vid resor längre bort. Den sistnämnda typen av förändringar har börjat undersökas inom WISE-nätverket Klimatsmarta semestrar där turistaktörer, forskare och Göteborgs Stad samverkar. Med den nya kunskapen i den här rapporten har det blivit ännu tydligare att klimatpåverkan från privat flygresande kommer vara en av våra stora utmaningar i omställningen till ett hållbart samhälle.

Vi vill tacka Swedavia för att de varit behjälpliga med att tillhandahålla data. Arbetet med den här rapporten har möjliggjorts genom finansiering till WISE-projektet via Mistra Urban futures, samt genom extra bidrag från miljöförvaltningen på Göteborgs stad. Rapporten har faktagranskats av Jonas Nässén (Chalmers) och Kristofer Palmestål (Göteborg stad).

Svante Sjöstedt & Pernilla Hellström, Miljöförvaltningen, Göteborgs Stad

Innehållsförteckning

ABSTRACT IN ENGLISH	3
1 INTRODUKTION.....	4
1.1 SYFTE.....	4
2 METOD OCH DATA FÖR GÖTEBORG 2012 - 2015.....	4
2.1 ANTAL RESOR.....	5
2.2 MEDELAVSTÅND.....	5
2.3 SPECIFIKA UTSLÄPP PER PERSON-KM.....	6
3 RESULTAT: GÖTEBORGARNAS FLYGRESOR 2012-2015	7
3.1 ANTAL RESOR.....	7
3.2 MEDELAVSTÅND.....	8
3.3 SPECIFIKA UTSLÄPP PER PERSON-KM.....	9
3.4 UTSLÄPP FRÅN GÖTEBORGARNAS FLYGRESOR	10
4 FRAMTIDA UPPFÖLJNING.....	11
4.1 EXCELFIL.....	11
4.2 DATAINSAMLING FÖR FRAMTIDA UPPFÖLJNING.....	11
4.3 OSÄKERHET OCH METODUTVECKLING	12
5 REFERENSER.....	13
6 APPENDIX.....	15

Abstract in English

The City of Gothenburg has since 2008 a consumption-based climate target which is including emissions occurring outside the city boundaries due to the residents' consumption, for example from air-travel. The city's climate program from 2014 includes the goal that *"The climate impact of citizen's air travel will be reduced by at least 20 percent by 2030, compared to 2010."* The City of Gothenburg have therefore a clear need to be able to measure and monitor emissions from air travel. This report is a crucial step in this process.

The report covers, for the first time, annual data on greenhouse gas emissions from citizens' air-travel. The results show that the average citizen in Gothenburg (as well as for Swedes on average) cause around 1.2 tonnes of CO₂-eq / person per year from air travel (about 1.0 tonnes from private travel and 0.2 tonnes from business trips). This represents more than half of a sustainable emissions budget in order to reach the two-degree target in 2050 and is in the same range as for example the climate impact of car travel.

1 Introduktion

Under 2010 stod den globala luftfarten för 2,6 % av alla energirelaterade CO₂-utsläpp (IPCC, 2014: , p. 603 and 646). För rika länder kan dock luftfarten utgöra en betydligt större andel. En analys av svenska hushåll fann att flyget stod för så mycket som 17 % av växthusgasutsläppen från den privata konsumtionen (Nässén et al., 2014). I denna analys omfattades dock inte bara klimatpåverkan från koldioxid. På hög höjd har framförallt utsläpp av kväveoxider och vattenånga betydande effekter på klimatet (IPCC, 2007; Azar & Johansson, 2012). Hur stor effekten är av dessa utsläpp är osäkert, men bästa tillgängliga kunskap tyder på att den totala klimatpåverkan, mätt i GWP 100 och inklusive flyginducerad molnighet, är cirka 1,9 gånger högre än påverkan från endast CO₂-utsläpp (Lee et al., 2010).

Medan de totala globala utsläppen av växthusgaser har planat ut 2013-2015 (IEA, 2016a) fortsätter utsläppen från luftfarten sannolikt att växa på grund av fortsatt stora årliga ökningarna i passagerarolymer (6 % mellan 2013 och 2014) (ICAO, 2015). Utsläppen från luftfarten har ökat med 40 % mellan 1990 och 2010 (IPCC, 2014). Antalet flygpassagerare globalt förväntas öka med 4 % per år de kommande 20 åren (IATA, 2015a) och med en relativt långsammare effektivitetsförbättring kommer utsläppen fortsätta att öka. International Civil Aviation Organization (ICAO) har beräknat att bränsleförbrukningen kommer att öka med 200 % under de närmsta 30 åren om utvecklingen fortsätter i samma spår (ICAO, 2013). Om detta inträffar, och om landbaserade utsläpp följer en utsläppsbana som ligger i linje med tvågradersmålet, kan utsläppen från internationell luftfart komma att motsvara över 20 % av de globala utsläppen 2050 (Cames et al., 2015).

Om flyget inte ska äventyra de globala klimatmålen måste effektiva styrmedel införas. Eftersom en stor del av flygresandet är internationellt, ca 65 % av bränsleförbrukningen används för internationellt flyg (ICAO, 2013), och på grund av den globala karaktären hos flygindustrin, finns ett behov av internationella styrmedel. I väntan på tillräckligt kraftfulla internationella styrmedel så kan "provisoriska" nationella och EU-baserade styrmedel användas.

1.1 Syfte

Syftet med denna rapport är att utveckla en metod för att redovisa utsläppen från göteborgarnas flygresor och att tillämpa den för perioden 2012-2015. Denna kunskap är viktig för uppföljningen av Göteborgs stads klimatstrategiska mål att klimatpåverkan från göteborgarnas flygresor ska minska med 20 % till 2030 jämfört år 2012 (Göteborgs stad, 2014). Beräkningarna innehåller analys av antalet resor som görs av personer bosatta i Göteborg, genomsnittligt avstånd per resa och utsläpp per person-km.

2 Metod och data för Göteborg 2012 - 2015

För att beräkna utsläppen av växthusgaser från göteborgarnas flygresor har vi valt en metod som kan tillämpas på många andra kommuner, förutsatt att man har tillgång till tillförlitlig resvanedata för sina invånare. Parallellt med denna studie har även utsläppen från svenskarnas internationella flygresor beräknats för Naturvårdsverkets räkning (Kamb et al., 2016), där nationalitet har använts som basis för allokering av utsläppen. Där finns även mer information om problematiken kopplad till allokering av flygutsläpp och en utförlig motivation av valet av

metod. En liknande metod har också använts i en tidigare studie av internationella resor av svenska invånare (Åkerman, 2012).

För att få utsläppen av växthusgaser för varje år vi multiplicerat antalet tur-och-retur-resor som gjorts av stadens invånare [passagerare] med de genomsnittliga avstånden per resa [km] och de genomsnittliga utsläppen per person-km [kg CO₂-ek/p-km] för varje år. För mer detaljer om beräkningarna se Excel-filen *Utsläpp av växthusgaser från Göteborgarnas flygresor - Beräkningar.xlsx*.

2.1 Antal resor

För att beräkna antalet resor som Göteborgarna gör behövs passagerarstatistik från de flygplatser som göteborgarna flyger ifrån. I Göteborg är för närvarande endast Landvetter flygplats i bruk, då Säve flygplats har avslutat sin verksamhet 2014. Men historiskt har Säve använts flitigt av Göteborgarna, samt även till liten del andra flygplatser.

Grunden för beräkningarna är en passagerarenkät som Swedavia gör på Landvetter flygplats, där bland annat passagerarnas hemkommun registreras. Passagerare väljs slumpmässigt och resultaten skalas för att representera antalet avresande passagerare på respektive flygavgång. I dagsläget genomförs cirka 18 000 intervjuer med avresande utrikes passagerare och cirka 2000 med avresande inrikes passagerare.

För att fånga upp de som reste från Säve flygplats under 2012-2014, och från andra flygplatser, används även data från Turistdatabasen (Resurs AB, 2014). Här beräknas andelen av de resor som Göteborgarna har gjort 2012 och 2013 som har avgått från Säve respektive andra flygplatser. Denna procentsats används sedan för att skala upp datamängden från Landvetter. Här antas alltså att resorna från övriga flygplatser har samma genomsnittliga avstånd som de resor som avgår från Landvetter.

2.2 Medelavstånd

För att beräkna det genomsnittliga avståndet för en resa behöver man veta var resan startar och den slutliga destinationen, inte bara den första destinationen utomlands. Antag en internationell resa med flera mellanlandningar, t.ex. Göteborg (Sverige) - London (Storbritannien) - New York (USA). Göteborg kallas här för *startpunkt*, London för *transitflygplats* och New York för *slutdestination*.

För att hitta startpunkt och slutdestination användes även här passagerarenkäten från Landvetter. Här anges slutdestination för alla resor som startar på Landvetter flygplats samt hur många resor som har gjorts privat respektive i tjänsten.

För att hitta koordinaterna för varje slutdestination användes Google Maps API, via Google Sheets add-on *Geocode*. Avståndet från Landvetter till varje slutdestination beräknades sedan via storcirkelavståndet (GCD)¹, som är det kortaste avståndet mellan de två punkterna. Denna beräkning är i enlighet med ICAO:s anvisningar till medlemsländer för rapportering av utförda person-km (ICAO, 2009). Extra avstånd på grund av mellanlandningar beaktas inte, vilket resulterar i en underskattning.

¹ Storcirkelavståndet (GCD) definieras som den kortaste sträckan mellan två punkter, med koordinater (lat1, lon1) och (lat2, lon2), på ytan av en sfär. Det ges av: $GCD = R \cos^{-1}[\sin(\text{lat1})\sin(\text{lat2}) + \cos(\text{lat1})\cos(\text{lat2})\cos(\text{lon1}-\text{lon2})]$, där R är jordens radie. R = 6371,01 km.

De genomsnittliga avstånden beräknades därefter för en tur-och-retur-resa såväl för tjänsteresor som privata resor, samt för Göteborgarnas totala resande.

2.3 Specifika utsläpp per person-km

Även om utsläppen varierar mellan olika flygningar, exempelvis på grund av typ av flygplan, bör ett globalt utsläppsgenomsnitt ge en god uppskattning av utsläppen från en nations befolkning, eftersom invånarna flyger över hela världen. För att beräkna de genomsnittliga utsläppen per person-km behövs statistik över den globala bränsleförbrukning och genomförda person-km, samt statistik över frakt-ton för att fördela utsläppen mellan gods och passagerare.

Tidsserier över den globala bränsleförbrukningen inom luftfarten samlades från International Energy Agency (IEA, 2016b). Data från IEA omfattar bränsleförbrukningen från både kommersiell och allmän luftfart (t.ex. privat affärs- eller nöjesflyg) samt militär luftfart, vilket sannolikt gör att IEA:s siffra är högre än andra uppgifter (Olsen et al., 2013). Den militära andelen av den globala bränsleförbrukningen uteslöts baserat på data från 1976, 1984, 1992 och 2015 som används av IPCC (IPCC, 1999). Den militära andelen interpolerades exponentiellt för varje år.

Bränslemassan översattes därefter till CO₂-utsläpp med en faktor på 3,15 kg CO₂/ kg jetbränsle². Vi har även inkluderat icke-CO₂-effekter genom att multiplicera med en uppräkningsfaktor på 1,9 baserat på Lee et al. (2010). De vetenskapliga artiklarna av David S. Lee, och hans samarbetspartners, inom detta område är flitigt refererade och hans analyser redovisas även i ICAO:s miljöredovisning (ICAO, 2013). Det är dock viktigt att poängtera att det finns osäkerhet kring exakt hur hög denna faktor bör vara.

ICAO publicerar statistik över globala person-km och ton-km för gods och post som utförs i reguljärtrafik, liksom uppskattningar av internationell icke-reguljär trafik³. Statistik för 2012-2014 användes (ICAO, 2008; ICAO, 2015). IATA publicerar också data över person-km och ton-km för gods, som användes för 1990 och 1995 (IATA, 2015b).

För att kunna fördela utsläppen mellan gods och passagerare bör en lämpligt mått användas. Eftersom vikt är en central faktor för utsläppsgenerering inom flyget har det valts som bas i dessa beräkningar. För att kunna jämföra passagerarstatistiken med godsstatistiken antas passagerarna ha en genomsnittlig vikt (inkl. bagage) på 100 kg (IATA, 2015b; ICAO, 2014). Passagerarna kräver även säten, toaletter etc. som inte behövs för godsfrakt och därför bör de ansvara även för den vikten. Vi antar en extra 60 kg i enlighet med Wit et al. (2002), som också stämmer väl överens med ICAO (2014)⁴, vilket resulterar i totalt 160 kg per passagerare. Statistik över globala person-km översätts alltså till ton-km. De globala utsläppen allokeras därefter

² Baserat på det effektiva värmevärdet och effektiva CO₂-utsläppsfaktorn för jetbränsle i 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy, tabell 1.2 och tabell 1.4 (IPCC, 2006). Alltså är utsläpp från produktionen av flygbränsle inte inkluderat.

³ ICAOs data innehåller endast data från reguljär trafik hos medlemsländer. Den 31 oktober 2013 hade ICAO 191 medlemsländer, se <http://www.icao.int/MemberStates/Member%20States.Multilingual.pdf>

⁴ ICAO beräknar den totala vikten av passagerare, bagage, säten, toaletter etc. som $100\text{kg} \cdot \text{antal passagerare (pass.)} + 50\text{kg} \cdot \text{antal säten (säten)}$. Med en kabinfaktor på $\frac{\text{pass}}{\text{säten}} = 80\%$ blir vikten per passagerare $\frac{100\text{kg} \cdot \text{pass} + 50\text{kg} \cdot \text{seats}}{\text{pass}} = 100\text{kg} + 50\text{kg} \cdot \frac{1}{\text{kabinfaktor}} = 162\text{kg}$, med andra ord samma som Wit et al. (2010).

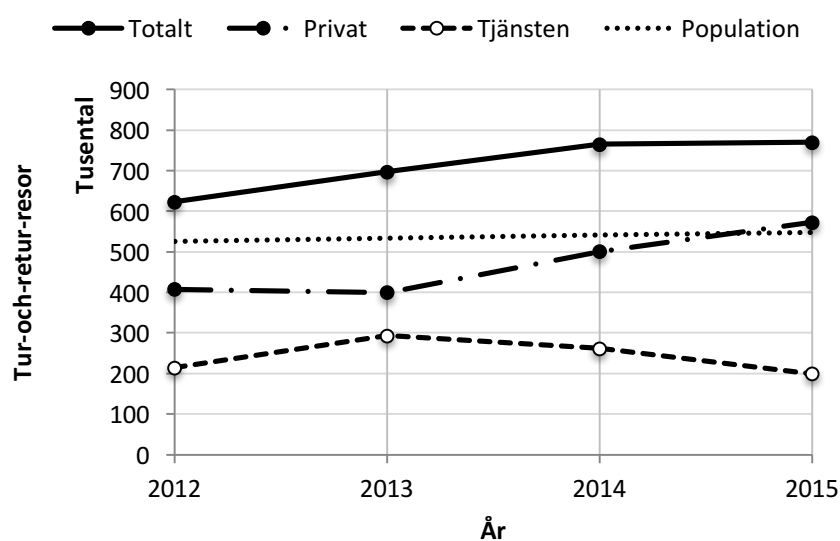
baserat på andelen utförda ton-km av passagerare jämfört med ton-km för frakt. Utsläpp som allokeras till passagerare delas avslutningsvis med utförda person-km.

3 Resultat: Göteborgarnas flygresor 2012-2015

Vi tillämpar här den metod som presenteras i avsnitt 2 och presenterar resultaten.

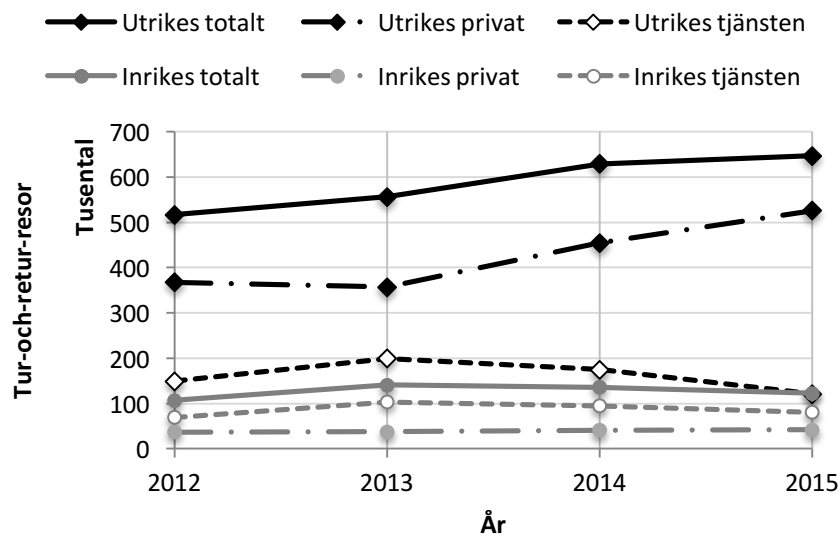
3.1 Antal resor

Figur 1 visar det totala antalet tur-och-retur-resor som göteborgarna har gjort i tjänsten, privat och totalt. Tydligt är att göteborgarna gör fler resor privat än i tjänsten; år 2015 gjordes 74 % av resorna privat och 26 % i tjänsten.



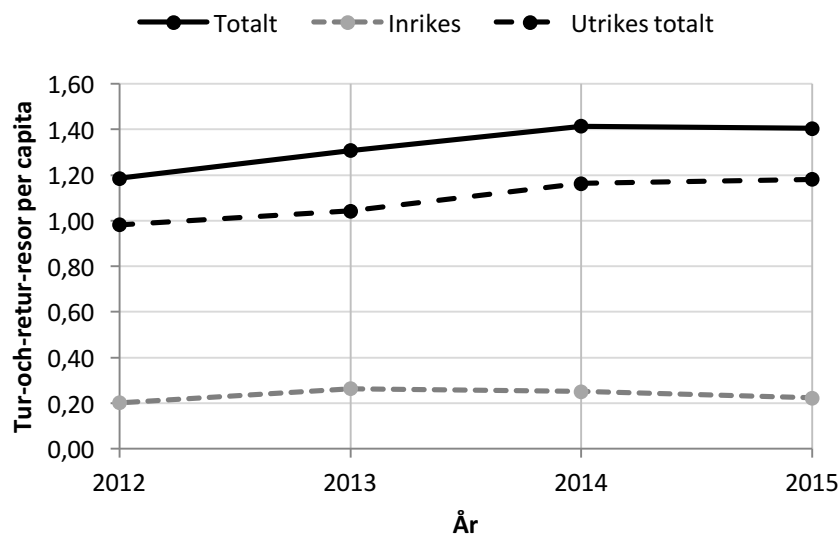
Figur 1 Antalet tur-och-retur-flygresor som Göteborgs invånare gjort privat, i tjänsten och totalt.

Figur 2 visar antalet resor som göteborgarna har gjort uppdelat på inrikes- och utrikesresor. Här blir det tydligt att göteborgarna reser betydligt mer utrikes än inrikes, närmare bestämt mer än fyra gånger så ofta.



Figur 2 Antalet tur-och-retur-flygresor utrikes respektive inrikes som Göteborgs invånare gjort privat, i tjänsten och totalt.

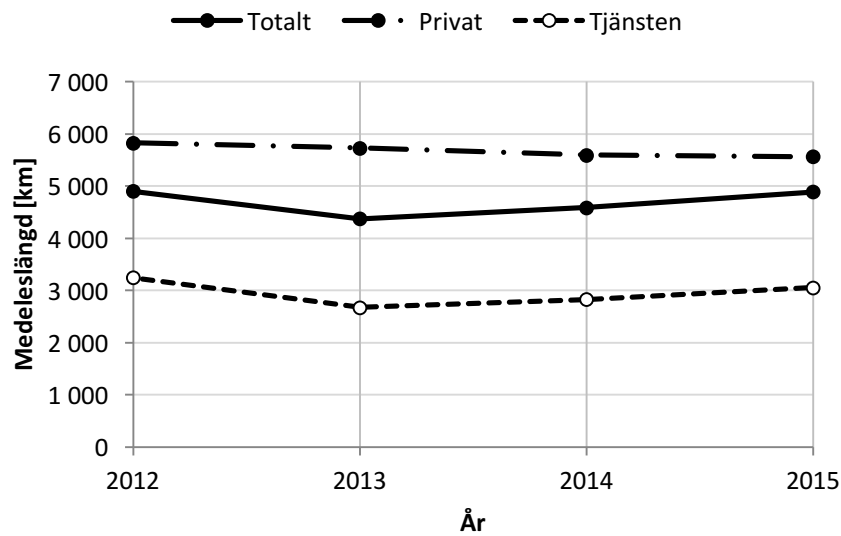
Avslutningsvis visar Figur 3 hur många resor göteborgarna har gjort per capita inrikes, utrikes respektive totalt. 2015 gjorde göteborgarna ca 0,2 inrikesresor per capita och 1,2 utrikesresor per capita, alltså 1,4 tur-och-retur-resor sammantaget. Denna siffra stämmer bra överens med det svenska genomsnittet på 1,4 tur-och-retur-resor 2014 (Kamb et al., 2016).



Figur 3 Antal resor per capita inrikes, utrikes och totalt (resor privat och i tjänsten sammantaget).

3.2 Medelavstånd

Medelavståndet kan ses i Figur 4.

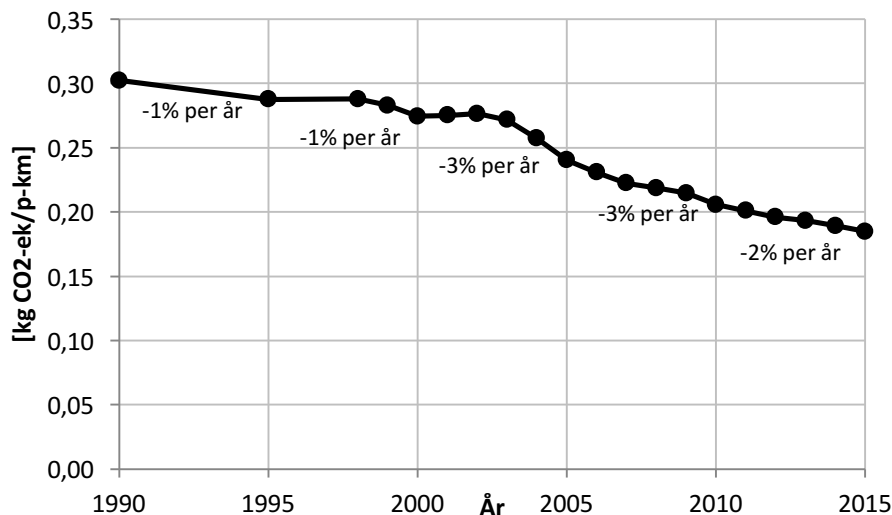


Figur 4 Medelavstånd för en privatresa och en tjänsteresa, samt medelavstånden för alla resor (totalt).

Medelavstånden för en privatresa avsevärt längre än för en tjänsteresa. En privat resa var 2015 cirka 5600km, vilket ungefär motsvarar en tur-och-retur-resa till Gibraltar (Spanien). En tjänsteresa var istället ca 3100km, vilket motsvara en tur-och-retur-resa till Nice (Frankrike). Jämförelsevis var en genomsnittlig utrikesresa 5800km för en svensk invånare 2014 (Kamb et al., 2016).

3.3 Specifika utsläpp per person-km

Utsläppen av CO₂-ekvivalenter per person-km kan ses i Figur 5.



Figur 5 Globala genomsnittliga CO₂-utsläpp per person-km 1990-2015. Procentsatser illustrerar den genomsnittliga årliga ökningen under respektive period.

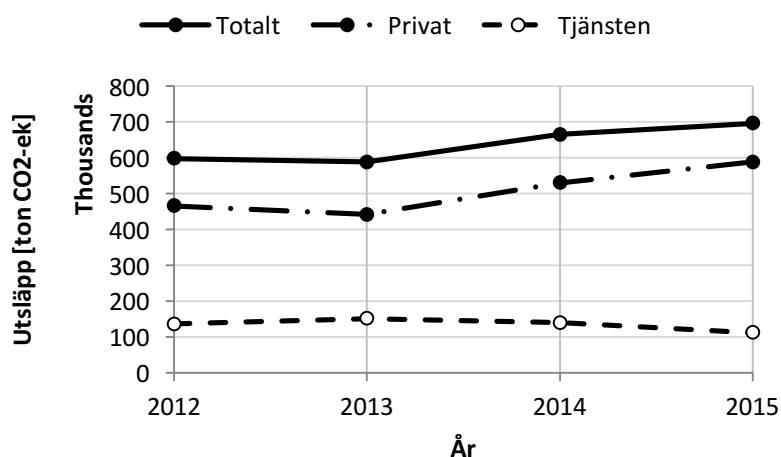
Utsläppen minskade från cirka 300 gram CO₂-ekvivalenter per person-km år 1990 till 190 gram 2014. Dessa utsläpp kan jämföras med utsläppen från den svenska bilparken som var 178 gram CO₂ per -km år 2012 (Johansson & Kågeson, 2013). Om bara CO₂-utsläpp beaktas så ligger utsläppen på ca 100 gram per person-km 2014. Europeiska miljöbyrån har liknande siffror för luftfart inom Europa och uppskattade utsläppen till 110g CO₂ per person-km 2011 (European Environment Agency, 2012), vilket stämmer överens med vårt resultat för samma år.

Mellan 1990 och 2014 har utsläppen per person-km minskat med 37 %. Detta innebär en genomsnittlig årlig minskning på 1,9 %, vilket också är nära tidigare uppskattningar för flyg inom Europa där den genomsnittliga årliga minskningen beräknades till 1,8 % mellan 1996 och 2011 (European Environment Agency, 2012). Minskningarna beror på teknisk utvecklingen, att kabinfaktorn har förbättrats samt förändringar i flygledning (t.ex. så kallade gröna inflygningar). Kabinfaktorn har ökat från 66 % år 1991 (ICAO, 2016) till 80 % år 2014 (ICAO, 2015), vilket innebär en årlig ökning på 0,84 %. Förutsatt att utsläppen per person-km skalar med kabinfaktorn innebär detta att teknisk utveckling och förändrad flygledning bidragit med en genomsnittlig årlig effektivisering på ca 1,1 % mellan 1998 och 2014.

Under 2012-2015 har utsläppen per person-km minskat från 200g till 180g CO₂-ekvivalenter, vilket motsvarar en genomsnittlig minskning på 2,1 % per år.

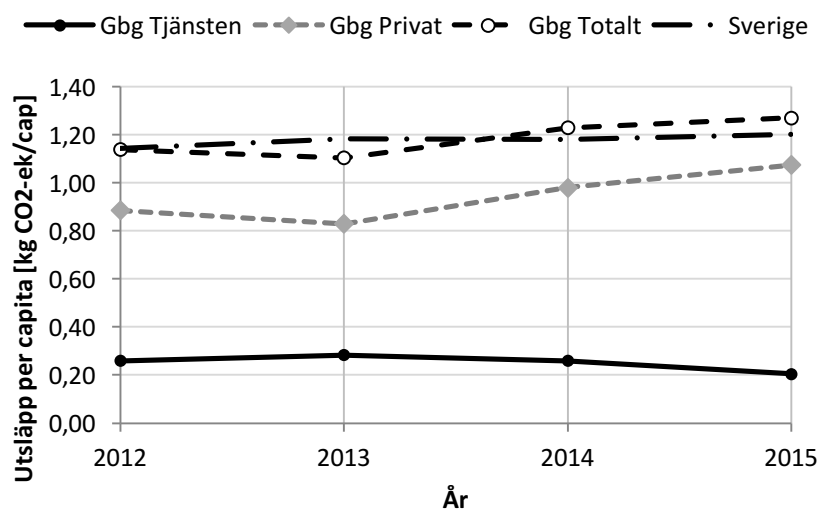
3.4 Utsläpp från göteborgarnas flygresor

De beräknade utsläppen från göteborgarnas flygresor kan ses i Figur 6, där utsläppen är uppdelade på tjänste- och privatresor samt totalt. På grund av det längre genomsnittliga medelavståndet och större antalet resor privat så står privatresandet inte oväntat för den större andelen av utsläppen, nämligen 85 % 2015.



Figur 6 Utsläppen från Göteborgarnas flygresor 2012-2015, uppdelat på resor i tjänsten och privat samt totalt.

Utsläppen per capita kan ses i Figur 7, där även utsläppen per capita i Sverige är med som jämförelse. En göteborgare orsakar cirka 1,2 ton CO₂-ekvivalenter per capita år 2015, varav 200 kg kommer från tjänsteresande och 1 ton från privatresande. Dessa resultat stämmer väl överens med det svenska genomsnittet, som också ligger på uppskattningsvis 1,2 ton per capita år 2015 (Kamb et al., 2016).



Figur 7 Utsläppen per capita från göteborgarnas flygande lokalt samt uppdelat på utsläpp från resor i tjänsten, privat och totalt. Resultaten jämförs även med utsläppen per capita i Sverige (inrikes och utrikes) (Kamb et al., 2016).

4 Framtida uppföljning

4.1 Excelfil

Excelfilens blad är uppdelade i fyra delar. De första bladen är beräkningsblad benämnda *Calc X* och där beräknas genomsnittligt utsläpp per person-km (*Calc 1*), antal resor (*Calc 2*), genomsnittlig avstånd (*Calc 3*) och totala utsläpp (*Calc 4*). Därefter följer blad som är numrerade, där blad numrerade *1.X* innehåller data för beräkningen i *Calc 1*, t.ex. global bränsleförbrukning och utförda anta person-km globalt. Bladet numrerat med *2* innehåller data från Turistdatabasen, som används för att uppskatta hur stor andel av göteborgarna som flyger från Landvetter respektive andra flygplatser i *Calc 2*. Blad numrerade med *3.X* är enkätdata från Landvetter/Swedavia, som användas för beräkningar i *Calc 2* och *Calc 3*.

Excelfilen innehåller även en innehållsförteckning med förklaring av alla blad, samt en detaljerad beskrivning av var data hittas för framtida uppföljning av utsläppen. Blå celler med kursiv text indikerar att data är inter- eller extrapolerade. Detta sker exempelvis i de fall då data inte ännu är tillgänglig för aktuellt år, men bör uppdateras när data blir tillgänglig.

4.2 Datainsamling för framtida uppföljning

För framtida uppföljning av utsläppen kommer data behöva samlas in om den globala förbrukningen av flygbränsle, utförda antal person-km och ton-km inom frakt samt enkätdata från Landvetter/Swedavia. (Se Excelfil för mer detaljerad beskrivning)

Data från Landvetter ska ha samma format som tidigare data, alltså innehålla slutgiltig destination och om resan görs i tjänsten eller privat. Det finns en mall i ett blad som heter *3.X Destination mall*, där data ska klistras in i kolumnerna "Slutgiltig destination", "Antal resor privat" och "Antal resor tjänsten". Bladet bör sedan räkna ut medelavstånd och antal resor automatiskt. Länka sedan dessa uträkningar till bladen *Calc 2* och *Calc 3*.

Koordinaterna för slutgiltig destination i ny data fås genom att bladet 3.1 Destination söks igenom. Om slutgiltig destination inte kan hittas när ny data har klistrats in, så behöver koordinaterna för denna plats hittas och föras in i bladet 3.1 Destination. Det går att göra för hand om endast ett fåtal platser saknas⁵. Om det är många platser som saknas kan det istället göras med en Google Sheets add-on som har tillgång till Google Maps API och därmed koordinater. Detta har tidigare gjorts med en add-on som heter *Geocode*⁶.

4.3 Osäkerhet och metodutveckling

Resultaten är till stor del baserade på passagerarenkäten som Swedavia gör på Landvetter. I denna enkät väljs passagerare ut slumpvis på flygplatsen och tillfrågas att delta i enkäten. I själva urvalsprocessen finns den en risk att en viss typ av passagerare systematiskt missas, exempelvis passagerare i tjänsten som anländer till gaten precis innan avgång. Vidare skalas resultaten endast baserat på det totala antalet passagerare på den avgången som passageraren ska med, vilket kan resultera i en skev uppskalning. I ett försök att kontrollera för dessa risker så jämfördes medelavståndet för utrikesresor från Landvetterdatan med data från Turistdatabasen, vilket för 2012 och 2013 resulterade i ett väldigt liknande resultat. Alltså stämmer dessa dataset väl överens, trots helt olika tillvägagångssätt. Slutsatsen är att Landvetterdatan verkar tillförlitligt.

Vidare finns det stora osäkerheter i hur stor uppräkningsfaktorn ska vara för att ta hänsyn till höghöjdseffekter. Till att börja med finns stor osäkerhet i själva siffran 1,9 (GWP_{100}), där den vetenskapliga förståelsen är låg jämfört t.ex. CO₂. Faktorn på 1,9 är även tänkt att räkna upp de globala utsläppen från flyget, alltså de aggregerade utsläppen. Att uppräkningsfaktorn för ett litet urval, som göteborgarnas flygande, är precis 1,9 är inte självklart. Vilken höjd det flygs på, väderlek, årstid och flera andra faktorer spelar in. I framtiden kan det vara värdefullt att följa vidareutvecklingen av den vetenskapliga förståelsen inom detta område.

På grund av att mellanlandningar inte beaktas i modellen är medelavståndet underskattat. Detta är dock en konsekvent underskattning, den finns alltså för alla år, vilket gör att den inte nämnvärt bör påverka uppföljningen över tid.

Vidareutveckling av beräkningarna av utsläppen per person-km skulle kunna göras för att fånga variationer beroende på avstånd. En utsläppsfaktor för inrikesresor, en för resor inom Europa och en för interkontinentala resor är en möjlig väg. Vidare kan en vidareutveckling komma att behövas i framtiden om biobränslen inom luftfarten blir verklighet. Utsläppen av CO₂ reduceras avsevärt, men icke-CO₂-effekterna kvarstår, vilket gör att de fossila bränslena och biobränslena kommer behöva hanteras separat.

⁵ T.ex. genom att högerklicka och välja "vad finns här" i Google Maps

⁶ Se <https://chrome.google.com/webstore/detail/geocode-by-awesome-table/cnhbokahecjdnkjinlodacdjelippfg?hl=en>

5 Referenser

- Azar C & Johansson D. (2012) Valuing the non-CO2 climate impacts of aviation. *Climatic Change* 111: 559-579.
- Cames M, Graichen J, Siemons A, et al. (2015) Emission reduction targets for international aviation and shipping. DIRECTORATE GENERAL FOR INTERNAL POLICIES POLICY DEPARTMENT A: ECONOMIC AND SCIENTIFIC POLICY.
- European Environment Agency. (2012) TERM 27 Figure 1: Specific CO2 emissions per passenger-km and per mode of transport in Europe, 1995-2011.
- Göteborgs stad. (2014) Klimatstrategiskt program för göteborg.
- IATA. (2015a) Air Passenger Forecasts Global Report.
- IATA. (2015b) WATS 59 - World Air Transport Statistics 2015 Edition.
- ICAO. (2008) Annual Report of the Council: 2007.
- ICAO. (2009) FORM A: TRAFFIC - COMMERCIAL AIR CARRIERS - Reporting Instructions.
- ICAO. (2013) ICAO Environmental Report 2013. Aviation and Climate Change. International Civil Aviation Organization Montreal.
- ICAO. (2014) ICAO Carbon Emissions Calculator Methodology.
- ICAO. (2015) Annual Report of the Council: 2014, Appendix 1, Tables relating to the world of air transport in 2014.
- ICAO. (2016) Data+ Air Carrier Traffic - Passenger load factor. <https://www4.icao.int/NewDataPlus/>.
- IEA. (2016a) Decoupling of global emissions and economic growth confirmed.
- IEA. (2016b) *World: Oil*. Available at: <http://www.iea.org/statistics/statisticsearch/report/?year=2013&country=WORLD&product=Oil>.
- IPCC. (1999) *Aviation and the global atmosphere—A special report of IPCC working groups I and III*. Intergovernmental Panel on Climate Change: Cambridge University Press.
- IPCC. (2007) *Mitigation of climate change -Contribution of working group III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*: Cambridge University Press.
- 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.
- Johansson TB & Kågeson P. (2013) Fossilfrihet på väg SOU 2013: 84. Stockholm, Statens offentliga utredningar.
- Kamb A, Larsson J, Nässén J, et al. (2016) Klimatpåverkan från svenska befolkningens internationella flygresor. Metodutveckling och resultat för 1990 – 2014 FRT-rapport 2016:02.
- Lee DS, Pitari G, Grewe V, et al. (2010) Transport impacts on atmosphere and climate: Aviation. *Atmospheric Environment* 44: 4678-4734.

- Nässén J, Andersson D, Larsson J, et al. (2014) Explaining the variation in greenhouse gas emissions between households: Socio-economic, motivational and physical factors. *Journal of industrial ecology*.
- Olsen SC, Wuebbles DJ & Owen B. (2013) Comparison of global 3-D aviation emissions datasets. *Atmos. Chem. Phys.* 13: 429-441.
- Resurs AB. (2014) Turistdatabasen 1990, 2010, 2012, 2013. Stockholm.
- Wit RC, Dings JM, Mendes de Leon P, et al. (2002) Economic incentives to mitigate greenhouse gas emissions from air transport in Europe.
- Åkerman J. (2012) Climate impact of international travel by Swedish residents. *Journal of Transport Geography* 25: 87-93.

6 Appendix

Tabell 1 Antal resor som göteborgarna gjort från Landvetter, andel resor från andra flygplatser samt totalt antal resor.

År	Från Landvetter [tusen ToR-resor]			Utrikes/inrikes Landvetter [tusen ToR-resor]				Andel utrikesresor ^{b)} från Säve			Andel utrikesresor från andra flygplatser ^{b)}			Totalt antal ^{a)} [tusen ToR-resor]		
	Tjänsten	Privat	Totalt	Inrikes Tjänsten	Inrikes Privat	Utrikes Tjänsten	Utrikes Privat	Tjänsten	Privat	Totalt	Tjänsten	Privat	Totalt	Tjänsten	Privat	Totalt
2012	196	349	545	69	37	126	312	3,2 %	11,4%	9,7 %	10,8%	7,2 %	8,0 %	214	407	623
2013	274	343	617	103	37	170	305	5,3 %	9,7 %	8,8 %	5,8 %	8,7 %	8,0 %	293	399	697
2014	245	433	678	94	40	150	392	4,9 %	7,9 %	7,6 %	6,1 %	9,2 %	8,4 %	261	500	765
2015	192	527	720	80	42	111	485	0,0 %	0,0 %	0,0 %	6,1 %	9,2 %	8,4 %	199	572	769

^{a)} Utrikesresor från Landvetter uppräknade med andelen från andra flygplatser.

^{b)} Blå celler är uppskattad data.

Table 2 Antal resor inrikes och utrikes uppdelat på i tjänsten

År	Inrikes [tusen ToR-resor]			Utrikes totalt [tusen ToR-resor] (Landvetter + Säve + andra)		
	Tjänsten	Privat	Totalt	Tjänsten	Privat	Totalt
2012	69	37	106	149	367	516
2013	103	37	141	199	356	556
2014	94	40	135	174	454	629
2015	80	42	122	121	526	647

Tabell 3 Antal resor per capita.

År	Population	Totalt			Inrikes			Utrikes totalt		
		Tjänsten	Privat	Totalt	Tjänsten	Privat	Totalt	Tjänsten	Privat	Totalt
2012	526 089	0,41	0,77	1,18	0,13	0,07	0,20	0,28	0,70	0,98
2013	533 271	0,55	0,75	1,31	0,19	0,07	0,26	0,37	0,67	1,04
2014	541 145	0,48	0,92	1,41	0,18	0,08	0,25	0,32	0,84	1,16
2015	548 190	0,36	1,04	1,40	0,15	0,08	0,22	0,22	0,96	1,18

Tabell 4 Medelavstånd för alla resor (Totalt), inrikes och utrikes, uppdelat på resor i tjänsten, privat och totalt

År	Totalt [km]			Inrikes [km]			Utrikes totalt [km]		
	Tjänsten	Privat	Totalt	Tjänsten	Privat	Totalt	Tjänsten	Privat	Totalt
2012	3 246	5 827	4 898	891	1 012	933	4 536	6 400	5 861
2013	2 670	5 730	4 371	890	1 124	952	3 750	6 297	5 384
2014	2 824	5 591	4 590	876	1 081	938	4 049	6 063	5 504
2015	3 054	5 560	4 891	897	1 125	975	4 609	5 945	5 695

Table 5 Utsläpp per person-km

	[kg CO ₂ -ek/p-km] ^{a)}
2012	0,196
2013	0,193
2014	0,189
2015	0,184

^{a)} Blå celler är uppskattad data.

Tabell 6 Totala utsläpp och utsläpp per capita i Göteborg, Sverige och globalt.

	Totala utsläpp [Tusen ton CO2-ek]			Utsläpp per capita ^{a)} [kg CO2-ek/capita]			Sverige	Globalt
	Tjänsten	Privat	Totalt	Gbg Tjänsten	Gbg Privat	Gbg Totalt		
2012	136	465	598	259	885	1 138	1 142	158
2013	151	442	588	284	829	1 104	1 182	163
2014	140	529	664	259	979	1 229	1 179	166
2015	106	558	661	195	1 020	1 206	1 203	155

^{a)} Blå celler är uppskattad data.