

Anders Arvesen  
Edgar Hertwich

UTSLIPP AV  
KLIMAGASSER FRA  
FLYTRAFIKK

NTNU   
Program for industriell økologi  
Rapport nr: 4/2007

Reports and Working Papers from

**Norwegian University of Science and Technology (NTNU)  
Industrial Ecology Programme (IndEcol)**

*Report no.4/2007*

*ISSN 1501-6153*

*ISBN 978-82-7948-067-9 (trykt)*

*ISBN 978-82-7948-068-6 (pdf)*

**Editor-in-chief:**

Professor Edgar Hertwich, Programme Leader, IndEcol

**Editors:**

Researcher Øivind Hagen, SINTEF Technology and society, IFIM  
Associate Professor Anders Strømman, Dep. of Energy and Process  
Engineering

**Design and layout:**

Elin Mathiassen, Coordinator, IndEcol

**Reports and Working Papers may be downloaded from the  
IndEcol web site:**

Industrial Ecology Programme (IndEcol)  
NTNU  
NO-7491 Trondheim, Norway

Tel.: + 47 73598940

Fax.: + 47 73598943

E-mail: [indecoll@indecoll.ntnu.no](mailto:indecoll@indecoll.ntnu.no)

Web: [www.indecoll.ntnu.no](http://www.indecoll.ntnu.no)

## Sammendrag

Klimagassutslipp fra internasjonal luftfart er ikke inkludert i SSBs klimaregnskap og er holdt utenfor Kyotoprotokollen. Utslippene av CO<sub>2</sub> fra flytrafikk øker raskt, både i et nasjonalt og globalt perspektiv. Når både innenlands og utenlands trafikk tas med i beregningene, ble utslippene forbundet med nordmenns flyreiser fordoblet i perioden fra 1992 til 2005. Flyreiser utgjorde i 2005 omtrent 7,5 % av Norges totale CO<sub>2</sub>-utslipp. Samtidig er det et faktum at flyutslipp bidrar mer til menneskeskapt global oppvarming enn utslippene av CO<sub>2</sub> alene tilsier. I dette notatet justeres CO<sub>2</sub>-utslippene for også å ta hensyn til tilleggsvirkninger, og det fås da at utslipp fra fly utgjorde 10,1 % av Norges totale utslipp av klimagasser i 2005. Justeringen er usikker, men anslaget på 10,1 % antas å være et konservativt anslag. Ferie og helgeturer er den typen reiser som forårsaker mest utslipp (41,7 % av totale utslipp), etterfulgt av yrkesreiser (29,3 %). De som foretar flest flyreiser er menn, personer med høy utdanning og inntekt, administrative ledere og personer med akademiske yrker og personer som bor i større byer. Tre scenarier for utslipp fra flytrafikk fram mot 2020 gir alle betydelige økninger i utslippene. I scenariet for middels vekst er utslippene i 2020 totalt 13,8 millioner tonn (Mtonn) CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, det vil si 7,8 Mtonn høyere enn i 2005, når tilleggsvirkninger på grunn av høyde tas hensyn til. Økningen på 7,8 Mtonn tilsvarer 11 millioner tur-retur reiser Oslo – Paris. En slik utslippsøkning vil spise opp en betydelig del av utslippsreduksjonene som regjeringen legger opp til i sin klimamelding fra 2007.

## Bakgrunn

I SSB sin oversikt over kildefordelte klimagassutslipp utgjør utslipp fra fly cirka 2,6 % av Norges totale CO<sub>2</sub>-utslipp (2005). Tallet inkluderer imidlertid ikke utenlands flytrafikk, og gir derfor et misvisende inntrykk av betydningen av CO<sub>2</sub>-utslipp fra fly. I dette notatet redegjøres det for en estimering av totale utslipp av klimagasser forbundet med nordmenns flyreiser. Tall for CO<sub>2</sub>-utslipp fra innenriks luftfart er tilgjengelige fra SSB. For å estimere utslippene forbundet med utenriks trafikk ble det tatt utgangspunkt i Avinor sin trafikkstatistikk (antall passasjerer på utenlands rutefly og charterfly) og Transportøkonomisk institutt (TØI) sin "Reisevaneundersøkelse på fly 2005". For å kunne si noe om utviklingen i utslipp over tid, ble beregningene gjort for årene 1992, 1998, 2003 og 2005, som er årstallene for TØI sine fire siste reisevaneundersøkelser for fly.

Flyutslipp påvirker jordas strålingsbalanse på flere måter. Utslippene endrer konsentrasjonen av drivhusgassene CO<sub>2</sub>, ozon, vanndamp og metan, samt konsentrasjonen av luftpartikler (aerosoler) i atmosfæren. I tillegg fører utslipp av vanndamp i høyere luftlag til dannelse av kondensstriper og cirrusskyer. Totalt sett er oppvarmingen som utslippene fører til sterkere enn avkjølingen. Ifølge IPCC er drivhusvirkningen fra globale flyutslipp i perioden 1992 til 2050 mellom 2 og 4 ganger sterkere enn utslippet av CO<sub>2</sub> alene<sup>1</sup>. Beste estimat for verdens subsoniske flyflåte i 1992 er 2,7<sup>2</sup>. Tallene fra IPCC inkluderer ikke oppvarmingseffekten forårsaket av cirrusskyer som dannes på grunn av flytrafikk. Årsaken er stor vitenskapelig usikkerhet. Det er imidlertid sannsynlig at oppvarmingseffekten fra cirrusskyer er betydelig. Arbeid gjort av Cicero tyder på at cirrusskyer utgjør omtrent 1/3 av den totale oppvarmingen som skyldes flytrafikk, men det presiseres at beregningen er usikker<sup>3</sup>.

Det kan diskuteres om tilleggseffekten fordi utslippene skjer i høyere luftlag bør regnes med eller ikke. På den ene siden er det et faktum at netto drivhusvirkning fra flyutslipp er større enn utslippene fra CO<sub>2</sub> alene tilsier. På den andre side er det relativt stor vitenskapelig usikkerhet knyttet til virkningen av de andre utslippene enn CO<sub>2</sub>. Det er problematisk at det ikke finnes troverdige tall for "Global Warming Potential" til flyutslipp, hvilket gjør at det ikke blir riktig å regne utslippene om til en tilsvarende mengde CO<sub>2</sub>-ekvivalenter ved å multiplisere med en konstant faktor. Det kan dessuten argumenteres for at dersom en skal ta med andre utslipp enn de som er inkludert i Kyoto-avtalen, bør dette gjøres for alle sektorer, ikke bare flysektoren<sup>4</sup>. I dette notatet vil det presenteres både ujusterte resultater (kun CO<sub>2</sub>-utslipp) og resultater som er justert for

---

<sup>1</sup> IPCC: "Aviation and the Global Atmosphere" (1999) kapittel 4.8 i "Summary for Policy Makers"  
<http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/008.htm>

<sup>2</sup> IPCC: "Aviation and the Global Atmosphere" (1999) kapittel 6.6  
<http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/083.htm>

<sup>3</sup> Ifølge Cicero (<http://www.cicero.uio.no/fulltext.asp?id=4034&lang=no>) kan cirrusskyer utgjøre omtrent 1/3 av den totale oppvarmingen som skyldes flytrafikk. Se også Sausen m.fl. 2005: "Aviation Radiative Forcing in 2000: An Update on IPCC". *Meteorol. Zeitschrift*, 14, 555-561.

<sup>4</sup> Forster m.fl. 2005: "It is premature to include non-CO<sub>2</sub> effects of aviation in emission trading schemes". *Atmospheric Environment* 40 (2006) 1117-1121

antatt tilleggseffekt av utslipp i høyere luftlag. I de tilfellene hvor tallene er blitt justert, er det blitt multiplisert med en faktor 1,3 for innenlands trafikk og en faktor 2 for utenlands trafikk. I gjennomsnitt tilsvarer dette en forsterkningsfaktor på 1,8, som her antas å være et konservativt anslag. Tilleggseffekten antas å generelt være lavere for innenlands reiser på grunn av gjennomgående kortere distanser og dermed lavere cruisehøyder.

## Utslipp fra innenlands flytrafikk

Utslipp av CO<sub>2</sub> fra innenlands flytrafikk er tilgjengelige fra SSB statistikkbanken.

**Tabell 1: CO<sub>2</sub>-utslipp (Mtonn CO<sub>2</sub> per år) fra innenlands flytrafikk (SSB)**

	1992	1998	2003	2005
<b>Kun CO<sub>2</sub>-utslipp</b>	0,97	1,19	0,97	1,13
<b>Justerte utslipp</b>	1,26	1,54	1,27	1,47

## Utslipp fra utenlands flytrafikk (rute)

Antall passasjerer ble beregnet som (summen av):  
 Ankommende og avreiste passasjerer på utenlands ruter  
 + Passasjerer i utenlands transfer (ankommende + avreiste)

Alle tall ble hentet fra Avinor sin trafikkstatistikk. Med transfer-passasjerer menes passasjerer som mellomlander og skifter fly på en norsk flyplass, for eksempel passasjerer som reiser Tromsø – Oslo – Paris. Denne typen reiser kan registreres på forskjellige måter (avhengig av hvilken type billett passasjerer har), men for å få med alle passasjerene som reiser til utlandet må tallene for utenlands transfer tas med. I trafikkstatistikken for 2003 og 2005 teller Avinor transfer-passasjerene to ganger. Disse passasjertallene ble derfor dividert med to før de ble brukt i beregningene. Totalt antall passasjerer bosatt i Norge kommet og reist med utenlands rutefly er gitt i tabell 4. Tallene er funnet ved å multiplisere antall passasjerer (tabell 2) med andel passasjerer bosatt i Norge (tabell 3).

**Tabell 2: Antall passasjerer kommet/reist med utenlands rutefly (Avinor)**

1992	1998	2003	2005
3 645 018	6 189 582	7 246 631	9 251 829

**Tabell 3: Andel av passasjerer på rutefly mellom Norge og utlandet som er bosatt i Norge (TØI)**

1992	1998	2003	2005
0,47619	0,492857	0,5427136	0,562249

**Tabell 4: Antall passasjerer bosatt i Norge kommet/reist med utenlands rutefly**

1992	1998	2003	2005
1 735 722	3 050 580	3 932 845	5 201 832

For å kunne beregne CO<sub>2</sub>-utslipp er det nødvendig å estimere drivstoffbruket knyttet til nordmenns flyreiser. Antagelser om drivstoffbruk ble gjort på grunnlag av data fra flyselskapene Lufthansa Group og SAS Group. Fra Lufthansas miljøprestasjonsdata ble det funnet tall på gjennomsnittlig drivstoffbruk (liter/passasjerkm) på henholdsvis kontinentale og interkontinentale flyreiser<sup>5</sup>. SAS Group sin årsrapport gir tall for drivstoffbruk per setekm for hver flytype<sup>6</sup>. For å konvertere til passasjerkilometer ble det brukt en setefaktor på 0,75 passasjer/sete<sup>7</sup>. Et estimat for drivstoffbruk ved korte flyreiser (< 1500 km) ble funnet ved å ta middelverdi mellom Lufthansa sitt drivstoffbruk på kontinentale flyreiser og gjennomsnittlig drivstoffbruk til SAS sine Boieng 737-fly. Tilsvarende ble drivstoffbruk ved lange flyreiser (> 5000 km) estimert som middelverdi mellom Lufthansa sitt drivstoffbruk på interkontinentale flyreiser og gjennomsnittlig drivstoffbruk til SAS sine Airbus-fly. For flyreiser mellom 1500 og 5000 km ble det antatt at drivstoffbruken varierer lineært. Omregning fra drivstoffbruk til CO<sub>2</sub>-utslipp ble gjort ved å multiplisere med en omregningsfaktor 2,58 kg CO<sub>2</sub>/l drivstoff<sup>8</sup>.

TØI sin reisevaneundersøkelse for fly gir tall for destinasjonsfordeling på flyreiser mellom Norge og utlandet med rutefly. Ved å kombinere destinasjonsfordelingen med utslippsestimatene for korte og lange flyreiser, kunne totale CO<sub>2</sub>-utslipp knyttet til nordmenns reiser til/fra Norge estimeres. Reisedistansen ble antatt å være lik avstanden mellom Oslo og hovedstaden i destinasjonslandet<sup>9</sup>. For reiser til land utenfor Europa ble det tatt hensyn til ett flybyste i utlandet.

**Tabell 5: CO<sub>2</sub>-utslipp (Mtonn CO<sub>2</sub> per år) fra rutefly til/fra Norge for passasjerer bosatt i Norge**

	1992	1998	2003	2005
<b>Kun CO<sub>2</sub>-utslipp</b>	0,42	0,80	1,19	1,71
<b>Justerte utslipp</b>	0,84	1,60	2,37	3,42

## Utslipp fra utenlands flytrafikk (charter)

Utslipp forbundet med utenlands charterreiser ble beregnet på tilsvarende måte som rutetraffikken. TØI sin reisevaneundersøkelse for fly har imidlertid ingen informasjon om reisefordeling på charterreiser. Reisefordeling for charterreiser i 1999 finnes i SSB sin samferdselsstatistikk for 1999. Dette er de nyeste data som er tilgjengelig. Det ble antatt at reisefordelingen for alle år var lik 1999-fordelingen, samt at alle passasjerer på charterreiser er bosatt i Norge.

<sup>5</sup> Lufthansa: "Responsibility – Environmental Performance Data 2005"

[http://konzern.lufthansa.com/en/downloads/ueber\\_uns/verantwortung/lh\\_umweltkennzahlen.pdf](http://konzern.lufthansa.com/en/downloads/ueber_uns/verantwortung/lh_umweltkennzahlen.pdf)

<sup>6</sup> SAS: "Annual Report & Sustainability Report 2006"

[http://www.sasgroup.net/SASGROUP\\_SUSTAINABILITY/CMSForeignContent/2006eng.pdf](http://www.sasgroup.net/SASGROUP_SUSTAINABILITY/CMSForeignContent/2006eng.pdf)

<sup>7</sup> SAS Group sin setefaktor var 74,4 % i 2006 og 72,1 % i 2005, ifølge "Focus on the SAS Group 2007"

[http://www.sasgroup.net/SASGROUP\\_FACTS/CMSForeignContent/Focus%20on%20the%20SAS%20Group%202007\\_light.pdf](http://www.sasgroup.net/SASGROUP_FACTS/CMSForeignContent/Focus%20on%20the%20SAS%20Group%202007_light.pdf)

<sup>8</sup> U.S. Government Energy Information Administration: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/factors.html>

<sup>9</sup> Distansen ble satt lik gjennomsnittet av avstandene oppgitt på [www.mittklima.no](http://www.mittklima.no) og [www.atmosfair.de](http://www.atmosfair.de) (juni 2007).

Tabell 6: CO<sub>2</sub>-utslipp (Mtonn CO<sub>2</sub> per år) fra charterfly til/fra Norge for passasjerer bosatt i Norge

	1992	1998	2003	2005
<b>Kun CO<sub>2</sub>-utslipp</b>	0,29	0,46	0,48	0,54
<b>Justerte utslipp</b>	0,59	0,92	0,96	1,07

## Totale utslipp

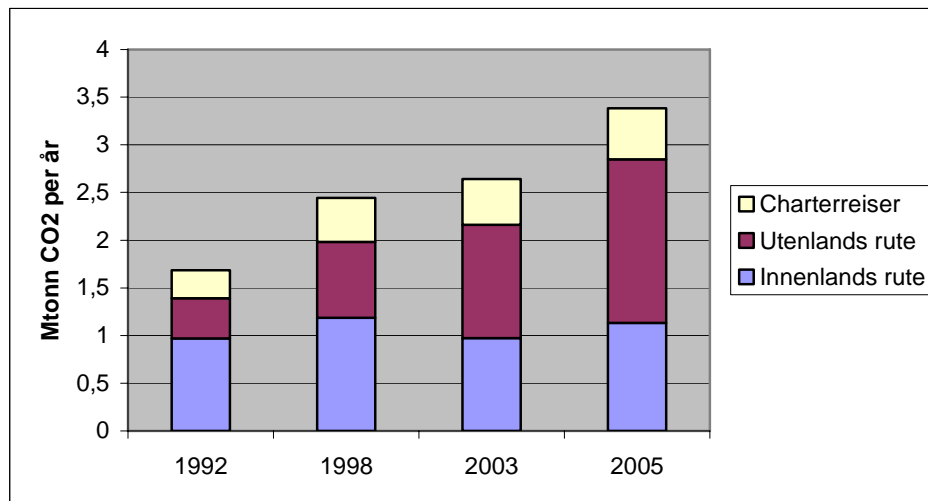
Ved å summere utslippene fra innenlands trafikk, utenlands rutetrafikk og utenlands chartertrafikk, fås totale CO<sub>2</sub>-utslipp, som vist i tabell 7.

Tabell 7: Totale CO<sub>2</sub>-utslipp (Mtonn CO<sub>2</sub> per år) forbundet med nordmenns flyreiser

	1992	1998	2003	2005
<b>Kun CO<sub>2</sub>-utslipp</b>	1,69	2,44	2,64	3,38
<b>Justerte utslipp</b>	2,69	4,06	4,60	5,97

Totale, ikke-justerte CO<sub>2</sub>-utslipp fra fly for 2005 var altså cirka 3,4 Mtonn, hvilket tilsvarer 7,5 % av Norges totale utslipp<sup>10</sup>. Tilsvarende utgjør de justerte utslippene 10,1 % av Norges totale utslipp av klimagasser (målt i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter) i 2005. Flytrafikken, målt i antall passasjerer, økte med 10,5 prosent i 2006, og med 5,7 prosent målt i antall flybevegelser<sup>11</sup>. Dette antyder en betydelig økning av utslippene i 2006 i forhold til året før.

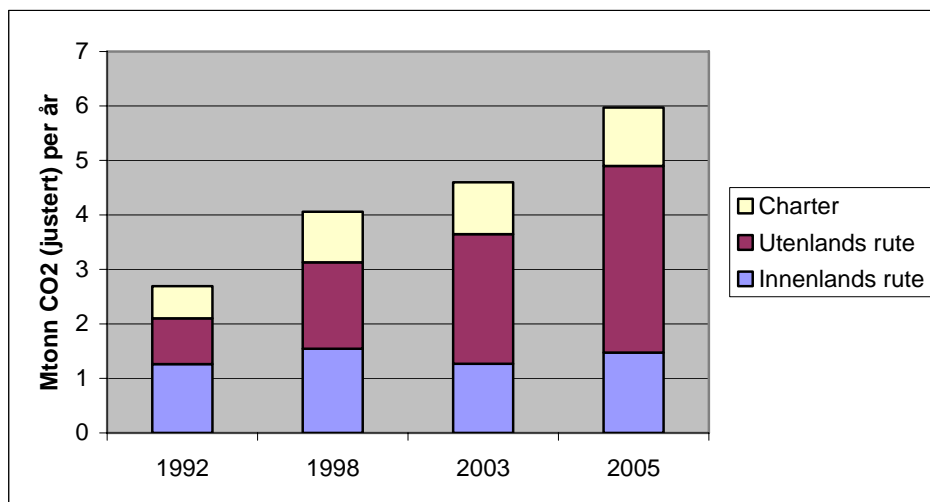
Figur 1: Totale CO<sub>2</sub>-utslipp fordelt på innenlands og utenlands rutetrafikk og chartertrafikk



Figur 2: Totale CO<sub>2</sub>-utslipp (justert) fordelt på innenlands og utenlands rutetrafikk og chartertrafikk

<sup>10</sup> Utenriks sjøfart ikke inkludert

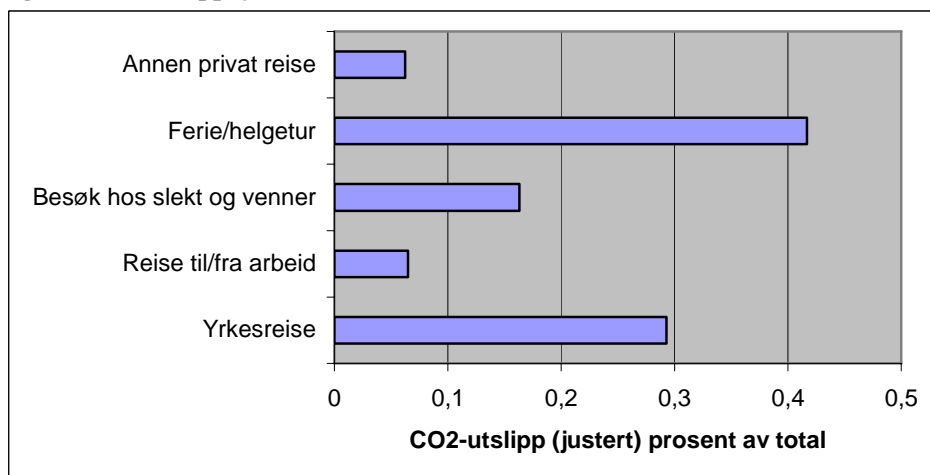
<sup>11</sup> <http://www.avinor.no/?module=Articles;action=Article.publicShow;ID=3159>



## Utslipp fordelt etter reiseformål og etter befolkningsgrupper

Transportøkonomisk institutt (TØI) sin reisevaneundersøkelse for fly gir informasjon om formål med innenlands og utenlands reiser (ekskludert charterreiser). Ved å benytte denne informasjonen lot det seg gjøre å estimere utslipp fordelt etter reiseformål. TØIs tall skiller ikke mellom passasjerer bosatt i og utenfor Norge, og tallene for innenlands reiser gjelder for hovedruter til/fra Oslo. Det ble antatt at tallene likevel er representative. Videre ble det antatt at 100 % av charterreisende har "ferie/helgetur" som formål.

**Figur 3: CO<sub>2</sub>-utslipp (justert) fordelt etter reiseformål**



I TØIs nasjonale reisevaneundersøkelse gis tall på antall lange reiser (>100km) og valg av transportmiddel på slike reiser for ulike grupper i befolkningen. Tallene viser at de som flyr mest er:

- Menn



- Personer med høy utdanning og inntekt
- Administrative ledere og personer med akademiske yrker
- Personer som bor i større byer

Eksempelvis flyr menn 1,15 ganger oftere enn kvinner. Personer med høyskole- eller universitetsutdanning flyr 2,5 ganger oftere enn andre, mens personer med inntekt over 749.000 kr flyr 4,3 ganger oftere enn personer med inntekt mellom 150.000 og 299.000 kr. Personer med akademiske yrker flyr 2,8 ganger oftere enn personer i salgs-, service- og omsorgsykker.

Hver nordmann gjorde i 2005 over 6,2 enkeltreiser med fly, hvorav 4,6 var flygninger innenlands. Samme år foretok hver nordmann i gjennomsnitt 0,78 utenlandsreiser (tur-retur) med fly. Dette kan deles opp i 0,11 reiser til andre nordiske land, 0,56 reiser til utenom-nordiske, europeiske land, og 0,12 reiser til andre verdensdeler. Den gjennomsnittlige nordmann reiser altså til en annen verdensdel (med fly) hvert 8,7. år.

## Framtidige utslipp

Det vil her blir presentert tre scenarier for CO<sub>2</sub>-utslipp fra flytrafikk fram mot 2020. Det antas at følgende tre faktorer vil påvirke utviklingen:

- 1) Økt flytrafikk
- 2) Teknologitvikling og effektivisering
- 3) Økte reisedistanser

I forbindelse med arbeidet med Nasjonal transportplan laget Avinor en utredning om behov og muligheter fram mot 2040. For denne perioden legger Avinor til grunn en gjennomsnittlig årlig trafikkvekst på 2,8 %<sup>12</sup>. Som nevnt var den faktiske økningen fra 2005 til 2006 på 10,7 %, målt i antall passasjerer, og 5,7 % målt i antall flybevegelser. Ifølge Avinors månedlige trafikkstatistikk var antall passasjerer i årets åtte første måneder i 2007 6,7 % høyere enn i 2006. Flytrafikken er i kraftig vekst nasjonalt, men også globalt. IPCC referer til flere studier som alle spår omkring 5 % årlig vekst i den globale flytrafikken de neste 15-25 årene<sup>13</sup>. Tabell 8 viser antatt årlig vekst i antall norske flypassasjerer for tre ulike scenarier fram mot 2020. En gitt prosentvis økning i passasjerantall antas her å gi en like stor prosentvis økning i CO<sub>2</sub>-utslipp.

**Tabell 8: Antatt årlig vekst i antall norske flypassasjerer fram mot 2020**

Lavt scenario	Medium scenario	Høyt scenario
2,5 %	3,0 %	3,5 %

Det fremkommer av Lufthansas miljøprestasjonsdata at CO<sub>2</sub>-utslippene per passasjerkm for Lufthansa Group ble redusert med i gjennomsnitt 1,6 % årlig i tiårsperioden 1995-2005. Den positive trenden flatet imidlertid ut de siste årene. Tabell 9 viser antatt årlig gevinst i CO<sub>2</sub>-utslipp som følge av effektivisering, bruk av ny teknologi og økt kabinfaktor.

<sup>12</sup> <http://www.avinor.no/?module=Articles;action=Article.publicOpen;ID=2928>

<sup>13</sup> IPCC (2007): Fourth Assessment Report – Working Group III. Kapittel: Transport and its infrastructure.

**Tabell 9: Antatt årlig endring i CO<sub>2</sub>-utslipp som følge av effektivisering og teknologiutvikling**

Lavt scenario	Medium scenario	Høyt scenario
- 2,0 %	- 1,25 %	- 0,5 %

Gjennomsnittlig distanse for utenlands reiser med rutefly økte i perioden 1992 til 2005 med cirka 32 %. Samtidig har utenlandstrafikken vokst kraftig de siste årene (etter 2003), mens veksten i innenlandstrafikken har vært beskjeden. Dersom trenden med stadig økte reiselengder fortsetter, vil dette bidra til å øke CO<sub>2</sub>-utslippene fra fly betydelig. Antatt årlig økning i CO<sub>2</sub>-utslipp som følge av økte reiselengder er vist i tabell 10. I tabell 11 er tallene for hvert av scenariene i tabell 9, 10 og 11 summert. Det er verdiene i tabell 11 som er brukt til å beregne utslippene fram mot 2020.

**Tabell 10: Antatt årlig økning i CO<sub>2</sub>-utslipp som følge av økte reiselengder**

Lavt scenario	Medium scenario	Høyt scenario
3,0 %	4,0 %	5,0 %

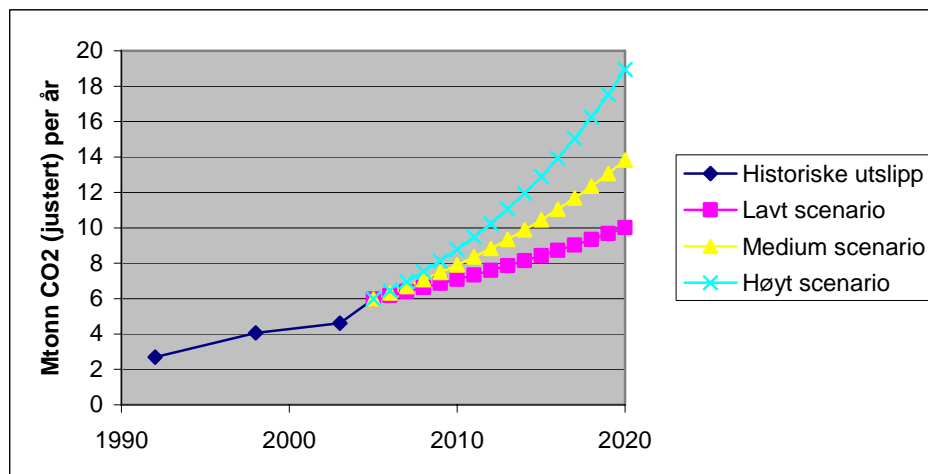
**Tabell 11: Total antatt årlig vekst i CO<sub>2</sub>-utslipp**

Lavt scenario	Medium scenario	Høyt scenario
3,5 %	5,75 %	8,0 %

Med en årlig vekst i CO<sub>2</sub>-utslipp som vist i tabell 11, vil utslippene i 2020 bli som vist i tabell 12 og figur 4. Merk at figur 4 viser justerte CO<sub>2</sub>-utslipp.

**Tabell 12: CO<sub>2</sub>-utslipp (ikke justert og justert) (Mtonn CO<sub>2</sub> per år) i 2020**

	Lavt scenario	Medium scenario	Høyt scenario
CO <sub>2</sub> -utslipp	5,7	7,8	10,7
CO <sub>2</sub> -utslipp (justert)	10,0	13,8	19,0

**Figur 4: Utslipp av CO<sub>2</sub> (justert) fram mot 2020**

Ifølge medium scenario vil altså økningen i justerte utslipp fra fly for perioden 2005-2020 bli cirka 7,8 Mtonn CO<sub>2</sub>. Til sammenligning var de totale utslippene fra veitrafikk 9,8 Mtonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2005. I regjeringen sin klimamelding som ble offentliggjort i juni 2007 settes det som mål at CO<sub>2</sub>-utslippene i Norge skal reduseres

med 10-13 Mtonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter innen 2020 i forhold til en gitt referansebane, når CO<sub>2</sub> bundet i norsk skog ikke tas med<sup>14</sup>. I en slik sammenheng er økningen i flyutslipp betydelige. Grovt regnet tilsvarer økningen på 7,8 Mtonn CO<sub>2</sub> mer enn 11 millioner tur-retur reiser Oslo – Paris med dagens teknologi. Med en passasjervekst som i medium scenario (tabell 8) vil hver nordmann i 2020 foreta nesten 9 årlige flyreiser (én vei). Totale utslipp i 2020 på 13,8 Mtonn CO<sub>2</sub> tilsvarer at hver nordmann i 2020 tar én Sydentur (Oslo - Kreta), én skiferie i Alpene (tilsvarende Oslo - Wien) og to storbyferier (Oslo - Praha, Oslo-Paris), eller at hver nordmann i snitt reiser 1,2 ganger til Beijing hvert år.

## Konklusjon

Dersom utenlands trafikk tas hensyn til, utgjorde utslipp av CO<sub>2</sub> fra nordmenns flyreiser i 2005 omtrent 7,5 % av Norges totale CO<sub>2</sub>-utslipp. Dette er betydelig høyere enn tallet 2,6 %, som en får dersom en kun tar med innenlands trafikk i beregningene. Samtidig er det et faktum at flyutslipp bidrar mer til menneskeskapt global oppvarming enn utslippene av CO<sub>2</sub> alene tilsier, selv om den vitenskapelige forståelsen av dette fortsatt er begrenset. Dersom de justerte tallene for CO<sub>2</sub>-utslipp i dette notatet legges til grunn, utgjorde utslipp fra fly 10,1 % av Norges totale utslipp av klimagasser (målt i CO<sub>2</sub>-ekvivalenter) i 2005. Utslippene fra fly ble mer enn fordoblet i perioden 1992 til 2005. En lignende vekst i utslippene fram mot 2020 er ikke usannsynlig, og vil kunne spise opp en betydelig del av utslippsreduksjonene som regjeringen legger opp til i sin klimamelding fra 2007.

## Om forfattere

Anders Arvesen (andersa@stud.ntnu.no) er siv.ing.-student i Energi og miljø med spesialisering innen industriell økologi. Edgar Hertwich er professor ved Institutt for energi- og prosesssteknikk og leder for Program for industriell økologi. Dette arbeid baserer på et sommerprosjekt som Arvesen gjennomførte under veiledning fra Hertwich.

---

<sup>14</sup> St.meld. nr. 34: <http://www.regjeringen.no/pages/1988897/PDFS/STM200620070034000DDDDPDFS.pdf>

Reports published by  
The Industrial Ecology Programme  
Norwegian University of Science and Technology

1/2000	Helge Brattebø, Ole Jørgen Hanssen (ed.)	<i>"Productivity 2005" – Research Plan P-2005 Industrial Ecology</i>
2/2000	Jørund Buen	<i>Industriell økologi – Nytter det bare i Nord? Om industriøkologisk kapasitet</i>
5/2000	Kjetil Røine	<i>Does Industrial Ecology provide any new Perspectives?</i>
4/2000	Lars Brede Johansen	<i>Eco-efficiency gjennom systemisk miljøstyring</i>
5/2000	Galina Gaivoronskaia, Knut Erik Solem	<i>The Debate on the Risk of Genetically Modified Food: The Politics of Science</i>
6/2000	Øivind Hagen, Stig Larssæther	<i>The need for cultural innovation to face the environmental challenge in business</i>
1/2001	Johan Thoresen	<i>P-2005: Implementation and Maintenance of Ecopark co-operation</i>
2/2001	Annik Magerholm Fet, Lars Brede Johansen	<i>Miljøprestasjonsindikatorer og miljøregnskaper ved møbelproduksjon</i>
5/2001	K. Røine, S. Støren, J.T. Solstad, F. Syversen, M. Hagen, S. Steinmo, M.Hermundsgård, M. Westberg, J. Svanqvist	<i>Fra åpne til lukkede material- og produktstrømmer – betraktninger rundt sløyfebegrepet</i>
4/2001	Ottar Michelsen, Ingvild Vaggen Malvik	<i>Perspektiver ved en bærekraftig utvikling i Jämtland og Trøndelag</i>
1/2002	Arne Eik, Solveig Steinmo, Håvard Solem, Helge Brattebø, Bernt Saugen	<i>Eco-Efficiency in Recycling Systems. Evaluation Methods &amp; Case Studies for Plastic Packaging</i>
1/2005	Kjersti Wæhre	<i>Miljø som image. Bordet fanger? En kvalitativ studie av sammenhengen mellom image, organisasjonsidentitet og arbeid med ytre miljø i HÅG</i>
2/2005	Andreas Brekke, Kine Michelsen	<i>Bruk og nytte av LCA i norske bedrifter</i>
5/2005	Thomas Dahl	<i>Hvilken moral for dagens marked og miljø?</i>
1/2004	Chin-Yu Lee, Kjetil Røine	<i>Extended Producer Responsibility Stimulating Technological Changes and Innovation: Case Study in the Norwegian Electrical and Electronic Industry</i>
2/2004	Lars Thortveit	<i>Resultatundersøkelsen 2003 for Stiftelsen Miljøfyrtårn</i>
5/2004	Ottar Michelsen	<i>Biodiversity indicators and environmental performance evaluations: Outline of a methodology</i>
4/2004	Øivind Hagen	<i>Forutsetninger for radikal innovasjon i etablert virksomhet: Hvordan møte Faktor 10-utfordringen?</i>
5/2004	Edgar Hertwich, Michael Katzmayr	<i>Examples Of Sustainable Consumption: Review, Classification And Analysis</i>
6/2004	Margit Hermundsgård	<i>Kommunikasjon i tverrfaglig forskningssamarbeid: Kan kunnskapsverktøy hjelpe?</i>
7/2004	Workshop Proceedings SETAC-Europe Meeting Prague Congress Center 21 April 2004	<i>Life-cycle Approaches To Sustainable Consumption: Scope And Feasibility</i>
1/2005	Edgar Hertwich, Tania Briceno, Patrick Hofstetter, Atsushi Inaba (editors)	<i>Proceedings; Sustainable Consumption: The Contribution of Research; Workshop 10-12 February 2005, Gabels Hus, Oslo</i>
2/2005	Lars Thortveit	<i>Resultatundersøkelsen 2004 for Stiftelsen Miljøfyrtårn</i>
1/2006	Annik Magerholm Fet, Christofer Skaar, Birte Riddervold	<i>Miljødatabase og miljødeklarasjoner for møbler</i>
2/2006	Annik Magerholm Fet, Elin Mathiassen, Helge Brattebø, Sigurd Støren	<i>P2005- industriell økologi: Sluttrapport</i>
5/2006	John Amund Karlsen	<i>Resultatundersøkelsen 2005 for Stiftelsen Miljøfyrtårn</i>
4/2006	Glen Peters, Christopher Weber, Jingru Liu	<i>Construction of Chinese Energy and Emissions Inventory</i>
1/2007	Martin Myrvang, Anders H. Strømman, Ola Jonassen	<i>Mongstad Pilot: Utilization of Excess Refinery Heat in Dehydration Processes</i>
2/2007	Hogne Nersund Larsen, Edgar Hertwich	<i>Energibruk og klimagassutslipp i Trondheim: En kartlegging av energibruk og klimagassutslipp i Trondheim, med fokus på kommunens egen aktivitet gjennom direkte og indirekte klimagassutslipp</i>
5/2007	Inga Greipsland	<i>Resultatundersøkelsen 2006 for Stiftelsen Miljøfyrtårn</i>

**Program for industriell økologi (IndEcol)** er et tverrfaglig universitetsprogram etablert i 1998 for en periode på minst ti år ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Programmet omfatter et masterprogram opprettet i 2004 og et stort antall doktorgradsprosjekter og forskningsprosjekter rettet mot vareproduserende industri, energi- og byggesektoren. Tverr-faglig forskning og undervisning står sentralt ved IndEcol, og målet er å knytte sammen teknologiske, naturvitenskapelige og samfunnsvitenskapelige bidrag i letingen etter bærekraftige løsninger på produksjon og forbruk av energi og ressurser.

**The Industrial Ecology Programme (IndEcol)** is a multidisciplinary university programme established at the Norwegian University of Science and Technology (NTNU) in 1998 for a period of minimum ten years. It includes a Master of Science programme launched in 2004 and a significant number of doctoral students as well as research projects geared towards Norwegian manufacturing, energy and building industries. The activities at IndEcol have a strong attention to interdisciplinary research and teaching, bridging technology, natural and social sciences in the search for sustainable solutions for production and consumption of energy and resources.



NTNU-IndEcol  
Industrial Ecology Programme  
NO-7491 Trondheim

Tel.: + 47 73 59 89 40  
Fax: + 47 73 59 89 43  
E-mail: [indecoll@indecoll.ntnu.no](mailto:indecoll@indecoll.ntnu.no)  
Web: [www.ntnu.no/indecoll](http://www.ntnu.no/indecoll)

ISSN 1501-6153  
ISBN: 978-82-7948-067-9 (trykt)  
ISBN: 978-82-7948-068-6 (pdf)