

Hur kan flygsektorn bidra till att klimatmålen nås?

Jonas Åkerman

Forskningsledare, Inst. för Hållbar utveckling, miljövetenskap och teknik (SEED), KTH

jonas.akerman@abe.kth.se



Innovationer för ett hållbart långväga resande – styrmedel, affärsmodeller och teknikpotential

- **Finansiär:** Vinnova
- **Budget:** 4,8 milj
- **Tid:** 2017-2019
- **Partners:** KTH/fms, Chalmers (Fysisk resursteori) och Handelshögskolan GU.
- **Syfte:** Att utforma framtidsbilder (2040/2060) och identifiera styrmedel för långväga resande i linje med klimatmålen.
- **Avgränsning:** Svenska befolkningens resande på avstånd över 100 km

Delprojekt

DELPROJEKT 1: Nulägesanalys avseende resande, tillgänglighetsbehov och klimatbelastning

DELPROJEKT 2: Framtidsbilder av långväga resande i linje med klimatmålen

DELPROJEKT 3: Styrmedel för långväga resande

DELPROJEKT 4: Allmänhetens stöd för styrmedelskombinationer

DELPROJEKT 5: Syntes med alternativa strategier och styrmedel

Klimat- och transportmål

- COP-21/Parisavtalet: Väl under 2 graders uppvärmning, sträva mot 1,5 grader.
- Sverige ska år 2045 inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser (*-85% inom landet*)
- Utsläppen från inrikes transporter ska senast år 2030 vara minst 70 procent lägre än de var 2010



Utsläppsmål för långväga resande 2040/2060 i preliminära framtidsbilder

- Vilken global utsläppsbana ska nås?
RCP 2.6, -70% till 2060 (66% nå 2-gradersmålet)
- Hur mycket ska svenskar få släppa ut?
Som globalt snitt 2060
- Hur mycket av detta ska långväga resande antas stå för?
Samma andel som idag dvs ca 13%.

Utsläppsmål för långväga resande 2040/2060

2014: **1.4** ton CO₂-ekv. per capita

2040: **0.78** ton CO₂-ekv. per capita

2060: **0.18** ton CO₂-ekv. per capita

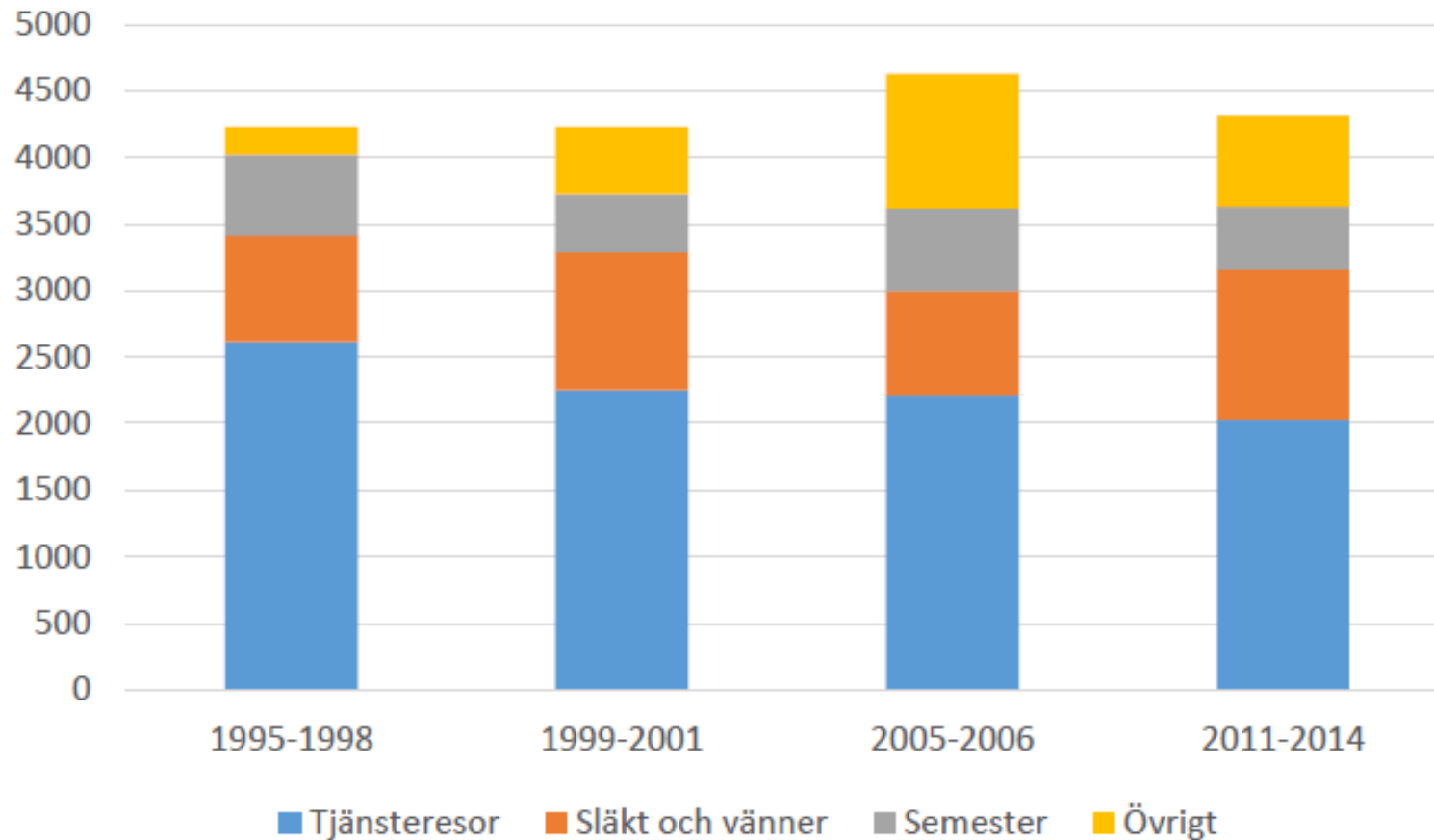
Internationella styrmedel för flyget

- Flyg inom EU omfattas av EUs system för handel med utsläpps-rätter
 - Kostnad för koldioxid är ca 22 öre per kg (att jämföra med 1,15 kr/kg i vägsektorn)
 - Höghöjdsutsläpp omfattas inte, dvs ca 1/3 av utsläpp från svenskars flygresande ligger inom systemet.
- FNs flygorgan ICAO har beslutat om ett globalt system för klimatkompensation för flyget från 2021/2027 (CORSIA)
 - Utsläpp av koldioxid över 2020 års nivå ska klimatkompenseras
 - Höghöjdsutsläpp omfattas inte och inte heller inrikes flyg
 - Resultat: Om klimatkompensation fungerar så minskar ökningstakten med ca 1/3

Flygskatt fr o m 1 april 2018

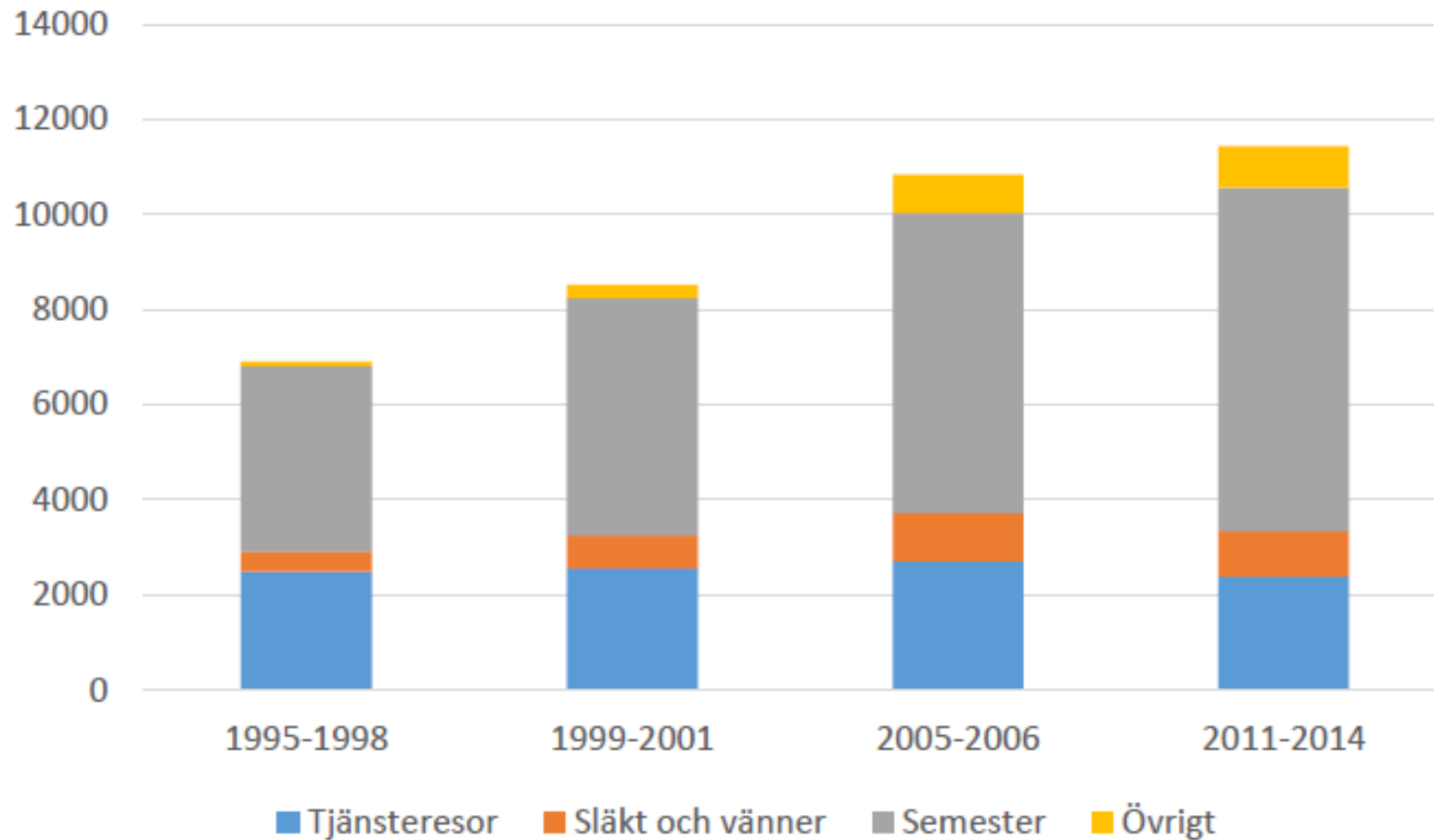
- Resor inom Europa: **60 kr (64 kr)**
- Övriga resor kortare än 6000 km: **250 kr**
- Övriga resor längre än 6000 km: **400 kr**

Reseärende för resor med flyg i Sverige (1000-tal)



Källa: Trafikanalys Rapport 2016:4. Inför en flygstrategi – Ett kunskapsunderlag

Reseärende för resor med flyg utomlands (1000-tal)



Flygets "höghöjdseffekt"

Flygets utsläpp på hög höjd av kväveoxider och vattenånga ger upphov till kondensstrimmor och moln som också har en klimatpåverkan

Uppräkningsfaktor för flygets totala klimatpåverkan i förhållande till CO₂ GWP(100):

1,7-2,0 (Lee et al., 2010; Azar, 2012; IPCC, 2013; Kärcher, 2018)

Sources: Lee, D.S., et al 2010. Transport impacts on atmosphere and climate: aviation. Atmospheric Environment 44 (2010) 4678–4734.; Stocker, T.F., 2013: Technical Summary. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Kärcher, B., 2018. Formation and radiative forcing of contrail cirrus. DOI: 10.1038/s41467-018-04068-0



Flygets relativa klimatpåverkan

(Mätt som GWP(100) och med uppräkningsfaktor 1,9)

- Andel globalt (enbart CO₂): 2-3%
- Andel globalt (all klimatpåverkan): 4-5%
- Andel för svenskars flygresande (konsumtionsperspektiv): Ca 10%

Utrikesflyget står för mer än 90% av flygets klimatpåverkan

Källor: IPCC, 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change; Lee, D.S. et al, 2010. Transport impacts on atmosphere and climate: aviation. Atmospheric Environment 44 (2010). Kamb et al, 2016. Klimatpåverkan från svenska befolkningens internationella flygresor. Chalmers och KTH

Olika systemgränser

Sektor	Volym	Energi	CO2-utsläpp (exkl. höghöjd)
Inrikes	225 000 m ³	2 TWh	0,5 milj ton
Utrikes	1,0 milj m ³	10 TWh	2,5 milj ton
Allt tankat	1,2 milj m ³	12 TWh	3 milj ton
Svenskars totala resande	Ca 2,1 milj m ³	Ca 21TWh	Ca 5,3 milj ton (inkl höghöjd ca 10 milj ton CO2-ekv.)

Hur mycket energi rör det sig om?

Inrikesflyg: **2 TWh**

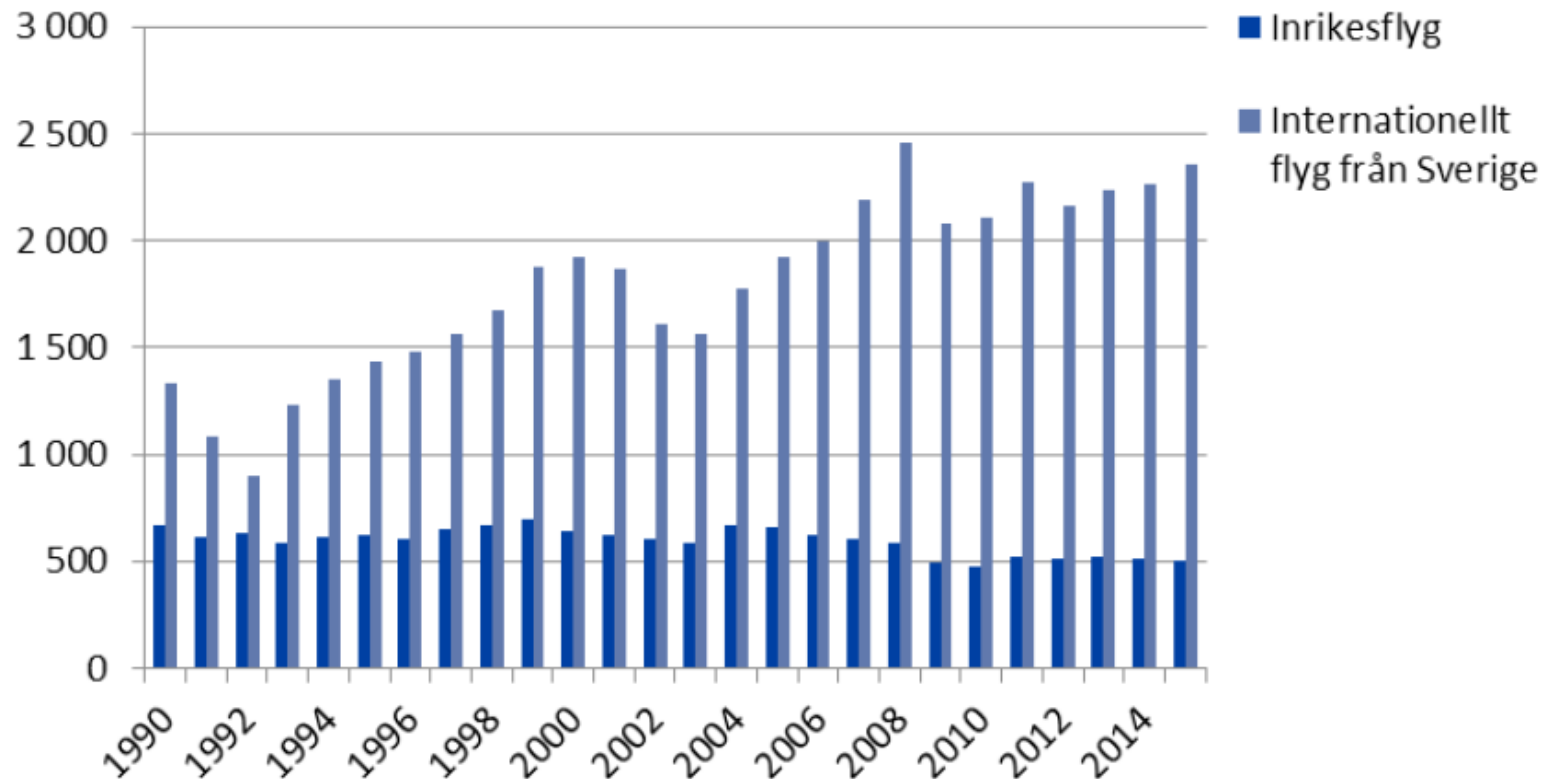
Utrikes (bunkrat): **10 TWh**

Svenskars totala flygande: **21 TWh**

Svenska vägsektorn: **93 TWh**

2017 användes ca **19 TWh** biobränsle i vägsektorn
(*2/3 av detta var importerat*)

Utsläpp av koldioxid från flygbränsle tankat i Sverige



Figur 9. Utsläpp av koldioxid (tusen ton) från svenskt inrikesflyg samt från internationellt flyg från Sverige, baserat på officiell statistik från SCB.

Trender för svenskars internationella flygresande

(beläggning har ökat från 66% till 80% under perioden)

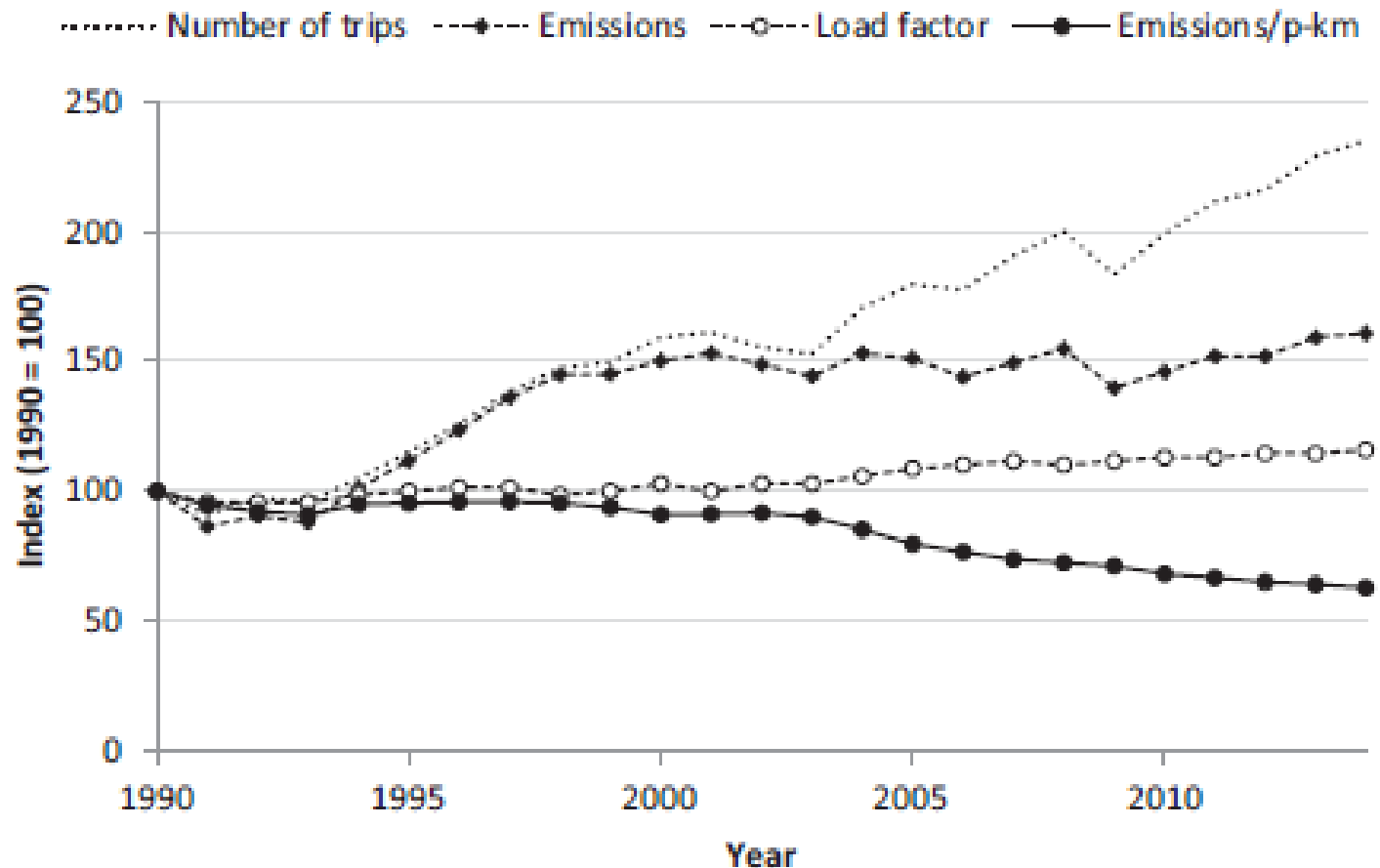
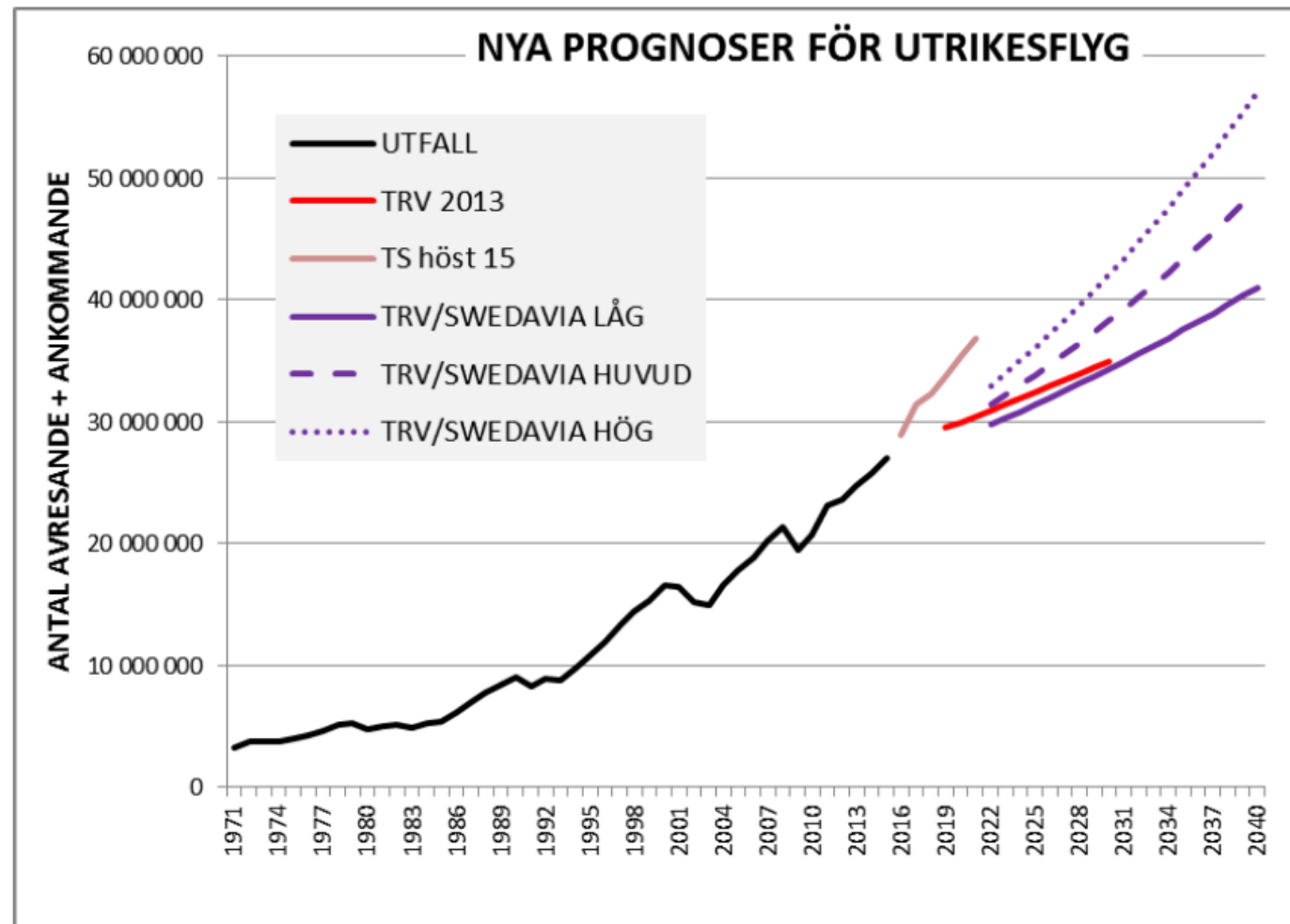


Fig. 4. Trends in total emissions from Swedish residents' international air travel, emissions per PKM, number of trips and average trip distance. Base year 1990 = 100.

Trafikverkets prognos utrikes passagerare till 2040



Figur 6 Trafikverkets utrikesprognos för 2040, antal passagerare

Fem sätt att minska flygets klimatpåverkan

1. Bränsleeffektivare flygplan
2. Bränslen med lägre klimatpåverkan per energienhet
(*biodrivmedel, vätgas*)
3. Ökad beläggning
4. Bättre organisation av flygtrafik:
 - Gröna inflygningar
 - Genare flygvägar
 - Minskade höghöjdsutsläpp genom ändrade flygvägar (t ex no go zones)
 - Design för kortare räckvidd
5. Lägre flygresande jämfört med referensscenario, genom virtuella möten, byte till tåg, närmare destinationer etc



ROYAL INSTITUTE
OF TECHNOLOGY

Radikalt nya flygplanskoncept?

- Batteridrivna flygplan
 - Flygbränsle har idag ca 70 gånger högre energitäthet (kWh/kg) än ett Tesla-batteri, ca **30 gånger** högre om hänsyn tas till elmotorns bättre verkningsgrad
- Vätgasflyg
 - Kan användas på alla rutter, men knappast någon större marknadspåverkan före 2050
 - Vätgas ger ökade utsläpp av vattenånga och behöver kombineras med lägre flyghöjder

Brådskanie att minska utsläppen

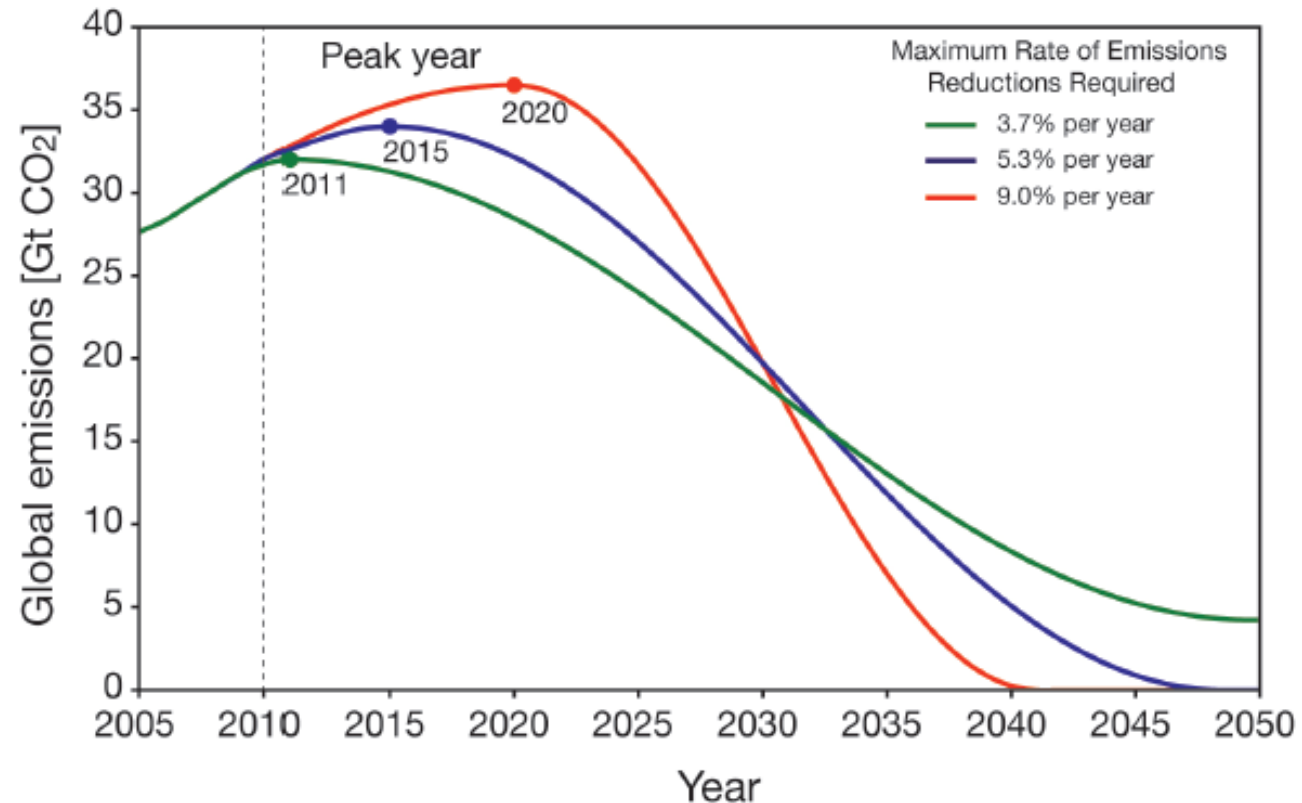


Figure 22. Examples of global emission pathways where cumulative CO₂ emissions equal 750 Gt during the time period 2010-2050 (1 Gt CO₂ = 3.67 Gt C). At this level, there is a 67% probability of limiting global warming to a maximum of 2°C. The graph shows that the later the peak in emissions is reached, the steeper their subsequent reduction has to be. The figure shows variants of a global emissions scenario with different peak years: 2011 (green), 2015 (blue) and 2020 (red). In order to achieve compliance with these curves, maximum annual reduction rates of 3.7 % (green), 5.3 % (blue) or 9.0 % (red) would be required (relative to 2008). (Source: German Advisory Council on Global Change; WBGU 2009).

Långa ledtider inom flygindustrin

- Från att en ny generation flygplan börjar utvecklas tills dess det sista flygplanet av denna generation pensioneras tar det **45-65 år**.
- Livslängden för ett flygplan är **20-30 år**

Långa ledtider inom flygindustrin

- Från att en ny generation flygplan börjar utvecklas tills dess det sista flygplanet av denna generation pensioneras tar det **45-65 år**.
- Livslängden för ett flygplan är **20-30 år**
- Går det att korta dessa ledtider?

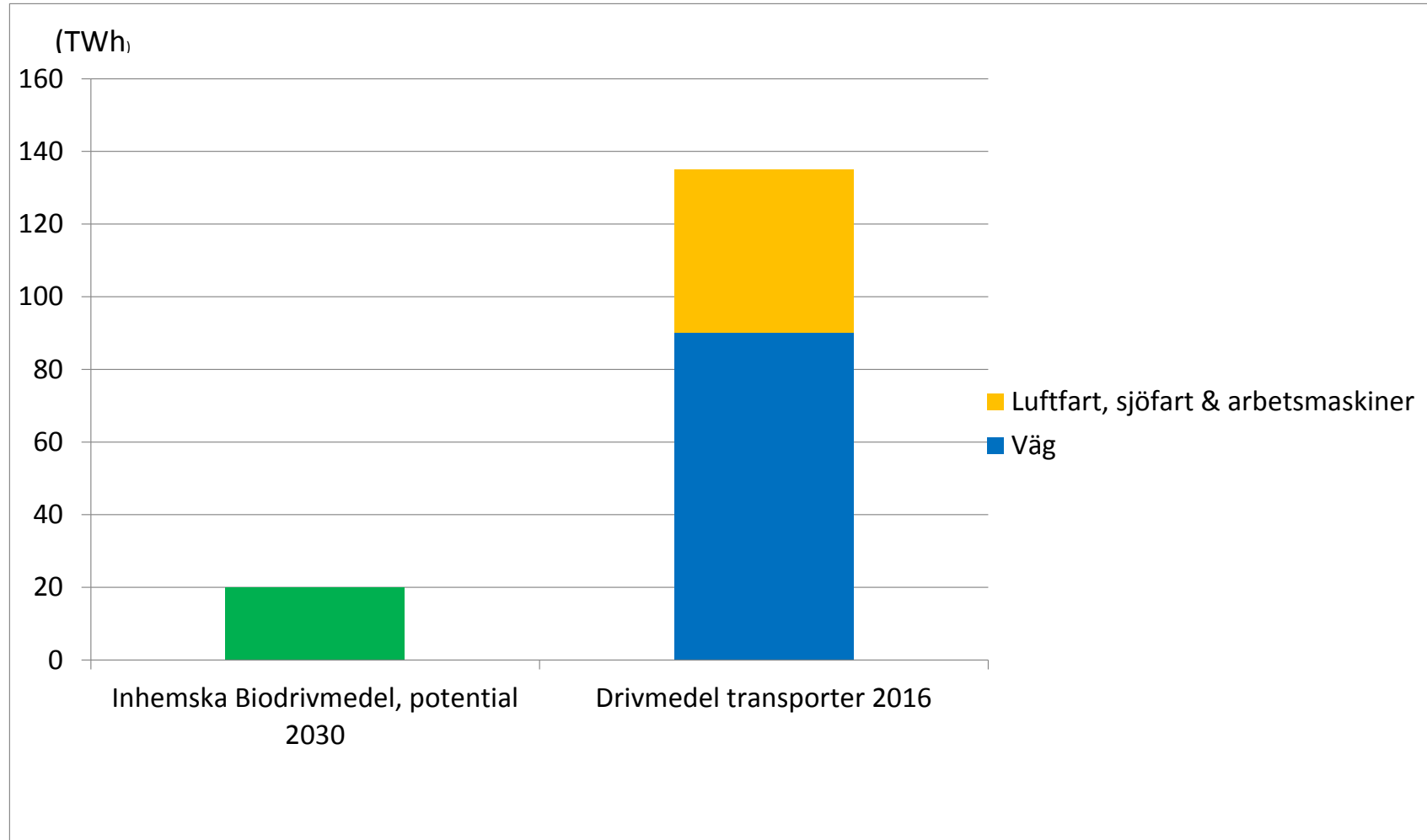
Biobränslen för flyg - En del av lösningen

- Stor konkurrens om den begränsade mängden bioenergi.
- Energianvändningen i transportsektorn behöver minska väsentligt om biobränslen och elektrifiering tillsammans ska kunna ersätta de fossila drivmedlen.
- Ny forskning indikerar att bioflygbränslen kan minska höghöjdseffekten.
- En betydande del av höghöjdseffekten kommer dock att kvarstå även med bioflygbränsle
- Sannolikt bäst att använda bioflygbränsle för långflygningar.

Kostnad för bioflygbränsle

- Fossilt flygbränsle: ca 5-7 kr/liter,
- Idag är biobränsle ca 4-5 ggr dyrare
- På sikt 1,5-4 ggr dyrare
- Effektivare förädling, men ev högre kostnad för råvara på sikt
- Förbättring CO₂: 75-80% med biobränsle jämfört med fossilt bränsle

Biodrivmedelpotential jämfört med transportsektorns energianvändning (inkl utrikes och arbetsmaskiner)



Källor: Trafikverket, 2016. Styrmedel och åtgärder för att minska transportsystemets utsläpp av växthusgaser – med fokus på transportinfrastrukturen, Trafikverket rapport 2016:043; Energimyndigheten, 2017. Transportsektorns energianvändning 2016. ES 2017:1; Energimyndigheten, 2016. Förslag till styrmedel för ökad andel biodrivmedel i bensin och diesel. ER 2016:30.



ROYAL INSTITUTE
OF TECHNOLOGY

Bioflygbränsleutredningen

Utredare: Maria Wetterstrand
Redovisas senast: 1 mars 2019.
Tidshorisont: Fram till 2030

Direktiv:

En särskild utredare ska:

- Analysera hur flygets användning av **hållbara biobränslen med hög klimatprestanda** kan främjas för att bidra till övergången till ett fossilfritt energisystem och minskad klimatpåverkan **vid behov föreslå hur det eller de styrmedel som är lämpligast** för att minska flygets utsläpp genom användning av hållbara biobränslen **bör utformas**

Bioflygbränsleutredningen

- Bedöma **vilken inblandning av biobränsle som är rimlig att uppnå** när styrmedel som utredningen föreslår ska träda i kraft med hänsyn till tillgång och pris på sådana bränslen samt efterfrågan i andra sektorer
- Bedöma förutsättningarna för att öka inblandningen av hållbara biobränslen över tid

Reduktionsplikt för vägsektorn

- Drivmedelsproducenter måste minska CO₂-utsläpp från bensen och diesel.
- Från 2019 ska utsläpp från bensen minska med 2,6% per energienhet och för diesel med minst 20%.
- År 2030 ska reduktionsnivån ligga på ca 40%.

Inblandning av biobränsle – Indikativa mål

Flygbranschen:

2025: Swedavia - 5% (*55 000 m³*, räknar med 1,1 miljoner m³ som "allt tankat vid Swedavias flygplatser")

2030: Swedavia och svenskt flyg - fossilfritt inrikesflyg 2030 (ca *200 000 m³*)

2045: Svenskt flyg – alla plan som startar från svenska flygplatser är fossilfria (räknar med samma volym som nu, ca 1,3 miljoner m³)

Nordiska ministerrådet 2020: 1,2 % inblandning, 2030: 37,5 % inblandning i nordiskt flyg

Norge - Kvotplikt 0,5% från 2019, 30% 2030

Var ska tillgängliga biobränslen användas för bästa klimateffekt?

Exempel: Vägtrafik vs Luftfart

Faktorer att ta hänsyn till:

- Energi- och kostnadseffektivitet vid förädling av råvara till drivmedel. *Talar för vägtrafik*
- Höghöjdseffekten sannolikt mindre med biobränslen. *Talar för luftfart.*
- En del av luftfarten ligger inom EUs utsläppshandel. *Talar för vägtrafik*
- Potentialen för elektrifiering av luftfart är försumbar inom överskådlig tid. *Talar för luftfart.*

Fem sätt att minska flygets klimatpåverkan

Alla kommer behövas!

1. Bränsleeffektivare flygplan
2. Bränslen med lägre klimatpåverkan per energienhet
(*biodrivmedel, vätgas*)
3. Ökad beläggning
4. Bättre organisation av flygtrafik:
 - Gröna inflygningar
 - Genare flygvägar
 - Minskade höghöjdsutsläpp genom ändrade flygvägar (t ex no go zones)
5. Lägre flygresande jämfört med referensscenario, genom virtuella möten, byte till tåg, närmare destinationer etc