

Reduktion af CO2-udledningen fra lufttransport



Civilingeniøruddannelsen i Plan & Miljø

Environmental Management

10. semester, juni 2009



Institut for Samfundsudvikling og Planlægning
 Civilingeniøruddannelsen i Plan & Miljø
 Fibigerstræde 11-13, 9220 Aalborg Ø, tlf. 96 35 83 41
 www.lsn.aau.dk

Titel: Reduktion af CO2-udledningen fra lufttransport

Tema: Afgangprojekt for Civilingeniøruddannelsen i Plan & Miljø

(M. Sc. In Environmental Management.

Projekt periode: 1 Februar, 2009 – 15 Juni, 2008

Projektgruppe: Gruppe 21, 10. semester.

Deltagere: Jesper Møller Nielsen

Vejleder: Søren Løkke

Censor: Anders Møller

Oplagsantal: 3 stk.

Sideantal: 62 sider

Bilagsantal: 2 stk

Afsluttet: 15. Juni 2009

SYNOPSIS

Denne rapport tager udgangspunkt i ny EU-lovgivning der trådte i kraft i november 2008 vedrørende CO2 reduktion fra international luftfart. Formålet med rapporten er at skildre hvilke muligheder, der er til stede for at reducere CO2-udslippet fra lufttransport, således at EU lovgivningen imødekommes.

For at identificere mulige tiltag laves der en screening af de strategier og forslag forskellige aktører har indenfor emnet. Dette inkluderer flyproducenter, -operatører samt NGO. Derefter systematiseres og analyseres disse tiltag for at identificere effekter og tidsperspektiv for tiltagene.

Det findes, at krav til år 2012 ikke kan imødekommes, dog er der ingen reelle konsekvenser heraf før efter år 2013, hvor kvoter kræves opkøbt ved manglende reduktion. I år 2013 vurderes det, at det ved en kombination af internationalt samarbejde, optimeret drift, alternative transportmuligheder og biobrændsel hermed er muligt at imødekomme EU-lovgivningen. Endvidere er det muligt, ved implementering af tiltag på flere innovationsniveauer, at reducere udledningen yderligere samt at skabe en kontinuerlig reduktion.

Forord

Dette er min rapport der er tilknyttet mit afgangsprøveprojekt for Civilingeniøruddannelsen i Plan og Miljø, M.Sc. in Environmental Management på Aalborg Universitet. Jeg har valgt at arbejde videre med reduktion af CO2-udledning som jeg ligeledes arbejdede med på mit 9. semester, som blev afholdt som et praktikophold i Costa Rica, hvor jeg arbejdede med reduktion af CO2 emissioner fra et universitet, der var en del af kravet om tilegnelsen af Bandera Azul Egologica (Det blå flag). I denne forbindelse har jeg søgt at udvide fokus til et mere internationalt felt.

Det har derfor været et naturligt valg at fokusere på EU, og den netop vedtagne EU lovgivning på området. Der er store udfordringer i vente for alle parter af lufttrafikken, hvis denne lovgivning skal blive succesfuld. EU går dermed i front hvad angår international lovgivning vedrørende transnationale emissioner. Dette ønskes derfor blot at være begyndelsen på et endnu større samarbejde på tværs af kontinenterne.

Kildeangivelser

I teksten er kilder angivet som følger:

”(Forfatter, Årstal)”

og i referencelisten som:

”(Forfatter, Årstal): Forfatter, Årstal, *titel på udgivelse*, udgiver, årstal, eventuel net-adresse”

En komplet liste over anvendte kilder fremgår af referencelisten sidst i rapporten. Tekst, figurer og tabeller uden kildeangivelse er udarbejdet af undertegnede og må citeres og/eller gengives med tydelig kildeangivelse.

Jesper Møller Nielsen

Indhold

1	Verifikation af problemet.....	8
1.1	Miljøproblemer ved CO2.....	8
1.2	Hvorfra stammer CO2	12
1.3	Mobilitet og flysktorens udvikling:	14
2	Metode.....	18
2.1	Cost-effectiveness analyse.....	18
2.2	Innovations tilgang.....	22
3	Strategier.....	24
3.1	Gældende international lovgivning.....	24
3.2	Aktører	25
3.2.1	SAS.....	25
3.2.2	Swiss air.....	25
3.2.3	Boeing	26
3.2.4	NOAH.....	27
4	Hvad kan der gøres for at reducere miljøpåvirkningerne fra lufttransport.....	28
4.1	Tiltag der allerede er implementeret indenfor dele af lufttransporten	28
4.2	Yderligere tiltag der kan implementeres indenfor lufttransporten (fysisk, teknisk og reguleringsmæssigt).....	29
4.3	Mulige alternativer til lufttransport.....	29
5	Livscyklusscreening af flyrejsers drivhusgasbidrag	30
6	Cost-effectiveness analyse af mulige tiltag.....	36
6.1	Hvilken effekt giver tiltagene	36
6.1.1	Teknisk udvikling	36
6.1.2	Infrastruktur	40
6.1.3	Operationelle tiltag:	42
6.1.4	Økonomiske styremidler:.....	43
6.1.5	Alternativer til flytransport:.....	44
6.2	Hvilken kombination er krævet for at opnå målet	47
6.3	Innovationsniveau.....	53
7	Konklusion.....	56
8	Referencer.....	60
	Bilag I: Guidelines for undtagelser af EU lovgivningen om international lufttrafik	64
	Bilag 2 Livscyklusdata fra flytransport	66

1 Verifikation af problemet

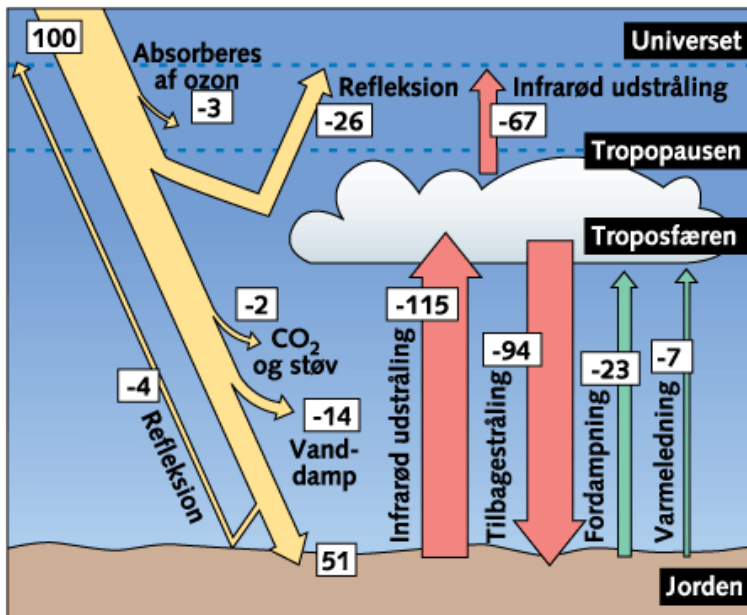
Der er bred enighed blandt videnskabsfolk om, at den dramatiske stigning af den globale temperatur og udledning af kuldioxid (CO₂) ændrer de miljømæssige forhold på vores planet. Dette kan blandt andet hænge sammen med, at vi i Danmark netop har haft den varmeste og mest solskinsrige april måned nogensinde (DMI 2009). Ved antal solskinstimer blev den tidligere rekord fra 1971 overgået med små 4 %, hvilket følge DMI er en betydelig stigning, hvilket dog kun er et udtryk for et øjebliks situation. Derimod har der siden januar 2006 kun været én måned med temperaturen under normal-temperaturen i Danmark, og sammen med en gennemsnits temperatur for hele perioden på 1,8° C over normal-temperaturen, mener DMI, at der er grund til at være ekstra opmærksomme på udviklingen (DMI 2009b).

Der er ligeledes enighed om at el-produktion og transport generelt står for langt det meste af det antropogene eller menneskeskabte CO₂-udslip. I forhold til transport menes det, at fly sektoren er ansvarlig for en relativ massiv del af CO₂ udledningen af transport i forhold til personkilometer. For at vise denne problematik, vil de ovennævnte elementer derfor indledningsvist undersøges, samt sættes i forbindelse med den overordnede problematik omkring miljøproblemer fra luftfart.

1.1 Miljøproblemer ved CO₂

CO₂ er ikke i sig selv skadeligt for naturen. Mennesker og dyr udånder CO₂ konstant hele livet, og det er faktisk en uundværlig del af naturen, og livet som vi kender det ville ikke kunne overleve uden CO₂. For det første da planter, træer og andet grønt har behov for CO₂ for at vokse. Til gengæld udleder disse planter, træer og andet grønt ilt, som er deres udånding. Denne ilt har mennesker og dyr behov for, for at kunne overleve. Dermed lever mennesker, dyr og planter sammen, og har gensidig behov for hinanden for at overleve livet på jorden. Derudover er CO₂ en drivhus gas, der er med til at holde kloden varm nok til, at det liv vi kender, kan overleve. (DMU 2001)

Hvis vi går lidt mere i dybden med drivhuseffekten, og ser på principperne bag, hvad den egentlig består af og hvad betydning denne har for klimaet, ser vi at drivhuseffekten er en del af den energibalance der er mellem varmetilførsel fra solen, varmeveksling på og ved jorden samt varmeudstråling fra jorden. På Figur 1 nedenfor er energibalancen for jorden vist og efterfølgende beskrevet.



Figur 1 Energibalancen mellem varmetilførsel, varmeveksling og varmeudstråling på jorden. (DMI 2008)

Solen er den eneste eksterne varmetilførselskilde for jorden. Solens stråler består af kortbølgede ultraviolette varmbølger hvor ca. halvdelen af strålerne trænger gennem atmosfæren til jordens overflade, hvor dens energi absorberes. De resterende stråler bliver enten absorberet eller reflekteret inden de når jordoverfladen som vist på Figur 1. Fra jorden er der tilsvarende en udstråling af varmbølger, dog er disse ikke af samme type som solens stråler, men derimod er disse langbølgede infrarøde varmbølger, der har den egenskab at de meget lettere absorberes i det der kaldes drivhusgasserne. Drivhusgasserne udstråler derefter de infrarøde varmbølger i alle retninger, hvorved en del af varmbølgerne kastes tilbage til jorden, der herved opvarmer jordens overflade. Det er netop denne mekanisme vi kalder for drivhuseffekten. (NOAH 2009a) (DMI 2008)

Hvis der ikke var nogle drivhusgasser ville solens stråler i sidste ende bare blive returneret direkte ud i verdensrummet igen som varmestråling, og derved ville jordens overflade ikke blive varmet op som er tilfældet for jorden. En situation uden drivhuseffekt ville resultere i en overflade temperatur der ville ligge ca. 33 grader celsius lavere end den er i dag, så der ville være -19 grader i stedet for +14 grader i gennemsnit på kloden. Dermed ville det liv vi kender i dag ikke eksistere uden drivhuseffekten. (DMI 2008)

Da det siges, at drivhusgasser kan blive et stort miljøproblem, kan man derfor spørge sig selv, hvad der egentlig forårsager dette. Drivhuseffekten er jo et element, der er essentiel for livet på jorden. Så får at klarlægge dette, vil det være interessant at undersøge hvad drivhusgasser egentlig består af.

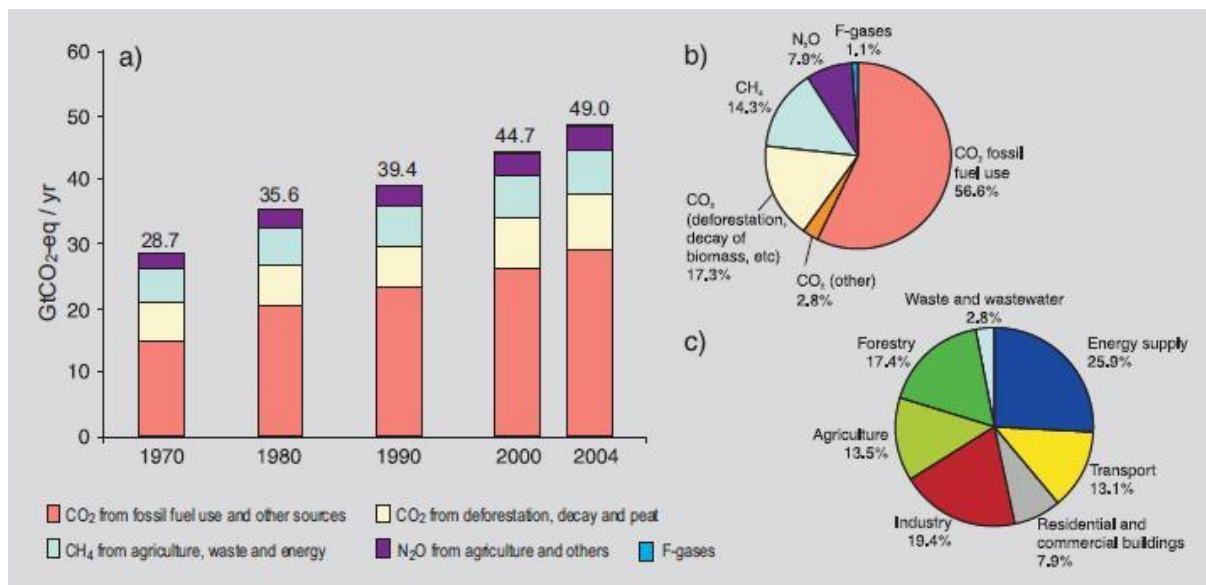
Atmosfæren består hovedsageligt af nitrogen (N₂) og oxygen (O₂), der begge har 2 atomer per molekyle. Drivhusgasser derimod har 3 eller flere atomer per molekyle og det gør, at de kan absorbere de varmestråler, der bliver udsendt fra jorden. Drivhusgasserne består af flere forskellige gasarter, hvoraf de vigtigste er:

Kuldioxid (CO₂), metan (CH₄), lattergas (N₂O), ozon (O₃) og HydroChlorFlourCarbner (HCFC).

Disse gasser, på nær HCFC, findes naturligt i atmosfæren i mindre mængder. Dertil er der den mest betydende drivhusgas overhovedet, nemlig vanddamp (H₂O). Dog kan denne drivhusgas ikke påvirkes direkte af menneskers udledning, som de andre gasser. Dog er det specielle med vanddamp, at det følger temperaturen på jorden. Bliver drivhuseffekten styrket bliver der varmere på jorden, og det resulterer efterfølgende i mere vanddamp, og dermed en kraftigere drivhuseffekt, der hermed forstærker temperaturstigningen. Denne proces vil fortsætte indtil kloden er opvarmet så meget, at energibalancen igen er nulstillet. (NOAH 2009b)

Dermed kan det siges, at selvom vanddamp udgør den klart største del af drivhuseffekten med 60 % ifølge (Kiehl 1996), gør det ikke de andre gasser mindre vigtige, da vanddamp blot er en feedback effekt af en øget drivhuseffekt. Derfor er mængden af vanddamp en afhængig variabel i forhold til den eksisterende mængde af drivhusgasser, som dermed forstærker en eventuel ændring i den atmosfæriske drivhuseffekt. (Kiehl 1996)

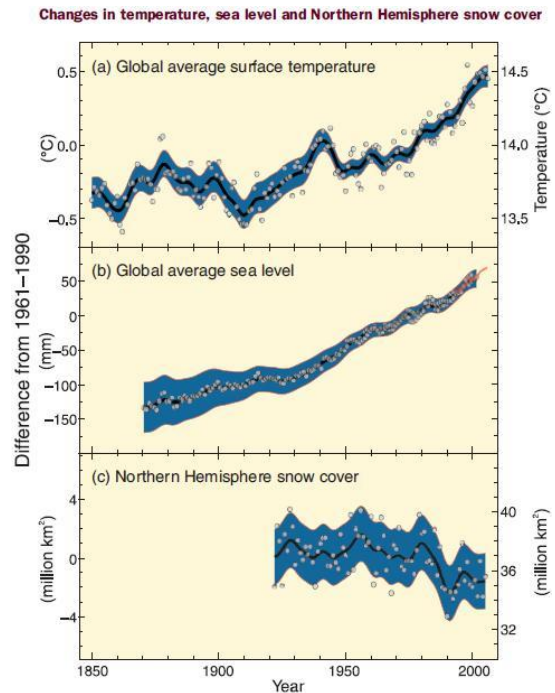
Ses der på de menneskeskabte drivhusgasser, som vi dermed selv er herre over, er CO₂ klart den mest betydelige drivhusgas. Der findes flere forskellige tal for hvor meget CO₂-gassen udgør af den samlede menneskeskabte drivhusgas. Nedenfor på Figur 2 er vist hvad IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) kom frem til i deres "Synthesis Report" fra 2007, der viser a) at mængden af drivhusgasser (CO₂-ækvivalenter) steg med 80 % i perioden 1970-2004, b) samtidig med at CO₂ repræsenterede 77 % af den menneskeskabte drivhusgas i 2004, c) fordelingen af CO₂ emissionerne inddelt i sektorer. (IPCC 2007)



Figur 2 (a) Global annual emissions of anthropogenic GHGs from 1970 to 2004.5 (b) Share of different anthropogenic GHGs in total emissions in 2004 in terms of CO₂-eq. (c) Share of different sectors in total anthropogenic GHG emissions in 2004 in terms of CO₂-eq. (Forestry includes deforestation.) (IPCC, 2007, p. 36)

Ud fra ovenstående Figur 2 ses det tydeligt, at netop CO₂ er den drivhusgas der bidrager mest til de menneskeskabte drivhusgasser, hvorfor det er oplagt at arbejde videre med denne drivhusgas som fokusområde. Hvorfor der i det følgende vil undersøges, hvordan udviklingen i CO₂ i atmosfæren har været de seneste år og hvad dette har betydet for klimaet.

På Figur 3 ses det, (øverst) at overfladetemperaturen på jorden har været stødt stigende siden 1950'erne, dog med en kraftigere stigning i den sidste del af perioden. Dette stemmer meget godt overens med udviklingen af de menneskeskabte drivhusgasser. IPCC fremhæver at temperaturen i 11 af de sidste 12 år (1995-2006) har været blandt de 12 varmeste år der er målt overhovedet. Dette stemmer også helt over ens med de resultater DMI har oplevet i de sidste 3 år, hvor Danmark som førnævnt har oplevet en gennemsnits temperatur på 1,8 grader over normalen fra 2006-2009. Ydermere ses det (midten) at vandstanden globalt er steget i stort set samme rytme som temperaturstigningen, og IPCC nævner at der er konsistent sammenhæng mellem en øget vandstand og overfladetemperaturen. Vandstandsstigningen skyldes ifølge "Synthesis Report 2007" tre faktorer, den termiske udvidelse af havene som udgør 57 %, afsmeltning af gletsjere og iskapper som udgør 28 %, og til sidst afsmeltning af polar isen som står for det resterende.



Figur 3 Ændring i temperatur og vandstand (IPCC, 2007, p. 31)

1.2 Hvorfra stammer CO2

Som vist i foregående afsnit stammer 77 % af den menneskeskabte drivhusgas fra CO₂. Set i dette lys, vil der i dette afsnit undersøges hvor den menneskeskabte CO₂ egentlig stammer fra for dermed at klarlægge hvor stor en del af CO₂ emissionerne, der kan tillægges transport, og i sidste ende luftfart.

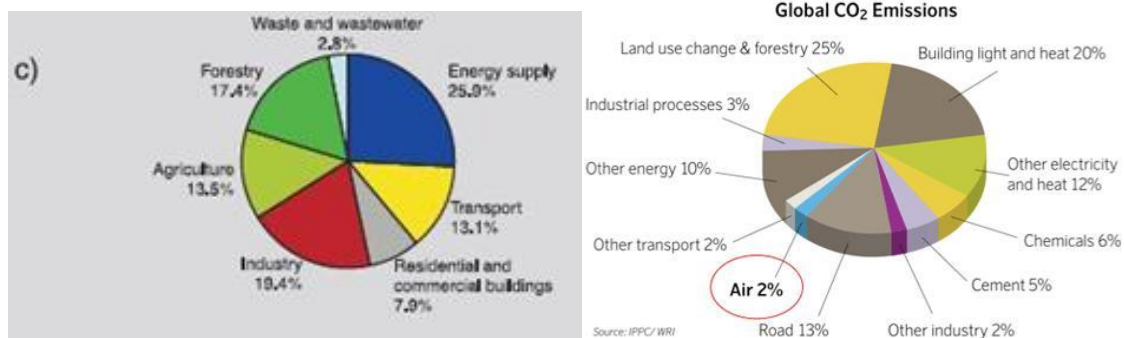
Der har længe været en generel konsensus omkring hvor hovedparten af den menneskeskabte CO₂ stammer fra. Dette ses blandt andet fra De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) der på deres hjemmeside gør rede for, at den menneskeskabte udledning af CO₂ i et gennemsnitligt industriland stammer fra tre nogenlunde lige store kilder:

- 1) kraftværker og tung industri
- 2) transport
- 3) husholdninger og andre småkilder

(GEUS 2005)

Her må det forventes at husholdninger indeholder anparten fra landbruget. Denne fordeling er et meget godt bud på hvordan det egentlig forholder sig.

For at få en oversigt over originaliteten af de menneskeskabte CO₂ emissioner giver nedenstående figurer en mere detaljeret beskrivelse af kilderne bag CO₂ emissionerne. Figur 4 er en delfigur der er vist i foregående afsnit og Figur 5 viser begge fordelingen af CO₂ på sektorer.



Figur 4 Fordeling af CO₂ emissioner på sektorer (IPCC 2007) Figur 5 Fordeling af CO₂ emissioner på sektor (SAS 2008a)

Data fra disse figurer stammer fra hhv. IPCC og IPCC/WRI (Integrated Pollution Prevention and Control/World Resource Institute).

Figureerne viser nogenlunde det samme, dog med individuelle forskelle, hvilket til dels kan skyldes forskellig inddeling af sektorer. Overordnet ses det, at industri, energiproduktion, skovbrug og transport er de dominerende sektorer indenfor udledning af CO₂ emissioner. Transportsektoren, hvilket er den mest interessante i denne sammenhæng, står for hhv. 13 % og 17 % af de samlede CO₂ emissioner, hvoraf luftfart udgår 2 % af de samlede CO₂ emissioner.

Dog viser forskning af relationen mellem transport og bæredygtighed ved turisme (Doktor afhandling af Lotta Frändberg, Göteborgs Universitet) at transportsektoren globalt set står for ca. 22 %, hvoraf luftsektoren står for 13 % af denne, hvilket efter en hurtig hovedregning giver en andel fra luftfart på 2,9 %. (Lassen 2005, s. 25)

Det ses af ovenstående, at der langt fra er konsensus om den præcise fordeling af udledningen af CO2 emissionerne på de forskellige sektorer. Transportsektoren står for en andel på 13-22 %, alt efter sektorinddeling og kilde.

Fokuseres der på emnet for denne rapport og dermed på luftfart, står denne for 2-3 % af den samlede globale udledning af CO2. Dette lyder måske relativt begrænset, men ses dette i relation til udviklingen indenfor selve luftfarten, kan denne post i CO2 regnskabet måske komme til at blive meget mere betydelig end som så. Derfor vil udviklingen og årsagerne bag denne indenfor netop luftfart undersøges i det efterfølgende.

1.3 Mobilitet og flysktorens udvikling:

Én ting er den aktuelle CO2 udledning fra flytrafikken, noget andet er den eksplosive udvikling der har været indenfor flytrafikken gennem de sidste 50 år samt hvad der ligger til grund for dette. Fra en årlig stigning i antal personkilometer på 7-12 % op gennem 60'erne og frem, forventer flyindustrien at stigningen vil falde til 5 % årligt i de næste årtier (Nielsen, 2001). Det kan ligeledes nævnes, at der dagligt er over 4 millioner internationale flyrejsende på verdensplan, og med den aktuelle stigning i flytrafikken, vil det betyde, at antallet af rejser og den dertil knyttede CO2-udledning bliver fordoblet hver 14. år, hvis teknologien forbliver som den er i dag.

Helt grundlæggende er stigningen i transport herunder luftfart ganske enkelt en ændring mobiliteten i vores samfund. Mobilitet er et meget aktuelt og nødvendigt begreb i forhold til forståelsen af det nutidige samfund. Definitionen af mobilitet har forskellige nuancer alt efter, hvilket fagområde begrebet behandles indenfor. I denne sammenhæng defineres mobilitet til at omhandle individers eller gruppers fysiske bevægelser og deres muligheder og evner i forhold hertil. (Denne definition anvendes bl.a. af sociologer, herunder Kaufmann og Beckman (Jensen, 2005 p. 4).)

Historien viser tydeligt, at mobiliteten er stigende, idet mennesker i dag stadig transporterer sig længere på kortere tid. Det er bl.a. kombinationen af teknologiske fremstød samt etableringen og udbygningen af diverse infrastrukturelle netværk, som har muliggjort den øgede mobilitet. (Jensen, 1999, s. 1-2)

Mobilitet er blevet en grundlæggende egenskab ved nutidens velhavende samfund og forbindes derfor med velfærd, hvilket bl.a. fremgår af Trafikministeriets strategiske grundlag fra 2002 (Trafikministeriets Koncernledelse, 2002, s. 56)

"For os som individer er det meget væsentligt, at vi kan bevæge os sikkert og problemfrit fra et sted til et andet – f.eks. i forbindelse med pendling til og fra arbejde, uddannelse, fritidsinteresser, familiebesøg eller ferie. Mobilitet er således både en del af vores personlige frihed og en mulighed for fleksibilitet i valget af bopæl og arbejdsplads. På den måde skaber mobilitet værdi og velfærd for os alle." (Trafikministeriets Koncernledelse, 2002, s. 5-6)

Funktionel og geografisk arbejdsdeling er nogle af årsagerne til det øgede transportbehov forstået på den måde, at varer produceres, hvor det er mest hensigtsmæssigt i forhold til hhv. arbejdsmæssige kompetencer og geografiske fordele. (Gudmonsson 2000, s. 442-443) Den stigende mobilitet har set i det perspektiv tæt sammenhæng med globaliseringen.

"... globaliseringen består af to samtidige, men modsatrettede processer. Den ene proces, hypermobilitet, ophæver den unikke betydning af det geografiske sted, fordi kapital, varer og informationer hurtigt og ubesværet kan flyttes mellem to steder. Den anden proces, territorialiseringen, øger den unikke betydning af det geografiske sted, fordi forskning og produktion bliver afhængig af den nationale eller regionale vidensbase og innovationsevne." (Hvidberg et al. 2001, s. 81.)

I Danmark kommer sammenhængen mellem mobilitet og globalisering bl.a. til udtryk gennem udbygningen af de typer infrastruktur, som indgår i det såkaldte transeuropæiske netværk.

Motorveje, højhastighedsbaner og energiforsyning indgår som elementer i dette netværk, som har til formål at knytte de europæiske lande sammen. I Danmark har etableringen af broer ligeledes ændret vores opfattelse af geografien. Efter åbningen af Lillebælts- og Storebæltsforbindelsen tales der i denne sammenhæng om, at Jylland, Fyn og Sjælland i vores bevidsthed er "smeltet sammen". (Gudmonsson, 2000, s. 448-449.)

"Set i historisk perspektiv forandres den daglige transporttid kun lidt. Til gengæld har transporthastighederne forandret sig meget, og derfor er det især udviklingen i adgangen til transportmidler (f.eks. biler) og udviklingen i infrastruktur (f.eks. motorveje), der er med til at afgøre, hvad det tidsmæssigt er muligt at lave på en almindelig hverdag." (Hovgesen et al. 2005, s. 20.) Det samme er gældende for ferie- og arbejdsrejser, hvor store dele af Europa i længere tid har været tilgængelig indenfor et døgn transport til lands, hvorimod det i dag, med øget luftfartsmuligheder, er hele verden der nu er tilgængelig indenfor et døgn rejsetid.

For at vende tilbage til luftfartens udvikling, skal den primære årsag til den fortsatte stigning findes i den stadig faldende omkostning for at rejse med fly, sådan at flere og flere individer får råd til og mulighed for at benytte fly som transportform. Dette er specielt interessant i forbindelse med de mest folkerige nationer som Indien og Kina samt i lande med lav økonomisk vækst som i flere afrikanske lande. Tal fra år 1999 viser at der i gennemsnit blev rejst henholdsvis 20 og 60 og 10 personkilometer pr indbygger i de førnævnte lande, hvor i modsætning USA var oppe på 3400 (fra år 1996) og det globale gennemsnit var 481 personkilometer per person med fly (Nielsen 2001). Det viser med stor synlighed, at hvis den lavere bemidlede del af verden får bedre gang i den økonomiske vækst og i den forbindelse bevæger sig mod det daværende globale gennemsnit indenfor flytransport, vil flytrafikken og CO₂ udledningen herfra mangedobles.

Det er dog ikke kun teknologiens muligheder og forbrugernes købekraft der er afgørende for udviklingen af og stigningen i en bestemt form for mobilitet. Ud over det rent fysiske, at blive flyttet fra et sted til et andet, er det vigtigt at forstå hvad der driver en udvikling frem. For at eksemplificerer dette kan det nævnes, at bare fordi det er muligt at rejse billigt fra Aalborg til London med et lavprisyflyselskab, betyder det jo ikke at folk bare tager af sted. Der skal være en årsag til at rejse, om så det gælder rekreative årsager som turistrelaterede oplevelser og afslapning eller om der er tale om arbejdsrelaterede rejser, vil der altid være en årsag til stede for at motivere en rejse. Dermed skal mobilitet ses som mere end bare den fysiske transport af objekter. (Lassen 2005, s. 43-44)

Flyrejser kan opdeles på flere måder, dog er den mest oplagte inddeling, at skelne mellem arbejdsrelaterede rejser og fritidsrejser. Tal fra "World Tourism Organization" viser at 19 % af flyrejser er arbejdsrelateret og at denne gren af flyaktivitet stiger kraftigere end flytrafik generelt (Lassen 2005, s. 22-23). Denne type af rejser kan være i form af møder, undersøgelser eller videnstransport i form af behov for eksperter til specifikke opgaver i virksomheder, hvilket i denne sammenhæng anses for rejser der gennemføres uden betydelig påvirkning af økonomiske forhold, såsom ændringer i billetpris. Dermed tildeles langt de fleste flyrejser dog turistmæssige eller fritidsrelaterede årsager, og eftersom forbrugerne bliver mere købekraftige, får det ikke kun flyrejser generelt, men også mere fjernliggende turistmål, til at blive mere almindelige. Dermed er det ønsket om og muligheden for ferie til fjernliggende destinationer, der styrer udviklingen i antal flyrejser.

Dertil kan det nævnes, at der som supplement til udviklingen i den fysiske mobilitet, også sker udvikling i andre sektorer, der kan have betydning for behovet for flyrejser. Her tænkes der på telefon, E-mail, videomøder m.m. Disse kan i visse tilfælde helt erstatte flyrejser, dog vil der i denne rapport ikke tages hensyn til udviklingen af dette, men blot anerkende at de er til stede, men at behovet og udviklingen indenfor flytransport ikke påvirkes væsentligt heraf.

Med baggrund i det forudgående, vælges det i denne rapport at fokusere to problematikken omkring reduktion af CO2-udledning lufttrafik, hvorfor der arbejdes videre med følgende problemformulering:

- Hvilke muligheder er til stede for at reducere miljøpåvirkningerne i form af CO2-udslip fra luftransport?

I det efterfølgende vil de benyttede metoder og analyser blive beskrevet, således at der opnås et overblik over hvad rapporten kommer til at indeholde.

2 Metode

For at kunne fremsætte mulige løsninger til den opstillede problemstilling, vil der blive anvendt to metoder til at analysere disse løsningsmuligheder der kan/bør gennemføres, hvis en opfyldelse af målsætningen skal virkeliggøres:

Cost-effectiveness analyse: Der kvantitativ kan vise, hvilken effekt forskellige tiltag vil have i forhold til problemstillingen.

Innovationstilgang: Der mere kvalitativt kan vise, hvad der kræves for at opfylde og tilvejebringe ønskede tiltag.

Ved at kombinere disse metoder, kan der udvikles en plan for hvordan målsætningen mest optimalt kan opnås, hvis muligt, og hvis ikke målsætningen kan opnås, så finde løsninger der løser målsætningen mest muligt.

2.1 Cost-effectiveness analyse

Som metode til at vurdere relevante løsningsforslag i forhold til den overordnede problemstilling og hinanden indbyrdes bruges en såkaldt cost-effectiveness analyse. En sådan analyse har til formål at opnå en maksimal målopfyldelse pr. omkostningsenhed og kan konstrueres på to måder:

A: *Omkostningsminimering:* En specifik opgave søges løst, og løsninger der minimerer omkostningerne til dette mest muligt udvælges.

B: *Gevinstmaksimering:* En ramme er lagt for bevilling til en opgave, og løsninger der maksimere udbyttet eller har den højeste målopfyldelse udvælges.

(Udsen 1987, s 31)

Den overordnede problematik fastsætter, at ønsket her er en reduktion af miljøpåvirkningerne fra lufttrafik. Der er dermed ikke tale om nogen specifik tildelt bevillingsramme hvorved en konstruktion efter måden beskrevet under (B) ikke vil være hensigtsmæssig i denne sammenhæng. Derimod er der tale om en given opgave, reduktion af miljøpåvirkningerne, der i forhold til aktørerne vil søges opfyldt ved at minimere omkostningerne hertil mest muligt. Det er derfor tilgangsmåde (A), der vil blive arbejdet videre med i denne analyse. Dertil anvendes der er partiel analyse, hvilket betyder at der ikke tages hensyn til en eventuel forandring i de forudsætninger, som problematikken og analysen er konstrueret ud fra, der kan opstå i forbindelse med selve gennemførelsen af et givent projekt (Udsen 1987, s 41).

Ses der nærmere på hvad en cost-effectiveness analyse egentlig består af, og hvilke karakteristika der er til stede, ses det, at det er en relativ "rodet" analyse, i den forstand at resultatet af beregningerne i analysen ikke vil have samme enhed (f.eks. kr.), men at der vil være flere forskellige enheder. Dermed vil resultatet af analysen ikke blive direkte sammenlignet monetært i beregningsdelen, hvilket dermed gør, at der ikke rigtigt kan konkluderes noget endeligt ud fra

beregningerne i analysen. Dette bliver overladt til beslutningstagerne, som dermed har større indflydelse på vægtningen af diverse værdielementer i analysen. (Udsen 1987, s 31)

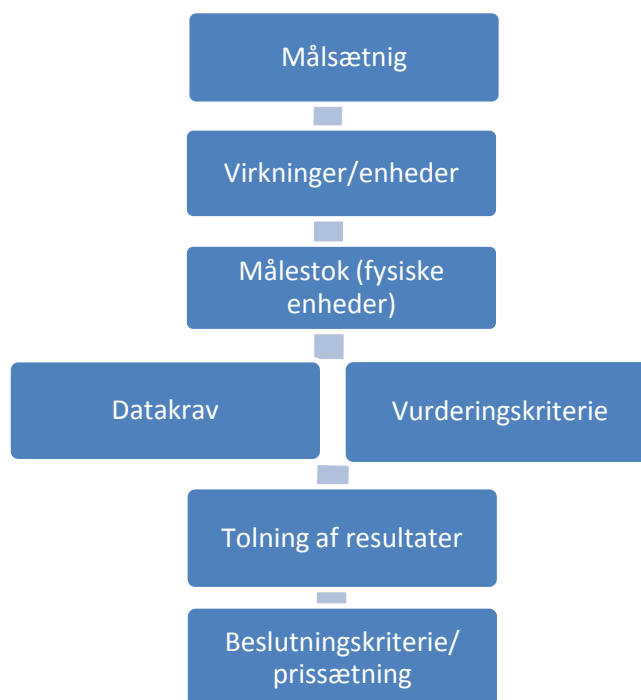
Apropos vægtning af de inkluderede enheder, så er der flere måder at værdisætte disse på;

- *Samfundsefficiente priser*, der er den reelle "ægte" pris i optimum, hvis der ingen påvirkning var udefra i form af eksempelvis monopoler samt virksomheders fortjeneste.
- *Politisk fastsatte afregningspriser*, der kan bruges til via en politiskprioritering at manipulere markedet sådan at projekter der inkludere visse produkter fremstår mere eller mindre økonomisk fordelagtige at anvende end andre, eksempelvis subsidier.
- *Markedspriser*, der er de direkte observerede eksisterende priser på markedet.
- *Andre skyggepriser*, dette kan eksempelvis være en nominel løn til en medarbejder uden at dette er en direkte afspejling af produktionens tab, hvis medarbejderen ikke var der.
- *Irreversibilitet*, er en sidste meget omdiskuteret problematik omkring prissætning af denne gruppe. Der er flere faktorer der skal tages hensyn til i den forbindelse da, der her er tale om uigenkaldelig forandring såsom biodiversitet.

(Udsen 1987, s. 60-61, s. 111-114)

Som nævnt, vil der ikke målbevidst søges at værdisætte enhederne til monetære enheder i beregningerne, da dette er imod principperne bag en cost-effectiveness analyse. Dette betyder imidlertid også at en forudgående fastlagt måde at sammenligne omkostninger og gevinster på ligeledes imod principperne bag denne analysetype.

I en Cost-effectiveness analyse er der forskellige elementer der hver for sig skal udfyldes, og i den sammenhæng er der nedenfor lavet en oversigt over hvilke elementer der er repræsenteret i denne analyse, og efterfølgende er elementer yderligere beskrevet:



Figur 6 Opbygning af Cost-effectiveness analyse

Målsætning:

Målsætning med denne cost-effectiveness analyse er, at udlægge hvilke muligheder, der er til stede for at reducere CO2-udlip fra lufttransport af personer indenfor de strategier, der er i spil indenfor de forskellige aktører der er aktive på området. I den forbindelse vil der tages udgangspunkt i den internationale lovgivning, der er på området, som hermed vil fungere som selve målet, der søges nået gennem analysen af mulige tiltag. Dette betyder imidlertid også at den effektive måleenhed er CO2, eller nærmere en reduktion heraf.

Virkninger/Enheder:

Som nævnt vil en vis CO2 reduktion være målet der søges nået, og ses dermed som "gevinsten" i analysen og modsvarende vil pris og/eller besværlighed ses som omkostning.

Målestok (fysiske enheder):

CO2 reduktion bliver målt i CO2 pr. personkilometer.

Pris bliver målt i kr. hvis muligt.

Besværlighed måles i udfordringer ved implementering.

Andre interessante enheder:

Tid for en transportydelse i forbindelse med ændringer

Pris for en transportydelse i forbindelse med ændringer

Datakrav:

Da international lovgivning sætter en grænse for hvor meget CO2 der må udledes, er det af vital betydning, at de indhentede data indeholder en relativ præcis indikation af den CO2 reduktion der kan forventes af et givent tiltag. Desuden vil en indikator for prisen eller besværligheden herved være af stor betydning for en videre vurdering af tiltaget.

Dertil vil en indikation af ændringer af tidsforbrug samt pris for den transport service der ønskes være af stor betydning, for dermed at kunne identificere mulige "side-effects" (ikke tilsigtede men dog relevante virkninger)

Vurderingskriterie:

I første omgang vil effektiviteten af CO2 reduktionen af et givent tiltag vurderes i forhold til den pris eller den besværlighed det vil komme til at koste at udføre dette tiltag, for på den måde at se det i forbindelse med den opsatte målsætning.

Dertil kommer en vurdering af de eventuelle side-effects, der knytter sig til tid og pris for en transportservice.

Tolkning af resultatet:

Da der ved analysen fremskaffes beregninger på CO2 reduktion og pris og besværlighed samt tid og pris for selve transportservicen, vil det ikke umiddelbart være muligt at tolke direkte fra de indsamlede resultater. Dog vil det være muligt at vurdere tiltagene i forhold til hinanden, for at kunne vurdere hvilke tiltag der bør prioriteres i forhold til en gennemførelse heraf. Dog vil det være nødvendigt at lave en form for prissætning for alle relevante enheder for at få et mere præcist billede af de individuelle tiltag.

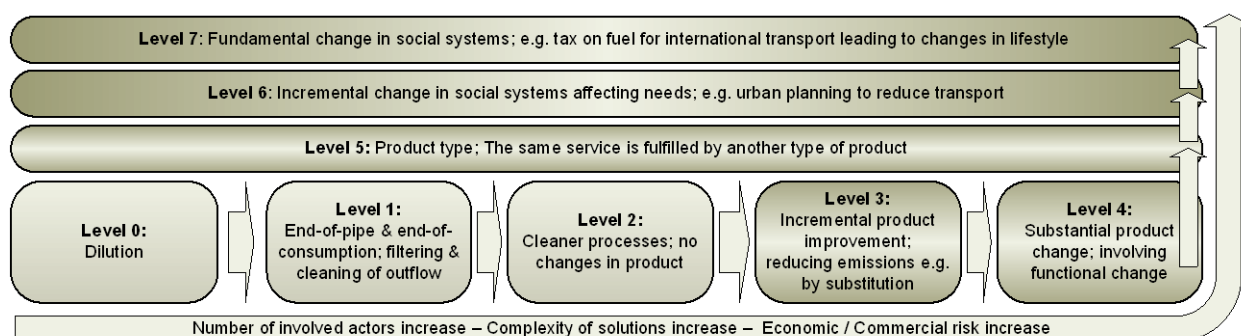
Beslutningskriterie/prissætning:

Da der er fastsat international lovgivning om en vis reduktion af CO2, er det målet i sig selv, skal der derfor ikke umiddelbart tillægges noget beslutningskriterie til dette. Den oplagte bestemmende faktor for udvælgelsen af tiltag er prisen og besværligheden for tiltaget, og derfor vil dette naturligvis bære en stor del af beslutningsgrundlaget for udvælgelsen. Af side-effects er der pris og tid for transportservicen, hvoraf pris kan findes i monetære enheder. Tid for transportservicen derimod, er ikke opgjort til direkte sammenligning og vil derfor blive prissat for at kunne opnå et endeligt beslutningsgrundlag.

2.2 Innovations tilgang

Indenfor innovation og udvikling samt effektivitet har man ofte hørt om "faktor 4" og "faktor10" forbedringer (eks. fordobling af produkt og samtidig en halvering af emissioner), og i den forbindelse vil der her blive beskrevet hvilken tilgangsvinkel til innovation, der vil blive taget i denne rapport. Som nænt vil der blive brugt cost-effectiveness til at identificere de tiltag, der giver det bedste resultat for de færreste ressourcer. Dette betyder imidlertid ikke, at det er de billigste eller dyreste løsninger for den sag skyld, der er de bedste. Til at få et overblik over forskellige typer af løsninger vil innovationstilgang benyttes som koncept til at identificere og fastlægge hvilken type en specifik løsning tilhører. Det skal huskes at innovation består af både kvantitative og kvalitative elementer. Kvantitative elementer består af den mængde innovative løsninger der kan fremkomme indenfor en given tidshorisont, hvorimod det kvalitative element består i den retning en given innovation bevæger sig imod. I dette tilfælde sigtes der efter en reduktion af CO2-udledningen hvad enten det er brændstofbesparelser via mindsket transportvægt eller mindsket luftmodstand, mindske længden af en specifik rute eller mindskelse af unødigt ventetid i luften eller omdirigering.

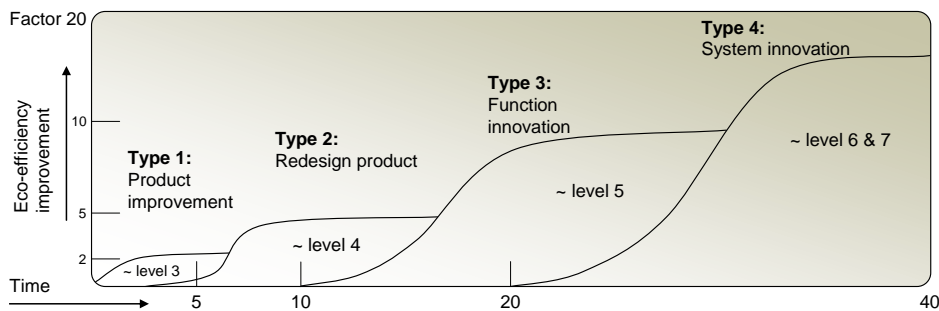
Ses der på innovation eller udvikling generelt, kan dette deles op i flere underkategorier, efter hvilket niveau en given innovation har, lige fra udledninger under produktionen over materialetype til ledelsesstrukturen. For at få et overblik over de forskellige niveauer indenfor innovation og udvikling. I Figur 7 nedenfor er de forskellige niveauer vist med de dertilhørende typer.



Figur 7 oversigt over innovations niveauer (Løkke 2006)

Første type (0-2) forløber sig fra fortynding over filtre, til renere processer, der alle har med udvikling af det enkelte produkt at gøre. Anden type (3-5) starter ved forbedringer af produktet, nye materialer over funktionel ændring af produktet til at skifte produktet helt ud med et nyt forbedret produkt, der kan levere den samme service. Den tredje og sidste type (6-7) bevæger sig helt op på et niveau hvor umiddelbare behov og krav ændres, således at typen af den efterspurgte service helt ændres, og til sidst helt op på politisk niveau med en fundamental ændring i det sociale system, hvor selve behovet kan ændres eller substitueres via afgifter, tilskud eller lovgivning. (Løkke 2006)

Disse forskellige niveauer har generelt en stigende effektivitetsfaktor, jo mere fundamental en ændring er, jo højere faktor kan et givet element reduceres, i dette tilfælde CO2-udledning. Nedenfor er et eksempel over typen af ændringen, hvilken faktor en forbedring vil kunne opnå samt et relativt tidsperspektiv for hvor lang tid de forskellige typer af ændringer kan tage at implementere.



Figur 8 Oversigt over typer af innovation (Løkke 2006)

Som det ses af Figur 8 så er man nødt til at lave ændringer på flere niveauer i hele livscyklussen for at opnå et samlet set optimalt resultat med synlige resultater også allerede efter kort tid. Det er vigtigt at huske, at de store mærkbare resultater ikke kan implementeres "overnight", men at det i begyndelsen kun er effekterne af de umiddelbare løsninger der kan mærkes. Dette gør selvfølgelig ikke de system-relaterede ændringer irrelevante, det betyder blot at en ændring ikke kan mærkes med det samme, men over tid. I den situation vi er i med luftfarten, er det netop nødvendigt at påbegynde de hurtige og nemme løsninger, for en hurtig forbedring, samtidig med at de større og tungere system-ændringer sættes i gang, der med tiden vil vise sig at være de virkelige tungtvejende løsninger. (Løkke 2006)

Hermed er metoderne bag den efterfølgende analyse beskrevet, og for at identificere mulige tiltag, vil det være oplagt efterfølgende at undersøge hvilke strategier og tiltag de forskellige aktører har med i deres overvejelser i forbindelse med reduktion af CO₂-udledningen fra international lufttrafik.

3 Strategier

Dette afsnit vil give en beskrivelse og gennemgang af de elementer der har betydning for rapportens overordnede problematik. Det er lige fra gældende lovgivning, til mulige tiltag fra diverse aktører indenfor lufttrafikken.

3.1 Gældende international lovgivning

Den første reelle internationale aftale om regulering af luftfart kom sammen med indførelsen af Kyoto-protokollen og den dertilhørende CO₂-kvote handel. Dog skelnes der i Kyoto-protokollen mellem national og international luftfart. I forbindelse med Kyoto-protokollen var emissionerne fra national luftfart inkluderet i forpligtelserne og dermed en del af CO₂ kvote-handelen, hvorimod der ved emissioner fra international luftfart blot fremgår at "man skal søge nedbringe emissionerne fra luftfart gennem initiativer fra ICAO" (ICAO: Den Internationale Civile Luftfartsorganisation). Da der indenfor ICAOs 188 medlemslande ikke har været muligt at indgå en aftale om reduktion af emissioner fra international luftfart, har der dermed ikke været nogen egentlig regulering herfor på et internationalt plan. (Transport og Energiministeriet et al. 2005, s. 49-50)

Selvom der i Kyoto aftalen fremgår, at det er ICAO der skal stå for reguleringen af emissioner fra international luftfart, blev der, efter en stigende opmærksomhed på emissioner fra netop international luftfart, i december 2006 fremsat et forslag om lovændring af direktiv 2003/87/EF omfattende handel med drivhusgasemissionskvoter i fællesskabet fremsat af EU-kommissionen til også at indeholde emissioner fra international luftfart. Dermed var startskuddet gået for også at inkludere emissioner fra international luftfart i et kvotehandelsystem i EU regi. (EU 2006)

I november 2008 blev ny EU lovgivning for emissioner for international luftfart endeligt vedtaget, og dermed var en international aftale kommet på plads i EU for alle flyvninger internt i EU samt flyafgange ind og ud af EU lande. Aftalen, der gælder efter år 2011 indbefatter, at den samlede mængde kvoter i år 2012 skal skæres ned med 3 % i forhold til referenceperioden 2004-2006, og skæres med 5 % i 2013 samt hvert efterfølgende år. Dog forventes der en regulering af direktivet før slutningen af år 2013. Dertil gælder det at flyselskaberne får foræret 85 % af de kvoter der dækker deres tillade udledning, hvorved de skal købe de resterende 15 % af deres kvoter på auktion, hvilket får markedet bestemmer prisen herpå. Alternativt kan klimakreditter indhentes via CDM (Clean Development Mechanisms) projekter i Østeuropa og udviklingslandene. (EU 2008)

Dog er der mange undtagelser for denne EU-lovgivning. I de guidelines fra EU-kommissionen der medfølger, findes en liste med disse undtagelser der er delt op i 7 underparagraffer. Dog er der her blot tale om flytrafik, der ikke er turistrelateret eller "unødvendig". Undtagelser er flyrejser i form af Officielle statsbesøg, militære aktiviteter, humanitære aktiviteter, redningsaktiviteter, undervisning og forskning. En oversigt af undtagelserne uddybet i Bilag I. (EU 2009)

3.2 Aktører

Der er flere typer af aktører indenfor international luftfart, hvorfor der i det efterfølgende er repræsentanter fra flyproducenter, flyoperatører samt NGO. Dette vil give et overblik over hvad der rører sig på feltet.

3.2.1 SAS

SAS, der er en sammenlægning af 3 nationale luftfartsselskaber fra Danmark, Norge og Sverige, støtter aktivt op omkring EU-lovgivningen på området, og har en målsætning om at mindske deres CO₂-udslip med 20 % inden år 2020 med 2007 som reference. Da der samtidig er forudsat en vækst på 4 % årligt, betyder år 2020 målet, at CO₂-udslippet per passagerkilometer i år 2020 skal halveres. For at imødekomme dette ønske har SAS inddelt deres aktiviteter i de fire standard undergrupper; Teknisk udvikling, Infrastruktur, Operationelle tiltag samt Økonomiske styremidler. (SAS 2009a)

En kort opsummering af tiltag som SAS tiltænker at implementere er som følger:

Indenfor teknisk udvikling nævner SAS indførelsen af alternativ biobrændstof, forbedret aerodynamik fra flyproducenterne, og mere effektive motorer samt de såkaldte "Winglets", der afhjælper turbulens. (SAS 2009b)

I forbindelse med infrastruktur har SAS været med til at udvikle et samarbejde mellem danske og svenske luftfartsmyndigheder, der skal modvirke ventetid over lufthavnene. Derudover ligger fokus på udvikling af et større europæisk samarbejde for et fælles europæisk luftrum, der vil kunne give yderligere og bredere koordinering af lufttransport. (SAS 2009c)

Ifølge Pressetalsmanden for SAS trådte dette samarbejde mellem danske og svenske lufthavsmyndigheder i kraft i slutningen af maj 2009, så det er endnu for tidlig at kunne afrapportere den egentlige effekt herfra. Dog forventes det, at en stor del af den spildtid der er i forbindelse med trafikpropper i luften vil kunne blive reduceret til et minimum. (Thrane 2009)

Indenfor operationelle tiltag, nævnes optimeret brændstof forbrug i driften af den daglige virksomhed gennem optimeret flyvning og mere effektiv planlægning. (SAS 2009d)

Til sidst bakker SAS op indenfor økonomiske styremidler gennem EU's principper om et kvotehandelssystem. (SAS 2009e)

Dertil har SAS et mål om at SAS-koncernen skal anvende miljøbiler som tjenestebiler samt have etableret ISO 14001 som certificeret miljøledelsessystem i år 2010. Desuden er SAS med i et stort europæisk forsknings- og udviklingsprojekt, der har til mål at finde løsninger der i 2020 kan reducere CO₂ med 50 %, støj med 50 % og NO_x med 80 %. (SAS 2009f)

3.2.2 Swiss air

Swiss air er et af de flyselskaber, der promoverer sig som et af de flyoperatører der har den laveste CO₂-udledning per personkilometer på blot 97 g, det fremgår dog ikke direkte hvordan de er kommet frem til dette tal, hvorfor der er en vis skepsis overfor det i denne rapport. Swiss har

ligeledes inddelt initiativer i de samme 4 grupper som SAS, dog beskriver de ikke i detaljer hvad dette indebærer, men ud fra oplysninger fra SAS og overskrifterne fra Swiss, er der stor sandsynlighed for, at mange af tiltagene er de samme. (Swiss 2009)

Dog pointerer Swiss at de udnytter mange former for brændstofbesparende manøvre under selve flyvningen for at reducere luftmodstanden. Bl.a. starter de accelerationen allerede i 1.500 fods højde, hvor normalen er 3.000 fod, dette betyder at flaps bliver trukket tilbage tidligere, hvilket giver mindre luftmodstand. Derudover er der flere brændstofoptimeringssystemer ombord, der løbende udregner den mest effektive flyvemåde, samt løbende måler tyngden i flyet, således at vægtbalances altid holdes i et optimum, for mindst mulig luftmodstand.

3.2.3 Boeing

Nedenstående er baseret på en artikel i Ingeniøren fra 2000. (Ingeniøren 2008a)

Boeing, der sammen med Airbus er de 2 dominerende flyproducenter på markedet, har affyret startskuddet til mærkbare ændringer i emissioner udledt fra fly. Dette er gjort ved at indtage en helhedsorienteret tilgang til klimaudfordringerne, og i den sammenhæng omlagde selskabet sin organisation og forretningsstrategi til en livscyklustilgang for 3 år siden. Dette omfatter CO₂ reduktioner i hele processen af fremstillingen, lige fra fremstillingsprocessen, materialer, konstruktion, teknologi, operationelle procedure, brændstof samt genanvendelse fra gamle fly. Dette har imidlertid resulteret i et nyt fly, der kommer i luften sidst i 2009. Flyet hedder 787 Dreamliner og er bestilt i 903 eksemplarer på verdensplan. Flyet er revolutionerende i den forstand, at det ifølge Boeing udleder 20 % mindre CO₂ end konkurrerende flytyper, inklusiv Boeings egen forgænger Boeing-767. Hovedparten af årsagen hertil stammer fra det faktum at ca. 50 % af Dreamlinereren er lavet af kompositmaterialer, såsom kul- og glasfiber, kevlar og epoxy.

Jan Närlinge, vicepræsident i Boeing International, fortæller at Boeings mål fremover er, "at hver generation af nye fly skal være mindst 15 procent mere effektive end det foregående".

Ud over det nye fly, har Boeing gang i flere andre emissionsbesparende tiltag, herunder at genanvende op til 90 % af materialerne fra gamle fly, udvikle nye energieffektive flykonstruktioner og -design i form af bl.a. ny beklædning med store reduktionspotentialer indenfor turbulens- og vindmodstand samt brændselsceller til at erstatte indendørs brændstofdrevne systemer. Dertil pointerer Jan Närlinge, at der er betydelige emissionsreduktioner at hente ved at koordinere planlægningen af flytrafikken, idet der alene i Europa hver dag ventes 63.000 minutter over landingsbanerne, hvilket dog skal indføres på et højere niveau end Boeing som blot er flyproducent. Det mest interessante initiativ som Boeing har gang i er en gradvis tilsætning af biobrændsel. Biobrændsel til fly har altid voldt store tekniske problemer, idet energitætheden ikke matchede den fra jet fuel. I starten forsøgte man at tilpasse teknikken i motorerne til et brændstof med lavere energitæthed, men dette er blevet droppet igen, da der er store regulative krav til type godkendelse af flymotorer. Det ser nu ud til at der kan udvikles en ny generation af bio brændstof fra alger og havgræs, der netop kan matche den energitæthed som findes i fossilt brændstof, hvorfor det derfor er muligt at benytte bio brændsel direkte i eksisterende motorer, uden behov for modifikationer.

Dog er der behov for enorme mængder brændstof, så en plan for udvidelse af bio brændstof er nødvendig for at kunne anvende dette.

Som nævnt har Boeing gang i flere tiltag til reduktion af emissionerne fra fly, og flere af tiltagene har betydelig potentiale ifølge Boeings visepræsident, Jan Närlinge. En forbedret type beklædning kan mindske luftmodstanden med op til 45 %, hvilket kan omregnes til 10-25 % brændstof besparelse. En samlet central-koordineret planlægning af flytrafikken kan give en reduktion i brændstofforbruget på 15 % samt tidsmæssige besparelser. Til sidst kan bio brændstof give en CO₂-besparelse på 5-20 %. Hvorimod teknologiske forbedringer af motorer og lignende blot vil give en minimal forbedring.

Hvis disse 3 førnævnte tiltag bliver implementeret er det muligt at reducere CO₂-udslippet fra fly med op til 50 %, så der er store muligheder for besparelser netop inden for lufttrafikken.

(Ingeniøren 2008a)

3.2.4 NOAH

Også NGO'er som NOAH er konstant aktive indenfor problematikken omkring den stigende CO₂ udledning fra lufttransporten. NOAH har dog ingen decideret strategi for reduktion af CO₂ udledningen, men de foreslog dog allerede i 2005 at afgifterne til flytransport skulle hæves. Dette blev gjort i kølvandet på et forslag fra skatteministeriet om at nedsætte passagerafgiften på netop flytransport. NOAHs forslag gik på at anvende provenuet fra den øgede flytransport til at forbedre togforbindelserne mellem landsdelene. Samlet set forventede NOAH at en hævet afgift samt forbedrede togforbindelser ville medføre et mere miljøvenligt transportmønster blandt danskere, og dermed en billig måde at reducere Danmarks CO₂ udslip på. (NOAH 2005)

Senere, i forbindelse med et indlæg i nyhedsavisen Information januar 2007, gør NOAH opmærksomme på at den CO₂-kompensationsordning som SAS har implementeret, hvor passagerer frivilligt kan betale en smule ekstra oveni flybilletten for på den måde at samle penge ind til CO₂-aflads-ordninger slet ikke er tilstrækkelig. NOAH pointerer at det ikke så meget er det reelle CO₂ udslip de er et problem, men mere at det sker i stor højde hvorved effekterne heraf er større end ved landjorden. (NOAH 2007)

4 Hvad kan der gøres for at reducere miljøpåvirkningerne fra luftransport

I forbindelse med den netop vedtagne EU-lovgivning om reduktion af CO2 udslippet fra international luftfart til og fra lufthavne i EU lande, skal der hermed implementeres tiltag og ændringer i den aktuelle drift for at kunne imødekomme dette lovkrav. Tiltag herfor vil kunne inddrages i undergrupper for at lette overskueligheden, hvilket også er hensigtsmæssigt i forhold til innovationstilgangen nævnt i Kapitel 3 Metode. Der vil være tale om "teknisk udvikling", "infrastruktur", "operationelle tiltag" samt "økonomiske styremidler". I det efterfølgende vil der være en præsentation samt en ultrakort beskrivelse af de tiltag, der vil kunne komme i spil for at imødekomme den nye EU-lovgivning om international flyvning samt hvilken gruppe det aktuelle tiltag er tilknyttet. Der vil i kapitel 6 laves en uddybende analyse af effekterne fra de nævnte tiltag. Herefter vil tiltagene analyseres i forhold til den gældende EU-lovgivning.

4.1 Tiltag der allerede er implementeret indenfor dele af luftransporten

Teknisk udvikling:

- Brændstof-effektive flymotorer har gennem lang tid været emne for forbedring.
- Forbedret aerodynamik har ligeledes været forbedret i årevis.
- Nyt revolutionerende letvægts flydesign med 50 % kompositmaterialer såsom kul- og glasfiber, kevlar og epoxy der giver en 20 % reduktion i CO2-udledningen i forhold til andre flytyper på grund af reduceret vægt.

Infrastruktur:

- National koordinering af luftfarten således at ventetiden i luften reduceres.
- Samarbejde mellem dansk-svenske luftfartsmyndigheder for koordinering af luftfart.
- Implementering af livscyklustilgang i virksomhedens organisation og forretningsstrategi.

Operationelle tiltag:

- Optimeret brændstofforbrug i daglig drift gennem optimeret flyrute, LTO (Land and Take-Off) og cruise. Blandt andet ved en tidligere acceleration, hvorved flaps bliver trukket tilbage og derved resultere i mindre vindmodstand tidligere end hvad der er standard. Desuden løbende udregninger om den mest effektive flyvemåde samt fastholdelse af en optimal tyngde i flyet for mindst mulig vindmodstand.
- Effektiv planlægning for reduceret ventetid

Økonomiske styremidler:

- Internationale styremidler gennem EU i form af kvotehandelsystem.
- Frivilligt CO2 aflastningsprojekt hvor de rejsende har mulighed for at betale en smule oveni flybilletten for at lette deres samvittighed, hvor ekstrabetalingen går til CO2 afladningsprojekter.

4.2 Yderligere tiltag der kan implementeres indenfor lufttransporten (fysisk, teknisk og reguleringsmæssigt)

Teknisk udvikling:

- Indførelsen af bio-brændstof i luftfarten.
- Indførelse af miljøbiler som tjenestebiler.
- Indførelse af et krav om at hver ny generation af fly er mindst 15 % mere effektive end det foregående.
- Øget genanvendelse af materialer i gamle fly, op mod 90 % materiale-genanvendelse.
- Udvikling af mere energieffektive flykonstruktioner og -design i form af bl.a. ny beklædning for en reduktion af turbulens og vindmodstand.
- Erstatte indendørs brændstofdrevne systemer med brændselsceller.

Infrastruktur:

- Fælles international koordinering af luftfart for at minimere ventetid i luften.

Operationelle tiltag:

- Etablering af indførelse af ISO 14001 miljøledelsessystem i lufthavne.

Økonomiske styremidler:

- Hæve afgiften for flyrejser for at motivere en ændret transportadfærd.

4.3 Mulige alternativer til lufttransport

- Anvendelse af tog/højhastighedstog nationalt og internt i EU.
- Anvendelse af coach (luksus turistbus) nationalt og internt i EU.
- Anvendelse af personbil nationalt og internt i EU.

5 Livscykluscreening af flyrejsers drivhusgasbidrag

Da rapporten nu bevæger sig hen mod reelle og konkrete udregninger for diverse reduktionspotentialer vil det være på sin plads at fastsætte den reelle fordeling af CO₂ emissioner i forbindelse med hele luftfartens drift og produktion og ikke kun anvende brændstofforbruget som indikator. Ved at tage hensyn til hele organisationen bag lufttransport, fra opførelse af lufthavne og produktion af fly over driften, til bortskaffelsen, en såkaldt livscyklusanalyse, bliver CO₂ emissionen fra alle aspekter indenfor luftfart medregnet.

Derfor vil der i dette afsnit udføres en beskrivelse af den reelle udledning af CO₂ emissioner fra lufttransport. Data bag denne beskrivelse stammer fra "Ecoinvent Rapport No. 14" fra 2007 (Ecoinvent 2007) omhandlende Transport Services. Data herfra er benyttet i programmet SIMAPRO, der anvendes til at lave livscyklusanalyser for dermed at få den reelle CO₂ emission fra lufttransport og ikke blot CO₂ fra brændstofforbruget. Programmet giver data vedrørende CO₂-ækvivalenter fra drift af fly og lufthavn, produktion af fly og lufthavn, samt bortskaffelse af forældede elementer. Så i det efterfølgende stammer data fra denne kilde med mindre andet er noteret.

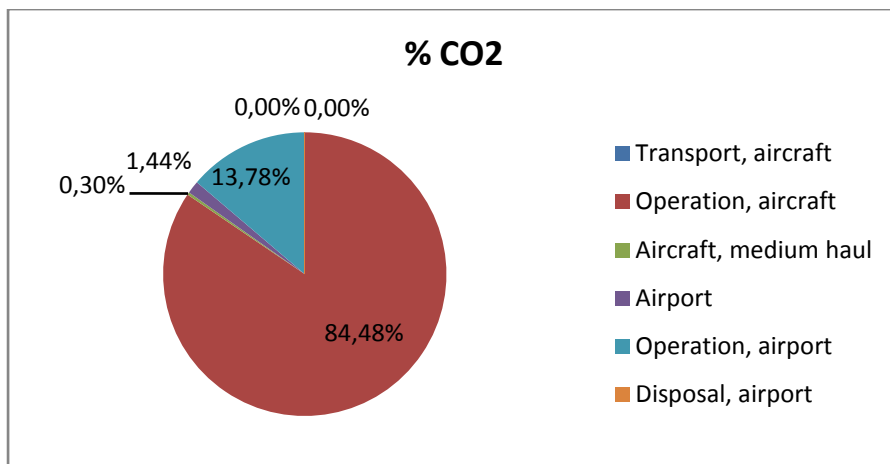
Ved at bruge input i form af den aktivitet der bruges i forhold til et flys levetid i form af %-andel af lufthavnens aktivitet der kræves per fly, råvare til produktion af komponenter, landindvinding til lufthavnsområde, bortskaffelse af materialer samt brændstofforbrug, fås der et samlet overblik over den mængde af CO-ækvivalenter, der kræves for at foretage en rejse med lufttransport.

I denne sammenhæng er det vigtigt at erkende det faktum, at der er en årsag til at fly flyver i den højde de gør. Det hænger selvfølgelig sammen med at lufttrykket og dermed vindmodstanden er langt lavere i stor højde end ved jordniveau, hvorved brændstofforbruget ved start og landing er betydeligt højere end ved cruising. Det er derfor vigtigt at skelne mellem nationale, kontinentale og interkontinentale flyrejser. Da fokus i denne rapport er at overholde den nye EU-lovgivning for internationale flyrejser til og fra lufthavne i EU, ses der bort fra nationale rejser. Derfor rettes fokus på kontinentale og interkontinentale flyrejser, der ifølge Ecoinvent er estimeret til en gennemsnitlig rejselængde på hhv. 500 km og 6000 km. Som et resultat af den store forskel i rejselængden, er der tilsvarende stor forskel i hvor stor andel af brændstofforbruget, der er tilknyttet start og landing på den ene side og cruise på den anden. Fordelingen af brændstofforbruget er beskrevet senere i afsnittet. For at få nogle reelle tal for de to typer af flyrejser, gennemføres en analyse af data for de aktuelle typer af flyrejser.

Data for denne livscyklus analyse stammer fra Ecoinvent 2007, og kan ses i Bilag II.

Flyrejser internt i EU (kontinentalt)

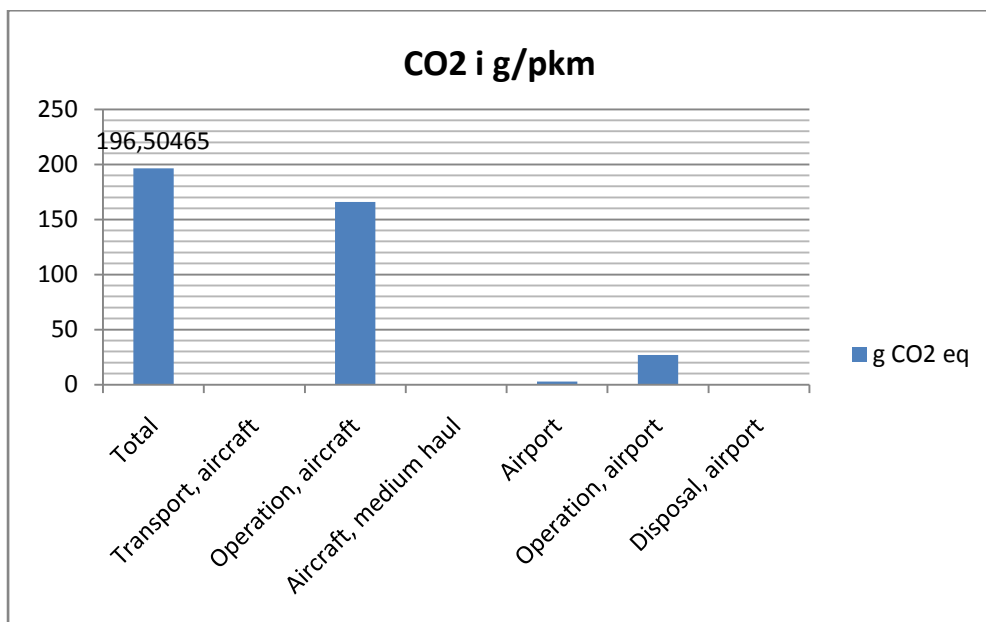
Resultatet fra en livscyklusanalyse af flyrejser internt i EU ses nedenfor, med både en procentvis inddeling, og et faktisk antal g CO₂ per personkilometer (herefter noteret som "pkm").



Figur 9 Mulig %-CO2 reduktion

Figur 9 viser ikke overraskende at brændstofforbruget er ansvarlig for langt den største mængde af CO2-ækvivalenter ved lufttransport, nærmere beregnet 84,5 % af emissionerne. Dertil ses det, at driften af lufthavnen i sig selv, tillægger næsten 14 % af emissionerne per pkm, hvilket er den næststørste post. Produktionen af selve flyet er ansvarlig for 0,3 % af emissionerne, og opførelsen af lufthavnen udgør 1,44 %. Posten "Transport, aircraft" dækker over den nødvendige transport af fly fra producenten til forbrugeren (lufthavnen), hvilket sammen med bortskaffelsen af materialer er ubetydelig i denne sammenhæng.

Da der senere vil blive inkluderet alternative transportmuligheder, er det dog ikke alene den procentvise fordeling af emissionerne, der er interessant, men i ligeså høj grad den faktiske udledning af CO2-ækvivalente. Derfor er det faktiske antal CO2-ækvivalenter udledt fra luftfart vist nedenfor



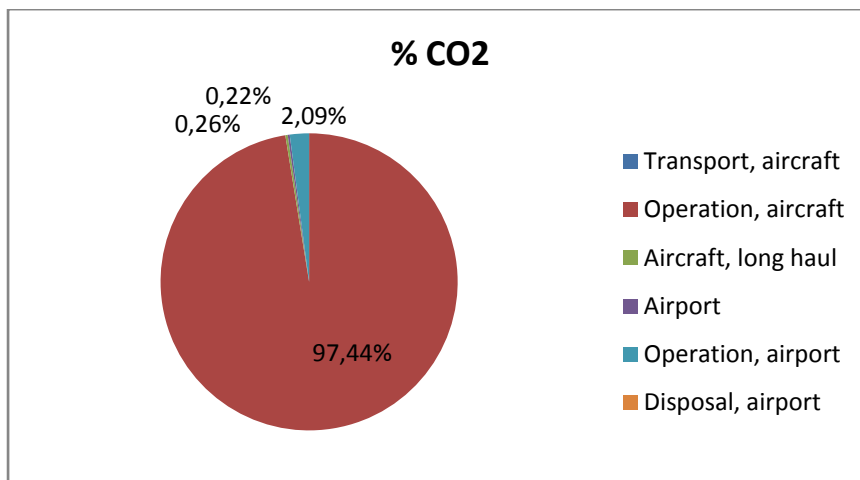
Figur 10 Reduktion i CO2 i g/pkm

Figur 10 viser den faktiske udledning af CO2-ækvivalenter fordelt på de respektive elementer i livscyklussen for luftfart i EU. Det ses at transport med fly indenfor EU repræsenterer en udledning på

196,5 g CO2-ækvivalenter pr pkm, hvoraf brændstofforbruget står for 166 g alene. Det faktiske tal er som nævnt yderst interessant i forbindelse med indtænkning af alternative transportformer på rejser internt i EU.

Flyrejser ud af EU (interkontinentalt)

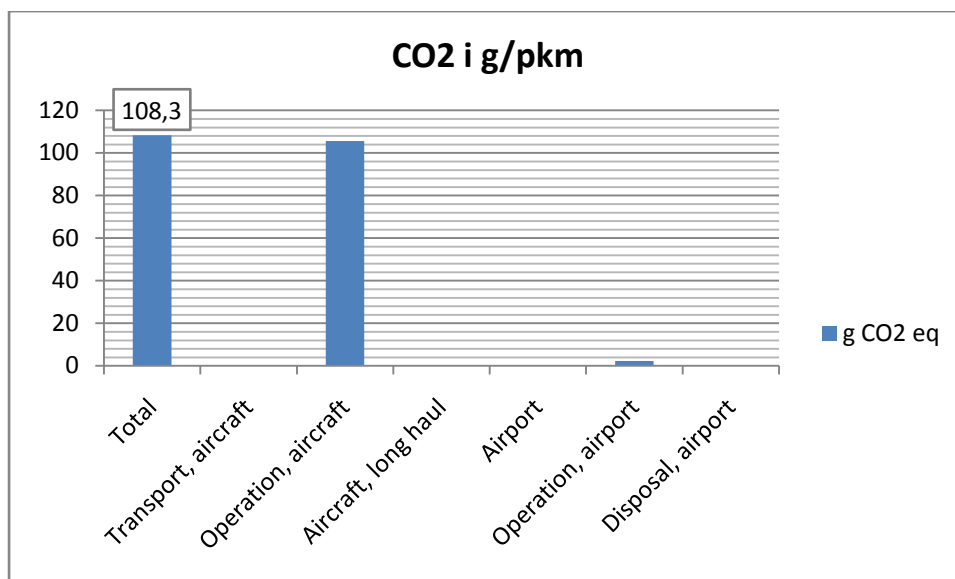
Resultatet fra en livscyklusanalyse af flyrejser ud af EU ses nedenfor, ligeledes med både en procentvis inddeling, og et faktisk antal g CO2 pr pkm.



Figur 11 Mulig %-CO2 reduktion

Figur 11 viser tilsvarende at brændstofforbruget er ansvarlig for langt den største mængde af CO2-ækvivalenter ved lufttransport, dog er der her tale om 97,4 % af emissionerne, driften af lufthavnen står for 2,1 %, produktionen af selve flyet er ansvarlig for 0,26 % og opførelsen af lufthavnen udgør 0,22 % af emissionerne pr pkm.

For sammenligningen skyld, er den faktiske udledning af CO2-ækvivalenter opstillet nedenfor, ligesom for rejser internt i EU. Den faktiske CO2-fordeling ses nedenfor.



Figur 12 Reduktion i CO2 i g/pkm

Figur 12 viser den faktiske udledning af CO2-ækvivalenter fordelt på de respektive elementer i livscyklusen for luftfart på interkontinentale flyrejser. Det ses at transport med internationale fly repræsenterer en udledning på 108,3 g CO2-ækvivalenter pr pkm, hvoraf brændstofforbruget står for 105,5 g.

Af de to ovenstående analyser med dertilhørende grafer, ses der en stor forskel i både hvor stor andel af CO2 ækvivalenterne der stammer brændstoffet, men også i den faktiske udledning af CO2 emissioner i g/pkm. Dette hænger netop sammen med at den brændstofkrævende start og landing udgør en langt større del af flyveturen på korte end på længere stækninger, som også er vist i Figur 13 nedenfor.

Table 7-7: Share of fuel consumption of LTO

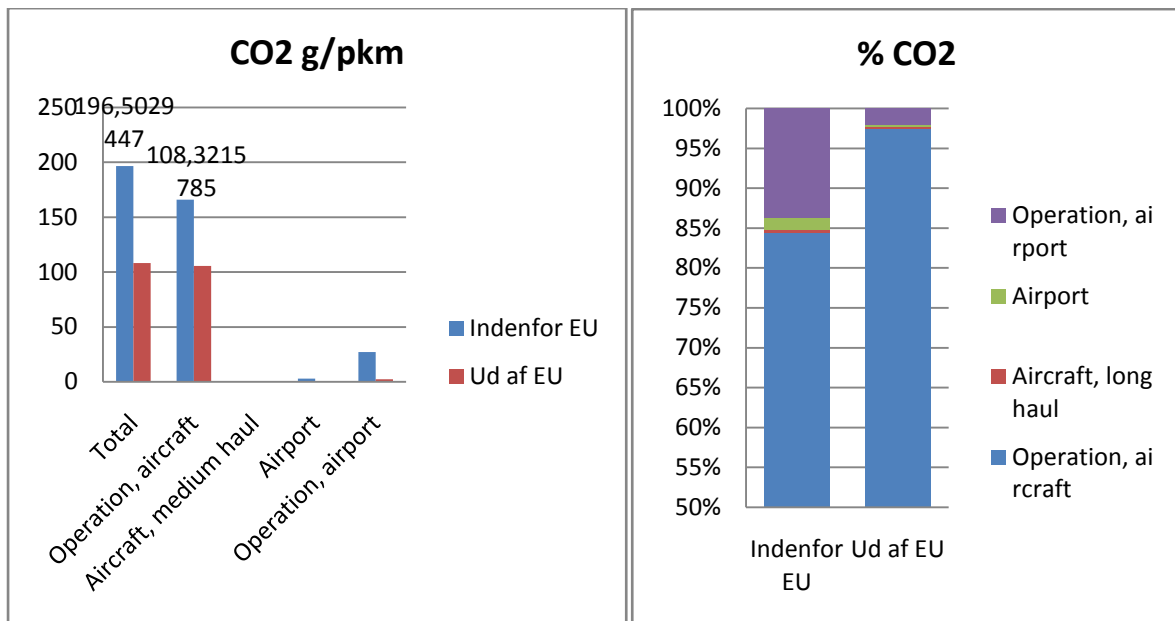
	Distance [km] ¹⁾	LTO [kg/LTO] ¹⁾	Cruise [kg/km] ¹⁾	Cruise total [kg]	LTO [%]	Cruise [%]
Intra Europe	500	730	2	1050	41.01	58.99
Intercontinental Long Haul	6000	3100	11	66000	4.49	95.51
Average Freight Transport (5.4% EU, 94.6% INT)	5725	2982	10.55	60399	4.70	95.30
Average Passenger Transport (29.9% EU, 70.1% INT)	4157	2389	8.3	34507	6.47	93.53

¹⁾ figures are derived from Dings et al. (2002). For intra Europe aircraft movements we employed the distance of an average short haul flight in Europe.

Figur 13 Brændstofforbrug ved flyvning (Ecoinvent 2007, s. 157)

Ifølge Ecoinvent udgør start og landing ved rejser i EU 41 % af brændstofforbruget, hvorved 59 % bruges til cruise. Modsat udgør start og landing ved rejser ud fra EU blot 4,5 % af brændstofforbruget, hvilket betyder at 95,5 % bruges til cruise. Dette er ligeledes med til at gøre, at korte flyrejser udleder en højere del CO2-ækvivalenter end længere rejser, hvilket kan ses på den faktiske CO2-udledning. Desuden viser grafen endnu et interessant element, nemlig at antallet af passagerkilometer fordeler sig på 30 % internt i EU og 70 % på interkontinentale rejser. Dette viser at hovedparten af flytransport ligger i den interkontinentale flytransport. (Ecoinvent 2007, s. 157)

For at få et samlet overblik over de netop skitserede tal for CO2 emissionerne ved flyrejser er tallene opsummeret i nedenstående Figur 14 og Figur 15;



Figur 14 Udledning pr personkilometer

Figur 15 Fordeling af den udledte CO2

Nu da CO2-udledning fra lufttrafik er blevet analyseret i et livscyklusperspektiv, vil der i det efterfølgende gås der i dybden med de i kapitel 4 nævnte tiltag, for specifikt at udregne hvilken effekt de enkelte tiltag forventes at give.

6 Cost-effectiveness analyse af mulige tiltag

I Kapitel 4 blev der opstillet en række tiltag, der har potentiale for reduktion i blandt andet brændstofforbruget, og den deraf udledte mængde af CO₂ emissioner indenfor flytrafikken. I dette kapitel vil de opstillede tiltag undersøges grundigere for dermed at kunne opstille klare forventninger til hvilken effekt i form af CO₂ reduktion, et givent tiltag vil give, samt hvilken tidshorizont det enkelte tiltag har. Kapitlet er opbygget på en sådan måde, at der vil være en beskrivelse af det aktuelle tiltag, hvori reduktion og tidshorizont anføres, hvilket efterfølgende visualiseres grafisk. Sidst i kapitlet vil der være en opsamling, hvor der gives et overblik over de opstillede tiltag og deres reduktionspotentiale sat i forhold til resultaterne fra livscyklusanalysen af luftfart i det forrige kapitel.

Da tiltagende hovedsageligt er udviklingsrelaterede, vil der ikke blive udarbejdet en direkte prissætning heraf, hvilket ville være tilfældet ved en konventionel Cost-effectiveness analyse. Derimod vil der laves en vurdering af muligheden for og besværligheden ved at implementere tiltagene og på den måde tilføje et element af "omkostning" ved tiltagene.

6.1 Hvilken effekt giver tiltagene

Tiltagene er opdelt i fire undergrupperinger ligesom i kapitel 4, Teknisk udvikling, Infrastruktur, Operationelle tiltag, samt Økonomiske virkemidler. De vil i de efterfølgende blive analyseret enkeltvis, for at finde de forventede effekter af og tidsperspektiv for det enkelte tiltag.

6.1.1 Teknisk udvikling

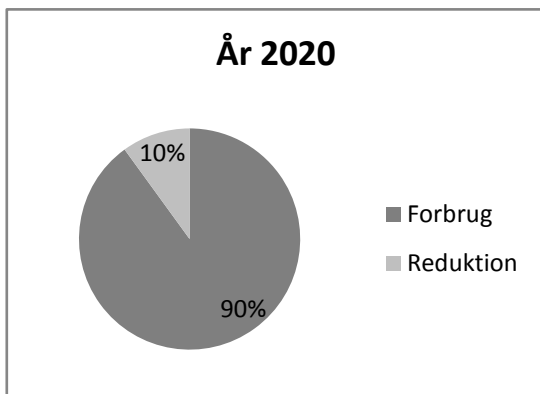
Delvist implementeret:

- Brændstof-effektive flymotore.

Teknologiske forbedringer af jetmotorer har været fokusområde i flytransporten igennem en lang årrække, hvorfor der ikke umiddelbart vurderes at kunne skabes en revolution inden for udvikling af jet motorerne indenfor reduktion af brændstofforbruget. (Ingeniøren 2008a)

Dog melder de to største producenter af jetmotor Rolls Royce og General Electric ud, at de regner med at kunne udvikle nye jet motorer, der vil kunne reducere brændstofforbruget med 10-20 % i omkring år 2020. Dette forventes gjort gennem traditionelle optimeringsmetoder, men også gennem ændring i design, hvor nye motorer forventes at have færre fanblade. Der arbejdes ligeledes med at udvikle motorer der er en fusion mellem en jet og en propelmotor, der ifølge General Electric allerede har reduceret brændstofforbruget betydeligt. (Business 2008)

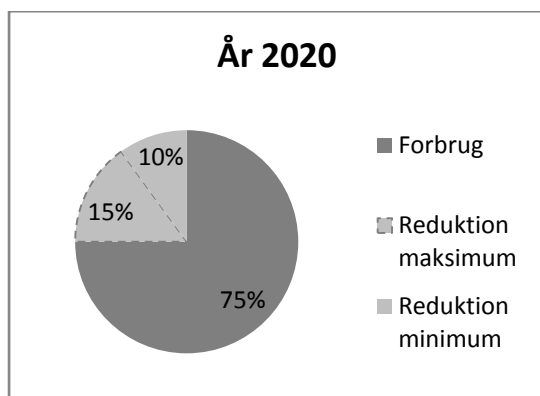
Dermed vurderes det, at der indenfor brændstofeffektive motorer vil være mulighed for en 10 % reduktion af brændstofforbruget. Denne reduktion kan være klar til implementering i år 2020.



- Udvikling af mere energieffektive flykonstruktioner og –design.

Som fly ser ud i dag er overflade beklædningen glat for bedre at kunne glide gennem luften, men flyproducenterne ser store muligheder i at udvikle denne beklædning. Dermed indtænkes mulighed for at erstatte den glatte overflade, med en beklædning perforeret med små huller, der suger luft ind, hvilket vil få luften til at bevæge sig længere over overfladen af vingen, hvilket dermed vil reducere turbulens og vindmodstand. Reduktionen i vindmodstanden vil kunne blive på op til 45 %. Dette fortæller dog ikke direkte noget om reduktionen i hverken brændstof eller CO2-udledning. Ifølge Boeing kan dette nye overfladedesign dog give en reduktion i brændstofforbruget på 10-25 %. (Ingeniøren 2008a)

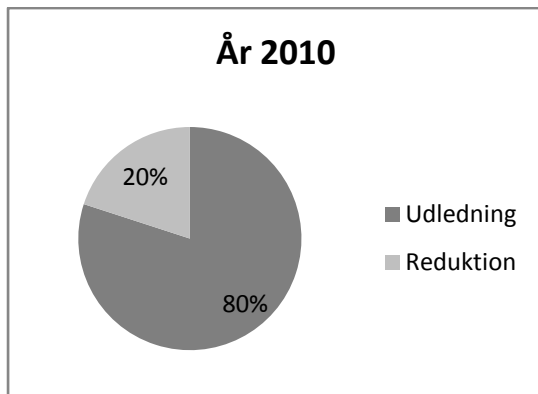
Denne form for udvikling af flykonstruktion er dog ikke udviklet til Boeings nye fly, der kommer på vingerne sidst i 2009. Dermed vurderes det, at en ny forbedret overflade tidligst vil kunne komme på markedet i 2020 hvor Airbus har lovet at have et nyt miljøvenligt fly klar til "lift-off" (Business 2009). Derved vil der kunne opnås en reduktion i CO2 emissioner per personkilometer på 10-25 % i år 2020. Dog skal det tilføjes, at det selvfølgelig kun er de nye fly hvor en sådan reduktion er gældende, hvorfor den totale reduktion skal forholdes til andelen af disse nye fly. (Business 2009)



- Nyt revolutionerende letvægts flydesign.

Et nyt letvægts design i Boeings nyeste fly indeholder ifølge producenten 50 % kompositmaterialer såsom kul- og glasfiber, kevlar og epoxy og giver en mindsket vægt af selve flyet, og dette vil selvsagt give en reduktion i brændstofforbruget da der er mindre vægt der skal transporteres og dermed

også en reduktion i CO2 forbruget. Flyet forventes på vingerne i slutningen af år 2009 og det vurderes at kunne give en reduktion i udledningen af CO2 emissioner med 20 % med effekt fra år 2010. Dog skal det tilføjes, at det selvfølgelig kun er de nye fly hvor en sådan reduktion er gældende, hvorfor den totale reduktion skal forholdes til andelen af disse nye fly. Specielt ved dette tiltag er, at reduktionen er mål i % CO2 og ikke i % brændstof. (Ingeniøren 2009)

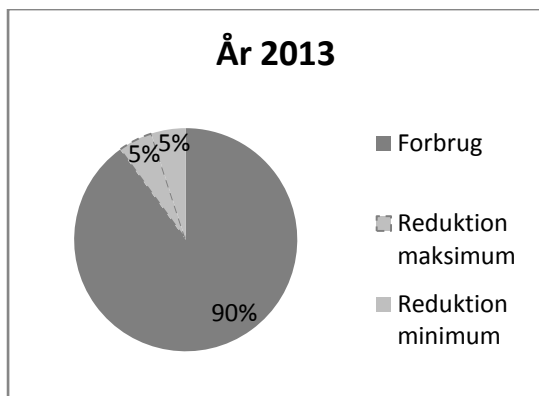


Yderligere mulighed for implementering:

- Indførelsen af bio-brændstof i luftfarten.

Udvikling af og forskning i alternativt biobrændsel som jetbrændstof er i dag blevet til et samarbejde mellem en bred vifte af flyproducenter, flyoperatører, motorproducenter og biobrændstofproducenter for at finde en holdbar løsning til fremtiden flybrændstof (SAS 2009b). Dermed er det både flyproducenter og -operatører vifter med flaget når fokus kommer at erstatte fossile brændsler med biobrændsel, der anses for tilnærmelsesvis CO2 neutralt, da biomassen består af olier udvundet fra alger og havgræs. Dette skyldes, at den nye generation af biobrændsel der er på vej, har en energitæthed, der matcher energitætheden fra den nuværende jet fuel, hvorfor denne type af biobrændsel kan benyttes direkte i de eksisterende motorer og ikke behøver en modernisering af de eksisterende motorer. En sådan udskiftning kræver dog enorme mængder af biobrændsel, som på nuværende tidspunkt ikke er mulig at fremstille. Substitution med biobrændsel forventes ifølge Boeing at kunne udgøre 5-10 % i år 2013. (Ingeniøren 2008a)

Pr. oktober 2008 støtter en række flyselskaber, der repræsenterer 15 % af flysektorens samlede brændstofforbrug, tiltaget med at inkludere biobrændsel til fly (SAS 2008b).



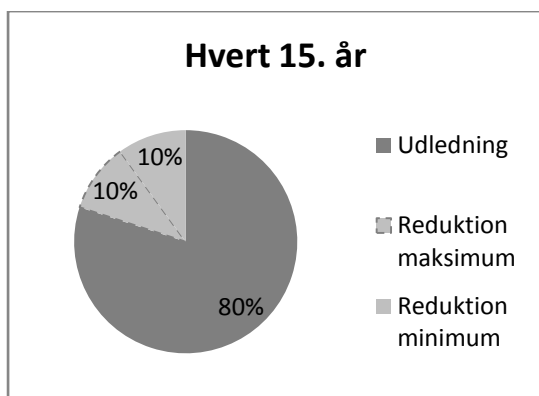
- Indførelse af miljøbiler som tjenestebiler.

Som beskrevet tidligere er implementeringen af miljøbiler som tjenestebiler en del af den miljøstrategi som SAS præsenterer på sin hjemmeside, hvilket vil kunne anvendes af luftfartsoperatører generelt. Med "miljøbiler" som ordvalg åbner SAS op for både brugen af eldrevne biler såvel som biler på biobrændsel og hybridbiler. Indførelsen af miljøbiler som tjenestebiler ønskes implementeret inden år 2011. Selvom der kan argumenteres for at eksempelvis elbiler kan være 100 % CO₂-neutrale vurderes det dog, at den mængde CO₂, der vil kunne spares, ikke har en overvejende effekt på de samlede emissioner, da langt den største del af CO₂-udledningen per personkilometer, som nævnt tidligere, stammer fra selve driften af flyet og ikke fra driften af lufthavnen, hvorfor tiltaget udgår fra yderligere behandling. (SAS 2009a)

- Indførelse af et krav om at hver ny generation af fly.

Dette tiltag er præsenteret af Boeing, der overvejer at sætte et officielt regelsæt op for, hvad hver ny generation af fly skal kunne overholde. Om det så skal være 10-15-20 % forbedring er åben for ændring. (Ingeniøren 2008b)

Dette er dog for nærværende udelukkende et internt mål som flyproducenterne overvejer, som ikke er bundet på nogen måder endnu. Dette kan dog gøres til et delvist officielt krav via markedsbranding fra flyproducentens side, hvorved der vil kunne hentes en 10-20 % reduktion i enten brændstofforbrug eller CO₂ emissioner for hver generation af fly, som regnes til hvert 15. år. Det kan eksempelvis nævnes at Boeings sidste nye flytype 777 kom i drift i 1995, 15 år før den nye 787 Dreamliner (Boeing 2009). Igen er der tale om en reduktion på den enkelte flytype, og ikke hele flyparken under et. Dette tiltag er således en fremadrettet kontinuert forbedring, idet et passagerfly generelt anses for at have en levetid på ca. 30 år, hvorfor hele flyparken vil udskiftes løbende gennem en 30 års rotation. (Ingeniøren 2006)



- Øget genanvendelse af materialer i gamle fly.

Dette giver selvsagt en CO2 reduktion i forbindelse med undgået indvinding og produktion af nye materialer. Dog skal det holdes in mente at materialerne ikke kan anvendes direkte, men efter en forarbejdning vil det være muligt at genbruge op til 90 % af materialerne fra gamle fly. Så graden af CO2 reduktion og økonomisk gevinst vil afhænge af den mængde forarbejdning, der er nødvendig før et genbrug er muligt. (Ingeniøren 2006)

Det vurderes dog, at den mængde CO2, der vil kunne spares ikke har en overvejende effekt på de samlede emissioner, da som førnævnt langt den største del af CO2-udledningen stammer fra selve driften af flyet og ikke indvinding af råvarerne til flyproduktion. Dog er der andre miljøgevinster ved genbrug, hvilket der ikke vil komme nærmere ind på i denne rapport.

- Erstatte indendørs brændstofdrevne systemer med brændselsceller.

Ved at erstatte nuværende indendørs brændstofdrevne systemer med brændselsceller, vil det være muligt at reducere det totale brændstofforbrug ved en flyvning. Dette gøres i to trin, først erstattes det brændstofforbrug som systemerne forbruger aktuelt, og i den forbindelse reduceres den mængde af brændstof, der er nødvendig for en flyvning, hvilket betyder en lavere total vægt, og dermed et lavere brændstofforbrug. Så dette tiltag giver en dobbelt virkning. Der er dog ikke på nuværende tidspunkt lavet nogen vurderinger af, hvilken reduktion i CO2 emissioner dette tiltag vil give. Dog vurderes det, at dette tiltag vil indgå som et element i den generelle forbedring af nye flytyper, som er nævnt tidligere, og vil derfor ikke indgå som et selvstændigt tiltag. (Ingeniøren 2008a)

6.1.2 Infrastruktur

Delvist implementeret:

- Samarbejde mellem dansk-svenske luftfartsmyndigheder.

De danske og svenske luftfartsmyndigheder blev d. 15. maj 2009 enige om at dele luftrummet fra og med 2010. Dermed går Danmark og Sverige forrest i forbindelse med at åbne for en forbedret koordination af luftfarten mellem landende. En sådan forbedret koordinering vil resultere i mere direkte og glidende flyruter landende imellem, hvilket vil give reduceret flyvetid og færre forsinkelser i form af ventetid i luften over lufthavnene, som et resultat af netop manglende koordinering. Der er ikke umiddelbart nogle specifikke tal for forventningerne til effekten af tiltaget, og da aftalen først lige er indgået og med effekt fra årsskiftet, er det endnu for tidligt at vurdere effekten heraf. Ifølge vagthavende pressetalsmand for SAS, Mikkel Thrane, forventes det dog, at tiltaget vil kunne reducere den aktuelle spildtid i forbindelse med trafikpropper i luften til et minimum. (SAS 2009f) (Thrane 2009)

Dette må anses som startskuddet til en forbedret international koordinering af lufttransporten, hvilket vil blive beskrevet senere i kapitlet.

Implementering af livscyklustilgang.

Dette tiltag er tiltænkt flyproducenterne, der ved at implementere en livscyklustilgang indtænker miljøhensyn i alle faser af produktionen af fly og komponenter. Boeing implementerede livscyklustilgang tilbage i 2005, og Airbus sætter ligeledes fokus på livscyklus tænkning (Airbus 2009) (Ingeniøren 2008a). Dette tiltag er hermed implementeret i begge af de markedsdominerede flyproducentselskaber, hvorfor yderligere implementering ikke er relevant. Reduktionen af emissionerne fra en livscyklus tilgang, findes allerede i denne rapport som en del af tekniske løsninger, og indgår som en del af den kontinuerlige forbedring af nye flytyper, hvorfor der ikke vil arbejdes videre med dette emne.

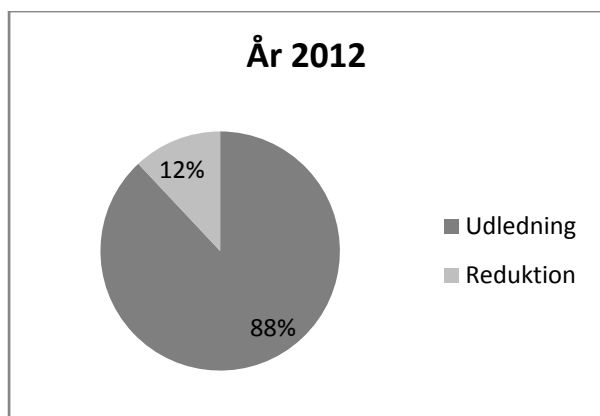
Yderligere:

- Fælles international koordinering af luftfart.

Som nævnt ovenfor har de danske og svenske luftfartsmyndigheder indgået en aftale om fælles luftrum, og er derfor gået i spidsen for at reducere den spild- og ventetid der er forbundet med manglende koordinering lande imellem. Hvis dette implementeres i et bredere format i hele EU vil der være store gevinster at hente rent flyvetidsmæssigt og vil dermed resultere i et lavere brændstofforbrug og CO₂-udledning. I forbindelse med ventetid i luften over lufthavne eller uden for gaten, ventes der i 63.000 minutter dagligt i Europa alene. (Ingeniøren 2008a)

Selvom der endnu ikke er nogen bred international aftale om et fælles luftrum, betyder det ikke at der ikke har været arbejdet for at opnå dette. Siden 2001 har der været arbejdet med et system kaldet "Single European Sky", og i den forbindelse er det blevet vurderet, at et fælles europæisk luftrum vil kunne reducere miljøbelastningerne med ca. 12 % i form af mindsket brændstofforbrug ved trafikpropper i luften, samt forbedrede ruteplanlægning. (SAS 2009c)

Dermed vurderes det, at det indtil år 2012, hvor den første bundne reduktion på 3 % træder i kraft, vil være muligt at have implementeret dette "Single European Sky", hvorved der vil kunne opnås en reduktion af brændstofforbruget på 12 %.



6.1.3 Operationelle tiltag:

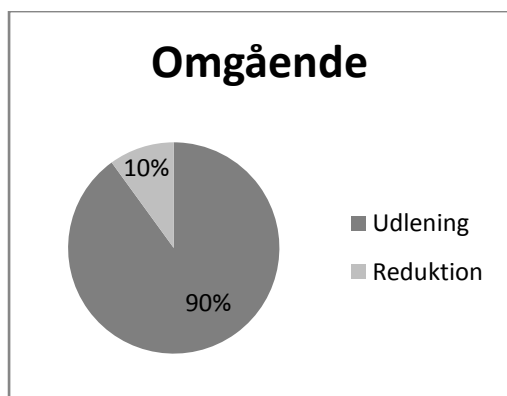
Delvist implementeret:

- Optimeret brændstofforbrug i daglig drift.

Der vil kunne opnås reduktion i brændstofforbruget ved at anvende optimerede flyruter samt en opdateret undervisning i effektiv LTO (Land and Take-Off) og cruise. Dette kan blandt andet ske ved take-off, hvor en tidligere acceleration, der resultere i mindre flaps, resultere i mindre vindmodstand på et tidligere tidspunkt end standarden. Desuden kan løbende udregninger om den mest effektive flyvemåde samt fastholdelse af en optimal tyngde i flyet mindske vindmodstand mest optimalt. (Swiss 2008)

I 2007 blev en aftale lavet mellem EU og USA om afprøvning af "grønne indflyvninger", der i store træk går ud på, at indflyvningen planlægges tidligere end tilfældet er i dag, for på den måde at sikre en glidende indflyvning, så nedstigning med varierende motorstyrke ved indflyvningen undgås. Gennem erfaring fra 4000 af disse indflyvninger i Lufthavnen i Stockholm (Arlanda) viser det sig, at der kan spares 350 kg CO₂ per landing ved at benytter denne metode. Desuden viser forsøg at en mindre reduktion i hastigheden på korte flyrejser, i dette tilfælde Oslo - Bergen, kan resultere i en mindskning på 420 kg CO₂ per flyvning. (SAS 2009d) (SAS 2009g)

Der er i forbindelse med test lavet af SAS dog kun tale om mindre reduktioner fra disse tiltag, men der er til gengæld tale om meget "lavthængende" frugter, der kunne implementeres ved simpel efteruddannelse og intensiveret planlægning i forbindelse med indflyvning. Da der i test fra SAS vurderes en afstand på 500 km og 80 passagerer samt 196,5 g CO₂/pkm, vil den nævnte CO₂ reduktion svare til ca. 10 % CO₂ reduktion ved rejser Internt i EU.

**Yderligere:**

- Etablering af indførelse af ISO 14001 miljøledelsessystem.

Nogle lufthavne, deriblandt Malmö-Sturup Airport i Sverige, har opnået at få miljøcertificeringen ISO14001. Dette gjorde de i 2004 og denne miljøcertificering er et kvalitetsstempel, der fortæller at virksomheden ikke blot overholder gældende miljøkrav, men ligeledes lever op til yderligere miljømål, som virksomheden selv opsætter, samt aktivt investerer i yderligere miljøtiltag. Implementeres dette generelt i lufthavne og hos flyoperatører, vil der hvert år sikres en endog mindre så trods alt en forbedring år efter år. (Øresundsregion 2009)

6.1.4 Økonomiske styremidler:**Delvist implementeret:**

- Internationale styremidler gennem EU i form af kvotehandelssystem.

Med Europa-Parlamentets beslutning om at inkludere international luftfart i et CO2 kvotehandelssystem har EU affyret startskuddet til en udvikling indenfor luftfart, drevet af økonomiske incitamenter til at overholde de nye gældende regler. Alternativt vil dette nye system blot betyde en højere billetpris, hvilket således vil have betydning på den marginale rejselyst og -formåen. I begge tilfælde, og højest sandsynlig en kombination af begge, vil være med til at reducere CO2-udledningen fra lufttransport generelt. Det EU kvotehandelssystemet for internationale flyrejser til og fra lufthavne i EU, der blev vedtaget i Europaparlamentet i november 2008, indeholder krav om at flyoperatører er forpligtet til at reducere deres CO2 udslip i forhold til referenceårene, der knytter sig til middelværdien for udledninger i årene 2004-2006. Kvotehandelssystemet er bygget sådan op, at der i år 2012 kun må udledes 97 % af den udledning der var til stede i referenceåret, og fra år 2013 må der kun udledes 95 % af det foregående år, hvilket sikre en kontinuert miljøforbedring af international luftfart. Hver flyoperatør får hvert år gratis tildelt 85 % af dets tilladte udledning, hvorved de resterende 15 % skal indhentes via auktioner, hvilket sikre, at CO2 reduktionerne sker der hvor en reduktion kan opnås for den laveste udgift. (EU 2008)

Da det er dette tiltag der er kernen bag den ønskede udledning, giver det ikke nogen mening at indregne eventuelle reduktioner herfra, hvorfor denne udgår af vurderingen.

- Frivilligt CO₂ aflastningsprojekt

Dette tiltag læner sig op af de anbefalede CDM (Cleaner Development Mechanisms) initiativer som anbefales som investeringsmulighed for at købe sig til en reduktion af CO₂ emissionerne. Her er det dog de rejsende, der har mulighed for at betale en smule oveni flybilletten for at lette deres samvittighed, hvor ekstrabetalingen går til disse CO₂ afladningsprojekter. (SAS 2009h)

Yderligere:

- Hæve afgiften for flyrejser.

Ved at hæve prisen for flyrejser og samtidig fastholde eller reducere prisen for alternative rejsemetoder, vil der unægtelig være et økonomisk incitament til den rejsende for at skifte rejsetype. Om dette vil have nogen reel betydning, skal ses i henhold til vores samfunds mobilitet.

6.1.5 Alternativer til flytransport:

Her vil der komme en beskrivelse af transportform og den dertilhørende CO₂-udledning målt i gram pr. person-km (g/pkm). Hele det efterfølgende er baseret på tal fra "Transportservices - ecoinvent report #14" (Ecoinvent 2007).

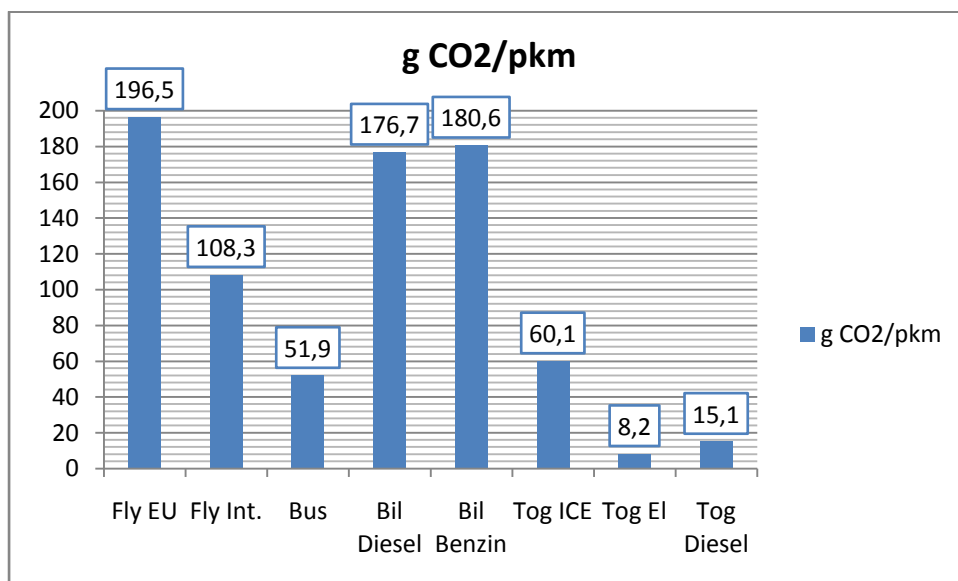
I forrige kapitel blev det undersøgt hvor meget flyrejser udleder af CO₂ pr personkilometer i forbindelse med en livscyklusanalyse. Det viste sig at flyrejser internt i EU er, med baggrund i den relative store udledning ved start og landing, behæftet med en CO₂-udledning på 196,5 g CO₂/pkm, hvorimod flyrejser ud af EU har en udledning på 108,3 g CO₂/pkm.

Da rejser med fly indenfor EU har en relativ massiv andel af brændstofforbruget i forbindelse med start og landing, og ikke så meget i forbindelse med selve distancen, er der stor mulighed for at reducere CO₂ udslippet ved at vælge en alternativ transportform til flyrejser internt i EU.

Det skal dog noteres at den nye EU-lovgivning, som søges overholdt i denne rapport, udelukkende forholder sig til CO₂-udledning fra international luftfart, hvilket betyder, at en ændring af transportform officielt giver en faktor 1 reduktion i CO₂ fra international luftfart. Da der ved en ændret transportform selvfølgelig vil være tale om at flytte CO₂ udslip mellem transportformer, og ikke blot eliminere emissionerne, vil den flyttede CO₂ emission blive modregnet således, at en stigning i CO₂-udledning indenfor eksempelvis togtransport som et resultat af ændret transportvalg, vil blive modregnet den CO₂ reduktion, der vil være fra lufttransporten ved ændringen. Dermed går CO₂ regnskabet op, og der vil ikke være skjulte emissionsstigninger gemt i udregningerne.

I forbindelse den relative store CO2-udledning fra flyrejser indenfor EU, er det interessant at undersøge, hvor stor en udledning de alternative transportformer har, for på den måde at se den præcise forskel i udledning af CO2 emissioner, for dermed at kunne udregne den mulige reduktion ved et skift i transportform. Dette gøres ved at undersøge transportformernes livscyklus på samme måde som flyrejserne blev undersøgt tidligere i kapitlet.

For at lette overblikket, vil der ikke udarbejdes grafer for alle typer af alternative transportformer hver for sig, men blot udarbejdes en samlet oversigt, der viser det reelle tal for g CO2-ækvivalenter per personkilometer der hermed er direkte sammenlignelige.



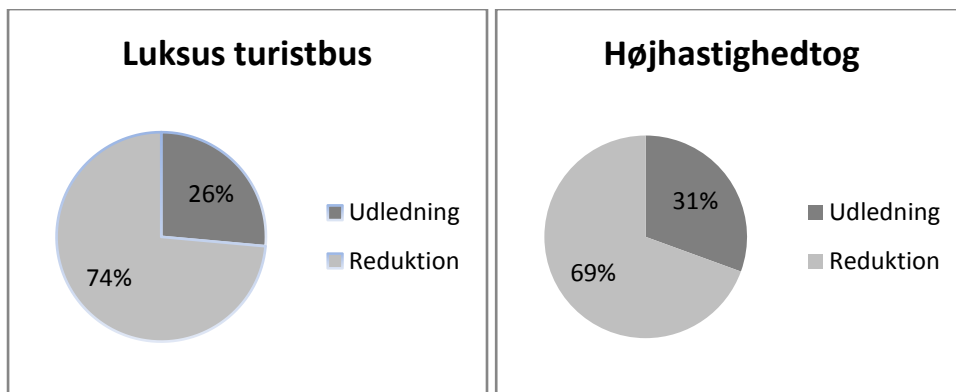
Figur 16 G udledt CO2/pkm fordelt på transporttyper

(Ecoinvent 2007)

Først skal det pointeres, at der med de valgte transportalternativer, ikke påtænkes at substituere de interkontinentale flyrejser, hvorfor denne del af flytransporten skal finde emission reduktion via andre tiltag. Som det ses af Figur 16, har ikke overraskende alle de valgte transportalternativer et lavere CO2 emissionsniveau sammenlignet med transport med fly internt i EU. Det fremgår også, at alternativerne kun henvender sig til kortere rejser internt i EU, og ikke til interkontinentale rejser. Dermed er en reduktion via ændret transportadfærd kun relevant i EU-regi.

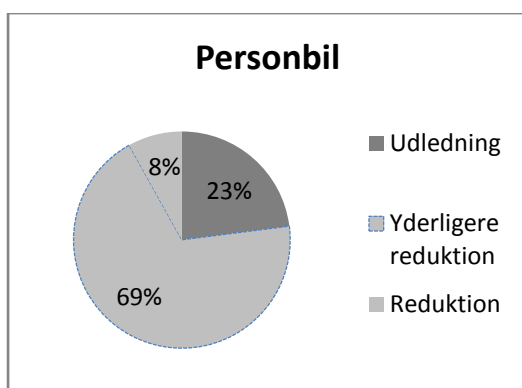
Det ses fra ovenstående graf at udledningen af emissioner fra el-tog og diesel-tog udgør 5-10 % af flytransport, dog skal det holdes in mente at de former for togtransport er koncentreret omkring regionale eller nationale ruter, og dermed ikke udgør et reelt alternativ til flyrejser mellem lande internt i EU, hvilket er fokusområdet i denne rapport, hvorfor disse efterfølgende udgår.

Fokuseres der på de andre kollektive alternativer til flytrafik i form af bus (i denne forbindelse er der tale om store luksus turist busser med stor bagage areal) og højhastighedstog (ICE) ses følgende reduktionspotentiale:



Figuren viser at bustransport blot udleder en fjerdedel af den CO2 som flytrafik udleder. Det samme er stort set gældende for højhastighedstog (ICE), der udleder under en tredjedel af niveauet fra flytransport. Så i forbindelse med en eventuel overførsel af transport fra fly til bus og/eller højhastighedstog, er der basis for at opnå en signifikant reduktion i CO2 emissionerne internt i EU.

Et sidste alternativ til flytransport er brug af personbil. Fra oversigtsgrafene ses det, at personbiler faktisk omfatter en relativ høj udledning af CO2, men dette skal ses i lyset af, at det er udslip per bil, hvilket betyder, at reduktionen af CO2 kan forhøjes ved at rejse flere med samme bil. Dette giver nedenstående reduktionspotentiale.



6.2 Hvilken kombination er krævet for at opnå målet

I det forrige er der stillet en række tiltag op, der hver især kan give en given reduktion af udledningen af CO₂ fra lufttransport. Der vil derfor i det efterfølgende undersøges, hvilken kombination af tiltag, der vil være krævet for at kunne overholde de nye EU lovkrav vedrørende reduktion af CO₂-udledningen, hvorved der vil blive udarbejdet nogle å scenarier for den fremtid der ønskes reguleret for. Det vil gøres ved at tage udgangspunkt i tiltagene og deres fundne effekter, og sætte disse i et kritisk lys, for at teste holdbarheden og generelle styrke af tiltagene.

For at få et overblik over de forskellige tiltag, vil der først og fremmest laves en skematisk opsummering af de beskrevne tiltag. Det skal dog noteres at nogle af de opstillede tiltag er beskrevet som reduktion i brændstofforbrug, ikke reduktion i CO₂-ækvivalenter. I livscyklus analysen af lufttrafik blev det vist, at en del af de udledte CO₂-ækvivalenter, stammer fra andre kilder end blot forbrænding af brændstof. Ved omregning, vælges det dog at bruge 1-1. Dette gøres, velvidende at det ikke vil give det helt præcise resultat. Det vurderes dog, at den usikkerhed der er tilknyttet de mål der er fremsat for de aktuelle tiltag, sammen med den beskedne forskel i brændstofforbrug af CO₂-ækvivalenter, udgør en så beskeden forskel, at en 1-1 sammenligning vil kunne forsvares.

Omsummering	Effekt opgjort i brændstof	Effekt opgjort i CO ₂ emissioner	Tidshorisont
Brændstof-effektive motorer	10 % reduktion		År 2020
Aerodynamiske flykonstruktioner og – design		10-25 % reduktion	År 2020-2050
Letvægtsdesign		20 % reduktion	År 2010-2040
Biobrændsel	5-10 % reduktion		År 2013
Minimumskrav til nye generationer af fly*	(10-20 % reduktion)	(10-20 % reduktion)	Hvert 15. År
International koordinering af luftrum		12 % reduktion	År 2012
Optimeret brændstofforbrug		10 % reduktion	Omgående
Luksus turistbus		74 % reduktion	Omgående
Højhastighedstog		69 % reduktion	Omgående
Personbil		8-69 % reduktion	Omgående

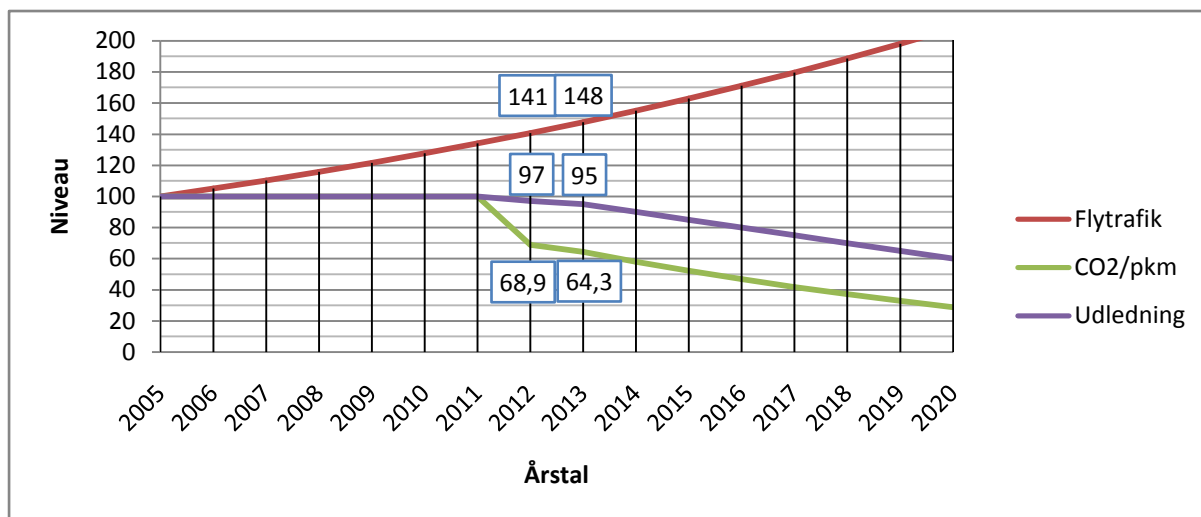
*) Et sådan minimumskrav vurderes at være blive realiseret gennem den generelle forbedring af motorer, aerodynamik og konstruktion, hvorfor reduktion herfra ikke skal medregnes separat.

For at kunne identificere en sammensætning af tiltag, der vil kunne imødekomme den netop vedtagne EU-lovgivning, er der nødvendig at tage hensyn til udviklingen i flytrafik samt lovkravet om reduktion af emissioner.

Der blev indledningsvist klarlagt at flyindustrien gennemgår en fast årlig stigning på ca. 5 %, og da referenceåret i forhold til EU-lovgivningen var fastlagt som middeludledningen i år 2004-2006, er det retfærdigt at bruge niveauet fra 2005 som et teoretisk udgangspunkt. Eftersom EU-lovgivningen kræver en nomineret reduktion af CO2-udledningen ved udgangen af 2012 på 3 % i forhold til 2005 niveauet, betyder dette imidlertid, at der ud over en reduktion på de 3 %, også skal ske en reduktion svarende til den i mellemtiden øgede flytrafik. Eftersom referenceåret er 2005 vil basis flytrafikken være steget til 140 % af år 2005 niveauet. Dermed kræves der en reduktion i CO2 pr. personkilometer på 31 % for at komme ned på de 97 % af 2005 niveauet de kræves ($140 \cdot 0,69 = 97$). Det er ligeledes planen, at der hvert efterfølgende år skal ske en yderligere reduktion på 5 % om året, og er dette ikke fastlagt endnu jf. (EU 2008).

På samme vis udregnes kravet for år 2013 hvor flytrafikken vil være steget til 148 % af 2005 niveauet. Kravet er 95 % af år 2005 niveauet, hvilket betyder en reduktion af CO2udledningen pr. personkilometer på 36 % (idet $148 \cdot 0,64 = 95$).

Så den reelle reduktion i CO2 pr personkilometer kommer til at udgør hhv. 31 % i år 2012, og 36 % i år 2013, hvilket er vist grafisk nedenfor.



Figur 17 Udvikling i Flytrafik, Samlet Udledning samt krav til CO2/pkm

År 2012:

Første mål i EU lovgivningen gælder fra udgangen af 2012, hvor CO2-udledningen skal reduceres til 97 % af 2005 niveauet, hvilket svarer til 31 % reduktion i CO2/pkm.

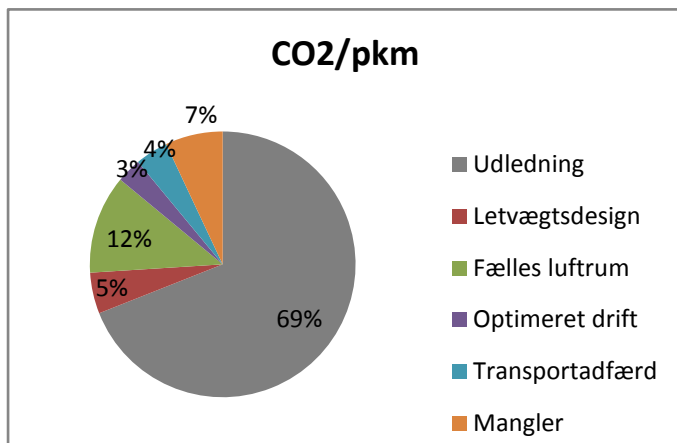
Internationalt luftrum: Fra tabellen tidligere blev det vist at kun et internationalt fælles luftrum med dertilhørende 12 % reduktion vil kunne nå at blive implementeret inden udgangen af 2012.

Optimeret drift: Dertil vil et optimeret brændstofforbrug i daglig drift give en 10 % reduktion, dog kun på intern EU niveau, hvilket blot står for 30 % af den totale rejse mængde (Ecoinvent 2007), hvorfor den reelle reduktion blot vil være på 3 %.

Letvægtsfly: Yderligere vil første etape af nye letsvægtsfly (20 % reduktion) kunne blive implementeret allerede fra 2010, men da der her kun er tale om den ene af de 2 dominerende flyproducenter (Boeing) gælder denne opdatering kun for maksimalt halvdelen af den samlede flypark. Det vurderes ligeledes, at alle fly ikke udskiftes ved en sådan opdatering, men kun fly der alligevel skulle skrottes. Da fly har en 30 års levetid (Ingeniøren 2006), og der er valgt en 15 års fly-udviklings-rotation, vurderes det, at halvdelen af flyparken udskiftes hvert 15. år, hvorved 50 % af flyparken fra den ene dominerende flyproducents flypark vil blive berørt. Dermed gælder dette reduktionspotentiale kun for 25 % af den samlede flypark, hvilket får den samlede reduktion herfra til at udgøre en generel reduktion i CO₂/pkm på 5 % i stedet for de maksimale 20 %.

Disse tre tiltag vil give et samlet reduktionsniveau på ca. 20 %, hvorved der stadig mangler en reduktion på 11 %. Denne reduktion kan derfor søges opnået ved at overføre noget af flyarbejdet til alternative transportformer. Indledningsvist blev mobilitet og flysektorens udviklingen beskrevet, og i den forbindelse viste tal fra WTO at 19 % af internationale flyrejser er arbejdsrelaterede. Når der er tale om arbejdsrelaterede rejser regnes transporten som en mobilitetsudvikling indenfor pendling, hvorfor en øget rejsetid ikke vil være acceptabel. Dermed vurderes det, at det ikke vil være muligt at flytte rejser med dette formål til andre transportformer. Dette åbner dermed op for et ændret transportvalg hos en andel af de resterende 81 %, hvis formål med rejsen er fritidsrelateret. Det er selvfølgelig ikke realistisk at ændre transportadfærd hos alle de 81 % fritidsrejsende, men det vurderes, at ved intense oplysningskampagner og koordinering af alternative transportløsninger vil være muligt at påvirke op til 10-20 % af den samlede mængde rejsende til at benytte alternative transportmidler i form af Coach (luxus turistbus) og ICE (højhastighedstog) hvis rejsetidspunkt og pris koordineres effektivt heri. Rejser af denne type vil specielt have sin berettelse ved transport om natten, hvor den forlængede rejsetid vil være mindre udtalt end rejser om dagen. Dette spiller også ind i forhold til arbejdsrelaterede rejser, der vurderes udelukkende at foregå om dagen, hvor sandsynligheden for et ændret transportvalg er begrænsede. Da Coach og ICE blot udleder hhv. 26 % og 31 % CO₂ i forhold til fly, vil der være store besparelser at hente indenfor rejser i EU. En ændret transportadfærd hos 10-20 % af de rejsende internt i EU, vil give en CO₂ reduktion på 7-14 % ved interne rejser i EU. Dette svarer til en generel reduktion på 2-4 %.

Dermed vil et realistisk bud på reduktionen af CO₂/pkm i udgangen af 2012 være på maksimalt 24 %, hvilket stadig er 7 %-point for lidt, i forhold til EU lovgivningens mål. Nedenfor vises tiltagenes virkning grafisk som CO₂/pkm, hvor målet var en reduktion på 31 %.

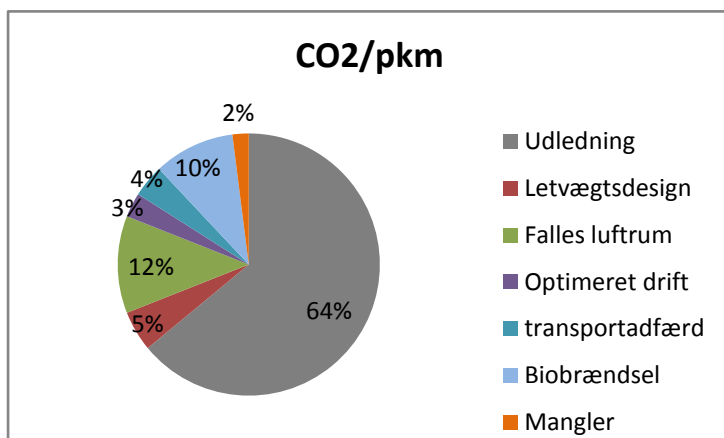


Dermed må det anerkendes, at det med den nuværende forventning til udviklingen ikke umiddelbart ser ud til at være muligt at efterleve de regulative krav, der er opstillet via EU lovgivningen. En ændret tidshorisont på nogle tiltag, vil dog kunne få marginalerne på den rigtige side. Blandt andet forventes det, at implementeringen af biobrændsel i løbet af 2013 vil kunne give 5-10 % reduktion på den totale udledning, hvilket vil være den mængde, der mangler for at EU lovgivningen kan overholdes. Dermed vil en mindre acceleration i tidshorisonten af dette tiltag kunne gøre udslaget for det første trin i EU lovgivningen.

År 2013:

Ses der på EU-lovgivningen for udgangen af 2013, er målet en reduktion af CO2-udledningen pr personkilometer i forhold til 2006 niveauet på 36 %. Holdes der fast i de forestående forbedringer for 2012 er der allerede her hentet en reduktion på 24 %, hvorved der blot skal findes en reduktion i CO2/pkm svarende til yderligere 13 %.

Biobrændsel: Som nævnt ovenfor er indførelsen af 5-10 % biobrændstof estimeret til at kunne implementeres inden udgangen af 2013. Da biobrændstof anses som CO2 neutralt, giver denne dermed en reduktion i CO2-udledningen på 5-10 % totalt set. Dermed er den samlede reduktion i CO2 pr personkilometer oppe på maksimalt 34 %, hvilket stadig er 2 % for lavt. Dette vil givetvis kunne hentes, ved en forsat intens markedsføring til fordel for en ændret transportadfærd, idet en ændring fra 20 % til 30 % ændret transportadfærd vil kunne udfylde den manglede reduktion.



År 2020:

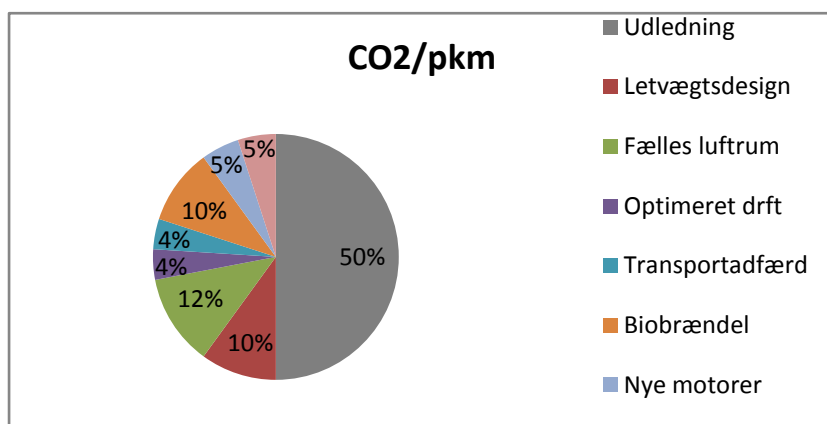
En sidste udregning af CO2 reduktion laves for år 2020, idet flere af de medtagne tiltag forventes at kunne implementeres i netop år 2020. Som EU-lovgivningen er lige pt., så er der kun specifikke krav til udledningen i udgangen af 2012 samt udgangen af 2013. Dog er der en foreløbig retningslinje, der fastlægger en yderligere årlig 5 % reduktion af 2006 niveauet efter år 2013. Der lægges dog ligeledes op til, at reduktioner efter år 2013 ændres senere i forløbet, sådan at kravet kan tilpasses den til den tid aktuelle situation.

Brændstofeffektive motorer: Motorproducenterne forventer at der er udviklet nye motorer i år 2020, der er 10 % mere brændstofeffektive end de eksisterende motorer. Dog vurderes det, at de nye motorer kun installeres i halvdelen af flyene og ikke hele flyparken. Dette vil dermed kunne give en reduktion på 5 % i den totale CO2-udledning per personkilometer.

Aerodynamiske flykonstruktioner og -design: Det forventes at der udvikles mere effektive konstruktioner og design, der vil kunne reducere CO2 udslippet med 10-25%. Dette vil dog igen kun gælde for nyproducerede fly, hvorefter der er en lang udfasningsproces svarende til flyenes levetid. Da Boeing har et nyt fly klar inden 2010, vurderes det, at kun Airbus vil have en ny type fly med forbedrede konstruktioner og design klar til år 2020, hvorfor det vurderes at blot 25 % af flyparken vil blive berørt heraf. Dette giver dermed en total reduktion i CO2-udledningen på 5 %.

Letvægtsdesign: Som nævnt er det kun Boeing der har et letvægtsfly klar til 2010, hvorfor det vurderes at Airbus ligeledes vil benytte letvægtsmaterialer til deres nye type fly, hvilket igen vil påvirke 25 % af flyparken. Dette vil ligeledes give en total CO2 reduktion på 5 %.

Tages der højde for disse tiltag, vil der ud over den opnåede reduktion på 34-36 % i 2013, kunne opnås en yderligere reduktion i det totale CO2 udslip på 15 %. Dermed vil det, som udviklingen forventes i dag, i år 2020 være muligt at udlede 50 % mindre CO2 pr personkilometer end hvad er tilfældet i dag. Dette svarer til en reduktion til 80 % af udslippet pr personkilometer for referenceåret 2005.

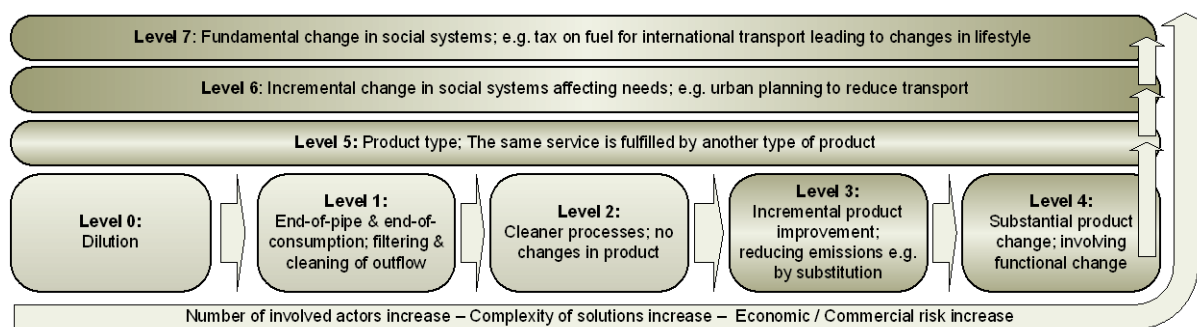


Dertil skal det holdes in mente, at teknologiudviklingstiltagene, såsom nye motorer, aerodynamik, design, letvægtsmaterialer, kun er indført i nye fly, så der vil efterfølgende (år 2020-2040) være yderligere reduktioner i sigte fra den resterende flypark, selv uden yderligere teknologisk udvikling.

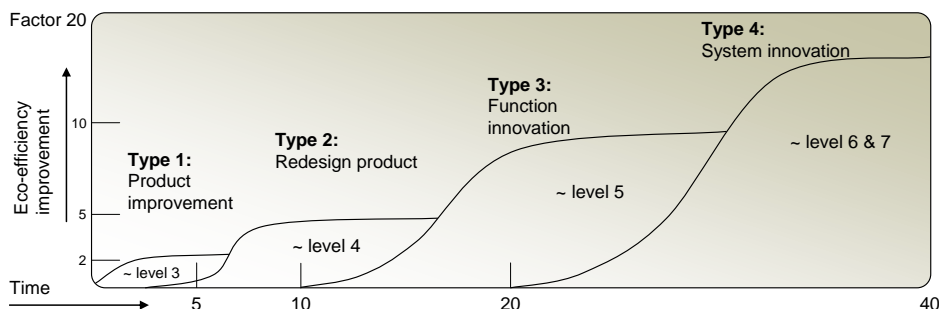
6.3 Innovationsniveau

Hermed er det vist, at de opstillede tiltag til sammen har et stort potentiale for reduktion af CO₂-udledningen fra lufttransport. Dog ser det ud til, at der kan blive problemer med at overholde de aktuelle EU krav til reduktionen af udledningen i 2012 samt 2013. Dette hænger sammen med de relativt lange tidshorisonter, der er i spil i forbindelse med udvikling af fly og flydele. Der er tale om længerevarende udviklingsændringer, der ikke bare kan udføres eller implementeres på kort tid. Dette viser også vigtigheden af, at udvikling og forbedringer igangsættes hurtigst muligt.

I forbindelse med den i kapitel 2 opstillede innovationstilgang, ses de omtalte udviklingselementer som værende på forskellige innovations niveauer. Hovedparten af de opstillede tiltag er knyttet til produktudvikling og –optimering, hvilket hører til under level 3 i den opstillede innovationsfigur. Enkelte elementer som ændret brændstoftype og specielt optimeret brændstofforbrug i den daglige drift, som ”grøn indflyvning” og fælles luftrum, kan ses som en level 2 ændring. Desuden anvendes der tiltag som ændret transportadfærd, hvilket i første omgang hører til level 5, ændret produkt type, men i længden kan bevæge sig helt op på niveau med livsstilsændring i level 7. Desuden vil behovet for rejser med fly i længden kunne påvirkes negativ i forbindelse med udvikling af mobiliteten i samfundet. Allerede i dag er der muligheder for avancerede videomøder, der vil kunne aflæse visse møder, der ellers krævede flyrejser. Der kan blot spekuleres over hvor udviklingen bevæger sig hen. Der bliver allerede i dag brugt hologrammer, i visse sammenhænge, hvilket kan blive et stort element i fremtidens videomøder. En sådan form for ændring knytter sig til level 5-6-7, med elementer af produktændring i form af fysisk møde overfor virtuelt møde, social adfærd i form af ændret behov for fysisk tilstedeværelse, til det overordnede sociale system of livsstil. Figur 7 fra Afsnit 2.2 er vist nedenfor.



Overføres tiltagene til en faktor baseret sammenhæng, ses det, at tiltagene også her befinder sig i forskellige dele af spektret. Vist nedenfor i figur 8 fra Afsnit 2.2.



I forhold til de teknologiske tiltag som nye motorer, så ligger de nede i type 1, der omhandler produktforbedring. Der er stadig tale om flyrejser fra A til B, blot med en forbedret præstationsevne per enhed. Mens tiltag som forbedret aerodynamik og bio fuel, henvender sig til en ændret produktdesign, stadig samme produkt, men med ændring af kritiske elementer i produktet. Øverst i hierarkiet findes elementer som transportadfærdsændring og direkte økonomiske tiltag for at ændre den sociale gøren og laden. Deriblandt findes det kort omtalte CO₂-aflastningstiltag som SAS har indført. Det er dog kun på frivillig basis for nærværende, men med en mere regulerende implementering vil det kunne være med til at give økonomisk incitament til en adfærdsændring.

Når der som i dette tilfælde er tale om en ændring, der skal ske i løbet af de næste 3 år, så er der et stort behov for hurtige Type 1 tiltag, sådan at en ændring hurtig vil kunne ses. Dette henvender sig til ændring i daglige processer, som kommunikation, optimering, uddannelse. Disse ændringer vil kunne ses efter ganske få år og have en relativ fast engangsforbedring. Derefter er der de produktudviklende Type 2 tiltag, der efter en vis tids udvikling, vil kunne give kontinuerte moderate reduktioner. Til sidst er der de samfunds sociale ændringer såsom i første omgang ændret transportadfærd, og senere selve transportbehovet i forbindelse med udviklingen af mobilitet som førnævnt. Det er ved de sidstnævnte hvor de største og tungest vejene tiltag ligger, idet tiltagene helt kan eliminere behovet for flyrejsen. Så ønskes der en hurtig og samtidig en signifikant reduktion af CO₂-udledningen fra flytransport, er det nødvendigt at indtænke tiltag på flere innovations trin, da disse har vidt forskellige tidsperspektiver og effekt.

7 Konklusion

Det er efterhånden globalt anerkendt at CO₂ er en af de største årsager til drivhuseffekten på kloden. Jorden ville dog ikke være beboelig uden drivhuseffekten, da denne øger klodens temperatur med ca. 33 grader og dermed gør den beboelig for os mennesker, flora og fauna. Dog er der i Danmark registreret en gennemsnitlig temperaturstigning på 1,8 grader over normale gemmen sidste 3 år. Så i den kontekst er drivhuseffekten noget meget relevant. Grundet den øgede samfundsmæssige mobilitet er flytrafik af de hurtigst voksende bedragere til den globale CO₂-udledning. Der forventes en stigning på 5 % årligt, og hvor især international flytrafik er stærkt stigende. Denne rapport har derfor arbejdet med problematikken omkring CO₂-udslip fra lufttrafik. Rapporten har mere specifikt arbejdet omkring problemet med;

”Hvilke muligheder er til stede for at reducere miljøpåvirkningerne i form af CO₂-udslip fra lufttransport?”

Til at finde frem til og udarbejde løsningsforslag herfor, er der lavet en analyse af forståede tiltag fra hhv. Gældende lovgivning og aktører, i form af flyproducenter, flyoperatører samt NGO. Denne analyse resulterede i en liste over diverse tiltag opdelt i logiske grupperinger; Teknisk udvikling, Infrastruktur, Økonomiske Styremidler, samt alternativer. Dertil fandtes en ramme indenfor hvilken, den fremtidige udvikling indenfor CO₂-udledning fra international flytrafik i EU skal bevæge sig. Disse tiltag indgik derefter i en simplificeret udgave af en cost-effectivenessanalyse, hvorigennem de opstillede tiltag blev analyseret og vurderet i forhold til, hvilken effekt og tidshorisont der var tilknyttet hvert enkelt tiltag.

Den internationale lovgivning, der danner ramme for det fremtidige krav til reduktion af CO₂-udledningen fra international luftfart til og fra lufthavne i EU, ligger i Europa-Parlamentets og Rådets Direktiv 2008/101/EF af 19. november 2008. Denne sætter krav til en reduktion af CO₂-udledningerne fra international luftfart fra og med udgangen af år 2012, hvor luftfartøjsoperatørerne tillades at udlede 97 % af den gennemsnitlige udledning fra år 2004-2006, der anvendes som referenceniveau. Derefter skærpes dette krav, hvorfor der i ved udgangen af år 2013 tillades en udledning svarende til 95 % af referenceniveauet. Ved udgangen af år 2013 gøres kravet ligeledes økonomisk bindende, da luftfartøjsoperatørerne gratis tildeles 85 % af deres tilladte kvoter, hvorefter de resterende 15 % afsættes på en international kvoteauktion, for dermed at fremskynde de mest cost-effektive CO₂ reduktionstiltag.

I forbindelse med analysen af udvikling, lovgivningen samt tiltagene og vurdering af løsningsforslag blev det besluttet at anvendes CO₂ pr personkilometer (CO₂/pkm) som måleenhed. Denne enhed er meget passende, idet der i denne rapport arbejdes med reduktion af tiltag i % i forhold til et referenceår, årlig udvikling indenfor lufttransport, forskellige typer af tiltag samt alternative transporttyper med forskellig udledningsniveau samt varierende passagerantal. Dermed indtænkes og fordeles den CO₂ udledning hvert enkelt individ udgør i forbindelse med en specifik transporttype, hvorved forskelle i udslip pr enhed synliggøres mest effektivt. Dermed indgår CO₂ pr personkilometer som en passende enhed til effectivenessanalysen. Til at klarlægge forskelle i

udledningen fra diverse alternative transportmuligheder, anvendes en livscyklusvurdering af disse med tal fra 2007, således at mængden af CO₂-ækvivalenter direkte indgår i resultatet.

Af effectivenessanalysen fremgik det, at diverse tiltag ville have en effektiv virkning mellem 1-20 % reel reduktion af CO₂-eissionerne. Herefter sættes de opstillede og analyserede tiltag op imod det internationale reduktionskrav, for derved at kunne identificere mulige løsninger på problemformuleringen. I forbindelse med analysen af de forskellige tiltag blev der udarbejdet en oversigt over tiltag, og de deraf afledte virkninger og tidshorisonter. Dermed var det muligt at begynde at sammensætte tiltag, for at finde relevante løsninger.

År 2012: Som førnævnt er der flere trin i opfyldelsen af CO₂-reduktionen, med start i udgangen af år 2012, hvor en reduktion på 97 % af år 2004-2006 skulle findes. I henhold til den kraftige stigning i luftfart, og det faste referenceår, er kravet til reduktionen større end først antaget. Det officielle krav er 97 % af referenceåret, og dertil skal den aktuelle udvikling på 5 % årligt indenfor flytrafikken ligeledes indtænkes. Så det reelle reduktionskrav er omregnet til rapportens måleenhed en reduktion af CO₂ på 31 % pr personkilometer. Til opfyldelse af dette krav indgår flere af de opstillede tiltag;

Et internationalt samarbejde omkring håndtering af luftfart, hvilket kan reducere ventetid og trafikpopper i luften således, at der opnås en CO₂ reduktion på 12 %.

En optimeret drift, således at indflyvning og drift i det hele taget, sker på bedst muligt måde. Dette kan reducere CO₂ med 10 % af lufttrafik indenfor EU, hvilket svarer til en total reduktion på ca. 3 %.

Letvægtsfly, vil mindske den operative vægt som flyene operere med. Derved kan der spares op til 20 % CO₂. Dog vil en udskiftning af eksisterende fly tage op til 30 år, så det vurderes at dette tiltag i år 2012 vil have en total 5 % reduktion af den totale CO₂ udledning.

Promovering af alternative transportmuligheder vil kunne overføre det krævede trafikarbejde til mindre CO₂-udledende transportformer, i form af Coach (luksus turistbus) samt ICE (højhastighedstog). Fly har en CO₂-udledning på 197 g CO₂/pkm, hvorimod Coach og ICE udleder hhv. 52 og 60 g CO₂/pkm. Da der vurderes at arbejdsrelateret pendling ikke er genstand for ændret trafikadfærd, vendes fokus mod de 81 % fritidsrejsede, hvoraf det vurderes, at det ved brug af diverse styremidler kan omdirigeres 20 % af de rejsende til mindre CO₂-udledende transportformer ved transport om natten. Dette er dog kun muligt på EU-niveau, og ikke transkontinentale rejser, hvilket giver en total CO₂-reduktions potentiale på op til 4 %.

Med disse 3 tiltag og 1 regulering middel, kan der opnås en reduktion på 24 %, hvilket stadig er 7 % point for lavt i forhold til EU-kravet, hvilket dog ikke umiddelbart får nogen reel betydning.

År 2013: Når EU-kravene bliver økonomisk bindende er det dog en anden sag, da der skal opkøbes kvoter, hvis ikke kravet overholdes. Kravet på en reduktion til 95 % af referenceåret bliver i forhold til årlig luftfartsudvikling til et krav på en reduktion på i alt 36 % i CO₂/pkm i forhold til referenceåret. Fra tiltagene i år 2012, opnås en reduktion på 24 %, så det reelle mål er en reduktion på yderligere 12 %.

Biobrændel vurderes at kunne tilføjes fra år 2013. Dette vurderes til at være CO2 neutralt, da der bruges biomasse. Det vurderes at der kan benyttes op til 10 % biobrændsel direkte i eksisterende motorer, hvorved det opnås en reduktion i CO2 på netop 10 %.

Samlet set er der nu opnået en reduktion på 34 %, hvilket er 2 %-point lavere end EU-kravet. Dette kan imidlertid rettes op på ved at yde en ekstra og forstærket indsats for at ændre transportadfærd hos yderligere 10 % af de fritidsrejsende, hvorved en samlet reduktion af CO2/pkm på 36 % kan opnås, og dermed overholde EU-lovgivningen.

År 2020: Efterfølgende er det muligt at mærke effekten af de mere tidskrævende tiltag. Ved at udvide tidshorisonten til år 2020, kan der tilføjes yderligere tiltag til listen.

Brændstofeffektive motorer forventes færdigudviklet i år 2020. De forventes at være 10 % mere brændstofeffektive end de eksisterende motorer. Dog vurderes det, at de nye motorer kun installeres i halvdelen af flyene og ikke hele flyparken. Dette vil dermed kunne give en reduktion på 5 % i den totale CO2-udledning per personkilometer.

Aerodynamiske flykonstruktioner og –design forventes at kunne resultere i mere effektive flykonstruktioner og –design. Der forventes en reduktion af CO2 udslippet på 10-25%. Her vil det igen kun være dele af flyparken der påvirkes. Det vurderes at 25 % af flyparken vil blive berørt heraf. Dette giver dermed en total reduktion i CO2-udledningen på 5 %.

Lættvægtsdesign vurderes at kunne implementeres i yderligere 25 % af flyparken. Dette vil ligeledes give en total CO2 reduktion på 5 %.

Dermed forventes det, at der i år 2020 kan opnås en reduktion af CO2 pr personkilometer på 50 % i forhold til referenceåret, hvilket svarer til en total reduktion af CO2 til 80 % af referenceåret.

For at opfylde de opstillede EU-krav for international lufttrafik er der hermed opstillet tiltag på forskellige innovationstrin og forskellige tidsskala, der netop lever op til dette krav. Desuden er der opstillet resultater for tiltag der vil have et yderligere reduktionspotentiale på en længere tidshorisont, hvorved der sikres en kontinuert reduktion af CO2-udledning fra luftfart.

8 Referencer

(Airbus 2009): Airbus, 2009, *"Innovation and technology"*, Airbus S. A. S., 2009, <http://www.airbus.com/en/corporate/innovation/>, Besøgt 26. maj 2009.

(Boeing 2009): Boeing, 2009, *"Being 777 Facts"*, Boeing, http://www.boeing.com/commercial/777family/pf/pf_facts.html, Besøgt 26. maj 2009.

(Business 2008): Aagaard, M. 2008, *"Airbus lover grønne fly inden 2020"*, Berlingske Tidende, Business, <http://www.business.dk/article/20080603/transport/80603082/>, Besøgt 25. maj 2009.

(DMI 2009): Cappelen, J., Siewertsen, B., 2009, *"Så er rekorderne i hus"*, DMI, 2009, http://www.dmi.dk/dmi/saa_er_rekorderne_i_hus, Besøgt 12. marts 2009.

(DMI 2009b): Siewertsen, B., 2009, *"Tre år i varmen"*, DMI, 2009, http://www.dmi.dk/dmi/36_maaneders_varme, Besøgt 12. marts 2009.

(DMI 2008): DMI, 2008, *"Hvad er drivhuseffekten"*, DMI, 2008, http://www.dmi.dk/dmi/en/index/klima/drivhuseffekten_2008/hvad_er_drivhuseffekten_2008.htm, Besøgt 12. marts 2009.

(DMU 2001): Fenger, J., 2009, *"Hvad er kuldioxid?"*, Danmarks Miljøundersøgelser, 2009, http://www.dmu.dk/foralle/Luft/CO2+ven+eller+fjende/Hvad_er_kuldioxid.htm, Besøgt 12. marts 2009.

(Ecoinvent 2007): Spielmann, M., Bauer, C., Dones, R. & Tuchschnid, M., 2005, *"Transport Services, ecoinvent report No. 14"*, Swiss Centre for Life Cycle Inventories.

(EU 2006): EU-Kommissionen, 2006, *"ændring af direktiv 2003/87/EF"*, EU-Kommissionen, 2006, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52006PC0818:EN:NOT>, Besøgt 12. marts 2009.

(EU 2008): EU-Parlamentet, 2008, *"Direktiv 2008/101/EC"*, EU-Parlamentet, 2008, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0101:EN:NOT>, Besøgt 12. marts 2009.

(EU 2009): EU-Kommissionen, 2009, *"Guidelines on the detailed interpretation of activities sent to CCC for written procedure"*, EU-Kommissionen, 2009, <http://ec.europa.eu/transparency/regcomitology/searchform/DocumentDetail.cfm?ZM5QW+xHocWya1YIZ1RuGMXbbcYDbDWsK8HOEqqBCHI/zBk6+Yr2dztb8GfTzcg1>, Besøgt 12. marts 2009.

(GEUS 2005): De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, 2005, *"Viden om CO2-lagring"*, GEUS, 2005, http://www.geus.dk/geuspage-dk.htm?http://www.geus.dk/program-areas/energy/denmark/co2/viden_om-dk.htm, Besøgt 12. marts 2009.

(Gudmonsson 2000): Gudmonsson, H., 2000, *"Transport og Mobilitet"*, Geografiske Verdensbilleder, Gyldendal.

(Hovgesen et al. 2005): Hovgesen, H.H., Nielsen, J.B. & Egebjerg, U., 2005, *"Byen, vejen og landskabet – Motorveje til fremtiden"*, Aalborg Universitet, Center for Skov, Landskab og Planlægning, KVL og Vejdirektoratet.

(Hvidberg et al. 2001): Hvidberg, M., Jacobsen, J. & Winther, W., 2001, *"Danmark i den globaliserede økonomi – Transnationale virksomheders territorialisering"*, Nordisk Samhällsgeografisk Tidsskrift, No. Maj 2001

(Ingeniøren 2006): Osmark, L., 2006, *"Airbus og Boeing vil genbruge luftens giganter"*, Ingeniøren, <http://ing.dk/artikel/74425-airbus-og-boeing-vil-genbruge-luftens-giganter>, Besøgt 2. april 2009.

(Ingeniøren 2008a): Matzen, J., 2008, *"Boeing indtager holistisk tilgang til CO2-reduktioner"*, Ingeniøren, <http://ing.dk/artikel/93528-boeing-indtager-holistisk-tilgang-til-co2-reduktioner>, Besøgt 10. april 2009.

(Ingeniøren 2008b): Marfelt, B., 2008, *"Tusindvis af fejlmonterede skruer forsinker Boeings nye superfly"*, Ingeniøren, <http://ing.dk/artikel/93013-tusindvis-af-fejlmonterede-skrue-forsinker-boeings-nye-superfly>, Besøgt 5. April 2009.

(Kiehl 1996): Kiehl, J.T., Trenberth, K.E., 1996, *"Earth's Annual Global Mean Energy Budget"*, American Meteorological Society, 1997, <http://www.atmo.arizona.edu/students/courselinks/spring04/atmo451b/pdf/RadiationBudget.pdf>, Besøgt 15. april 2009.

(NOAH 2005): Sørensen, J., 2005, *"NOAH kræver afgifter for flytransport"*, NOAH, <http://www.noah.dk/baeredygtig/bg170605.htm>, Besøgt 15. april 2009.

(NOAH 2007): Sørensen, J., 2007, *"SAS's aflads-ordning er et luftkastel"*, NOAH, <http://www.noah.dk/baeredygtig/bg260107.html>, Besøgt 15. april 2009.

(NOAH 2009a): NOAH's klimasider, 2009, *"Den naturlige drivhuseffekt"*, NOAH, http://www.global-klima.org/Kap%201/s1_3b.html, Besøgt 15. april 2009.

(NOAH 2009b): NOAH's klimasider, *"Drivhusgasserne"*, NOAH, http://www.global-klima.org/Kap%202/s2_3.html, Besøgt 15. april 2009.

(IPCC 2007): Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, *"Synthesis Report"*, IPCC, 2007, http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf, Besøgt 15. april 2009.

(Jensen 1999): Jensen, M., 1999, *"Modne mennesker og mobilitet"*, Trafikdage på Aalborg Univesitet, <http://www.trg.dk/td/papers99/papers/troa/jensen/jensen.pdf>, Besøgt 24. oktober 2005.

(Jensen 2005): Jensen, O.B., 2005, *"Facework, Flow and the City"*, Dansk Sociallogikongres, Roskilde Universitet.

(Lassen 2005): Lassen, C., 2005, *"Den Mobiliserede Vidensarbejder"*, Aalborg Universitet, 2005.

(Løkke 2006): Løkke, S., *"Chemical regulation: REACH and innovation"*, Aalborg Universitet, 2006.

(Nielsen 2001): Nielsen, S.K., DTU, 2001, *"Flytrafik – et overset miljøproblem"*, Teknologirådet, 2001, <http://www.tekno.dk/subpage.php3?article=301&toppic=kategori2&language=dk>, Besøgt 15. maj 2009.

(SAS 2008a): SAS Cargo News Center, 2008, *"Meeting the environmental challenge"*, Issue 6 – 2008, SAS, <http://www.sascargo.com/CargoNewsCenter/Previous-CNC/Issue-6/Environmental-challenge.aspx>, Besøgt 26. maj 2009.

(SAS 2008b): SAS Cargo News Center, 2008, *"SAS accelerates development of sustainable biofuels"*, Issue 6 – 2008, SAS, <http://www.sascargo.com/CargoNewsCenter/Previous-CNC/Issue-6/Biofuels.aspx>, Besøgt 26. maj 2009.

(SAS 2009a): Scandinavian Airlines, 2007, *"Målsætning"*, SAS, <http://www.sas.dk/da/Om-SAS-Danmark2/Miljo/Det-gor-SAS/Malsatning2/>, Besøgt 15. april 2009.

(SAS 2009b): Scandinavian Airlines, 2007 *"Teknisk udvikling"*, SAS <http://www.sas.dk/da/Om-SAS-Danmark2/Miljo/Teknisk-udvikling/>, Besøgt 15. april 2009.

(SAS 2009c): Scandinavian Airlines, 2007 *"Infrastruktur"*, SAS, <http://www.sas.dk/da/Om-SAS-Danmark2/Miljo/Infrastruktur/>, Besøgt 15. april 2009.

(SAS 2009d): Scandinavian Airlines, 2007 *"Operative tiltag"*, SAS, <http://www.sas.dk/da/Om-SAS-Danmark2/Miljo/Operative-tiltag/>, Besøgt 15. april 2009.

(SAS 2009e): Scandinavian Airlines, 2007 *"Økonomiske styremidler"*, SAS, <http://www.sas.dk/da/Om-SAS-Danmark2/Miljo/Okonomiske-styremidler/>, Besøgt 15. april 2009.

(SAS 2009f): Scandinavian Airlines, 2007 *"Det gør branchen"*, SAS, <http://www.sas.dk/da/Om-SAS-Danmark2/Miljo/Det-gor-branchen/>. Besøgt 15. april 2009.

(SAS 2009g): Scandinavian Airlines, 2007 *"Brandstofbesparelser"*, SAS, <http://www.sas.dk/da/Om-SAS-Danmark2/Miljo/Det-gor-SAS/Brandstofbesparelser/>, Besøgt 19. april 2009.

(SAS 2009h): Scandinavian Airlines, 2007 *"Det kan du gøre"*, SAS, <http://www.sas.dk/da/Om-SAS-Danmark2/Miljo/Det-kan-du-gore/>, Besøgt 15. april 2009.

(Swiss 2008): Swiss International Air Lines, 2008, *"Swiss magazine – 7/8-2008"*, Swiss, 2008

(Swiss 2009): Swiss International Air Lines, 2009, *"Key figures, our environmental performance"*, Swiss, http://www.swiss.com/web/EN/about_swiss/environmental_affairs/Pages/key_figures.aspx?1242017177415&Country=DK, Besøgt 16. april 2009.

(Thrane 2009): Mikkel Thrane - pressetalsmand for SAS, 2009, *"telefon samtale 29-05-2009"*, SAS 2009.

(Trafikministeriets Koncernledelse 2002): Trafikministeriet, 2002, "*Mobilitet og energi skaber værdi*", Trafikministeriet, 2002, <http://www.trm.dk/graphics/synkron-library/trafikministeriet/publikationer/pdf/003.pdf>, Besøgt 12. marts 2009.

(Transport og Energiministeriet et al. 2005): Økonomi- og Erhvervsministeriet, Finansministeriet, Transport- og Energiministeriet, Miljøministeriet & Skatteministeriet. 2005, "*Analyse af passagerafgiften*", <http://www.skm.dk/public/dokumenter/publikationer/passagerafgift/rapport.pdf>, Besøgt 15. april 2009.

(Udsen 1987, s 31): Udsen, S., 1987, "*Pengene eller miljøet! – Om økonomiske konsekvensberegninger på miljøområdet*", Samfunslitteratur i samarbejde med Nordisk Ministerråd.

(Øresundsregion 2009): Øresund, 2009, "*Sturup lufthavn miljøcertificeret*", Øresund, <http://www.oresundregion.org/object.php?obj=3b8a2776&SearchLogID=0&pattern=milj\xf8>, Besøgt 15. maj 2009.

Bilag I: Guidelines for undtagelser af EU lovgivningen om international lufttrafik

Guidelines on the detailed interpretation of activities activities sent to CCC for written procedure, EU-kommissionen,

Undtagelser:

- (a) Flyaktivitet relateret til officielle missioner fra regenter og ledende embedsmænd.
- (b) Flyaktivitet relateret til militære aktiviteter, dog ikke Militær flyaktivitet udført af private registrerede fly samt privat flyaktivitet udført af militær registreret fly.

Under samme paragraf findes flyaktiviteter relateret til Told og Politi ved både civil og militær registreret fly

- (c) Flyaktivitet relateret til eftersøgnings og redningsaktioner i både civil og militær regi. Hele denne paragraf inkludere positionering af fly samt transport af udstyr og personel direkte relateret til disse aktioner. Desuden indgår aktivitet i forbindelse med nødvendig monitorering, kommunikation, koordination og medicinsk assistance og evakuering.

Under samme paragraf findes luftaktivitet, der er nødvendig i forbindelse med brandslukningsaktiviteter

Under samme paragraf findes luftaktivitet, der er nødvendig i forbindelse med hjælp til katastrofeområder og evakuering herfra.

Under samme paragraf findes luftaktivitet, der er nødvendig i forbindelse med akut behov for medicinsk transport, såsom personel, patient, udstyr, organer, blod og medikamenter.

- (f) Flyaktivitet relateret til uddannelse og træning af flypersonel.
- (g) Flyaktivitet relateret til forskning, dog kun hvor flyaktiviteten i sig selv er en del af forskningen, inkludere hermed ikke transport af udstyr og personel.

Under samme paragraf findes luftaktivitet, der er nødvendig i forbindelse med test og certificering af udstyr og fly.

- (i) Flyaktivitet relateret til offentlige ydelser i yderliggende regioner.
- (j) Flyaktivitet relateret til "de minimis rule", der henviser til om flyvningen og operatøren skal omfattes af reglerne, herunder at operatøren besidder et "air operator's certificate", om flyvningen er indenfor direktivets rammer, om operatøren har 243 flyvninger eller mere per 4 mdr. interval, om operatøren er ansvarlig operationer der udleder emissioner svarende til 10.000 ton eller mere årligt.

Dermed er det stort set kun de normale rute flyvninger, der er inkluderet i disse internationale regler for flyaktivitet indenfor EU. Kommissionen håber do på at dette initiativ kan sætte gang i andre internationale aftaler om international luftaktivitet, og dermed blive startskuddet til en bredere verdensdækkende aftale i form af ICAO. (EU 2009)

- Tog/højhastighedstog.

Ved banetrafik er der flere typer af tog, og det kan være vigtigt at skelne mellem regulære diesel tog, eltog og ICE-tog (InterCity Exess) der er internationale højhastighedstog.

Laves der en livscyklus analyse af de regulære diesel tog viser det,

3146 g CO2 per kg diesel

1GW = 86 ton diesel

ICE: 0,0811 kWh = $0,0811/1000000*86000*3146 = \underline{21,942}$ g/pkm

El-tog: 0,0842 kWh/pkm = $0,0842/1000000*8600*3146 = \underline{22,78}$ g/pkm

Diesel tog (regional): 0,1767 kg/pkm = $0,1767*3146 = \underline{47,8}$ g/pkm (afgrænses, da der hovedsageligt bruges el-tog i det transnationale tog-netværk i EU, dog ikke DK)

- Coach (luksus turistbus) nationalt og internt i EU.

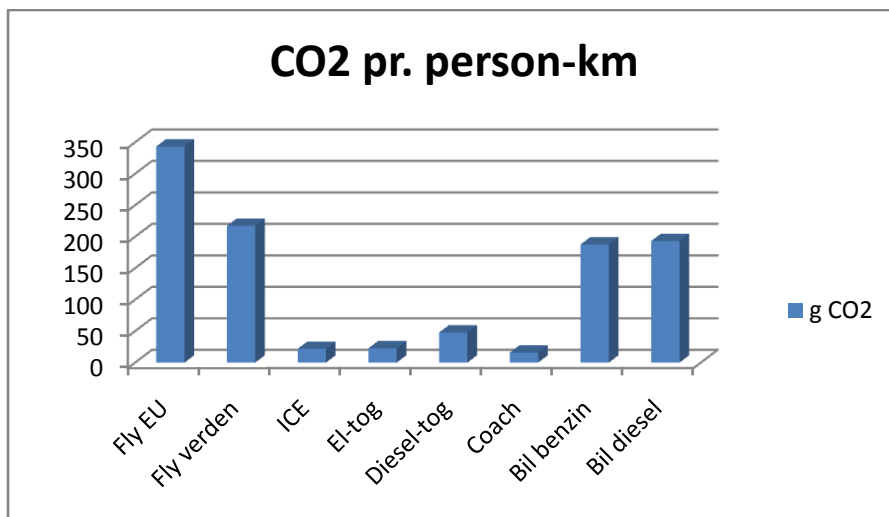
Coach: 0,253 kg/vkm = 798,7 g CO2/vkm (15,974 g/pkm ved 50 passagerer)

- Anvendelse af personbil nationalt og internt i EU.

Standard Europæisk bil:

Benzin: 0,06 kg/vkm = 187,7 g/vkm (per bil med 1-5 personer)

Diesel: 0,061 kg/vkm = 193,2 g/vkm (per bil med 1-5 personer)



Bilag II Livscyklusdata fra flytransport

Livscyklusdata for driften af fly:

Table 7-11: Input data for the operation of passenger aircrafts (Part 1: Regulated emissions, CO2 and Kerosen)

Explanations	Name	Location	Category	Sub-Category	Infrastructure-Process	Unit	operation, aircraft freight, Europe	operation, aircraft freight, intercontinental	uncertaintyType	Standarddeviation 95%	GeneralComment
	Location						RER	RER			
	InfrastructureProcess						0	0			
	Unit						km	km			
Outputs	operation, aircraft, freight, Europe	RER				0 km	1				
	operation, aircraft, freight, intercontinental	RER				0 km		1			
Technosphere	kerosene, at regional storage	RER				0 kg	4.53E-1	2.88E-1	1	1.17	(2,3,2,2,1,nA)
air, lower stratosphere + upper troposphere	Carbon dioxide, fossil	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	2.53E-1	2.60E-1	1	1.15	(2,3,2,2,1,nA)
	Heat, waste	air	lower stratosphere + upper troposphere			MJ	3.66E+0	3.76E+0	1	1.146	(2,3,2,2,1,nA)
	Mercury	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	5.61E-12	5.78E-12	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
	Lead	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	1.60E-9	1.65E-9	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
	Zinc	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	8.02E-8	8.25E-8	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
	Selenium	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	8.02E-10	8.25E-10	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
	Nickel	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	5.61E-9	5.78E-9	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
	Chromium	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	4.01E-9	4.13E-9	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
	Copper	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	1.36E-7	1.40E-7	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
	Cadmium	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	8.02E-10	8.25E-10	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
	Hydrogen chloride	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	6.89E-8	7.10E-8	1	2.28	(3,5,5,3,3,nA)
	water	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	9.94E-2	1.02E-1	1	1.15	(2,3,2,2,1,nA)
	Ethylene oxide	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	1.46E-5	1.51E-5	1	2.28	(3,5,5,3,3,nA)
	Butadiene	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	1.52E-6	1.56E-6	1	2.28	(3,5,5,3,3,nA)
	Benzene	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	1.60E-6	1.65E-6	1	2.28	(3,5,5,3,3,nA)
	Formaldehyde	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	1.26E-5	1.30E-5	1	2.28	(3,5,5,3,3,nA)
	Dinitrogen monoxide	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	2.41E-6	2.48E-6	1	1.54	(2,3,2,2,1,nA)
	NM VOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	5.38E-5	5.54E-5	1	1.53	(2,3,2,2,1,nA)
	Particulates, <2.5um	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	3.05E-6	3.14E-6	1	2.02	(2,3,2,2,1,nA)
	Methane, fossil	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	4.01E-6	4.13E-6	1	1.53	(2,3,2,2,1,nA)
	Nitrogen oxides	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	1.12E-3	1.16E-3	1	1.53	(2,3,2,2,1,nA)
	Sulfur dioxide	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	8.02E-5	8.25E-5	1	1.15	(2,3,2,2,1,nA)
	Carbon monoxide, fossil	air	lower stratosphere + upper troposphere			kg	2.97E-4	3.05E-4	1	5.03	(2,3,2,2,1,nA)
air, low population density	Carbon dioxide, fossil	air	low population density			kg	5.85E-1	4.07E-2	1	1.15	(2,3,2,2,1,nA)
air, unspecified	Carbon dioxide, fossil	air	unspecified			kg	5.89E-1	6.07E-1	1	1.15	(2,3,2,2,1,nA)
air, low population density	Carbon monoxide, fossil	air	low population density			kg	6.87E-4	4.78E-5	1	5.03	(2,3,2,2,1,nA)
air, unspecified	Carbon monoxide, fossil	air	unspecified			kg	6.92E-4	7.12E-4	1	5.03	(2,3,2,2,1,nA)
air, low population density	Sulfur dioxide, fossil	air	low population density			kg	1.86E-4	1.29E-5	1	1.15	(2,3,2,2,1,nA)
air, unspecified	Sulfur dioxide, fossil	air	unspecified			kg	1.87E-4	1.93E-4	1	1.15	(2,3,2,2,1,nA)
air, low population density	Nitrogen oxides	air	low population density			kg	2.60E-3	1.81E-4	1	1.53	(2,3,2,2,1,nA)
air, unspecified	Nitrogen oxides	air	unspecified			kg	2.62E-3	2.70E-3	1	1.53	(2,3,2,2,1,nA)
air, low population density	Methane, fossil	air	low population density			kg	9.29E-6	6.47E-7	1	1.53	(2,3,2,2,1,nA)
air, unspecified	Methane, fossil	air	unspecified			kg	9.35E-6	9.63E-6	1	1.53	(2,3,2,2,1,nA)
air, low population density	Particulates, <2.5um	air	low population density			kg	7.06E-6	4.91E-7	1	2.02	(2,3,2,2,1,nA)
air, unspecified	Particulates, <2.5um	air	unspecified			kg	7.11E-6	7.32E-6	1	2.02	(2,3,2,2,1,nA)
air, low population density	NM VOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	air	low population density			kg	1.25E-4	8.68E-6	1	1.53	(2,3,2,2,1,nA)
air, unspecified	NM VOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	air	unspecified			kg	1.26E-4	1.29E-4	1	1.53	(2,3,2,2,1,nA)
air, low population density	Dinitrogen monoxide	air	low population density			kg	5.57E-6	3.88E-7	1	1.54	(2,3,2,2,1,nA)
air, unspecified	Dinitrogen monoxide	air	unspecified			kg	5.61E-6	5.78E-6	1	1.53	(2,3,2,2,1,nA)
air, low population density	Formaldehyde	air	low population density			kg	2.93E-5	2.04E-6	1	2.28	(3,5,5,3,3,nA)
air, unspecified	Formaldehyde	air	unspecified			kg	2.95E-5	3.03E-5	1	2.28	(3,5,5,3,3,nA)
air, low population density	Benzene	air	low population density			kg	3.71E-6	2.58E-7	1	2.28	(3,5,5,3,3,nA)
air, unspecified	Benzene	air	unspecified			kg	3.73E-6	3.84E-6	1	2.28	(3,5,5,3,3,nA)
air, low population density	Butadiene	air	low population density			kg	3.51E-6	2.44E-7	1	2.28	(3,5,5,3,3,nA)
air, unspecified	Butadiene	air	unspecified			kg	3.54E-6	3.64E-6	1	2.28	(3,5,5,3,3,nA)
air, low population density	Ethylene oxide	air	low population density			kg	3.39E-5	2.36E-6	1	2.28	(3,5,5,3,3,nA)
air, unspecified	Ethylene oxide	air	unspecified			kg	3.42E-5	3.52E-5	1	2.28	(3,5,5,3,3,nA)
air, low population density	water	air	low population density			kg	2.30E-1	1.60E-2	1	1.15	(2,3,2,2,1,nA)
air, unspecified	water	air	unspecified			kg	2.32E-1	2.39E-1	1	1.15	(2,3,2,2,1,nA)
air, low population density	Hydrogen chloride	air	low population density			kg	1.60E-7	1.11E-8	1	2.28	(3,5,5,3,3,nA)
air, unspecified	Hydrogen chloride	air	unspecified			kg	1.61E-7	1.66E-7	1	2.28	(3,5,5,3,3,nA)
air, low population density	Cadmium	air	low population density			kg	1.86E-9	1.29E-10	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
air, unspecified	Cadmium	air	unspecified			kg	1.87E-9	1.93E-9	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
air, low population density	Copper	air	low population density			kg	3.16E-7	2.20E-8	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
air, unspecified	Copper	air	unspecified			kg	3.18E-7	3.27E-7	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
air, low population density	Chromium	air	low population density			kg	9.29E-9	6.47E-10	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
air, unspecified	Chromium	air	unspecified			kg	9.35E-9	9.63E-9	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
air, low population density	Nickel	air	low population density			kg	1.30E-8	9.05E-10	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
air, unspecified	Nickel	air	unspecified			kg	1.31E-8	1.35E-8	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
air, low population density	Selenium	air	low population density			kg	1.86E-9	1.29E-10	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
air, unspecified	Selenium	air	unspecified			kg	1.87E-9	1.93E-9	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
air, low population density	Zinc	air	low population density			kg	1.86E-7	1.29E-8	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
air, unspecified	Zinc	air	unspecified			kg	1.87E-7	1.93E-7	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
air, low population density	Lead	air	low population density			kg	3.72E-9	2.59E-10	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
air, unspecified	Lead	air	unspecified			kg	3.74E-9	3.85E-9	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
air, low population density	Mercury	air	low population density			kg	1.30E-11	9.05E-13	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
air, unspecified	Mercury	air	unspecified			kg	1.31E-11	1.35E-11	1	5.34	(4,5,3,1,3,nA)
air, low population density	Heat, waste	air	low population density			MJ	8.47E+0	5.90E-1	1	1.15	(2,3,2,2,1,nA)
air, unspecified	Heat, waste	air	unspecified			MJ	8.53E+0	8.78E+0	1	1.15	(2,3,2,2,1,nA)

(Ecoinvent 2007, s. 158)

Livscyklusdata for produktion af fly:

Table 7-15: Input data for the manufacturing of aircrafts

	Name	Location	Unit	aircraft, medium haul	aircraft, long haul	aircraft, freight	aircraft, passenger	Uncertainty Type	Standard Deviation 95 %	General Comment
product	aircraft, medium haul	RER	unit	1.00E+0						
	aircraft, long haul	RER	unit		1.00E+0					
	aircraft, freight	RER	unit			1.00E+0				
	aircraft, passenger	RER	unit				1.00E+0			
technosphere	aluminium, production mix, at plant	RER	kg	5.49E+4	2.16E+5	2.10E+5	1.64E+6	1	1.50	(5,na,na,na,na,na); estimate from literature
	polyethylene, HDPE, granulate, at plant	RER	kg	6.10E+3	2.40E+4	2.37E+4	1.82E+4	1	1.50	(5,na,na,na,na,na); estimate from literature
	natural gas, burned in industrial furnace >100kW	RER	MJ	7.11E+6	1.80E+7	1.74E+7	1.44E+7	1	1.07	(1,2,1,1,1,1); environmental report
	electricity, medium voltage, production UCTE, at grid	UCTE	kWh	1.39E+6	3.51E+6	3.40E+6	2.82E+6	1	1.07	(1,2,1,1,1,1); environmental report
	light fuel oil, burned in industrial furnace 1MW, non-modulating	RER	MJ	3.74E+5	3.51E+6	9.17E+5	7.60E+6	1	1.09	(1,2,2,1,1,1); environmental report
	tap water, at user	RER	kg	4.50E+6	1.14E+7	1.10E+7	9.14E+6	1	1.22	(4,2,1,1,1,1); environmental report and own assumptions
	transport, freight, rail	RER	tkm	1.22E+4	4.80E+4	4.68E+4	3.63E+4	1	2.28	(4,5,na,na,na,na); standard transport distances
	transport, lorry 32t	RER	tkm	3.05E+3	1.20E+4	1.17E+4	9.09E+3	1	2.28	(4,5,na,na,na,na); standard transport distances
	treatment, sewage, unpolluted, to wastewater treatment, class 3	CH	m3	1.61E+6	4.07E+6	3.93E+6	3.26E+6	1	1.22	(4,2,1,1,1,1); environmental report and own assumptions
emissions to air	NM VOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin		kg	6.30E+3	1.60E+4	1.54E+4	1.28E+4	1	2.00	(1,2,1,1,1,1); environmental report
	Heat, waste		MJ	4.99E+6	1.26E+7	1.22E+7	1.01E+7	1	1.07	(1,2,1,1,1,1); standard values

(Ecoinvent 2007, s 161)

Livscyklusdata for konstruktion af lufthavn:

Table 7-24: Life cycle inventory input for airport construction

	Name	Location	Unit	airport	Uncertainty Type	Standard Deviation 95%	General Comment
product	airport	RER	unit	1.00E+0			
technosphere	concrete, excavating, at plant	CH	m3	2.20E+4	1	1.24E+0	(4,3,3,3,1,1); literature and own adjustments
	gravel, crushed, at mine	CH	kg	2.39E+7	1	1.24E+0	(4,3,3,3,1,1); literature and own adjustments
	reinforcing steel, at plant	RER	kg	1.80E+6	1	1.24E+0	(4,3,3,3,1,1); literature and own adjustments
	diesel, burned in building machine	GLO	MJ	2.51E+7	1	2.06E+0	(4,3,3,3,1,1); literature and own adjustments
	electricity, medium voltage, at grid	CH	kWh	3.57E+6	1	1.24E+0	(4,3,3,3,1,1); literature and own adjustments
	excavation, skid-steer loader	RER	m3	7.47E+4	1	2.06E+0	(4,3,3,3,1,1); literature and own adjustments
	building, hall	CH	m2	2.80E+5	1	3.09E+0	(4,3,1,3,3,1); standard modules applied with own assumptions
	building, multi-storey	RER	m3	1.62E+6	1	3.09E+0	(4,3,1,3,3,1); standard modules applied with own assumptions
	transport, lorry 28t	CH	tkm	1.82E+6	1	2.09E+0	(4,5,na,na,na,na,na); standard distance
emissions to air	Heat, waste	-	MJ	1.28E+7	1	1.24E+0	(4,3,3,3,1,1); standard value

(Ecoinvent 2007, s 166)

Livscyklusdata for drift af lufthavn:

Table 7-25: Life cycle inventory input for airport operation (including land use)

	Name	Location	Unit	operation, maintenance, airport	Uncertainty Type	Standard Deviation 95%	General Comment
product	operation, maintenance, airport	RER	unit	1.00E+0			
technosphere	electricity, medium voltage, at grid	CH	kWh	1.72E+8	1	1.24	(1,4,1,1,3,1): environmental report and own calculations
	natural gas, burned in industrial furnace >100KW	RER	MJ	5.76E+8	1	1.24	(1,4,1,1,3,1): environmental report and own calculations
	light fuel oil, burned in industrial furnace 1MW, non-modulating	RER	MJ	1.04E+8	1	1.24	(1,4,1,1,3,1): environmental report and own calculations
	diesel, at regional storage	CH	kg	3.23E+6	1	1.24	(1,4,1,1,3,1): environmental report and own calculations
	petrol, unleaded, at regional storage	CH	kg	6.16E+6	1	1.24	(1,4,1,1,3,1): environmental report and own calculations
	ethylene glycol, at plant	RER	kg	4.10E+5	1	2.00	environmental report. Value represent the geometrical mean of 3 years.
	propylene glycol, liquid, at plant	RER	kg	1.64E+6	1	1.70	environmental report. Value represent the geometrical mean of 3 years.
	tap water, at user	RER	kg	7.79E+8	1	1.24	(1,4,1,1,3,1): environmental report and own calculations
disposal	treatment, sewage, unpolluted, to wastewater treatment, class 3	CH	m ³	1.32E+6	1	1.24	(1,4,1,1,3,1): environmental report and own calculations
emissions to air	Carbon dioxide, fossil	--	kg	1.21E+7	1	1.24	(1,4,1,1,3,1): environmental report and oral communication
	Carbon monoxide, fossil	--	kg	7.14E+3	1	5.07	(1,4,1,1,3,1): environmental report and oral communication
	NM VOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	--	kg	2.37E+6	1	1.58	(1,4,1,1,3,1): environmental report and oral communication
	Nitrogen oxides	--	kg	5.21E+4	1	1.58	(1,4,1,1,3,1): environmental report and oral communication
	Heat, waste	--	MJ	7.66E+8	1	1.05	standard value
emissions to water	BOD5, Biological Oxygen Demand	--	kg	6.61E+5	1	6.00	20% of the amount of ethylene glycol and propylene glycol are accounted for. Uncertainties due to uncertainties in input and uncertainties about the assumption of percentage.
	DOC, Dissolved Organic Carbon	--	kg	2.02E+6	1	6.00	20% of the amount of ethylene glycol and propylene glycol are accounted for. Uncertainties due to uncertainties in input and uncertainties about the assumption of percentage.
	TOC, Total Organic Carbon	--	kg	2.02E+6	1	6.00	20% of the amount of ethylene glycol and propylene glycol are accounted for. Uncertainties due to uncertainties in input and uncertainties about the assumption of percentage.
	COD, Chemical Oxygen Demand	--	kg	6.61E+5	1	6.00	20% of the amount of ethylene glycol and propylene glycol are accounted for. Uncertainties due to uncertainties in input and uncertainties about the assumption of percentage.
land use	Occupation, industrial area, built up	--	m ² a	4.00E+5	1	1.58	(1,4,1,1,3,1): environmental report and oral communication
	Occupation, industrial area, vegetation	--	m ² a	5.50E+6	1	1.58	(1,4,1,1,3,1): environmental report and oral communication
	Occupation, traffic area, road network	--	m ² a	2.90E+6	1	1.58	(1,4,1,1,3,1): environmental report and oral communication
	Transformation, from unknown	--	m ²	8.80E+4	1	2.06	(1,4,1,1,3,1): environmental report and oral communication
	Transformation, to industrial area, built up	--	m ²	4.00E+3	1	2.06	(1,4,1,1,3,1): environmental report and oral communication
	Transformation, to industrial area, vegetation	--	m ²	5.50E+4	1	2.06	(1,4,1,1,3,1): environmental report and oral communication
	Transformation, to traffic area, road network	--	m ²	2.90E+4	1	2.06	(1,4,1,1,3,1): environmental report and oral communication

(Ecoinvent 2007, s. 167)

Livscyklusdata for bortskaffelse af lufthavn:

Table 7-26: Life cycle inventory input for airport disposal

	Name	Location	Unit	disposal, airport	Uncertainty Type	Standard Deviation 95%	General Comment
product	disposal, airport	RER	unit	1.00E+0			
technosphere	excavation, skid-steer loader	RER	m ³	2.10E+4	1	2.10	(4,3,1,3,1,5): iterate and own adjustments
	transport, lorry 28t	CH	tkm	1.15E+6	1	2.09	(4,5,na,na,na,na): standard distance
disposal	disposal, inert waste, 5% water, to inert material landfill	CH	kg	4.83E+7	1	2.00	iterate and own adjustments

(Ecoinvent 2007, s. 167)