

# Vurdering af mulighederne for at erstatte kraftige drivhusgasser (HFC'er, PFC'er og SF<sub>6</sub>)

November 2001

Per Henrik Pedersen  
Civilingeniør

Teknologisk Institut, Energi  
Gregersensvej  
Postboks 141  
2630 Taastrup

Tlf: 72 20 25 13  
Fax: 72 20 25 00

E-mail: [Per.Henrik.Pedersen@teknologisk.dk](mailto:Per.Henrik.Pedersen@teknologisk.dk)



# Indhold

<b>Forord</b>	<b>5</b>
<b>Resume</b>	<b>7</b>
<b>1 Baggrund</b>	<b>8</b>
<b>2 Projektets formål og organisering</b>	<b>10</b>
<b>3 Anvendelse af HFC-stoffer og erstatningsmuligheder herfor</b>	<b>12</b>
3.1 <i>Køleindustrien</i>	12
3.1.1 Husholdningskøleskabe og fryserne	13
3.1.2 Kommercielle køleskabe og fryserne	14
3.1.3 Kommercielle køleanlæg	16
3.1.4 Industrielle køleanlæg	20
3.1.5 Mobile køleanlæg	21
3.1.6 Varmepumper	22
3.1.7 Luftkonditioneringsanlæg	23
3.1.8 Lavtemperaturanlæg	24
3.2 <i>Polyurethanskum</i>	25
3.2.1 Isoleringsskum	25
3.2.2 Fugeskum	26
3.2.3 Fleksibelt skumplast	27
3.2.4 XPS-skum	27
3.3 <i>Brandslukningsmiddel</i>	27
3.4 <i>Drivmiddel i aerosolbeholdere og "tågehorn"</i>	28
3.5 <i>Andre forbrugsområder</i>	29
<b>4 Brug af PFC-stoffer</b>	<b>30</b>
4.1 <i>PFC i kølemiddelblanding</i>	30
4.2 <i>Andre anvendelser af PFC-stoffer</i>	31
<b>5 Forbrug af SF<sub>6</sub> og erstatningsmuligheder herfor</b>	<b>32</b>
5.1 <i>Støjisolerende termoruder</i>	32
5.2 <i>Beskyttelsesgas i letmetalstøberier</i>	33
5.3 <i>Isolatorgas i elektriske kraftafbrydere</i>	34
5.4 <i>Sporgas og andre laboratorieformål</i>	35
5.5 <i>Mikrochips</i>	35
5.6 <i>Eventuelle andre anvendelser af SF<sub>6</sub></i>	37
<b>6 Vurderinger og anbefalinger</b>	<b>38</b>
6.1 <i>Konkrete projekter (udvikling af ny teknologi og produkter)</i>	39
6.2 <i>Kølebranchens handlingsplan</i>	41

6.3	<i>Samlet vurdering af behovet for støtte</i>	41
	<b>Appendiks A: Oversigt over kølemidler og kølemiddelblandinger</b>	<b>44</b>
	<b>Appendiks B: Kommercielle køleanlæg</b>	<b>46</b>
	<i>B.1 Anlægstyper</i>	47
	<i>B.2 Applikationer</i>	48
	<i>B.3 Vurdering</i>	54
	<b>Appendiks C: Kølebranchens handlingsplan</b>	<b>60</b>

# Forord

Der skete midt i 1990'erne en stigning i det danske forbrug af kraftige drivhusgasser i takt med, at forbruget af CFC, HCFC og andre ozonlagnedbrydende stoffer blev afviklet.

## *Erstatning for CFC*

Det er især brug af HFC-stoffer, som steg. Disse stoffer bruges som erstatning for CFC og HCFC til visse formål, især inden for køling og opblæsning af polyurethanskum. Parallelt hermed skete en anden udvikling, idet der til mange formål blev udviklet mere miljøvenlige alternativer som f.eks. kulbrinter i spraydåser, cyclopentan i isoleringsskum i køleskabe og fjernvarmerør samt kulbrinter, ammoniak og vand i forskellige typer af køleanlæg.

## *Kunstigt fremstillede stoffer*

CFC'er (fuldt halogenerede chlorfluorcarboner), HCFC'er (hydrochlorfluorcarboner), HFC'er (hydrofluorcarboner), PFC'er (fuldt halogenerede fluorcarboner) og SF<sub>6</sub> (svovlhexafluorid) er alle kunstigt fremstillede stoffer. Stofferne er tillige ret stabile og har en lang levetid i atmosfæren, dette gælder i særdeleshed de fuldt halogenerede stoffer: CFC'er, PFC'er og SF<sub>6</sub>.

## *Ozonlagnedbrydende stoffer*

CFC'er og HCFC'er er ozonlagnedbrydende stoffer og er omfattet af en international konvention (Montreal-protokollen), som sikrer en afvikling af disse stoffer. Forbruget af CFC er (med enkelte undtagelser) forbudt i Danmark. Det danske forbrug af HCFC er faldende og skal helt ophøre inden år 2002.

HFC'er, PFC'er og SF<sub>6</sub> bidrager ikke til nedbrydning af ozonlaget, da stofferne ikke indeholder chlor eller brom. Til gengæld bidrager disse stoffer til drivhuseffekten. Drivhusgasser er reguleret af FN's Klimakonvention. Stofferne er kommet med på listen over drivhusgasser (i Kyoto-protokollen), som landene skal reducere emissionen af. Stofferne indgår på linie med kuldioxid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) og lattergas (N<sub>2</sub>O).

## *Dansk forbrug*

Der var i 1999 i Danmark et forbrug på ca. 980 tons HFC-stoffer. Det tilsvarende forbrug af SF<sub>6</sub> var ca. 13 tons, og forbruget af PFC'er var ca. 8 tons.

Dette er baggrunden for, at Miljøstyrelsen har bevilget tilskud til nærværende projekt.

## *Afvikling af HFC*

Miljøstyrelsen har netop udsendt udkast til bekendtgørelse om afvikling af kraftige drivhusgasser (HFC'er, PFC'er og SF<sub>6</sub>). Disse stoffer har GWP (Global Warming Potential) fra 140 til 23.900 sammenlignet med CO<sub>2</sub>, som pr. definition har GWP på 1.

I løbet af en årrække forventes det, at emissionen af disse stoffer vil nå op på det, som svarer til ca. 2,5 til 3% af emissionen af CO<sub>2</sub> i Danmark.

Derfor ønsker regeringen at begrænse forbruget og dermed udslippet af disse stoffer.

I forbindelse med finansloven for 2001 blev der indført en afgift på HFC, PFC og SF<sub>6</sub>, og i den forbindelse blev det vedtaget, at der i løbet af 2001 skal gennemføres en undersøgelse af, hvor der skal gøres en ekstra indsats

for at afvikle brugen af stofferne så hurtigt som muligt med mindst mulige ekstraomkostninger.

Med den ekstra indsats kan tænkes støtte til udvikling af ny teknologi, bygning og test af demonstrationsanlæg, udvikling af uddannelse i brug af nye kølemidler og forceret implementering til gavn for miljøet m.v.

Teknologisk Institut har udarbejdet rapporterne ”Erstatning af kraftige drivhusgasser” for Miljøstyrelsen (Miljøprojekt nr. 456, 1999) og ”Ways of Reducing Potent Greenhouse Gases” for Nordisk Ministerråd (Tema Nord 2000:552).

Denne nye rapport skal ses i sammenhæng med de to ovennævnte rapporter, idet der i dette nye arbejde er fokuseret på områder, hvor situationen er forandret, eller hvor der er specielle problemer. Der er især lagt vægt på det kommercielle køleområde, hvor problemerne er de største og mest komplekse.

# Resume

Forbruget af de kraftige drivhusgasser: HFC'er, PFC'er og SF<sub>6</sub> udgør omkring 1000 tons pr. år (1999). Hvis hele denne mængde emitteres til atmosfæren, vil det svare til en emission på ca. 1,8 millioner tons CO<sub>2</sub>. Til sammenligning var den danske CO<sub>2</sub>-emission på 55,7 millioner tons i 1999. Den aktuelle emission af disse stoffer er imidlertid lavere, idet en stor del af stofferne bliver akkumuleret i produkter.

Langt hovedparten af forbruget udgøres af HFC-stoffer, der benyttes som alternativ til de ozonlagnedbrydende stoffer CFC'er og HCFC'er. Derfor skete der en kraftig vækst i forbruget af HFC-stoffer igennem 1990'erne. Forbruget er dog stagneret, og der er i de sidste par år sket et lille fald.

Der er i de senere år udviklet og implementeret ny teknologi uden kraftige drivhusgasser på en række områder, f.eks. køleskabe, store køleanlæg, isoleringsskum, fleksibelt skumplast, støjisolerende vinduer og magnesiumproduktion.

På nogle områder er der dog betydningsfulde problemer med at benytte alternativ teknologi, det gælder især mindre kommercielle køleanlæg med køleydelse under 20 – 30 kW og under 10 kg kølemiddelfyldning.

Formålet med dette projekt har været at vurdere mulighederne og behov for støtte, for at erhvervslivet i Danmark kan opfylde Miljø- og Energiministeriets udkast (fra februar 2001) til bekendtgørelse om afvikling af kraftige drivhusgasser.

I rapporten er peget på en række konkrete udviklingsprojekter og på en branchehandlingsplan for kølebranchen. Disse projekter er beskrevet i kapitel 6 i denne rapport.

De beskrevne projekter kan udføres i perioden 2002 – 2005. Den samlede nødvendige støtte i denne periode er vurderet til at være ca. 100 mill. kr. eller ca. 25 mill. kr. pr. år.

# 1 Baggrund

## Forbrug

I Danmark brugte industrien i 1999 ca. 980 tons HFC-stoffer, ca. 13 tons SF<sub>6</sub> og ca. 8 tons PFC-stoffer. I nedenstående tabel er der givet en oversigt over forbruget og miljøeffekterne heraf:

	Forbrug i 1999 i tons	GWP (100 år)	CO <sub>2</sub> -ækvivalenter, tons	Atmosfærisk levetid, år
HFC-134a	644,6	1.300	838.000	14,6
HFC-152a	35,8	140	5.000	1,5
R-404A	193,5	3.260	631.000	36,6, 48,3 og 14,6
Andre HFC'er	104,2	diverse	(160.000)	diverse
SF <sub>6</sub>	12,7	23.900	304.000	3.200
PFC (C <sub>3</sub> F <sub>8</sub> )	7,9	7.000	55.000	2.600
Sum	998,7		1.833.000	

*Forbrugstallene er fra Miljøstyrelsens kortlægning af ozonlagnedbrydende stoffer og kraftige drivhusgasser, 1999 (Miljøstyrelsen 1991). Denne rapport er udarbejdet af Tomas Sander Poulsen, COWI.*

## 3% af CO<sub>2</sub>-emission

Det ses, at hvis hele denne stofmængde undslipper til atmosfæren, vil det medføre et forøget udslip af drivhusgasser svarende til ca. 1,83 millioner tons, hvilket svarer til godt 3% af den danske emission af CO<sub>2</sub> (55,7 millioner tons i 1999). Det skal pointeres, at tallet repræsenterer råvareforbruget og dermed det potentielle udslip af disse stoffer. Det reelle udslip vil afhænge af omfanget af opsamling og destruktion af disse stoffer.

Forbruget af HFC-stofferne har været i kraftig vækst, idet disse i nogle tilfælde benyttes til erstatning af CFC- og HCFC-stoffer. Forbruget er dog stagnerende, og der er et lille fald i forbruget fra 1998 til 1999.

Miljømæssigt er det bedre at benytte HFC-stoffer end CFC- og HCFC-stoffer, idet belastningen på ozonlaget herved elimineres. CFC- og HCFC-stoffer er endvidere meget kraftige klimagasser, idet der dog er uenighed om stoffernes nøjagtige bidrag til drivhuseffekten. Stofferne bidrager med to modsatrettede effekter: De er meget kraftige drivhusgasser med GWP-værdier på f.eks. 4.000 (CFC-11), 8.500 (CFC-12) og 1.700 (HCFC-22). Til gengæld bidrager stofferne til nedbrydning af stratosfærisk ozon, som også er en drivhusgas.

Det skal ligeledes nævnes, at bidraget til drivhuseffekten fra forskellige HFC-stoffer spænder bredt, idet der er GWP-værdier fra 140 (HFC-152a) til 11.700 (HFC-23).

## Hidtidig indsats

## Miljøstyrelsen

Igennem Miljøstyrelsens programmer (bl.a. Renere Produkt-programmet) er støttet en del aktiviteter for at udvikle produkter og produktionsprocesser, som ikke gør brug af HFC eller andre kraftige drivhusgasser. Der er i samarbejde med industrien bl.a. udviklet køleskabe og præisolerede fjernvarmerør med kulbrinter som blæsemiddel i isoleringsskummet,



supermarkedsanlæg med naturlige kølemidler, brug af vand og inerte gasser i brandslukningsudstyr m.m.

#### *Naturlige kølemidler*

Ved naturlige kølemidler menes forbrug af stoffer, som i forvejen indgår i naturens kredsløb, dvs. ammoniak, kulbrinter, CO<sub>2</sub>, vand og luft. Nogle af disse kølemidler kan være kemisk fremstillede, f.eks. ammoniak.

#### *Energistyrelsen*

Energistyrelsen støtter ligeledes udvikling af nye energibesparende køleanlæg, som gør brug af naturlige kølemidler. Der kan nævnes udvikling af køleanlæg med vand som kølemiddel ("LEGO-anlægget"), udvikling af kommercielle køleskabe (flaskekølere, iscremefrysere og storkøkkenapparater) med kulbrinter som kølemiddel samt ammoniak køleanlæg som demonstrationsprojekt på et stort cityhotel.

Det bør nævnes, at det samlede forbrug af CFC-stoffer var knap 6.000 tons pr. år i slutningen af 1980'erne. De fleste tidligere anvendelser af CFC er således erstattet af stoffer, som er naturligt forekommende, bl.a. kulbrinter i spraydåser, kulbrinter i isoleringsskum og i visse køleanlæg, vand til rensning af elektroniske komponenter, ammoniak i visse køleanlæg m.v.

## 2 Projektets formål og organisering

### *Formål*

Formålet med projektet er inden for hver anvendelsesområde at beskrive:

- Beskrivelse af området og hvorfor der benyttes en kraftig drivhusgas
- Findes der alternativ teknologi? Hvis ikke, er der nogen, der arbejder med udvikling af alternativ teknologi, og hvor stor er sandsynligheden for, at dette arbejde ender succesfuldt inden 2004/05? Kan der gøres yderligere indsats for at fremme alternativer?
- Implementeringsgraden af alternativ teknologi
- Vurdering af implementeringsgraden i de kommende 5 år
- Relativ meromkostning af alternativ teknologi
- Er de relevante brancher gearret til at benytte (og servicere) den alternative teknologi? Hvis ikke, hvad kan gøres for at få branchen gearret til det (herunder uddannelse/efteruddannelse)?
- Er relevante halvfabrikata/komponenter kommercielt tilgængelige? Hvis ikke, hvornår sker det?
- Er der andre barrierer for indførelse af alternative teknologi (større energiforbrug, problemer med kvalitet, problemer med sikkerhed m.v.)?

Der er i rapporten foretaget en samlet vurdering af behovet for støtte (herunder vurdering af størrelsesorden for støttebeløb) til at udvikle alternativ teknologi, således at brugen af kraftige drivhusgasser kan afvikles så hurtigt som muligt.

### **Metode**

Projektet er baseret på de tidligere projekter, som er nævnt i forordet, idet der er foretaget fornyet henvendelse til relevante brancher og/eller industrivirksomheder med det formål at belyse implementeringsgraden for alternativ teknologi og vurdere behov for udviklingsaktiviteter.

Det skal i den forbindelse understreges, at der er lagt stor vægt på brancheorganisationers og industrivirksomhedernes syn på sagen.

### **Følgegruppe**

Miljøstyrelsen har nedsat en følgegruppe til projektet. Denne består af:

Helle Juhler-Kristoffersen, Dansk Industri  
Teddy Hansen, Autoriserede Kølefirmaers Branche forening (AKB)  
Tarjei Haaland, Greenpeace  
Dorte Maimann, Energistyrelsen  
Frank Jensen, Miljøstyrelsen (Formand)

### **Projektudførende**

Projektet er udført af civilingeniør Per Henrik Pedersen, Teknologisk Institut, Energi.

### **Arbejdets organisering**

Rapporten er inddelt efter stoftyper. Kapitel 3 omhandler således forbruget af HFC-stoffer og erstatninger herfor. Kapitel 4 omhandler på samme måde forbruget af PFC-stoffer, og kapitel 5 omhandler forbruget af SF<sub>6</sub> og mulige erstatninger herfor.

### *Rapporten*

I projektet har Teknologisk Institut været i kontakt med en lang række danske virksomheder og teknologiske institutter for at fremskaffe viden. Dette er reflekteret i beskrivelserne af de enkelte forbrugsområder og erstatningsmuligheder.

#### *Nordisk rapport*

Teknologisk Institut har parallelt med denne rapport udarbejdet en tilsvarende rapport for Nordisk Ministerråd. Denne omhandler nogenlunde de samme emner som den danske rapport, idet der dog er gjort betydelig mere ud af visse emner som f.eks. forbrug af SF<sub>6</sub> i magnesiumproduktion, forbrug af SF<sub>6</sub> i forbindelse med produktion af kraftafbrydere og emission af PFC-stoffer i forbindelse med aluminiumsproduktion. Det er industriområder, som er typiske for andre nordiske lande.

Den danske rapport gør til gengæld mere ud af emner, som er specifikt dansk som f.eks. produktion af køleskabe, kommercielle køleanlæg, kølecontainere og støjisolerende vinduer.

Appendiks B i nærværende rapport er udarbejdet i samarbejde med det nordiske projekt og vil ligeledes indgå i den nordiske rapport. Dette appendiks er udarbejdet i samarbejde med civilingeniør Kim Gardø Christensen, Teknologisk Institut, Energi.

## 3 Anvendelse af HFC-stoffer og erstatningsmuligheder herfor

HFC (hydrofluorcarboner) er betegnelsen for en række stoffer, som er fremstillet ved at placere et antal fluoratomer på kulbrinter, dog således, at der stadig er brintatomer tilbage i molekylet. De mest almindelige HFC-stoffer er:

	Kemisk formel	Normalkokepunkt (°C)	GWP (100 år)	Atmosfærisk levetid (år)
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	- 82,1	11.700	264
HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	- 51,7	650	5,6
HFC-125	C <sub>2</sub> HF <sub>5</sub>	- 48,4	2800	32,6
HFC-134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	- 26,5	1300	14,6
HFC-143a	CF <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	- 47,5	3800	48,3
HFC-152a	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub>	- 24,2	140	1,5
HFC-227ea	C <sub>3</sub> HF <sub>7</sub>	- 17,3	2900	36,5

### *Blandinger*

Ofte ser man betegnelsen R-134a, hvor "R" står for Refrigerant. Man ser også betegnelsen HFA-134a. Det er det samme som HFC-134a. I kølemidler indgår HFC-stoffer ofte i blandinger, og disse er tit nummereret med R-400-serien eller R-500-serien. I appendiks A er der givet en oversigt over kølemidler og kølemiddelblandinger.

HFC-stofferne bruges i Danmark hovedsagelig som kølemidler i køleanlæg og til opblæsning af polyurethanskum. HFC-stoffer bruges dog også til en række mindre formål, herunder som drivmiddel i specielle aerosoler. I udlandet bruges HFC til specielle brandslukningsformål.

Dette kapitel er opdelt i afsnit efter hovedforbrugsområder. I afsnit 3.1 behandles køleindustrien, og dette afsnit er opdelt i underafsnit som f.eks. husholdningskøleskabe og fryserne, kommercielle køleskabe og fryserne etc. I afsnit 3.2 behandles polyurethanskum og XPS-skum, og i afsnit 3.3 behandles brandslukning. I afsnit 3.4 behandles aerosolbeholdere, og i afsnit 3.5 behandles andre forbrugsområder for HFC-stoffer.

### **3.1 Køleindustrien**

#### *15.000 ansatte*

Danmark har en stor køleindustri med internationalt kendte firmaer som Danfoss, York Refrigeration, Gram, Vestfrost, Caravell, Elcold m.fl. Det vurderes, at der er omkring 15.000 ansatte i køleindustrien, som omsætter for mere end 15 milliarder kroner om året. Det er således en industri med stor betydning for dansk økonomi og beskæftigelse.

Køleindustrien fremstiller en lang række produkter, som spænder over et bredt spektrum. Det kan være køleskabe og fryserne, som der er en stor produktion af. Det kan ligeledes være industrielle køleanlæg, som York Refrigeration (tidligere Sabroe) er verdens største producent af. Det kan være komponenter til køleanlæg, som Danfoss er en af verdens største producenter af, og det kan være et mindre kølefirma, som samler et kommercielt køleanlæg i et supermarked.

I dette afsnit er køleindustrien opdelt efter hovedprodukter. Afsnit 3.1.1 omhandler husholdningskøleskabe og frydere. I dette afsnit er der medtaget både forbrug af HFC som kølemiddel i køleanlæggene og forbrug af HFC til opblæsning af isoleringsskum i kabinetterne, idet disse forbrugsområder hænger tæt sammen.

### 3.1.1 Husholdningskøleskabe og frydere

*1,5 millioner enheder om året*

Der findes 6 danske producenter af køleskabe og frydere: Vestfrost, Gram, Caravell, Derby, Frigor og Elcold. Disse producerer tilsammen ca. 1,5 millioner enheder om året, og langt de fleste eksporteres. Godt 1 million enheder er husholdningskølemøbler, og knap en halv million enheder er kommercielle kølemøbler.

Salget i Danmark af husholdningskøleskabe og frydere har i årevis været på ca. 300.000 stk./år, heriblandt er en stor del importerede køleskabe fra især Tyskland, Italien og Sverige.

*5.000 ansatte*

Det vurderes, at der er beskæftiget ca. 5.000 mennesker med at producere køleskabe, frydere og komponenter hertil. Der er altså tale om en branche med stor betydning for dansk økonomi og beskæftigelse.

Hele historien om afvikling af CFC-forbruget og senere HCFC-forbruget i husholdningskøleskabe og frydere er beskrevet i detaljer i rapporten fra 1998. Dette vil derfor ikke blive gentaget her.

Det skal dog nævnes, at alle de store producenter i Europa allerede for flere år siden gik over til at benytte cyclopentan til opblæsning af isoleringsskummet, og at markedsandelen for isobutan som kølemiddel er stigende, og mange steder udgør over 50%. I Tyskland udgør det tæt på 100%.

De nye kulbrintekøleskabe er fuldt ud lige så energieffektive som HFC-modeller, og der er ikke nogen merpris på råvarer og komponenter. Selve omstillingen fra CFC, HCFC eller HFC til kulbrinter koster mange penge. Denne investering er imidlertid foretaget for mange år siden hos de store producenter i Europa.

I Danmark foretog den største producent (Vestfrost) denne investering i 1993.

De mindre danske producenter har benyttet HFC (eller HCFC) til opblæsning af isoleringsskummet. HFC bliver brugt, fordi det stadig er lidt billigere end cyclopentan, da der kræves lidt mere plastmasse i skummet, når der benyttes cyclopentan. Dette aspekt er dog ved at blive udlignet med nye plastformuleringer.

Ifølge Miljøstyrelsens kortlægning blev der i 1999 benyttet 241,2 tons HFC-134a til opblæsning af isoleringsskum i ”køleskabe og frydere m.v.” Endvidere blev benyttet 204 tons HFC-134a og 24 tons R404A som kølemiddel i ”husholdnings- samt kommercielle køleskabe, frydere m.v.”

Flere af de mindre danske producenter har på det seneste skiftet produktionen til kulbrinter. Dette er især sket pga. indførelse af en miljøafgift på HFC-stofferne.

*420 modeller*

Elsparafonden har kortlagt antallet af kulbrintekøleskabe og kom frem til, at

der var mere end 420 modeller på det danske marked. Mange af disse importeres fra Tyskland, Sverige, Slovenien og Italien.

De danske producenter ønsker dog stadig at kunne fremstille enheder med HFC-kølemiddel til lande, der måtte ønske det.

Det gælder især USA, hvor det p.t. ikke kan lade sig gøre at sælge køleskabe med et brændbart kølemiddel. Det nye udkast til bekendtgørelse om forbud mod visse anvendelser af HFC'er, PFC'er og SF<sub>6</sub> tillader også produktion og eksport af køleskabe med HFC. Produkter med HFC, som eksporteres, vil ligeledes få refunderet afgiften på HFC.

#### *Økonomiske barrierer*

Den HFC-frie teknologi er tilstede, og det er udelukkende økonomiske barrierer, som kan være til hinder for at benytte den. De økonomiske barrierer består hovedsagelig af investeringer i fabriksanlæg, idet det oftest er nødvendigt at ombygge fabrikken for at skabe specielle brandsikre områder i forbindelse med opskunningsproces og i forbindelse med påfyldning af kølemiddel.

Der skal desuden investeres i et fyldeudstyr til kulbrinter. Endvidere skal personalet oplæres. Endelig skal de nye produkter godkendes, og der skal gennemføres laboratorietest for at måle energiforbrug m.v.

#### *Kulbrintekompressorer*

Det kan nævnes, at der er ved at blive introduceret en helt ny teknologi i kompressorer. Danfoss har således introduceret en serie kompressorer til husholdningsfrysere. Disse er til isobutan og kan køre med variabel hastighed. Herved kan opnås store energibesparelser, op til 30-40%.

Energibesparelsen fremkommer ikke på grund af kølemidlet, men snarere på grund af mulighed for at forbedre styringen af apparatet. De nye kompressorer er medtaget i Danfoss' produktprogram og forventes at have et stigende salg i de kommende år. Prisen er foreløbig noget højere end konventionelle kompressorer.

Det skal lige nævnes, at der p.t. ikke findes kulbrintekompressorer til jævnstrøm (12 V eller 24V), og at der benyttes HFC-134a som kølemiddel i små køleskabe og frysere til lastbiler, lystbåde og andre anvendelser til områder uden netspænding. Jævnstrømskompressorer til isobutan bør kunne udvikles, men det vil kræve en investering af kompressorproducenten, og dette vil forudsætte, at der er et marked for disse kompressorer.

#### *Vaccinekølere*

Der bliver i Danmark fremstillet et stort antal vaccinekølere til brug i bl.a. Indien, og det er WHO og UNICEF, som koordinerer køb af disse. Der kræves fra disse institutioner, at der benyttes HFC-134a som kølemiddel. Der er dog på det seneste kommet signaler om, at kulbrinter også vil være en mulighed i fremtiden. Dette kræver dog, at der etableres en infrastruktur til service m.v. af disse apparater i de lande, hvor de benyttes. Størstedelen af vaccinekølerne kører på 220 V vekselstrøm, men der bliver også produceret et mindre antal apparater med jævnstrømskompressorer, som bliver drevet af solceller.

### **3.1.2 Kommercielle køleskabe og frysere**

#### *Iscremefrysere og flaskekølere*

De samme virksomheder, som producerer husholdningskøleskabe og frysere (Vestfrost, Gram, Caravell, Derby, Frigor og Elcold), har en stor produktion af kommercielle køleskabe og frysere. Der er især tale om iscremefrysere og flaskekølere til butikker, men også i mindre grad køleskabe til hoteller, restauranter, bagerier o.l.

Når det drejer sig om flaskekølere og iscremefrysere, foregår produktionen på næsten samme måde, som hvis der var tale om husholdningskølemøbler. Produktionen er på knap en halv million enheder om året, og langt de fleste eksporteres.

Isoleringsskummet fremstilles på samme måde som nævnt ovenfor.

#### *Nye kompressorer*

Der har indtil for nyligt ikke været kompressorer til kulbrinter i den rigtige størrelse for de kommercielle apparater. Danfoss Compressors har nu et fuldt kompressorprogram til kulbrinter. De små kompressorer (til husholdningskøleskabe og frysere og mindre kommercielle enheder) benytter isobutan (R600a) som kølemiddel, mens de større kompressorer til andre kommercielle køleskabe og frysere benytter propan (R290) som kølemiddel. De vil passe til de fleste kommercielle kølemøbler.

#### *Coca-Cola og Unilever*

Der er i Danmark kørt to udviklingsprojekter, som er støttet af Energistyrelsen. I disse projekter er der benyttet en ny kompressor (udviklet af Danfoss Compressors), hvor der benyttes isobutan som kølemiddel, og hvor der kan køres med variabel hastighed.

I det ene projekt er der sammen med Coca-Cola, Vestfrost og Teknologisk Institut udviklet en ny type flaskekøler, som igennem field test af 40 apparater har vist en energibesparelse på ca. 40% sammenlignet med konventionelle flaskekølere. Besparelsen skyldes hovedsagelig mulighed for at tilpasse køleydelse til behovet og mere effektive ventilatorer m.v. Dette projekt har været medvirkende til, at Coca-Cola har besluttet til at standse indkøb af udstyr med HFC fra 2004 og til at sigte mod, at indkøbt udstyr skal have 40-50% mindre energiforbrug i 2010. Der blev leveret en variant af flaskekøleren til olympiaden i Sydney 2000, og Vestfrost markedsfører nu den nye flaskekøler i 3 varianter. Coca-Cola er verdens største producent af læskedrikke.

I det andet projekt viste test af 50 iscremefrysere med den samme kompressor en besparelse på ca. 50%. Dette projekt udførtes i et samarbejde mellem Frisko Is (Unilever), Caravell A/S og Teknologisk Institut. Besparelsen skyldes igen tilpasning af køleydelse og kuldebehov samt bedre glaslåger.

Unilever har på tilsvarende måde som Coca-Cola besluttet at afvikle indkøb af HFC-indeholdende apparater fra 2005. Unilever er verdens største producent af iscreme.

Der kører for tiden et projekt mellem Gram Commercial A/S, Teknologisk Institut og flere potentielle købere og brugere af storkøkkenapparater. I dette projekt er udviklet nye typer af storkøkkenapparater med propan som kølemiddel og med en energibesparelse på ca. 50%. Der skal i november 2001 opsættes 10 nye køleskabe og 10 nye frysere til field test i udvalgte storkøkkener. Gram Commercial planlægger en snarlig markedsføring.

#### *150 gram*

Den nugældende standard for husholdningskøleskabe og frysere (DS/EN60335-2-24 "Sikkerhed af elektriske apparater til husholdningsbrug og lignende. Del 2: Særlige bestemmelser for køleskabe, frysere og ismaskiner") specificerer, at kølemiddelfyldningen for brændbare kølemidler er begrænset til 150 gram. Denne standard omfatter egentlig ikke køl og frys til kommercielt brug, men det vurderes, at de fleste kommercielle køleskabe og frysere vil have en kølemiddelfyldning, som er mindre end denne mængde.

Der er dog endnu ikke set store flaskekølere (2- eller 3-dørsmodeller) med kulbrinter som kølemiddel. Det anbefales at igangsætte et projekt på dette område for blandt andet at vise, at man kan benytte kulbrinter.

### 3.1.3 Kommercielle køleanlæg

Kommercielle køleanlæg er anlæg, som f.eks. anvendes til køling i supermarkeder, specialbutikker, hotel- og restaurationer og i EDB-rum. Det kan også være mindre køleanlæg i industrien.

#### *Supermarkeder*

Typiske kommercielle køleanlæg haves f.eks. i supermarkeder, hvor der hidtil er benyttet direkte køling. Kølekompressorerne står i et maskinrum separat fra kølestedet. Kølemiddelvæske sendes via lange rør ind i butikken, hvor den fordamper i kølefladerne i frysefondoler, kølegondoler eller andre kølemøbler i butikken.

Kølemiddelgassen suges retur til kompressorerne. Dette princip eksisterer i utallige forskellige varianter og størrelser, lige fra små bagere eller slagtere til EDB-centraler, over hoteller og restauranter til meget store varehuse med måske mere end 50 kølesteder.

I afsnit 3.1.7 beskrives luftkonditioneringsanlæg, men det bør nævnes, at der ikke er en skarp overgang mellem kommercielle køleanlæg og luftkonditioneringsanlæg. Man vil ofte se anlæg som har flere kølesteder, heriblandt luftkonditionering.

Tidligere blev der benyttet CFC- eller HCFC-baserede kølemidler som R-502, HCFC-22 og CFC-12. I de senere år er mange anlæg blevet konverteret til HFC-baserede kølemidler som HFC-134a eller R-404A. De nye anlæg, som er bygget i de senere år, er ligeledes med HFC-kølemidler.

Fornyelig er der (i Danmark og i udlandet) bygget nogle anlæg med indirekte køling (se senere).

#### *Lækage*

Det kommercielle køleområde er det mest "brogede" område inden for køleindustrien. Der er et stort antal virksomheder, som sælger og installerer køleanlæg. Køleanlæggene sammensættes af standardkomponenter, som indkøbes. Der er ofte meget lange rørstrækninger involveret, og lækage-raten har tidligere været meget stor, dvs. af størrelsesordenen 20-25% af kølemiddelfyldningen om året.

AKB (Autoriserede Kølefirmaers Brancheforening) og de to køleforeninger (Dansk Køleforening og Selskabet for Køleteknik) har i de senere år ydet en stor indsats for at fremme kvaliteten, således at anlæggene bliver mere tætte. Det betyder, at emissionen af nyere anlæg er reduceret til af størrelsesordenen 10% om året.

#### *Stor økonomisk værdi*

De kommercielle køleanlæg udgør en meget stor økonomisk værdi, idet der er mange af dem. Samtidig er der et utal af varianter af køleanlæg, og derfor er der i appendiks B gennemført en analyse af de forskellige typer og status for alternative anlæg, som ikke benytter HFC-kølemiddel.

Ifølge Miljøstyrelsens opgørelse /1/ blev der i 1999 benyttet 319 tons HFC-kølemiddel på "Kommercielle stationære køleanlæg og A/C-anlæg".



	Forbrug i 1999, tons
HFC-134a	110,6
R-404A	135,5
R-401A	15
R-407C	40
R-402A	8
R-507A	10
I alt	319,1

*Forbrug af HFC-kølemiddel i kommercielle stationære køleanlæg og A/C-anlæg i 1999. Tallene er fra Miljøstyrelsens årlige opgørelse, som foretages af COWI.*

### KMO

På grund af den store økonomiske værdi af eksisterende kommercielle køleanlæg vil det være fornuftigt at lade de eksisterende anlæg køre videre, men gøre dem så tætte som muligt. Når de skal skrottes, skal man selvsagt sørge for at opsamle kølemidlet og lade det indgå i KMO (Kølebranchens MiljøOrdning). Her vil det enten blive rensset og genanvendt, eller det vil blive sendt til destruktion.

KMO er en frivillig ordning i kølebranchen og har fået økonomisk støtte fra Miljøstyrelsen.

### Naturlige kølemidler

Ved naturlige kølemidler forstås stoffer, som i forvejen indgår i naturens kredsløb, f.eks. ammoniak, kulbrinter, CO<sub>2</sub>, vand og luft.

Der er bygget anlæg i Danmark og i udlandet, hvor der benyttes naturlige kølemidler til supermarkedsanlæg. Der er tale om enten ammoniak eller kulbrinter som kølemiddel. Da disse ikke må sendes ind i selve butikken, skal der benyttes indirekte køling, dvs. der må indføres et sekundært kølemiddel (brine).

I Sverige har Bonus Energi (et selskab under York Refrigeration) bygget omkring 400 "Chillers" med kulbrinter siden 1996. De fleste er til luftkonditionering, men der er nogle stykker installeret i supermarkeder.

I Danmark er der bygget to demonstrationsanlæg med kulbrinter i supermarkeder i hhv. Odense og Beder syd for Aarhus.

### Ny analyse

Teknologisk Institut har gennemført en ny analyse af kommercielle køleanlæg. Analysen, som er gengivet i appendiks B, beskriver, om der eksisterer alternativer til en given applikation, estimerer ekstraomkostninger ved HFC-fri anlæg og estimerer et eventuel ekstra energiforbrug ved at benytte HFC-frie anlæg.

I analysen er kommerciel køling opdelt i to parametre: systemtype og applikation.

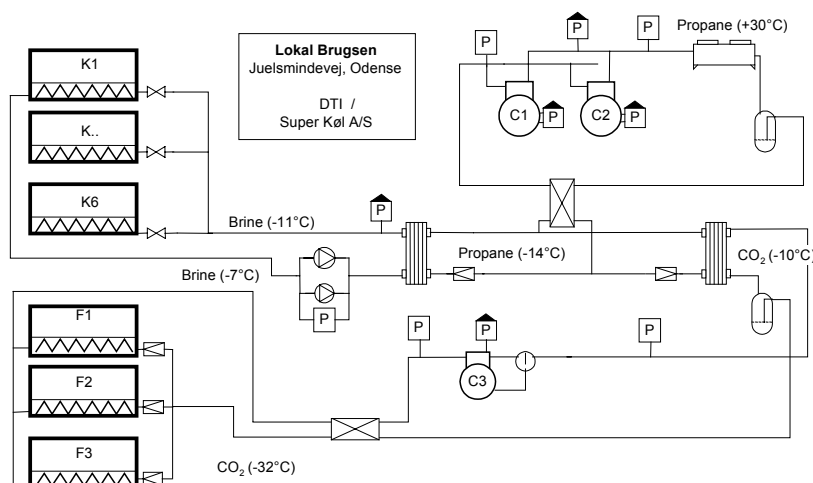
Systemtyper er: Plug-in-enheder, splitenheder, chillers (væskeskølere) og kompressorsystem. Sidstnævnte er karakteriseret ved at have mange parallelle fordampere, som det kendes fra supermarkedsanlæg i Danmark. Applikationer er opdelt i: Supermarkeder, kiosker, specialbutikker, hotel og restauranter samt landbrug.

### Supermarkeder

Der er i Danmark omkring 2200 supermarkeder, hvor den altovervejende del af kølingen foregår med remoteanlæg/kompressor-anlæg. Hertil kommer ca.

2000 købmandsbutikker, hvor køling enten foretages vha. remoteanlæg eller for de mindste butikker vha. splitanlæg.

Den alternative teknologi er indirekte køling eller semi-indirekte køling. Semi-indirekte køling fremstilles vha. kulbrinter som primær kølemiddel. CO<sub>2</sub> benyttes til fryseformål, mens en traditionel brine (f.eks. glykol) benyttes som sekundær kølemiddel til køleformål.



*Semi-indirekte køleanlæg i supermarkedet i Odense. Som primært kølemiddel benyttes propan, og CO<sub>2</sub> benyttes til fryseformål. En brine benyttes som sekundært kølemiddel til køleformål.*

Ekstraomkostningerne ved semi-indirekte systemer er af størrelsesordenen 10% for større supermarkeder og 15% for mindre supermarkeder. Energiforbruget er omtrent som for HFC-anlæg (+/-5%).

*Kiosker, specialforretninger m.m.* Der begynder at komme små plug-in-møbler med kulbrinter som kølemiddel på markedet (flaskekølere, iscremefrysere og storkøkkenapparater).

For større plug-in-enheder er det muligt at benytte indirekte køling, men dette vil medføre et højere energiforbrug (omkring 10%) og en ekstraudgift på ca. 20%.

Det er muligt at benytte semi-indirekte køling, men sådanne systemer er endnu ikke fuldt udviklet. Sådanne systemer vil have omtrent samme energiforbrug som HFC-systemer og vil koste omkring 20% mere.

#### *Landbrug og gartneri*

Der er installeret omkring 18.000 kølesystemer i landbrug og gartneri. De fleste benyttes til at køle mælk, og det vurderes, at det vil være muligt i fremtiden at benytte kulbrinter. Der vil være en ekstraomkostning på ca. 10%, og energiforbruget vil være det samme (eller lidt mindre) end for tilsvarende HFC-anlæg. For flere detaljer: se appendiks B.

#### *Vurdering af alternativ teknologi*

Der eksisterer alternativer til større kommercielle køleanlæg såsom supermarkedskøleanlæg. Det er vanskeligere med de mindre kommercielle køleanlæg til mindre forretninger m.v. Grænsen ligger omkring 20 kW i køleydelse.

For små plug-in-systemer er der kommet alternative løsninger for de fleste anvendelser.

Applikation <sup>3</sup>	Anlægstype <sup>2</sup>					
		Plug-in		Splitanlæg	Chillers	Maskinanlæg
		Små	Store	-	-	-
Supermarkeder	V <sup>1</sup>	X	X	V	V	
Spec. butikker	V	X	X (V)	V (X)	X (V)	
Kiosker/servicestat.	V	X	X (V)	V (X)		
Hoteller	V	X	X	V	X	
Restauration	V	X	X (V)	V (X)	-	
Landbrug	-	-	X	V (X)	X	

<sup>1</sup> Tabellen viser primære anlægstyper anvendt i applikationer  
V: der findes alternativ teknologi; X: mangler alternativ; -: ingen anvendelse

<sup>2</sup> Anvendelserne for de forskellige anlægstyper er A/C, køl og frost.  
A/C anvendes i hoteller og restauration, men også i større og større udstrækning i supermarkeder og anden detailhandel.

<sup>3</sup> De forskellige anvendelser af køleanlæg

Analysen i appendiks B viser, at selvom alternative systemer måtte forbruge mere energi (op til 10% mere), vil de alternative systemer alligevel medføre mindre bidrag til drivhuseffekten. Dette sker på grund af lækage af kølemiddel fra HFC-anlæggene.

Dette gælder dog ikke for små kompakte kølesystemer med små fyldninger. Her er lækageraten væsentlig mindre end for store forgrenede systemer. Lækageraten for små kompakte anlæg vurderes at være ca. 5% p.a. Hvis alternativer (det vil i praksis sige kulbrinter) ikke kan benyttes med direkte køling, vil det ekstra energiforbrug, der skal benyttes pga. indirekte køling, overskygge bidraget til drivhuseffekten fra HFC-kølemidlet. I så tilfælde vil HFC-anlægget bidrage mindst til drivhuseffekten. Dette er tilfældet, hvis:

- der kræves indirekte køling med det HFC-frie køleanlæg
- kølesystemet er kompakt med lille kølemiddelfyldning og lille lækage (5% p.a. eller mindre)

Denne situation vil opstå for små køleanlæg med en kølekapacitet mindre end 20 kW og en kølemiddelfyldning mindre end 10 kg.

#### Uddannelse

Der er nu sat gang i et uddannelsesforløb for kølemontører på Den jydsk Haandværkerskole i Hadsten, og den nye uddannelse vil starte op i efteråret 2001 eller i starten af 2002. Hermed løses et af de problemer, der er med opbygning og servicering af kommercielle køleanlæg med kulbrinter. Den nye uddannelse vil fokusere meget på sikkerhed og vil være med eksamen og certifikat. Kurset er på en uge eller 14 dage.

Der kan dog stadig være problemer med uddannelseskapaiciteten (der skal op til 2000 mennesker igennem systemet inden 2006), og der kan også være problemer med, at kølefirmaerne ikke har folk med certifikater til at opbygge de første anlæg med kulbrinter. Der forhandles om en dispensationsordning med Arbejdstilsynet.

<i>Regler</i>	<p>Teknologisk Institut har med støtte fra Miljøstyrelsen og i samarbejde med bl.a. Arbejdstilsynet, Beredskabsstyrelsen, Elektricetsrådet og York Køleteknik udarbejdet en rapport: ”Kulbrinter i mellemstore køleanlæg”. I dette udredningsarbejde er de lovgivningsmæssige forhold afklaret, og der er nu afklaring over omfanget af lovgivningen, men der er stadig områder, der er åben overfor fortolkning.</p> <p>Rapporten ligger på Miljøstyrelsens hjemmeside (Miljøprojekt 604). Selvom der er klarhed om regler, kan stoffet være svært tilgængelig for kølemontører, og det må formodes, at der vil kræves kurser m.v. for at formidle oplysningerne.</p>
<i>Komponenter</i>	<p>Efter at der er sat system i et uddannelsesforløb, og der er foretaget en systematisk gennemgang af reglerne, er komponenttilgang blevet den største ”hurdle”. Der er en række komponenter tilgængelig på nuværende tidspunkt, og der er udviklingsarbejde i gang hos leverandører.</p> <p>Der er dog stadig på nogle områder mangel på komponenter, det gælder især til mindre køleanlæg som f.eks. leverandørgodkendte kompressorer (til propan) til varmepumper og små kommercielle køleanlæg.</p> <p>På Danske Køledage 2001 kunne man iagttage, at kølegrossisterne er begyndt at medtage komponenter og aggregater til kulbrinter.</p> <p>Teknologisk Institut har i forbindelse med nærværende projekt skrevet til kølegrossisterne for at få oplysninger om, hvilke komponenter de markedsfører til kulbrinter. Der er kommet svar fra alle 6 grossister, og disse viser, at der er et stigende antal komponenter til rådighed. Danfoss A/S vil i Danmark ved årsskiftet 2001/2002 markedsføre en række komponenter og automatikprodukter til kulbrinter til kommercielle køleanlæg.</p> <p>Svarene fra de 6 grossister blev offentliggjort på et temamøde om kulbrinter som kølemiddel den 28. november 2001 på Teknologisk Institut. Dette vil blive fulgt op med et indlæg på Danske Køledage i marts 2002.</p>
<i>Implementering</i>	<p>Der er behov for, at de mindre kølefirmaer bygger og tester mindre køleanlæg med kulbrinter for at øve sig i implementeringen af kulbrintekøleanlæg. Der er behov for tilskud til de første anlæg, som vil blive væsentlig dyrere end efterfølgende anlæg.</p> <p>Det skal i den forbindelse nævnes, at der for langt de fleste firmaer er tale om nye regler, nye komponenter og ny teknologi, og der kræves en vis praksis, før kølefirmaerne bliver fortrolige med at bygge og vedligeholde kulbrintebaserede køleanlæg. Hermed kan sikres en forceret implementering.</p> <p>Herudover vil det være nødvendigt (i en periode) med ekstern konsulentbistand til kølefirmaer for at løse umiddelbare problemer, herunder en ”hot line” til helt akutte problemer.</p> <p>Kølebranchen er i gang med at udarbejde en handlingsplan, som bl.a. tager hensyn til nogle af de problemer, som er nævnt ovenfor i dette afsnit.</p>
<i>Proceskøling</i>	<p><b>3.1.4 Industrielle køleanlæg</b></p> <p>Industrielle køleanlæg er normalt meget store køleanlæg, som benyttes til proceskøling inden for f.eks. fødevarerindustrien eller i den kemiske/biokemiske industri. Der benyttes i Danmark traditionelt ammoniak-køleanlæg til disse anvendelser, og dette kølemiddel har været anvendt i mere end 100 år.</p>
<i>Ammoniakkøleanlæg</i>	<p>Stort set alle mejerier, slagterier og bryggerier har store ammoniak-køleanlæg. York Refrigeration A/S (tidligere: Sabroe Refrigeration) er verdens største producent af industrielle køleanlæg, og det er hovedsagelig ammoniak, som benyttes som kølemiddel.</p>

Der findes dog en del større industrielle køleanlæg, som benytter HFC-kølemiddel, og det kunne i de fleste tilfælde ligeså godt have været ammoniak-køleanlæg.

Man ser en stigende tendens til (f.eks. i fødevarerindustrien), at man går over til at anvende indirekte systemløsninger for at reducere kølemiddelfyldningen og undgå ammoniak i arbejdslokaler m.m.

Ammoniak er konkurrencedygtig for anlæg større end ca. 150 kW i køleydelse.

I små industrielle køleanlæg (mindre end 150 kW) er situationen en anden. Her benyttes HFC-kølemiddel, og situationen minder om situationen for kommercielle køleanlæg og for luftkonditioneringsanlæg.

I fremtiden vil vand og CO<sub>2</sub> sammen med ammoniak blive benyttet i industrielle køleanlæg. Der er med støtte fra Energistyrelsen opstillet et stort demonstrationsanlæg med vand som kølemiddel hos LEGO i Billund, og i udlandet er opstillet flere industrielle køleanlæg med CO<sub>2</sub> i bl.a. kølehuse og til frysetørring af ”instant coffee”.

### **3.1.5 Mobile køleanlæg**

Ved mobile køleanlæg forstås køleanlæg installeret i biler, tog, fly, skibe eller containere.

#### **Kølecontainere**

Mærsk/Sealand Line er verdens største fragter af kølegods og har ca. 100.000 kølecontainere i trafik på globalt plan.

Tidligere var kølecontainere udstyret med et CFC-12-køleanlæg, og der findes stadig gamle containere med disse køleanlæg. Mange nyere containere er konverteret til HFC-134a.

Siden omkring 1993 blev alle nye køleanlæg installeret med HFC-134a-køleanlæg. Mærsk Container Industri har en stor produktion af kølecontainere i Danmark.

Lækageraten for denne type køleanlæg er ret høj på grund af det hårde miljø til søs.

Tidligere benyttedes CFC-11 i isoleringsskummet. Det er nu erstattet med HCFC-141b. Det vides ikke, hvad Mærsk Container Industri vil benytte som blæsemiddel, når HCFC-141b skal udfases i henhold til national og international lovgivning til beskyttelse af ozonlaget.

Thermo King Container Denmark A/S i Langeskov fremstiller køleanlæg til installation i containere.

Det er problematisk at benytte brandbare kølemidler eller ammoniak i kølecontainere. Derfor er CO<sub>2</sub> blevet foreslået som kølemiddel, og der er gennemført et udviklingsprojekt, som nu er afsluttet med interessante resultater. Men det er på nuværende tidspunkt ikke muligt at kommercialisere teknologien, idet der ikke er tilstrækkeligt med komponenter (f.eks. kompressorer) på markedet.

*Mærsk Line*

*CO<sub>2</sub>*

### **Aircondition anlæg i biler**

Tidligere benyttedes CFC-12 til dette formål, og siden midten af 1990'erne er HFC-134a benyttet.

Da Danmark hverken har nogen bilindustri eller et varmt klima, har der hidtil ikke været så store industrielle aktiviteter i forbindelse med A/C-anlæg til biler. Dog har A'Gramkow produceret fyldeudstyr til bilindustrien.

Man ser dog en stadig større udbredelse af A/C-anlæg i biler, og det begynder at blive standardudstyr i mellemklasse biler.

*CO<sub>2</sub>*

Bilindustrien er involveret i en række projekter med CO<sub>2</sub> som kølemiddel. Der er bygget demonstrationsanlæg til alle større bilmærker, herunder Toyota, Mercedes Benz, Ford, Renault, Volkswagen, Audi og BMW. Informationer fra bilbranchen nævner en introduktion på markedet omkring 2005. Det vides ikke, hvad prisen bliver.

*Kulbrinter*

Det bør nævnes, at der i nogle lande benyttes kulbrinter i bilers A/C-anlæg. Dette er således tilfældet i Australien, hvor flere hundrede tusinde biler skulle benytte disse kølemidler. Der er formentlig tale om en kulbrinte-blanding, som benyttes sammen med konventionelt udstyr, som oprindeligt er beregnet til CFC-12 eller HFC-134a.

Der har været diskussioner om brand- og eksplosionsfare i forbindelse med brug af kulbrinter i bilers A/C-anlæg. Kulbrinter kunne være et naturligt valg, idet man i forvejen har adskillige kg kulbrinter i form af benzin, dieselolie eller propangas i bilen.

### **A/C-anlæg i fly**

*Koldluft*

I mange år er der benyttet koldluftskøleanlæg til køling af passagerkabiner i rute-fly. Der benyttes en simpel Joule-proces, hvor luften komprimeres og afkøles ved varmeveksling med omgivelserne. Herefter ekspanderes luften i en turbine, hvorved den bliver kold. Processen er ikke speciel energieffektiv, men benyttes i fly blandt andet på grund af den lette vægt af komponenter.

### **A/C-anlæg i tog**

*Koldluft*

Der er i Tyskland gennemført et projekt med at udvikle og afprøve et koldluftskøleanlæg til tog. Projektet er vellykket, og der er fremstillet ca. 60 enheder til ICE-tog.

### **3.1.6 Varmepumper**

En varmepumpe virker på samme måde som et kølesystem, idet varmeenergi absorberes fra en kilde (f.eks. udeluft, jord, procesvand, staldluft m.m.). Ved en højere temperatur afgives varme til en varmbærer, f.eks. centralvarmevand eller indblæsningsluft til et hus.

I Norden er det især i Sverige, der installeres husstandsvarmepumper. Det er ligeledes i Sverige, der produceres det største antal varmepumper. Der produceres ca. 25.000 stk. om året på tre store virksomheder, og ca. 2/3 af alle nye huse i Sverige er udstyret med varmepumper.

I Danmark installeres hvert år mellem 1.000 og 2.000 varmepumper. Det totale antal er ca. 40.000 stk.

Husstandsvarmepumper kan opdeles i fem kategorier:

- Luft/luft-varmepumper (varmekilde: udeluft, varmeafgiver: indeluft)

- Luft/vand-varmepumper (varmekilde: udeluft, varmeafgiver: centralvarmesystem)
- Væske/vand-varmepumper: (varmekilde: varme fra jord, varmeafgiver: centralvarmesystem)
- Afkastluft-varmepumpe: (varmekilde: afkastluft fra bolig, varmeafgiver: centralvarmesystem)
- Brugsvandsvarmepumpe: (Varmekilde: afkast luft fra bolig/udeluft varmeafgiver: varmt brugsvand)

I det nordiske område er væske/vand-varmepumper og afkastluft-varmepumper de vigtigste kategorier. Luft/luft-varmepumper vinder også frem.

Væske/vand-varmepumper fremstilles næsten udelukkende med R407 (eller R404A) som kølemiddel. Enkelte enheder er fremstillet med propan (R290) som kølemiddel, men det er svært at finde en kompressorleverandør, som vil godkende hermetiske kompressorer til propan. Der er ikke europæisk-ejede kompressorleverandører til den rigtige størrelse. Varmepumpefabrikanterne er henvist til at benytte amerikansk- eller japansk-ejede kompressorproducenter, og disse har været modvillige til at godkende kompressorerne til propan.

Nogle varmepumpefabrikanter har benyttet ikke-godkendte R-22 kompressorer til propan, men dette betyder, at kompressorleverandøren ikke længere er ansvarlig for kompressoren i tilfælde af fejl. Dette øger risikoen for varmepumpeleverandøren, og en systematisk fejl i kompressoren kan få alvorlige konsekvens, selvom den ikke har med kølemidlet at gøre. Nogle store kunder har dog godkendt propan som kølemiddel.

Afkastluft-varmepumper produceres med propan som kølemiddel. Der er opstillet mellem 15.000 og 20.000 enheder i Sverige siden 1996. Kølemiddelfyldningen er ca. 400 gram. Der er vist nok også opstillet nogle af disse i Danmark på det seneste.

Disse varmepumper koster mellem 5 og 10% mere end tilsvarende HFC-varmepumper, idet man (sommer 2001) er afhængig af en kompressorleverandør.

De fleste luft/luft-varmepumper er fremstillet i Japan. Disse benytter HFC-kølemidler. Denne type varmepumper kan normalt omstilles til luftkonditionering. Dette er dog ikke tilfældet i Danmark, idet denne mulighed skal plomberes, hvis varmepumpen skal opnå tilskud.

I Danmark producerer Vestterm (Vestfrost) brugsvandsvarmepumper. Hidtil er der benyttet HFC-134a, men Vestterm planlægger at ændre dette til CO<sub>2</sub> som kølemiddel. Der kører i øjeblikket et udviklingsprojekt i samarbejde med Teknologisk Institut med støtte fra Miljøstyrelsen.

Industrielle varmepumper fremstilles bl.a. af York Refrigeration, og der kan benyttes bl.a. ammoniak eller kulbrinter som kølemiddel.

#### Kølemiddelfyldning og lækage

En typisk væske/vand-varmepumpe har ca. 2,5 kg HFC-kølemiddel, og en typisk brugsvandsvarmepumpe har ca. 0,8 kg HFC-kølemiddel. Kølesystemet er hermetisk, og dette resulterer i en lille lækagerate.

### **3.1.7 Luftkonditioneringsanlæg**

Der har hidtil ikke været produktion af små A/C-anlæg til boliger i Danmark. Det er sandsynligvis, fordi vores klima ikke nødvendiggør luft-

konditionering i beboelser. Man ser dog en stigende markedsføring af A/C-anlæg (ofte japanske) i Danmark.

#### *Propan*

Der benyttes HFC-baserede kølemidler. Dette er p.t. standard for de ca. 7 millioner anlæg som produceres i Japan hvert år.

En italiensk producent (DeLonghi) har produceret ca. 60.000 små A/C-anlæg med propan som kølemiddel. Såvidt Teknologisk Institut erfarer, er der tale om en fyldning på lidt mere end 150 gram.

#### *Ammoniak*

##### **Store anlæg**

Situationen er anderledes for store A/C-anlæg i kontorbygninger, hospitaler m.v. Her opstilles køleanlæg (chillers), som køler vand til distribution i bygningen. Luften afkøles i varmevekslere v.h.a. det kolde vand.

Der findes en række forskellige køleanlæg til dette formål, og der er tidligere benyttet CFC og andre kunstige kølemidler. Man kan udmærket benytte ammoniak til dette formål, og der er opstillet hundredvis af sådanne anlæg i Danmark og andre nordiske lande.

I appendiks C i den tidligere rapport fra 1999 om erstatning af kraftige drivhusgasser er gengivet en referenceliste med 114 ammoniakvæsketilførelser opstillet i Danmark af York Refrigeration (tidl. Sabroe) fra 1990 til 1998. Disse er opstillet på hospitaler, store kontorbygninger, industrivirksomheder, lufthavne, medicinalindustrien, fødevareindustrien og indkøbscentre. Af konkurrencehensyn har det ikke kunnet lade sig gøre at opdatere denne referenceliste, men York Refrigeration har oplyst, at der i 1999 blev opstillet 19 væsketilførelser med ammoniak, og i 2000 blev opstillet 41 væsketilførelser med ammoniak i Danmark.

#### *Kulbrinter*

Man kan på tilsvarende måde benytte propan i væsketilførelser til luftkonditionering. York Refrigeration (Bonus Energi AB) har opstillet ca. 400 anlæg i Sverige. I Danmark er der siden 1999 opstillet ca. 15 anlæg.

### **3.1.8 Lavtemperaturanlæg**

Lavtemperaturkøleanlæg har en forholdsvis lille anvendelse. Der produceres køleudstyr, som kan nedkøle laboratorieprøver og andre ting til meget lave temperaturer.

#### *Heto-Holten*

Heto-Holten producerer laboratorieudstyr, herunder udstyr til frysetørring og lavtemperatur (cryo)-frysere til hospitaler o.l.

Udstyret består normalt af et tottrinskaskadekøleanlæg, hvor første trin er et R-507-anlæg. Første trin køler til ca. -50°C.

Andet trin benytter kulbrinter som kølemiddel enten etan (R-170) til ca. -80 til -90°C eller eten (R-1150) til ca. -100 til -120°C.

Nogle udenlandske konkurrenter benytter HFC-23 eller R508 til det lave trin.

Det skulle være muligt at benytte propan i det første trin, og det vil næppe ændre på sikkerhedsaspekterne, idet der i forvejen benyttes brandfarlige kølemidler.

#### *Vestfrost*

Vestfrost A/S er begyndt at producere lavtemperaturfrysebokse ned til



-80°C. Vestfrost har udviklet en køleproces i ét trin, hvilket reducerer prisen betydeligt i forhold til tottrinsanlæg og gør produktet konkurrencedygtigt. Der benyttes en kølemiddelblanding med HFC'er. Vestfrost har udviklet en prototype, hvor der benyttes en blanding af kulbrinter. Denne prototype blev fremvist på udstillingen Domotechnica 2001. Prototypen fungerer efter Vestfrosts oplysninger fint. Energiforbrug og ydelse er den samme som for HFC-blandingen, og kulbrinteudgaven kan sættes i produktion, hvis der er efterspørgsel.

## 3.2 Polyurethanskum

Ifølge Miljøstyrelsens opgørelse blev der i 1999 benyttet 241 tons HFC-134a til opblæsning af isoleringsskum (køleskabe, fryserne m.v.) i Danmark. Herudover blev der benyttet 59 tons HFC-134a og 36 tons HFC-152a til "andet", som bl.a. er produktion af fleksibelt skumplast og special-spraydåser. Generelt set er forbruget faldende.

### 3.2.1 Isoleringskum

Det er allerede i afsnit 3.1.1 nævnt, at der benyttes en del HFC til fremstilling af isoleringen i køleskabe og fryserne, og der er beskrevet, hvilke alternativer som findes. Derfor vil denne anvendelse ikke blive behandlet i dette afsnit.

#### Fjernvarmerør

Mere end halvdelen af den globale produktion af fjernvarmerør finder sted i Danmark hos ABB I. C. Møller, Løgstør Rør og Dansk Rørfabrik (Star Pipes).

*Cyclopentan*

Tidligere var denne produktion storforbruger af CFC og HCFC, således forbrugtes i 1986 ca. 820 tons CFC-11. Nu opskummes isoleringsskummet med kulbrinter, især cyclopentan.

Der er omkring 1500 ansatte på fjernvarmerørsfabrikker i Danmark. Herudover er der virksomheder, som er beskæftiget med nedlæggelse af rør og bygning af hele energisystemer m.v. Der er også virksomheder, som er underleverandører til fjernvarmerørsfabrikkerne. Det er således en branche med stor betydning for økonomi og beskæftigelse i Danmark.

#### Isoleringspaneler

Mindst to virksomheder (D.C. System Insulation og Prepan A/S) fremstiller sandwichisoleringspaneler til kølehuse m.v.

*HCFC*

Hidtil er hovedsagelig benyttet HCFC til denne produktion, idet der også fremstilles nogle paneler med CO<sub>2</sub> tilsat lidt HFC til eksport til Sverige, som har forbudt HCFC-paneler.

Som alternativ kan benyttes kulbrinter, herunder cyclopentan. Det vil dog kræve en stor investering i produktionsudstyret. Visse steder i udlandet fremstilles paneler med kulbrinter. I Finland producerer f.eks. Hurre group Oy og Makroflex Oy sandwichisoleringspaneler ved hjælp af kulbrinter.

Et andet alternativ er at benytte CO<sub>2</sub>-skum (vandblæst). Dette har dog en lidt dårligere isoleringsevne sammenlignet med andre løsninger.

Den største barriere mod indførelse af kulbrinter er en stor investering i ombygning af produktionsudstyr. Der er tale om mindre producenter, for hvilke der vil være tale om en forholdsvis stor investering.

Det bliver forbudt at benytte HCFC i produktionen fra 1.1.2002, og de danske producenter må benytte alternativer fra dette tidspunkt. Prepan A/S har planlagt at gå over til kulbrinter, men det er endnu ikke sket.

#### *HCFC-stoffer*

##### **Kølecontainere**

Der benyttes HCFC-stoffer til fremstilling af kølecontainere. Produktionen kunne ændres til kulbrinter (cyclopentan). Det vil dog kræve en del ændringer, herunder skal der tages hensyn til sikkerhed ved opskumning med cyclopentan. Der skal endvidere tages hensyn til, at en eventuel forringelse af isoleringsevnen vil medføre ændringer i konstruktionen af containerne. Mærsk Container Industri A/S oplyser, at overgang til cyclopentan kan medføre en forringet isoleringsværdi på op til 10%.

Den største barriere mod indførelse af kulbrinter antages at være de ulemper, som dette måtte medføre af produktionsstop, usikkerhed om kvalitet, sikring af arbejdsmiljøet samt de økonomiske konsekvenser heraf.

##### **Andre former for isoleringsskum**

Der er en del mindre producenter af polyurethanskum til isolering, som benytter enten HCFC eller HFC til en række forskellige formål. Det vil måske være for dyrt for de allermindste af disse at investere i kulbrinteteknologi, idet der kræves store investeringer i brandbeskyttelse.

#### *CO<sub>2</sub>*

Som alternativ kan eventuelt benyttes CO<sub>2</sub>-opblæstskum, men det vil have en dårligere isolering sammenlignet med skum, som er opblæst med HCFC eller HFC. Ved visse anvendelser er isoleringsevnen ikke så afgørende. Det kan være steder, hvor konstruktionen indebærer, at der i forvejen er store kuldebroer, eller det kan være steder, hvor der ikke er så store temperaturforskelle.

#### *Blokskum*

Mange af de allermindste producenter af isoleringsskum er holdt op med selv at fremstille skummet. Man køber i stedet "blokskum", som derefter skæres op til at passe til et bestemt formål. Ofte er skummet kun en mindre del af en større kompleks maskine.

#### *Isopentan*

Der er en producent af blokskum i Danmark, LM Skumplast. Her har man substitueret HCFC-141b med kulbrinter (isopentan) til opskumning.

### **3.2.2 Fugeskum**

Der blev indtil for et par år siden fremstillet fugeskum i Danmark (hos Baxenden Scandinavia A/S), men denne produktion er nu lukket.

I Danmark og andre nordiske lande er der siden 1987 hovedsagelig benyttet kulbrinter i fugeskum. I Tyskland og andre europæiske lande benyttes HFC sammen med kulbrinter.

Der bliver dog importeret fugeskum med HFC til visse formål. Dåser med HFC-skum kan benyttes, hvor der er meget små rum, hvor der er fare for, at der opstår en brandfarlig blanding med luft, og at man derfor ikke kan benytte kulbrinter. Ifølge Miljøstyrelsens kortlægning bliver der emitteret ca. 10 tons HFC-134a i forbindelse med brug af fugeskum.

*Kulbrinter billigere*

Dåser med ren kulbrintedrivmiddel er væsentlig billigere end dåser med HFC-stoffer. Drivmidlerne har dog forskellige egenskaber, så man kan ikke helt sammenligne dåserne på prisen alene. Fugemassen får forskellig egenskaber afhængigt af drivmidlet.

### **3.2.3 Flexibelt skumplast**

Der er i Danmark to store producenter af fleksibelt skumplast (skumgummi), nemlig Carpenter A/S (tidl. Brdr. Foltmar) og K. Balling Engelsen A/S.

Størstedelen af produktionen er "vandblæst", dvs. der tilsættes en lille smule vand til produktionen, og vand reagerer med isocyanat og danner CO<sub>2</sub>, som er det egentlige opskunningsmiddel.

En del af produktionen har traditionelt været fremstillet med CFC-11 og senere med HCFC-stoffer som drivmiddel. Det er især specielle bløde og lette kvaliteter til møbelindustrien.

*HFC-134a og HFC-152a*

I de seneste år er der benyttet en blanding af HFC-134a og HFC-152a som drivmiddel til denne produktion.

I de andre nordiske lande benyttes udelukkende skum, som er blæst op med CO<sub>2</sub>. Der findes en aftale om ikke at fremstille skum med densitet mindre end 23 kg/m<sup>3</sup>, hvorved der ikke behøves fysiske blæsemidler.

Der er i udlandet udviklet en ny teknologi, hvor der benyttes flydende CO<sub>2</sub> til fremstilling af fleksibelt skumplast i disse kvaliteter. Den væsentlige barriere mod at overgå til denne teknologi er investering i nyt maskineri.

Carpenter A/S oplyser, at man i starten af 2000 er holdt op med at benytte HFC i produktionen og er gået over til at benytte flydende CO<sub>2</sub>. Der er installeret et engelsk Beameck-anlæg, og hermed kan man fremstille lette og fine kvaliteter af skum til bl.a. møbelindustrien. Anlægsomkostningerne har været ca. 5 mio. kr., men til gengæld er driftsomkostningerne lidt lavere end for HFC-teknologien.

K. Balling Engelsen A/S oplyser, at man har besluttet at ophøre med at benytte HFC inden 2004.

### **3.2.4 XPS-skum**

XPS-skum står for ekstruderet polystyrenskum. Der er tale om et forholdsvist dyrt isoleringsprodukt, som benyttes til specialformål. Der produceres ikke XPS-skum i Danmark, men der importeres en del fra vore nabolande.

XPS-skum benyttes bl.a. til isolering af fundamenter, under veje og jernbaner, i specialmaskiner m.v.

Der importeres en del XPS-skum fra Sverige og Norge, hvor tre virksomheder benytter hver sin fremstillingsmåde: en virksomhed benytter HFC-134a, en anden benytter HCFC og en tredje benytter CO<sub>2</sub>.

## **3.3 Brandslukningsmiddel**

I forbindelse med den globale afvikling af halon er der fremkommet nogle kemiske substitutter, herunder et der er baseret på HFC-227 (f.eks. Great

Lakes FM-200). Disse markedsføres ret intensivt over store dele af verden, og det har også været forsøgt i Danmark.

#### *Forbud mod HFC'er*

Det er imidlertid forbudt i Danmark at benytte halogenerede kulbrinter til brandslukning. Der var en undtagelse for Halon-1301 og Halon-1211, men de er nu forbudt parallelt med CFC m.v.

Danske virksomheder inden for brandslukningsmateriel har udviklet fremragende alternative teknologier. Der kan bl.a. nævnes Inergen, som er udviklet af Dansk FireEater. Det består af inerte gasser; argon, kvælstof og lidt CO<sub>2</sub>. Inergen kan benyttes til rumslukning i EDB-centraler, kontrolrum, kraftværker, motorrum m.v.

Ginge-Kerr Danmark A/S har en tilsvarende teknologi, som kaldes Argonite. Det består af argon og nitrogen.

Teknologien med at benytte inerte gasser til brandslukning er blevet en stor succes - også på internationalt plan. Udenlandske multinationale firmaer markedsfører således Inergen.

Der findes også andre alternativer til kemiske brandslukningsmidler. Der kan nævnes CO<sub>2</sub>- eller skumslukning i maskinrum på skibe, bedre dektektorer kombineret med manuel brandslukning m.m.

### **3.4 Drivmiddel i aerosolbeholdere og "tågehorn"**

#### *Aerosolbekendtgørelse*

Miljøstyrelsens "Aerosolbekendtgørelse" forbyder anvendelse af HFC-stoffer til brug i Aerosolbeholdere.

Forbuddet gælder dog ikke for medicinske aerosolbeholdere eller "tågehorn", da medicinske produkter er undtaget, og bekendtgørelsen ikke regulerer indholdet i aerosolbeholdere, hvor det udelukkende er en gas, som strømmer ud af dåsen. Men Miljø- og Energiministeren har bebudet en revision af bekendtgørelsen, således at også tågehorn vil blive omfattet af bekendtgørelsen.

#### **Medicinske sprays**

CFC-11 og CFC12 benyttes stadig som drivmiddel i medicinske sprays, og det er især i astmasprays. Forbruget af disse produkter udgjorde i slutningen af 1980'erne årligt ca. 29 tons CFC-stoffer. Produkterne fremstilles ikke i Danmark.

Der har i mange år været alternative præparater, bl.a. pulver som patienterne selv inhalerer i lungerne. Det er dog ikke alle astmapatienter, som kan gøre dette.

Der er udviklet astmasprays med HFC-stoffer som drivmiddel.

#### **Tågehorn**

Der kan købes tågehorn med HFC-134a som drivmiddel. Der er tale om en aerosoldåse med et plastichorn, og apparatet er beregnet til at give en meget kraftig lyd fra sig.

Det vurderes, at de fleste tågehorn benyttes af tilskuere til fodboldkampe o.l., men de benyttes også på fritidsbåde som tågehorn for at advare andre både.

### *HFC-frie alternativer*

Greenpeace Danmark har fundet HFC-frie alternativer i handelen i Danmark. Der er tale om flere forskellige typer, hvor den ene benytter isobutan som drivmiddel. Den anden type benytter trykluft, og den kan genoplades på en tankstation eller med en håndpumpe. Der findes også tågehorn med elektrisk dreven kompressor. Endelig findes der manuelt betjente båthorn, som man kan puste i eller som kan aktiveres ved hjælp af en gummibold.

## **3.5 Andre forbrugsområder**

Der er et lille forbrug af HFC i specielle dåser til nedkøling af elektroniske komponenter ved reparation af elektronisk udstyr. Ved udstrømning af flydende HFC sker der en nedkøling af det emne, som væskedråberne rammer.

Det er muligt ved denne metode at konstatere, hvorvidt komponenten er defekt. Forbruget vurderes til at være beskedent, højst nogle få tons om året. Erfaringen viser, at det er vanskeligt at finde et alternativ, idet der kan være problemer med at benytte kulbrinter pga. brandrisiko fra spændingsbærende udstyr.

CO<sub>2</sub> er måske et alternativ. AGA A/S i Sverige og i Danmark har fremstillet en brochure om dette, men der er usikkert, om produktet bliver solgt.

Der bliver benyttet en mindre mængde HFC-23 i forbindelse med produktion af elektroniske og optiske microchips. Dette emne er behandlet i kapitel 5.

Teknologisk Institut har ikke kendskab til andre anvendelser af HFC i Danmark.

## 4 Brug af PFC-stoffer

PFC er perfluorede kulbrinter. Det vil sige stoffer, som er dannet med basis i simple kulbrinter, hvor alle brintatomer er udskiftet med fluoratomer. Det er stoffer som CF<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>F<sub>8</sub> etc.

### Stabile stoffer

Disse stoffer er meget stabile og har derfor en meget lang atmosfærisk levetid. De er samtidig meget kraftige drivhusgasser. Der bruges dog kun mindre mængder af disse stoffer i dansk industri, og det altovervejende forbrugsområde er køleanlæg.

I udlandet er der en vis emission af PFC i forbindelse med produktion af aluminium, som fremstilles ud fra aluminiumoxid (alumina) ved en elektrolytisk proces. PFC-stofferne dannes kun, når der optræder en speciel effekt (anode-effekt), hvor den elektriske spænding vokser hurtigt, hvorved der lokalt dannes PFC-stoffer (CF<sub>4</sub> og C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>). Fluoratomerne kommer fra kryolit (Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>), som virker som katalysator i processen. Norge og Island har i de senere år gjort meget for at reducere dannelse og emission af PFC-stoffer.

I udlandet bliver der også benyttet en hel del af stoffet C<sub>6</sub>F<sub>14</sub> i den elektroniske industri.

Kemisk formel	R-nummer	Normalkøge-Punkt (°C)	GWP (100 år)	Atmosfærisk levetid (år)
CF <sub>4</sub>	R-14	- 127,9	6.500	50.000
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	R-116	- 78,2	9.200	10.000
C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	R-218	- 36,8	7.000	2.600
C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>			7.000	2.600
C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>			8.700	3.200
C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>			7.500	4.100
C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>		+58	7.400	3.200

Den globale emission af CF<sub>4</sub> var i 1990 ca. 15.000 tons og var i 1995 faldet til ca. 10.500 tons. Den globale emission af C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> var i 1990 og i 1995 ca. 2.000 tons.

### 4.1 PFC i kølemiddelblanding

#### Drop-in

Ifølge Miljøstyrelsens kortlægning blev der i 1999 forbrugt ca. 6,4 tons C<sub>3</sub>F<sub>8</sub> (R-218) som kølemiddel i en speciel blanding. Kølemidlet benyttes som "drop-in" substitut til CFC-12 i køleanlæg. Forbruget er stagnerende og var i 1997 ca. 8 tons.

Kølemiddelblandingen kendes under flere betegnelser, herunder Isceon 49 (R-413A), som består af ca. 88% HFC-134a, 9% C<sub>3</sub>F<sub>8</sub> og 3% isobutan. Ifølge Kølebranchens MiljøOrganisation (KMO) er der ca. 2.000 anlæg i Danmark, som har påfyldt R-413A.

Teknologisk Institut har konstateret, at der findes anlæg med Isceon 89, som er en blanding af HFC-125 (86%), C<sub>3</sub>F<sub>8</sub> (9%) og propan (5%). Det er et kølemiddel, som er udviklet som drop.in til R-13B1 og benyttes til lavtemperaturformål (-40 til -50°C).

Der dukker hele tiden nye blandinger op, men branchen er meget forsigtig med at benytte kølemiddelblandinger, da man er usikker på koncentrationen af den tilbageblevne blanding efter lækage, og da man generelt ikke ønsker at transportere flere typer af kølemidler end højst nødvendigt i servicebilerne.

#### *Forlænget levetid*

Blandingerne kan være bekvemme at benytte, hvis man ønsker at forlænge levetid for et anlæg, som oprindeligt var fremstillet til at køre på CFC-kølemiddel. Det eneste grundlag for at benytte disse blandinger er, at det kan forlænge levetiden for gamle køleanlæg. Man kan undgå denne anvendelse ved enten at konvertere sine køleanlæg til HFC-kølemiddel eller holde anlæggene tætte indtil de skal skrottes.

## **4.2 Andre anvendelser af PFC-stoffer**

Der bliver benyttet en mindre mængde PFC-stoffer til at producere elektroniske og optiske mikrochips i Danmark. Denne anvendelse er beskrevet i kapitel 5.

Der bliver endvidere benyttet en mængde PFC til rensning af elektroniske komponenter. Den samlede mængde PFC benyttet til rensning af elektronik var i 1999 ca. 1,5 tons  $C_3F_8$ .

Det kan også nævnes, at det i udlandet har været forsøgt at sælge et PFC-stof som brandslukningsmiddel som erstatning for halon. Denne anvendelse af PFC er forbudt i Danmark, jvf. afsnit 3.3.

## 5 Forbrug af SF<sub>6</sub> og erstatningsmuligheder herfor

### Dansk forbrug

SF<sub>6</sub> (svovlhexafluorid) er en tung gas. Ifølge Miljøstyrelsens kortlægning blev der i 1999 brugt 12 tons SF<sub>6</sub> i dansk industri. Det er omtrent samme størrelsesorden som tidligere år. Glasindustrien (støjsolerede vinduer) er det største forbrugsområde, og herefter kommer eldistributions-sektoren og metalværker.

Der findes derudover nogle meget små forbrugsområder. Teknologisk Institut er bekendt med brug af stoffet til produktion af elektroniske og optiske mikrochips og som sporgas. Der er formentlig også andre små anvendelsesområder, f.eks. laboratoriebrug og medicinske anvendelser.

Kemisk formel	R-nummer	Normalkogepunkt (°C)	GWP (100 år)	Atmosfærisk levetid (år)
SF <sub>6</sub>	R-7146	-63,8	23.900	3.200

### Globale forbrug

Det globale forbrug af SF<sub>6</sub> er på ca. 7.500 tons pr. år og er stigende. Langt størstedelen (ca. 6.000 tons/år) bruges som dielektrisk materiale i stærkstrømsinstallationer, hvor især den kraftige udbygning af elektricitetsforsyningen i nye vækstområder, bl.a. i Asien, forbruger store mængder SF<sub>6</sub>. I de "gamle" industrialiserede lande skete denne udbygning for en del år siden, og forbruget af SF<sub>6</sub> til elektriske installationer er forholdsvis lav pga. genanvendelse af stoffet.

Det næststørste forbrug på globalt plan er til magnesiumproduktion (ca. 500 tons/år). Andre globale forbrugsområder er afgangning af aluminium og rensning af elektroniske komponenter.

### 5.1 Støjsolerede termoruder

SF<sub>6</sub> (svovlhexafluorid) er en gas ved normale temperaturer og atmosfæretryk. SF<sub>6</sub> benyttes i nogle lydisolerede termoruder, hvor SF<sub>6</sub> i en blanding sammen med bl.a. argon udfylder mellemrummet imellem glasruderne. Formålet hermed er at dæmpe akustiske trykbølger og dermed beskytte mod støj udefra.

### 7,2 tons SF<sub>6</sub>

Ifølge Miljøstyrelsens kortlægning blev der benyttet 7,2 tons SF<sub>6</sub> til dette formål i 1999. Forbruget af SF<sub>6</sub> til dette formål er faldende, og var midt i 1990'erne omtrent dobbelt så højt.

En stor del af produktionen sælges i Danmark. Der er ca. 10 producenter af denne type støjdæmpende termoruder i landet.

Ifølge Miljøstyrelsens kortlægning er der en umiddelbar emission af SF<sub>6</sub> i forbindelse med påfyldning af ruderne, og dette tab varierer mellem 10 og 20% afhængig af anvendt udstyr og procedurer. Tidligere var dette udslip meget større.

Den påfyldte SF<sub>6</sub> akkumuleres i første omgang i vinduerne, men stoffet vil sive ud i atmosfæren, når ruderne punkterer.



Da der ikke findes en indsamlings- eller opsamlingsordning (og det vil også være svært at etablere sådanne ordninger), må det forventes, at al SF<sub>6</sub> vil ende i atmosfæren. Da man har produceret denne type vinduer i mange år (15-20 år), må det forventes, at der til stadighed er emission fra gamle vinduer med SF<sub>6</sub> i forbindelse med punkteringer eller skrotning. Hvis vi antager, at den gennemsnitlige levetid for disse vinduer er 20 år, er vi ved at nå det stadie, hvor den reelle emission er lig med råvareforbruget.

SF<sub>6</sub> giver kun et mindre bidrag til støjreduktionen. De andre bidrag kommer fra strukturen af vinduet, tykkelsen af vinduer og laminering med forskellige materialer. SF<sub>6</sub> giver i øvrigt lidt dårligere varmeisolerende egenskaber.

#### *RT-indsats*

Efter anbefalinger i den tidligere rapport fra 1999 blev der igangsat et Renere Teknologi-projekt, hvor Delta Akustik og Vibration foretager en mere præcis kortlægning af produktionen af støjisolerende vinduer (hvilke rude og vinduestyper, antal, anvendelsesområder med hensyn til typer af trafikstøj, forventet levetid m.v.). Der udføres laboratoriemålinger på et antal vinduer (med SF<sub>6</sub>). Der foretages parallelle målinger på samme vinduer uden SF<sub>6</sub>. Projektet skal konkludere på SF<sub>6</sub>'s betydning for støjisoleringen.

Der er visse indikationer på, at SF<sub>6</sub> er ved at blive udfaset. Der er indført en energimærkning af vinduer, og et af kriterierne for at få et vindue i energiklasse A er, at der ikke må være benyttet SF<sub>6</sub> i produktionen. Endvidere er der indført en afgift på 400 kr. pr. kg. SF<sub>6</sub> i produktionen.

## **5.2 Beskyttelsesgas i letmetalstøberier**

Ifølge Miljøstyrelsens kortlægning blev der i 1999 forbrugt 0,7 tons SF<sub>6</sub> som beskyttelsesgas til produktion af letmetal. Forbruget er nu stoppet.

#### *Magnesium*

Støbning af magnesiumdele foregår på virksomheden Metallic A/S. Her blev SF<sub>6</sub> benyttet i en blanding med andre gasarter (CO<sub>2</sub> og atmosfærisk luft) for at beskytte flydende magnesium mod af bryde i brand, når metallet støbes til maskindele.

Flydende magnesium er yderst brandfarligt og vil bryde i brand, hvis det kommer i kontakt med luftens ilt.

Metallic støber også emner i aluminium, zink og messing, men SF<sub>6</sub> bruges udelukkende i forbindelse med magnesium.

Magnesium er meget let og stærkt metal. Derfor går automobilindustrien i højere grad over til at benytte magnesiumdele i bilerne.

#### *SO<sub>2</sub>*

Metallic har bygget en ny produktionsfacilitet til støbning af magnesiumdele og lukket det gamle anlæg ned. Der bliver i stedet benyttet SO<sub>2</sub> i lukkede maskiner. Den nye teknologi er udviklet i samarbejde med Norsk Hydro.

### **Aluminiumsproduktion**

#### *Afgasning af aluminium*

Ifølge DISA benyttes SF<sub>6</sub> til afgasning af aluminiumsmelter før støbning. Tidligere benyttede man "klorgasser" til dette formål, og det var ret problematisk pga. arbejdsmiljøet.

SF<sub>6</sub> sendes ind i smelten i små bobler, og gas (bl.a. brint) i smelten diffun-

derer ind i boblerne, som herefter strømmer op til overfladen og frigives til atmosfæren.

Der findes på globalt plan mere end 20 Disamatic støbemaskiner til aluminiumsproduktion, og dette marked er i stærk stigning, idet aluminium i højere grad benyttes til maskindele, bl.a. i bilindustrien.

DISA har tidligere afprøvet denne teknik på sit forsøgsstøberi, men benytter p.t. ikke SF<sub>6</sub> til dette formål.

### 5.3 Isolatorgas i elektriske kraftafbrydere

SF<sub>6</sub> har en usædvanlig dielektrisk styrke, og det har ført til, at stoffet bliver benyttet som isolatorgas i visse elektriske installationer, hvor der er høj spænding. Der er principielt to forskellige anvendelser:

- som slukkemedie i afbrydere
- som isolationsmedie i kompakte fordelingsanlæg

#### Forbrug

Forbruget af nyt SF<sub>6</sub> til disse formål var i 1999 ca. 4,8 tons ifølge Miljøstyrelsens kortlægning. Den installerede mængde er ca. 56 tons (T. S. Poulsen, COWI). Stoffet er i lukkede beholdere, som opsamles og genbruges i forbindelse med vedligeholdelse eller nedtagning af udstyret. Emissionen forekommer således ved uheld eller uforudsete lækager.

Der findes ikke danske fabrikker af dette udstyr. Men store internationale firmaer som ABB, Siemens, Group Schneider, Ahlstrom og Ormazabal sælger udstyret. Afbrydere er ladet med SF<sub>6</sub>, når de importeres til Danmark.

Der findes op mod 600 transformatorstationer i 10-20 kV-niveauet i Danmark, og disse kan være udstyret med enten SF<sub>6</sub>- eller vakuumafbrydere.

Prisen er nogenlunde ens, og der er hård konkurrence mellem fabrikkerne. Man kan således vælge at købe SF<sub>6</sub>-fri afbrydere til 10-20 kV transformatorstationerne. Der kan være pladsmæssige problemer forbundet med det, og det kan kræve udskiftning af hele stationen.

Endvidere findes ca. 60.000 stk. 10 kV/400 V netstationer. Her kan udstyret være baseret på SF<sub>6</sub> både som bryder- og isolationsmedie, men der findes også andre SF<sub>6</sub>-fri løsninger. På grund af det store styktal spiller pålidelighed, vedligeholdelse og små dimensioner en afgørende rolle.

Derimod findes der ikke alternativer i højspændingsområdet, dvs. fra ca. 60 kV og højere.

Det ser ifølge Henrik Welding, DEFU ikke umiddelbart ud til, at der er ny teknologi på vej. Der vil dog måske komme nye halvledere på markedet i fremtiden, men det kræver et teknologisk gennembrud, idet der er for store tab i den teknologi, som man kender p.t.

Den anden anvendelse inden for stærkstrømsområdet er som isolatorgas ved kompakte transmissionsledninger. Der kan f.eks. være tale om, at højspændingsledninger på 400 kV fra generator og ud af kraftværksbygningen ligger i rør (f.eks. 20 m lange), hvor selve ledningen er omgivet af SF<sub>6</sub>.

Herved forhindres det, at der sker overslag til rørmaterialet og overgang til de andre faser. Alternativet er, at ledningerne placeres med større afstand imellem sig, hvor det er atmosfærisk luft, som er isolatoren.

Da der ikke findes danske producenter af udstyr, vil det umiddelbart være lidt formålsløst at starte udviklingsprojekter på dette område. Man kan vælge at installere SF<sub>6</sub>-frie afbrydere i 10 kV-systemet, hvis man ønsker at benytte teknologi, som ikke indeholder kraftige drivhusgasser.

#### *Genanvendelse*

COWI har med støtte fra Miljøstyrelsen gennemført et projekt med det formål at beskrive en metode til at reducere emissionen af SF<sub>6</sub> i denne sektor (Miljøprojekt nr. 592, 2001). I projektet er foretaget en kortlægning af problemet, og undersøgelsen viser, at der i de fleste elselskaber ikke sker indsamling af SF<sub>6</sub>. I projektet er endvidere vist, at der findes rensedstyr, som kan rense SF<sub>6</sub> til den ønskede renhedsgrad (> 99,9%). Endelig skitseres et totalt genanvendelsessystem baseret på indsamling i returflasker, rensning og genbrug.

Det formodes, at dette system vil blive igangsat af elforsyningsbranchen, eventuelt med et starttilskud fra myndighederne.

### **5.4 Sporgas og andre laboratorieformål**

Ifølge Miljøstyrelsens kortlægning er der i 1999 i Danmark et ubetydeligt forbrug til "Forskningsinstitutter". Tidligere benyttedes ca. 0,5 tons til dette formål, men en øget fokusering på stoffets miljøeffekt har sandsynligvis medvirket til at reducere forbruget og benytte alternativer.

#### *Sporgas*

DMU (Danmarks MiljøUndersøgelser) bruger en lille mængde SF<sub>6</sub> som sporgas i forbindelse med spredningsforsøg i atmosfæren. Disse forsøg udføres for at afprøve matematiske modeller for spredning, og denne type forsøg udgør bl.a. grundlaget for standarder for skorstenshøjder o.l.

Der er tale om anvendelse af små mængder, og anvendelsen af SF<sub>6</sub> som sporstof skyldes en række særlige egenskaber ved stoffet, som gør det vanskeligt at erstatte, herunder at det er præcist og specifikt detekterbart i meget lave koncentrationer, og at det har en meget lav forekomst i atmosfæren. Der har i udlandet været udført forsøg med et PFC-stof, men det er også miljømæssigt problematisk.

DMU vurderer, at der ikke findes noget brugbart alternativ, men at man forsat må begrænse og kontrollere den anvendte mængde i forbindelse med forsøg.

Der er ca. 5 danske laboratorier, som udfører forsøg med ventilation. Her benyttes små mængder SF<sub>6</sub> som sporstof til indendørs forsøg. Målingerne benyttes til at bedømme spredning af forurening, lækage fra varmevekslere og vurdering af kortslutning imellem luftstrømme m.m.

Teknologisk Institut har tidligere benyttet ca. 2 kg. pr. år til disse forsøg, men er nu i højere grad gået over til at benytte lattergas (N<sub>2</sub>O).

### **5.5 Mikrochips**

En række virksomheder har udviklet mikroprocesseringsteknologier og optiske komponenter, der er det teknologiske grundlag for fremstilling af halvlederkomponenter, biochips og optiske fibre. Dette gælder IONAS A/S, der fremstiller mikrochips, Grundfos (tidl. ADC), der bl.a. fremstiller sensorer til pumpe- og kedelsystemer samt Lucent Technologies Denmark, der fremstiller optiske fibre.

Kendetegnende for disse processer er, at de i anvendelsen af de industrielle drivhusgasser HFC, PFC og/eller SF<sub>6</sub> erstatter anvendelsen af andre kemikalier, f.eks. SiF<sub>4</sub>, som har arbejdsmiljømæssige problemer.

Både for processen ved fremstilling af optiske fibre, mikrochips og sensorer gælder derfor, at der i dag og i den nærmeste fremtid ikke findes relevante alternativer til anvendelsen af drivhusgasserne.

Et andet særkende ved anvendelsen af disse processer til fremstilling af f.eks. optiske fibre til lyslederkabler mm., mikrochips og sensorer til vandpumper mv. er, at de bidrager til positive miljøgevinster.

Generelt for fremstillingen af produkter, der anvender disse gasser, gælder, at drivhusgasserne helt eller delvist nedbrydes under selve fremstillingsprocessen..

### *Mikrochips*

Mikrochips kan øge kommunikationen gennem lyslederkabler med en faktor 10. Fælles for danske virksomheder som IONAS, der fremstiller disse chips, er, at de benytter fremstillingsteknologier, som er implementeret fra Mikroelektronikcentret (MIC), DTU. Der er tale om en teknologi, som benyttes på globalt plan (med små varianter).

I processen benyttes små mængder SF<sub>6</sub>, HFC-23, PFC'er (især CF<sub>4</sub>, men også lidt C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> og C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>). Forbruget i Danmark vurderes p.t. at være få hundrede kilogram, og det vurderes endvidere, at forbruget vil blive af størrelsesordenen 1 tons pr. år, når virksomhederne, som er i støbeskeen kommer i produktion.

Mikrochips fremstilles af IONAS A/S ved en proces, hvor chippen ætzes med drivhusgassen, således at slutproduktet ikke indeholder disse gasser. MIC oplyser, at hovedparten af gasserne bliver ødelagt under processerne. Dette gælder både SF<sub>6</sub> og andre stoffer, der indgår i processerne.

### *Sensorer*

Grundfos anvender ligeledes små mængder SF<sub>6</sub> til at producere en type *sensorer*, som har til formål at reducere energiforbruget i pumper. Grundfos' miljøafdeling har foretaget livscyklusberegninger på, hvor mange CO<sub>2</sub>-ækvivalenter energibesparelsen ved forbrug af sensorerne svarer til sammenlignet med det SF<sub>6</sub>-forbrug, der indgår ved fremstilling af sensorerne. Beregningerne viser, at energibesparelsen i pumperne hurtigt kompenserer for den ekstra udslip af SF<sub>6</sub>.

### *Lyslederkabler*

Lucent Technologies Denmark fremstiller optiske fibre til brug ved fremstilling af lyslederkabler.

Til produktion af optiske fibre har man på globalt plan anvendt flour-forbindelser i de sidste 20 år. Efter udfasning af CFC-12 er man gået over til C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> og senest til SF<sub>6</sub>. Gasserne nedbrydes i processen ved temperaturer på 2000 grader celcius, og flour bindes i glasset, der bliver til optiske fibre.

Reaktionsprodukterne renses efterfølgende i en vådskrubber. Grundet den ekstrem høje varmeudvikling under selve processen er der ingen emission herfra. Der bidrages hermed ikke til drivhuseffekten.

Erstatning for SF<sub>6</sub> til fremstilling af optiske fibre er endnu ikke fundet, idet flour-forbindelsens egenskaber skal bruges i glasset. Flourforbindelser fra andre og lettere nedbrydelige kemikalier ønskes ikke af arbejdsmiljømæssige

årsager. F.eks. er alternativet SiF<sub>4</sub> giftigt. Det er i øvrigt kun i tilfælde af fejl, at der vil ske gasudslip ved fremstilling af optiske fibre.

### *Projektforslag*

MIC mener, at det vil være relevant sammen i samarbejde med produktionsvirksomheder i denne branche at gennemføre et projekt, hvor følgende aktiviteter indgår:

- målinger på afkastluft og opstilling af stofbalancer
- Deltagelse i internationale diskussioner og tiltag på området, herunder deltagelse i konferencer og lign.
- Udarbejde skitse til ændret proces, som resulterer i mindre emission til atmosfæren
- Evt. implementering via forsøgsanlæg og målinger,

Målet er at reducere emission til nær nul.

## **5.6 Eventuelle andre anvendelser af SF<sub>6</sub>**

Teknologisk Institut har p.t. ikke kendskab til andre anvendelser af SF<sub>6</sub> i dansk industri end ovennævnte.

Der er forskellige efterretninger om, at der i Tyskland forbruges store mængder SF<sub>6</sub> (af størrelsesordenen 100 tons/år) til opblæsning af bildæk, men denne anvendelse kendes ikke i Danmark

### *Nike sportssko*

Teknologisk Institut er dog bekendt med, at der benyttes SF<sub>6</sub> i såler i Nike sportssko. Ifølge et brev fra Sarah Severn, Director for Nike Environmental Action Team til Greenpeace Danmark (dateret 12. september 1997) benyttedes i året 1. april 1996 til 31. marts 1997: ca. 288 tons. Stoffet benyttes i Nikes air-modeller, og alle sålerne er produceret i USA.

Nike oplyser i september 2001 til Greenpeace Danmark, at man er i gang med at afvikle brugen af SF<sub>6</sub> i sine produkter, og fra udgangen af 2002 vil ingen sportssko eller andre Nike-produkter blive produceret med SF<sub>6</sub>. Fra 1. juli 2003 vil der ikke længere blive sendt SF<sub>6</sub>-holdige produkter på markedet. Nike regner med, at forbruget i 2001 vil være reduceret med 80 % i forhold til forbruget i 1997.

## 6 Vurderinger og anbefalinger

Der er igangsat mange aktiviteter for at udvikle ny teknologi til substitution af HFC'er. Som det er beskrevet tidligere i denne rapport, støtter Miljøstyrelsen og Energistyrelsen en lang række aktiviteter inden for området. Der er opnået mange resultater, og der ventes gode resultater af de mange igangværende projekter.

Der er imidlertid en række områder, hvor der endnu ikke er igangsat udviklingsprojekter eller hvor der er specielle problemer. Dette er beskrevet i detaljer i kapitel 3, 4 og 5 i denne rapport.

Nedenfor er en liste over konkrete udviklingsprojekter på områder med specielle problemer og en branchehandlingsplan på køleområdet.

De skitserede projekter er formuleret med henblik på, at industrien skal kunne opfylde Miljø- og Energiministeriets udkast til bekendtgørelse om afvikling af kraftige drivhusgasser (fra februar 2001). Med andre ord skal gennemførelsen af de skitserede projekter sikre, at der sker en hurtig afvikling af brugen af HFC'er, PFC'er og SF<sub>6</sub>.

De skitserede projekter er alle i relation til den danske industri, og er formulerede på kerneområder, hvor den danske industri står stærkt internationalt set, og/eller hvor der er store økonomiske eller erhvervsmæssige interesser.

I den forbindelse kan gentages, at den danske køleindustri er meget stor med mange beskæftigede; selv efter international målestok. Det er derfor naturligt, at der er skitseret en række projekter for udvikling af nye miljøvenlige produkter indenfor denne branche. Det er ligeledes naturligt, at der er skitseret en handlingsplan for implementering af naturlige kølemidler i forbindelse med opstilling og service indenfor kølebranchen.

Som nævnt tidligere i rapporten foregår der også en række aktiviteter i udlandet for at udvikle produkter uden HFC, PFC eller SF<sub>6</sub>. Mange af disse aktiviteter foregår på områder, hvor vi ikke har nogen særlig industri i Danmark (f.eks. i bilindustrien). Der foregår selvsagt også udvikling på områder, hvor vi har en stor industri. Det forudsættes, at man i de foreslåede projekter følger med i udviklingen på internationalt plan.

En meget stor del af de foreslåede aktiviteter ligger på det kommercielle køleområde, og det er også her, de største forbrug af de kraftige drivhusgasser finder sted. De foreslåede aktiviteter skal sikre, at der udvikles energieffektive køleanlæg med naturlige kølemidler, samt at der på et tidligt tidspunkt startes en forceret implementering af disse.

Udenfor køleområdet er skitseret et projekt med formål at sikre en større indsamling af SF<sub>6</sub> i elsektoren.

Endelig er der skitseret et projekt med reduktion af emission af kraftige drivhusgasser indenfor produktion af microchips. Der er store forventninger til dette erhvervs vækstpotentialer i Danmark i fremtiden.

## 6.1 Konkrete projekter (udvikling af ny teknologi og produkter)

I dette afsnit er opstillet en række konkrete udviklingsaktiviteter, og der er anslået beløb for den nødvendige støtte i kr. Ud over de anførte beløb forudsættes det, at der er medfinansiering fra ekstern kilde, f.eks. producenter af de anførte produkter, således at EU's direktiv om statsstøtte overholdes.

### *Kommerciel køling*

Inden for det kommercielle område er der for en række applikationer ingen konkurrencedygtig alternativ teknologi på markedet. Anlæggene, der her er tale om, vil ligge i områder fra ca. 1 kW op til 30 kW og fyldningerne mellem 200 gram og 10 kg. Området vil være følgende typer af anlæg:

- Større plug-in-apparater (f.eks. mindre supermarkeds kølegondoler med indbygget køleanlæg)
- En bred vifte af specialmaskiner (ismaskiner, sodavandsmaskiner, fadølskølere osv.)
- Splitanlæg (A/C, køle- og frostrum, køle- og frostmøbler til supermarkeder og mindre butikker)
- De mindre remoteanlæg til supermarkeder m.v.

Der skal anvendes nye metoder til at gøre de nye anlæg konkurrencedygtige og effektive. Her nævnes en række:

- Reduktion af fyldninger  
Det foreslås, at der gennemføres en række projekter omkring udvikling og anvendelse af nye typer af varmevekslere (mikrokanal og ovalrørstyper)
- Udvikling af konkurrencedygtige og effektive komponenter, der kan anvendes ved fyldninger over 150 gram
- Udvikling af konkurrencedygtige og effektive systemer inden for de nævnte applikationer (bl.a. skal undersøges mere effektive indirekte systemer og remotesystemer)
- Risikoundersøgelser ved anvendelse af kulbrinter, således at man f.eks. ved personkategori B i visse tilfælde kan anvende kulbrinter direkte
- HAZOP-undersøgelser, nye metoder til at undgå en eksplosiv atmosfære samt diskussioner med lovgivende myndigheder (forståelse og fortolkning af regler)

Samlet budget for disse aktiviteter vil ligge omkring 10 mio. kr./år de næste 4 år.

### *Flaskekølere*

Udvikling af store flaskekølere med naturlige kølemidler (1,5 mio. kr.)

Der er udviklet og markedsført små flaskekølere med kulbrinter som kølemiddel, men der er endnu ikke større flaskekølere (med 2 eller 3 døre) på markedet. Det tilstræbes, at danske producenter sammen med store brugere/mærkevarerfirmaer medvirker i projektet. Det tilstræbes endvidere, at minimere kølemiddelmængden. Der fremstilles prototyper og en mindre serie til field test i en periode.

### *Jævnstrømskøleskabe*

Udvikling af køleskabe med jævnstrømskompressorer med naturlige kølemidler (1 mio. kr.)

Der foreslås et samarbejde med danske producenter af jævnstrømskøleskabe til bl.a. vaccineopbevaring i u-lande, privat brug i områder uden strømforsyning og i lastbiler m.m.

#### *Varmepumper og A/C*

Anvendelse af naturlige kølemidler i varmepumper og mindre A/C-anlæg. Der kører p.t. et projekt om anvendelse af CO<sub>2</sub> i brugsvandsvarmepumper (støttet af Miljøstyrelsen). For de lidt større anlæg (> 2 kW) findes i dag ikke kommercielt tilgængelige komponenter til CO<sub>2</sub> og kulbrinter. For luft/luft-varmepumpernes vedkommende, herunder også mindre A/C-anlæg (splitunits), er det ikke direkte muligt at anvende kulbrinter, da lækage i kølemiddelsystemet vil medføre udstømning af kølemiddel i de konditionerede rum med heraf følgende brandrisiko. Fyldningen i denne type anlæg er derfor typisk begrænset til 150 gram. Derfor er CO<sub>2</sub> et interessant alternativ i denne type anlæg, og da komponenter, der typisk anvendes i denne type anlæg, ligeledes anvendes i en række andre applikationer inden for kølebranchen, er det ekstra interessant.

Beregninger foretaget i førnævnte projekt om CO<sub>2</sub> som kølemiddel i brugsvandsvarmepumper viser, at det i de fleste driftskonditioner for varmepumper er muligt at opnå en lige så god eller endog bedre effektivitet ved anvendelse af CO<sub>2</sub> fremfor de traditionelle HFC-kølemidler.

Det foreslås derfor, at der iværksættes følgende projekter:

1. Anvendelse af CO<sub>2</sub> som kølemiddel i splitunits (A/C og varmepumper). Støttebehov for projekt ca. 1,5 mio. kr.
2. Anvendelse af kulbrinter i mindre A/C-anlæg, varmepumper og affugtere (projekt der omhandler ”sikre komponenter”). Støttebehov for projekt ca. 2 mio. kr.
3. Anvendelse af kølemiddelblandinger (af naturlige kølemidler) med temperaturglidning i varmevekslerne. Herved tilstræbes effektiv termodynamisk proces i A/C- og varmepumpeanlæg. 1. mio. kr.

Resultaterne af disse projekter vil være direkte anvendelige inden for store dele af kølebranchen. De nævnte støttebeløb er anslåede rammebeløb for behovet for ekstern støtte.

#### *Containere*

Projekt om kølecontainere: Der er kørt et projekt, hvor det er undersøgt, om CO<sub>2</sub> kan benyttes som kølemiddel. Det har vist interessante resultater. Der har dog været mangel på komponenter. Når disse bliver tilgængelige, bør der kunne startes et nyt projekt. 5 mio. kr.

#### *Ændring af 150 g grænse*

Vurdering af mulighed for at hæve den uofficielle grænse på 150 gram kulbrintekølemiddel i køleskabe til et en større værdi i visse situationer. Oprindeligt blev denne grænse indført af kompressorleverandører, som var bange for, at der i forbindelse med lækage fra husholdningskølemøbler kan fremkomme brændbare blandinger i et køkken o.l. Imidlertid er grænsen forsat i brug - og det gælder også for helt andre typer af apparater. I projektet skal gennemføres analyser, som skal gøre det muligt at anvende større mængder kølemidler i situationer, hvor en eventuel lækage ikke vil medføre en større risiko. 1,5 mio. kr.

#### *Elsektor*

Udbygning af indsamlingssystem og øget genanvendelse af SF<sub>6</sub> i elsektoren. 0,5 mio. kr.

#### *Microchips*

Undersøgelse af mulighederne for at reducere emission af kraftige drivhusgasser i forbindelse med produktion af mikrochips (elektroniske og optiske chips). 3 mio. kr.

#### *Information*

Generel informationsformidling om brug af naturlige kølemidler m.v. Der er tale om efteruddannelse af rådgivere, skrivning af artikler, deltagelse i



danske og udenlandske konferencer om alternativ teknologi og regler på området m.v. 1 mio. kr.

## 6.2 Kølebranchens handlingsplan

De fire foreninger: Selskabet for Køleteknik (under Ingeniørforeningen i Danmark), Dansk Køleforening, Autoriserede Kølefirmaers Brancheforening og Dansk Varmepumpefabrikantforening har sammen udarbejdet vedlagte notat for indsats frem til 2006. Se vedlagte oplæg fra foreningerne i appendiks C.

Foreningerne har indsendt en ansøgning til Miljøstyrelsen til et forprojekt, som skal konkretisere selve handlingsplanen. Til brug for dette notat har foreningerne udarbejdet en råskitse med en liste over de planlagte aktiviteter og omkostninger herved. På grund af den korte tid, som foreningerne har haft til udarbejdelsen, kan der være visse usikkerheder i beløbsrammen.

Der er tale om et skøn, hvor alle emner er medtaget. Det samlede skøn for implementering af handlingsplanen er 113 mio. kr. over fire år. Det er de skønnede totale meromkostninger for branchen. Med karakteren af de skitserede aktiviteter kan dette udløse en støtte på ca. 44 mio. kr., dvs. ca. 11 mio. kr. pr. år i fire år (når der tages hensyn til tilladte støtteprocenter for udvikling m.v., jf. EU's regler om statsstøtte). Den nødvendige støttebeløb er udregnet med følgende støtteprocenter: Udviklingsaktivitet: 25%, informationsaktivitet: 100%, kurser: 50% (noget af de resterende 50% kan tænkes finansieret fra andre ministerier) og 50% til blandede informations- og udviklingsaktivitet.

## 6.3 Samlet vurdering af behovet for støtte

I nedenstående tabel er givet en samlet oversigt over aktiviteter nævnt i afsnit 6.1 og 6.2.

Aktivitet	Støtte pr. år i 4 år (mio. kr.)	Støtte i alt (mio. kr.)
Udvikling af nye kommercielle køleanlæg med naturlige kølemidler	10	40
Udvikling af store flaskekølere		1,5
Køleskabe m. DC-kompressorer		1
Varmepumper og A/C		4,5
Kølecontainere		5
Generel information		1
Mulighed for at hæve 150 grams grænse		1,5
Indsamling i elsektor		0,5
Mikrochips		3
Kølebranchens handlingsplan	11	44
I ALT	25,5	102

*Oversigt over foreslåede støtte til aktiviteter.*

Miljøstyrelsen har bedt Teknologisk Institut vurdere størrelsen af overlap mellem de konkrete udviklingsprojekter, som er nævnt i afsnit 6.1 og branchehandlingsplanen i afsnit 6.2.

Generelt set overlapper aktiviteterne ikke hinanden. Der kan dog være et mindre overlap mellem projekter indenfor kommerciel køling i afsnit 6.1 og områder med udviklingsaktiviteter i afsnit 6.2.

Det vurderes at denne overlap maksimalt er på 10 millioner kroner, men dette skal tages med forbehold, og dette forventes at blive mere præcist bestemt i forprojektet til kølebranchens handlingsplan.

Det samlede behov for støtte i 4-års perioden 2002-2005 er ca. 100 mio. kr. svarende til ca. 25 mio. kr. pr. år.

## 7 Litteraturliste

I rapporten er der bl.a. benyttet følgende litteratur:

- Miljøprojekt Nr. 456, 1999 (Miljøstyrelsen): Erstatning af kraftige drivhusgasser. Per Henrik Pedersen, Teknologisk Institut.
- Tema Nord 2000:552 (Nordisk Ministerråd): Ways of reducing consumption and emission of potent greenhouse gases. Per Henrik Pedersen, Teknologisk Institut.
- Arbejdsrapport nr. xxx, 2001: Ozonlagsnedbrydende stoffer og drivhusgasserne HFC'er, PFC'er og SF<sub>6</sub> - 1999. Thomas Sander Poulsen, COWI.
- Environmental Project No. 300: Polyurethane Foam without Ozone Depleting Substances; Experience from Danish Industry. Miljøstyrelsen, 1995.
- Environmental Project No. 301: Going towards Natural Refrigerants; Experience from Danish Industry. Miljøstyrelsen, 1995.
- Environmental Project No. 312: Going towards Natural Fire Extinguishants; Experience from Danish Industry.
- Scandinavian Refrigeration (Scan Ref) 4/1997. Artikel om svensk supermarkedskøleanlæg med kulbrinter som kølemiddel.
- Kathryn Ellerton, Allied Signal Inc: Recent Developments and the Outlook for Global Sulfur Hexafluoride, International Magnesium Association Fifty Four, Toronto, June 1997.
- Brev fra Sarah Severn, Director, NIKE Environmental Action Team til Tarjei Haaland, Greenpeace Danmark. Dateret 12. september 1997.
- Environmental Report, Norsk Hydro, 1997.
- Brev fra Hannah Johnes, Director of Corporate Responsibility, Nike Europe, Middle East and Africa til Tarjei Haaland, Greenpeace Danmark. Dateret 6. september 2001.
- Diverse brochurer fra danske og udenlandske virksomheder.

# Appendiks A: Oversigt over kølemidler og kølemiddelblandinger

I nedenstående tabel gives en oversigt over de mest almindelige kølemidler, som består af enkeltstoffer:

Stofbetegnelse	R-nummer	Kemisk formel	ODP-værdi	GWP-værdi (100 år)
Halon-1301	R-13B1	$\text{CBrF}_3$	10	5.600
CFC-11	R-11	$\text{CFCl}_3$	1.0	4.000
CFC-12	R-12	$\text{CF}_2\text{Cl}_2$	1.0	8.500
CFC-115	R-115	$\text{CClF}_2\text{CF}_3$	0.6	9.300
HCFC-22	R-22	$\text{CHF}_2\text{Cl}$	0.055	1.700
HCFC-124	R-124	$\text{CF}_3\text{CHClF}$	0.03	480
HCFC-142b	R-142b	$\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_2\text{Cl}$	0.065	2.000
HFC-23	R-23	$\text{CHF}_3$	0	11.700
HFC-32	R-32	$\text{CH}_2\text{F}_2$	0	650
HFC-125	R-125	$\text{C}_2\text{HF}_5$	0	2.800
HFC-134a	R-134a	$\text{CH}_2\text{FCF}_3$	0	1.300
HFC-143a	R-143a	$\text{CF}_3\text{CH}_3$	0	3.800
HFC-152a	R-152a	$\text{C}_2\text{H}_4\text{F}_2$	0	140
HFC-227ea	R-227ea	$\text{C}_3\text{HF}_7$	0	2.900
PFC-14	R-14	$\text{CF}_4$	0	6.500
PFC-116	R-116	$\text{C}_2\text{F}_6$	0	9.200
PFC-218	R-218	$\text{C}_3\text{F}_8$	0	7.000
Isobutan (HC-600a)	R-600a	$\text{CH}(\text{CH}_3)_3$	0	3
Propan (HC-290)	R-290	$\text{C}_3\text{H}_8$	0	3
Etan (HC-170)	R-170	$\text{C}_2\text{H}_6$	0	3
Eten (Ethylen)	R-1150	$\text{CH}_2\text{CH}_2$	0	3
Propylen (HC-1270)	R-1270	$\text{C}_3\text{H}_6$	0	3
Ammoniak	R-717	$\text{NH}_3$	0	0
Kuldioxid	R-744	$\text{CO}_2$	0	1
Luft	R-729	-	0	0
Vand	R-718	$\text{H}_2\text{O}$	0	0

I nedenstående tabel gives en oversigt over kølemiddelblandinger i 400-serien (zeotropiske blandinger). ODP- og GWP-værdier kan udregnes efter værdierne for stofferne i tabellen over enkeltstoffer, idet der vægtes efter blandingsforholdet mellem enkeltstoffer:

R-nummer	Stoffer	GWP-værdi (100 år)	Koncentration i vægt-%
R-401A	HCFC-22/HFC-152a/HCFC-124	1082	53/13/34
R-402A	HCFC-22/HFC-125/HC-290	2326	38/60/2
R-403A	HCFC-22/PFC-218/HC-290	2675	75/20/5
R-403B	HCFC-22/PFC-218/HC-290	3682	56/39/5
R-404A	HFC-143a/HFC-125/HFC-134a	3260	52/44/4
R-406A	HCFC-22/HC-600a/HCFC-142b	1755	55/4/41
R-407C	HFC-32/HFC-125/HFC-134a	1526	23/25/52
R-408A	HCFC-22/HFC-143a/HFC-125	2743	47/46/7
R-409A	HCFC-22/HCFC-142b/HCFC-124	1440	60/15/25
R-410A	HFC-32/HFC-125	1725	50/50
R-412A	HCFC-22/HCFC-142b/PFC-218	2040	70/25/5
R-413A	HFC-134a/PFC-218/HC-600a	1774	88/9/3
R-414A	HCFC-22/HCFC-124/HCFC-142b/HC-600a	1329	51/28.8/16.5/4
R-415A	HCFC-22/HFC-23/HFC-152a	1966	80/5/15

I nedenstående tabel vises kølemiddelblandinger i 500-serien (azeotropiske blandinger):

R-nummer	Stoffer	GWP-værdi (100 år)	Koncentration i vægt-%
R-502	CFC-115/HCFC-22	5576	51/49
R-507	HFC-143a/HFC-125	3300	50/50
R-508A	HFC-23/PFC-116	10175	39/61
R-508B	HFC-23/PFC-116	10350	46/54
R-509A	HCFC-22/PFC-218	4668	44/56

# Appendiks B: Kommercielle køleanlæg

*Dette appendiks er skrevet i samarbejde med civilingeniør Kim Gardø Christensen, Teknologisk Institut.*

Kommercielle køleanlæg er anlæg, som f.eks. anvendes til køling i supermarkeder og specialbutikker samt på hoteller og i restaurationer. Det vil sige i handels- og serviceområdet, landbrug og gartneri.

Ifølge Miljøstyrelsens opgørelse /1/ blev der i 1999 benyttet 319 tons HFC-kølemiddel på ”Kommercielle stationære køleanlæg og A/C-anlæg”.

	Forbrug i 1999, tons
HFC-134a	110,6
R-404A	135,5
R-401A	15
R-407C	40
R-402A	8
R-507A	10
I alt	319,1

*Forbrug af HFC-kølemiddel i kommercielle stationære køleanlæg og A/C-anlæg i 1999. Tallene er fra Miljøstyrelsens årlige opgørelse, som foretages af COWI.*

Det kommercielle køleområde er det mest ”brogede” område inden for køleindustrien. Der er et stort antal virksomheder, som sælger og installerer køleanlæg. Køleanlæggene sammensættes ofte af standardkomponenter, som indkøbes. For visse kommercielle køleanlæg (i supermarkeder) er der lange rørstrækninger involveret, og lækageraten har tidligere været meget stor (i størrelsesordenen 20-25% af kølemiddelfyldningen om året). I de senere år er der gjort meget fra brancheorganisationen AKB (Autoriserede Kølefirmaers Brancheforening) og de to køleforeninger (Dansk Køleforening og Selskabet for Køleteknik) for at reducere utætheder og dermed formindske emissionen. Det betyder, at emissionen af nyere supermarkeds-køleanlæg er reduceret til af størrelsesordenen 10% om året.

De kommercielle køleanlæg udgør en meget stor økonomisk værdi, idet der er mange af dem. Samtidig er der et utal af varianter af køleanlæg, og derfor er der i dette afsnit gennemført en analyse af de forskellige typer og status for alternative anlæg, som ikke benytter HFC-kølemiddel.

Afsnittet er delt op i to sektioner, hvor den første beskæftiger sig med anlægstyper, idet disse er opdelt i 4 kategorier: Plug-in-units, splitanlæg, chillers og maskinanlæg. Det andet afsnit omhandler applikationerne, som er opdelt i supermarkeder, specialbutikker, kiosker, hoteller, restauranter og landbrug.

Til sidst er foretaget en samlet vurdering af det kommercielle køleområde.

## B.1 Anlægstyper

### *Plug-in*

Plug-in-kølesystemer benyttes primært i handel og service. Der er tale om små enheder, som kan sammenlignes med flaskekølere og iscremefrysere samt større enheder som f.eks. små kølereoler og diverse specialmaskiner. Plug-in-apparaterne kan opdeles i store og små anlæg. De små plug-in-enheder kan benytte kulbrinter, men de større er problematiske pga., at fyldningerne med kulbrinter vil overstige 200-300 gram. De store plug-in-køleanlæg (over ca. 2 kW i kuldeydelse) anvendes mange forskellige steder i mange forskellige afskygninger. Mange supermarkeder anvender stadig mange store plug-in-apparater/-møbler i form af kølereoler og gondoler med egen kompressor og kondensator. Disse møbler anvendes også i stor udstrækning i den øvrige detailhandel, i kiosker og på servicestationer samt i hotel- og restaurationsbranchen. De store plug-in-møbler er ofte billige, præfabrikerede enheder, der er nemme at opstille og billige at servicere. Endvidere har disse møbler den fordel i forhold til remotekølemøbler, at de nemt kan rykkes rundt på i forretningen. Denne fleksibilitet prioriteres meget højt i nogle butikker. Ud over de nævnte typer af anlæg findes en lang række specialmaskiner. Her tænkes på multikølere til sodavand og øl i barer og restauranter, ismaskiner f.eks. placeret i fiskehandlere samt andre typer, hvor ydelser og fyldninger er så store, at det ikke umiddelbart kan forsvares at anvende kulbrinter som kølemiddel. Det vurderes, at det vil blive nødvendigt at anvende indirekte køling i mange af applikationerne, hvor der tidligere har været anvendt plug-in-udstyr.

### *Splitanlæg*

Splitanlæggene dækker over en bred vifte af applikationer. Anlæggene er opbygget af to units. Den ene unit: fordamperen placeres i køle- eller frostrummet eller for den sags skyld i lokalet, som ønskes klimatiseret (A/C). Den anden unit: kompressor- og kondensatordelen (det kaldes samlet kondenseringsuniten) placeres ofte udendørs eller i kældre. Denne del afgiver varmen til omgivelserne. Ofte er splitanlæggene præfabrikerede (primært til A/C), hvor kølemidlet allerede er påfyldt ved levering af anlægget. Ved sammenkobling af de to units brydes en kapsel, og kølemidlet kan strømme fra kondenseringsdelen til fordamperdelen. Denne type anlæg leveres af f.eks. Panasonic, Toshiba, Carrier og Daikin (primært til A/C). Splitanlæggene kan også opbygges ved installering af en kondenseringsunit fra f.eks. Danfoss, hvortil der sammenkobles en fordamperflade efter eget ønske.

Splitunits anvendes i stor udstrækning inden for detailhandel samt hotel- og restaurationsbranchen. De anvendes til køle- og frostrum, A/C samt remotekølemøbler. Anvendelsen af splitanlæggene giver fordele i forhold til plug-in-systemerne, ved at kondensatorvarmen ikke afgives til selve lokalet, samt ved at støjproblemer undgås.

Splitanlæggene dækker over et problem mht. konvertering til andre kølemidler. Man vil næppe give lov til at anvende kulbrinter til A/C eller i forbindelse med apparater/møbler placeret i offentlige lokaler, medmindre fyldningen er begrænset. CO<sub>2</sub> er en mulighed, men systemet bliver sandsynligvis væsentligt dyrere i disse små units bl.a. pga. de høje tryk og dermed forhøjede krav til komponenter. Endvidere vil det med CO<sub>2</sub> være vanskeligt at konkurrere energimæssigt med optimerede, konventionelle HFC-units. Dog vil kulbrinter ofte kunne anvendes f.eks. ved anvendelse af indirekte køling, men vi skal huske på, at udstyret kapacitetsmæssigt er småt specielt i forbindelse med køling i specialbutikker, kiosker, servicestationer og restauranter. Det kan i dette område være svært at finde konkurrencedygtige alternativer. Prismæssigt vil små indirekte units være

væsentlig dyrere end de konventionelle splitanlæg, og energiforbruget vil også utvivlsomt være større.

### Chillers

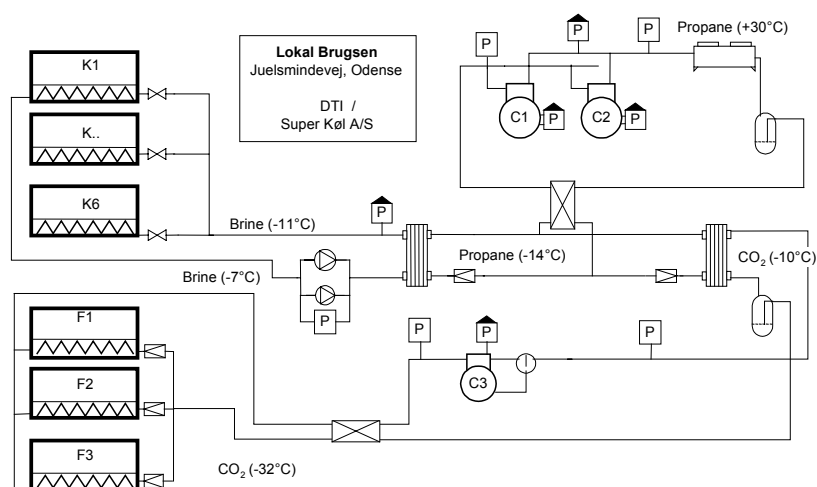
Chillers (eller væskekølere) er kompakte køleanlæg, som nedkøler en væske, f.eks. vand til proceskøling eller A/C i større bygninger m.v.

På dette område ses ikke nogle større problemer, da udstyret per definition er indirekte, og kulbrinter derfor kan anvendes med visse modifikationer af udstyret. Chilleranlæggene er ofte større præfabrikerede anlæg med kapaciteter over 20 kW. Der findes endvidere allerede en del udstyr på markedet, der anvender kulbrinter som kølemiddel. Præfabrikerede chillers til kapaciteter under 20 kW køleydelse findes (så vidt vides) endnu ikke med naturlige kølemidler.

### Kompressoranlæg (maskinanlæg)

Kompressoranlæg anvendes i stor udstrækning i mellemstore og store supermarkeder. Endvidere ses kompressoranlæg anvendt til større køle-/frostrum samt til køleanlæg inden for landbruget. Anlæggene er karakteriseret ved, at der på fordampersiden parallelkobles et antal remotemøbler/fordampere, mens kondensatoren ligeledes er remotekoblet. Kompressoranlægget, der typisk har kuldeydelse over 15-20 kW, er placeret i et maskinrum, mens kondensatoren er placeret udendørs f.eks. på taget af bygningen.

Der er i Danmark og især i Sverige bygget adskillige kompressoranlæg i forbindelse med supermarkeder, hvor kulbrinter anvendes som primært kølemiddel. I selve butikken anvendes CO<sub>2</sub> som kølemiddel på frosten, mens konventionelle briner som propylenglykol anvendes som sekundært kølemiddel på kølen.



Figuren viser skematisk opbygning af semi-indirekte køleanlæg med propan og CO<sub>2</sub> i demonstrationsanlæg i LokalBrugsen i Odense. /2/.

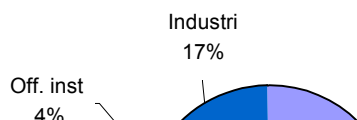
## B.2 Applikationer

### Energiforbrug

Ca. 15% af det totale danske elforbrug anvendes til drift af køle- og fryseudstyr.

DEFU har opgjort elforbrug til køling fordelt på brancher inklusiv husholdninger i 1993 /3/.

### Energiforbrug til køling





	GWh/år
Husholdning	1900
Landbrug/gartneri	66
Detailhandel	555
Engroshandel	311
Service	290
Off. institutioner	142
Industri	676
Total	3940

### *Elforbrug til køling i Danmark /3/.*

Som det fremgår er elforbruget til køling domineret af først og fremmest de private husholdninger, som udgør 48% (1900 GWh/år). For de øvrige brancher stammer de individuelle forbrug fra få dominerende forbrugsgrupper /4/:

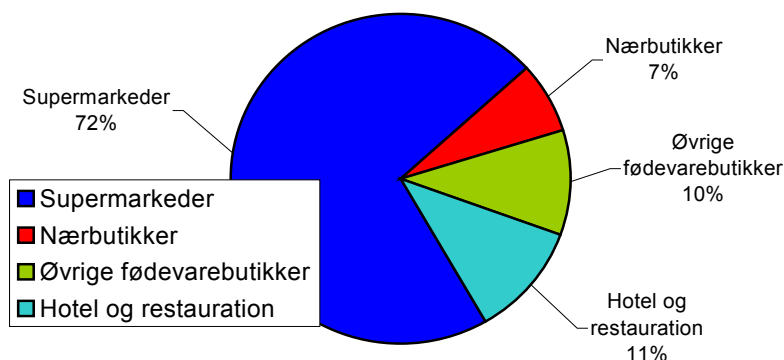
Detailhandel:	14% (555 GWh/år):	Køling af fødevarer i supermarkeder og fødevareforretninger.
Industri:	17% (676 GWh/år):	Fødevarefremstilling og kemisk industri
Engroshandel:	8% (311 GWh/år):	Hovedsageligt køle- og frostlagre
Service:	7% (290 GWh/år):	Restaurationer, hoteller samt A/C og EDB-køl i bank-, forsikrings- og forretningsservice
Landbrug:	2% (66 GWh/år):	Mælkekøleanlæg, køling af rodfrugter, frugt og grønt

Det kommercielle køleområde består af handel- og serviceområdet og af landbrug og gartneriområdet.

### **Energiforbrug og kølemiddelfyldning i handel og service**

Det vurderes, at det samlede energiforbrug til køling og A/C inden for handel og service ligger omkring 870 GWh/år, hvoraf ca. 240 GWh/år går til luftkonditionering. Af de 630 GWh/år, der går til køling, går 450 GWh/år til køling i supermarkeder.

### Elforbrug til køling i handel og service [GWh/år] Total: 630 GWh/år



Figuren viser elforbruget i fire forskellige kategorier inden for handel og service.

Handel- og serviceområdet er i det efterfølgende opdelt i følgende fire kategorier:

*Supermarkeder og købmænd:* Dækker hele det område, vi normalt forstår som dagligvarebutikker fra de helt små til de helt store.

*Nærbutikker:* Dette område dækker over servicestationer og kiosker.

*Øvrige fødevarerbutikker:* Dette område dækker over alle specialbutikker såsom slagtere, ostehandlere og lign.

*Hotel og restauration:* Dækker over hoteller, moteller, kroer, restauranter, cafeer, cafeteriaer, kantiner og catering.

#### Supermarkeder og købmænd

Supermarkeder er den største forbruger af køleteknisk udstyr inden for handel- og serviceerhvervene. I Danmark findes ca. 2.200 supermarkeder, hvor fødevarer udstilles i enten køle- eller frysediske/-reoler. Den alt overvejende del af køle- og frysemøbler i supermarkeder er tilsluttet remoteanlæg (maskinanlæg), men også plug-in møbler er meget anvendte. Endvidere findes der ca. 2000 små købmændsbutikker. Køleanlæggene er primært udformet som kompressoranlæg/remoteanlæg eller i de mindre butikker som splitanlæg.

Supermarkederne spænder vidt fra meget små butikker til de helt store. Nedenstående tabel viser, hvorledes belastningen på hhv. køl og frost er fordelt for forskellige supermarkeder.

	Kuldeydelse KØL	Kuldeydelse FROST	Antal kølesteder	Fyldning (R404A)
Købmand	ca. 5 kW	ca. 3 kW	2-3	10-20 kg
Lokal/Dagli' Brugs	ca. 10 kW	ca. 5 kW	5	20-50 kg
Netto/Fakta	15-30 kW	10-20 kW	10	50-150 kg

Føtex/SuperBrugsen	40-80 kW	30-50 kW	15	200-500 kg
Bilka/ISO/OBS	100-300 kW	60-150 kW	25	500-1500 kg

Det vurderes, at den samlede fyldning inden for dagligvarebutikker ligger på omkring 350-400 tons.

Anlæggene er typisk store, og det er vist både i DK og andre europæiske lande, hvorledes anlæg med naturlige kølemidler kan anvendes.

*Alternativ teknologi:*

Kompressor anlæg: Anlæggene kan være indirekte eller semi-indirekte med kulbrinter og CO<sub>2</sub>

Pris: +10% for de større anlæg/+15% for de mindre

Energiforbrug: ±5%

Splitanlæg: Anlæggene vil typisk være indirekte med kulbrinter og en konventionel brine (der kræves udvikling)

Pris: +20%

Energiforbrug: +10%

*Kiosker og servicestationer*

Det vurderes, at der findes ca. 1700 servicestationer i DK og 900 kiosker /5/. Til disse butikker anvendes primært plug-in-udstyr samt splitanlæg. Det samlede energiforbrug til køling ligger omkring 45 GWh/år. Antallet af anlæg varierer med butikken størrelse. Det vurderes, at butikkerne har 4-8 anlæg opstillet, hvoraf størstedelen dog er mindre plug-in-anlæg, som kan leveres med kulbrinter som kølemiddel. Kølemiddelfyldningen er omkring 10 tons.

*Alternativ teknologi:*

Kompressor anlæg: Anlæggene kan være indirekte eller semi-indirekte med kulbrinter og CO<sub>2</sub> (der kræves udvikling)

Pris: +20% for disse anlæg (der ikke er ret store, derfor relativ stor ekstraomkostning)

Energiforbrug: ±5%

Splitanlæg: Anlæggene vil typisk være indirekte med kulbrinter og en konventionel brine (der kræves udvikling)

Pris: +20%

Energiforbrug: +10%

Plug-in-anlæg: De små plug-in-anlæg er allerede på markedet, mens der for de større ikke umiddelbart findes alternativ (der kræves udvikling). Det vil sandsynligvis være nødvendigt at erstatte de større plug-in-anlæg med indirekte køling.

Pris: ±5% for de små plug-in-anlæg/+30% for de større (indirekte køling)

Energiforbrug: -5% for de små plug-in-anlæg/+15% for de større (indirekte køling)

*Øvrige butikker*

Dette område dækker over alle specialbutikker såsom slagtere, fiskehandlere, ostehandlere, bagere og lign. Butikkerne er meget forskelligt udrustet, hvor der også er installeret specialudstyr afhængigt af butikkens formål.

F.eks. vil en bager med produktion have følgende udstyr:

- 1 stort dobbelt frostskaab til sukkervarer
- 1-2 kølerum for produktionen
- evt. 1 koldtvandsanlæg (12°C) til bageri

- 1 kølereol i butik (3-5 m)
- 1-2 kagekølere
- 1 faldkuldeanlæg til vinduesudstilling

	Antal butikker /5/	Estimeret antal køleinstallationer pr. butik
Slagter- og smørrebrødsforretninger	878	5
Fisk og vildt	313	4
Chokolade og slik	572	1
Frugt og grønt	716	2
Osteforretninger	157	3
Bagerforretninger	141	6
Total	2.636	

Energiforbruget til dette område ligger på ca. 65 GWh/år, og den totale fyldningsmængde er estimeret til ca. 20 tons.

Anlæggene er primært udført som plug-in-typer eller som splitanlæg. En del af udstyret er specialudstyr. Her kan bl.a. nævnes skælismaskiner i fiskehandlere.

#### *Alternativ teknologi:*

Kompressoránlæg/parallelánlæg: Anlæggene kan være indirekte eller semi-indirekte med kulbrinter og CO<sub>2</sub> (der kræves udvikling)

Pris: +20% for disse anlæg, der ikke er ret store

Energiforbrug: ±5%

Splitánlæg: Anlæggene vil typisk være indirekte med kulbrinter og en konventionel brine (der kræves udvikling)

Pris: +20%

Energiforbrug: +10%

Plug-in-anlæg: De små plug-in-anlæg er allerede på markedet, mens der for de større ikke umiddelbart findes alternativ (der kræves udvikling). Det vil sandsynligvis være nødvendigt at erstatte de større plug-in-anlæg med indirekte køling. Noget af specialudstyret vil være meget vanskeligt at konvertere.

Pris: ±5% for de små plug-in-anlæg/+30% for de større (indirekte)

Energiforbrug: -5% for de små plug-in-anlæg/+15% for de større (indirekte)

#### *Hotel og restauration*

Med undtagelse af de mindste enheder, dvs. cafeer, cafeterier og grillbarer, findes der i restauranter kølerum til opbevaring af animalske produkter, svalerum til grøntsager og eventuelt et mindre frostrum. Hertil kommer et varierende antal køle- og fryseskabe i køkkenlokalet samt eventuelle kølemontre, isterningmaskiner samt fadøl- og flaskekølere.

Der er typisk tale om separate plug-in-enheder eller splitanlæg (4-6 stk.), og kun i sjældnere tilfælde anvendes et centralt køleanlæg.

	Antal butikker /4/	Estimeret antal køleinstallationer pr. butik
Hoteller, moteller og kroer (med restaurant)	984	6

Restauranter og større cafeer	4.531	4
Cafeterier og grillbarer	2.989	2
Kantiner	1.023	6
Catering	607	4
Total	10.134	

Energiforbruget til denne del er ca. 70 GWh, mens fyldningsmængden er estimeret til 40 tons.

*Alternativ teknologi:*

Kompressor anlæg/parallel anlæg: Anlæggene kan være indirekte eller semi-indirekte med kulbrinter og CO<sub>2</sub> (der kræves udvikling)

Pris: +20% for disse anlæg, der ikke er ret store

Energiforbrug: ±5%

Split anlæg: Anlæggene vil typisk være indirekte med kulbrinter og en konventionel brine (der kræves udvikling)

Pris: +20%

Energiforbrug: +10%

Plug-in anlæg: De små plug-in anlæg er allerede på markedet, mens der for de større ikke umiddelbart findes alternativ (der kræves udvikling). Det vil sandsynligvis være nødvendigt at erstatte de større plug-in anlæg med indirekte køling. Noget af specialudstyret vil være meget vanskeligt at konvertere.

Pris: ±5% for de små plug-in anlæg/+30% for de større (indirekte køling)

Energiforbrug: -5% for de små plug-in anlæg/+15% for de større (indirekte køling)

**Landbrug**

Det primære energiforbrug til køling i landbruget består i køling af mælkebeholdere anvendt ved malkning samt kølerum til afgrøder (rodfrugter, frugt og grønt). Det samlede energiforbrug til køling ligger omkring 66 GWh/år.

Der anvendes typisk split anlæg med en kondenseringsunit placeret på taget eller bag bygningen.

	Antal producenter /4/	Energiforbrug/Fyldning [GWh/år]/[tons]
Mælkeproducenter	13209	50/120 <sup>6/</sup>
Agerbrug + frugtplantager	4.531	16/25

*Alternativ teknologi:*

Split anlæg (indirekte): Anlæggene vil typisk være indirekte med kulbrinter og en konventionel brine (der kræves udvikling).

Pris: +20%

Energiforbrug: +10%

Split anlæg (direkte): Man kan forestille sig, at kulbrinter i mindre mængder i fremtiden kan accepteres i personkategori B efter EN-378, hvis der indbygges tilstrækkelig sikkerhed. Kategori B er et område, hvor der ikke er offentlig adgang, men hvor fast personale har adgang /7/. Anlæggene vil således blive billigere og energimæssigt bedre end et indirekte anlæg.

Landbruget er i forvejen vant til at håndtere ammoniak og vil derfor også kunne tackle anvendelsen af kulbrinter (der kræves udvikling).

Pris: +10%

Energiforbrug: +0%

### B.3 Vurdering

Det er tydeligvis inden for de mindre anlæg (de større plug-in-køleanlæg, samt split- og kondenseringsunits), at der er de største problemer med at erstatte HFC-kølemidler. I forbindelse med små A/C-systemer i bygninger med offentlig adgang vil man næppe komme til at se anvendelse af kulbrinter og ammoniak. Kuldioxid er en mulighed, men pga. høje tryk og en termodynamisk dårlig kredsproces (i det relevante temperaturområde), kræves væsentligt udviklingsarbejde, for at dette kølemiddel vil vinde indpas. Det er endvidere et meget stort spørgsmål, om vi kommer til at se direkte anvendelse af kulbrinter i forbindelse med køle-/frostrum. Personalet vil være Kategori B, men det er ikke klart hvilke yderligere foranstaltninger, der kunne kræves. Man bør gå ind i denne sag, således at et regelsæt kan opstilles for denne anvendelse. Ellers må man anvende indirekte eller semi-indirekte systemer, som vil være rimelig konkurrencedygtige primært på de lidt større anlæg med kuldeydelse på over 20 kW.

#### **Energiforbrug, kølemiddellækage og drivhuseffekt**

Et køleanlæg med HFC-kølemiddel bidrager til drivhuseffekten med to bidrag: det indirekte bidrag fra produktionen af den elektricitet, som skal benyttes til at drive anlægget. Det er i Danmark ca. 0,78 kg CO<sub>2</sub> pr. kWh. Hertil kommer det direkte bidrag fra udslippet af kølemiddel.

Det samlede bidrag er summen af de to bidrag. Der er herhjemme og i udlandet foretaget mange beregninger af det samlede bidrag for mange forskellige køleanlæg. Mange af disse giver modstridende resultater, som ofte fremkommer på grund af forskellige forudsætninger.

Hvis man kan benytte anlæg med naturlige kølemidler, som bruger mindre energi end tilsvarende anlæg med HFC, er sagen klar: Anlægget med naturlige kølemidler er det mest miljøvenlige, når man ser på drivhuseffekten.

De steder, hvor man kan anvende direkte køling med naturlige kølemidler eller semi-indirekte køling, vil energiforbruget generelt set ikke være højere end for tilsvarende HFC-anlæg. Derfor vil disse anlæg være fordelagtige set fra et miljøsynspunkt.

Hvis der skal benyttes indirekte køling med en brine (f.eks. vand/glykol-blanding), vil der være et tab, idet der skal være en varmeveksling mellem det primære og det sekundære kølemiddel. Herved vil energiforbruget være lidt højere pga. behov for lavere fordampningstemperatur. Dette medfører lidt højere energiforbruget i kompressoren. Hertil kommer pumpearbejde til det sekundære kølesystem. Til gengæld vil der være mindre tryktab i sugeledning ved det indirekte anlæg. I alt vil indirekte køling medføre et lidt større energiforbrug af størrelsesordenen 10%.

For større sammensatte anlæg (som bl.a. supermarkeder) vil det samlede bidrag (dvs. CO<sub>2</sub> fra elproduktion + udslip af kølemiddel) til drivhuseffekten alligevel være mindre for disse anlæg, jf. regneeksempel i appendiks 2 i rapporten og andre tilsvarende beregninger (se også bilag 1). Årsagen til dette er den store lækage og den store fyldning i f.eks. supermarkedsanlæg.

Når vi taler om små og mere kompakte anlæg (under 20 kW køleydelse og ca. 10 kg fyldning), er situationen anderledes, idet indirekte køling stadig vil have et lidt højere energiforbrug (ca. 10%), men for disse anlæg gælder, at lækageraten er mindre end for større og mere komplicerede køleanlæg. Derfor kan man ikke med sikkerhed sige, at brug af naturlige kølemidler sammen med indirekte køling vil være mere miljøvenlige for disse mindre kommercielle køleanlæg.

I bilag 2 og 3 er foretaget sammenligning mellem direkte køleanlæg med R404A og indirekte køling med propan/brine. Der er taget udgangspunkt i et lille kompakt køleanlæg (10 kW køl og 5 kg fyldning).

I bilag 2 er forudsat en lækagerate på 10%, og her har propananlægget det mindste bidrag til drivhuseffekten.

I bilag 3 er lækageraten ændret til 5% p.a., og her bliver resultatet til HFC-anlæggets fordel.

Det ser ud til, at små kompakte køleanlæg kan opnå lækagerater på ned til 5% p.a., derfor kan man vurdere, at små kompakte HFC-anlæg med en kølekapacitet på mindre end 20 kW, med en fyldning på mindre end 10 kg og med direkte køling i Danmark har mindre sammenlagt bidrag til drivhuseffekten end et tilsvarende køleanlæg med indirekte køling.

Applikation <sup>3</sup>	Anlægstype <sup>2</sup>					
		Plug-in-anlæg		Splitanlæg	Chillers	Maskinanlæg
		Små	Store	-	-	-
Supermarkeder	V <sup>1</sup>	X	X	X	V	V
Spec. butikker	V	X	X (V)	X (V)	V (X)	X (V)
Kiosker/servicestat.	V	X	X (V)	X (V)	V (X)	
Hoteller	V	X	X	X	V	X
Restauration	V	X	X (V)	X (V)	V (X)	-
Landbrug	-	-	X	X	V (X)	X

<sup>1</sup> Tabellen viser primære anlægstyper anvendt i applikationer  
V: er løst; X: mangler alternativ; -: ingen anvendelse

<sup>2</sup> Anvendelserne for de forskellige anlægstyper er A/C, køl og frost. A/C anvendes i hoteller og restauration, men også i større og større udstrækning i supermarkeder og anden detailhandel.

<sup>3</sup> De forskellige anvendelser af køleanlæg

#### Kildemateriale til appendiks B:

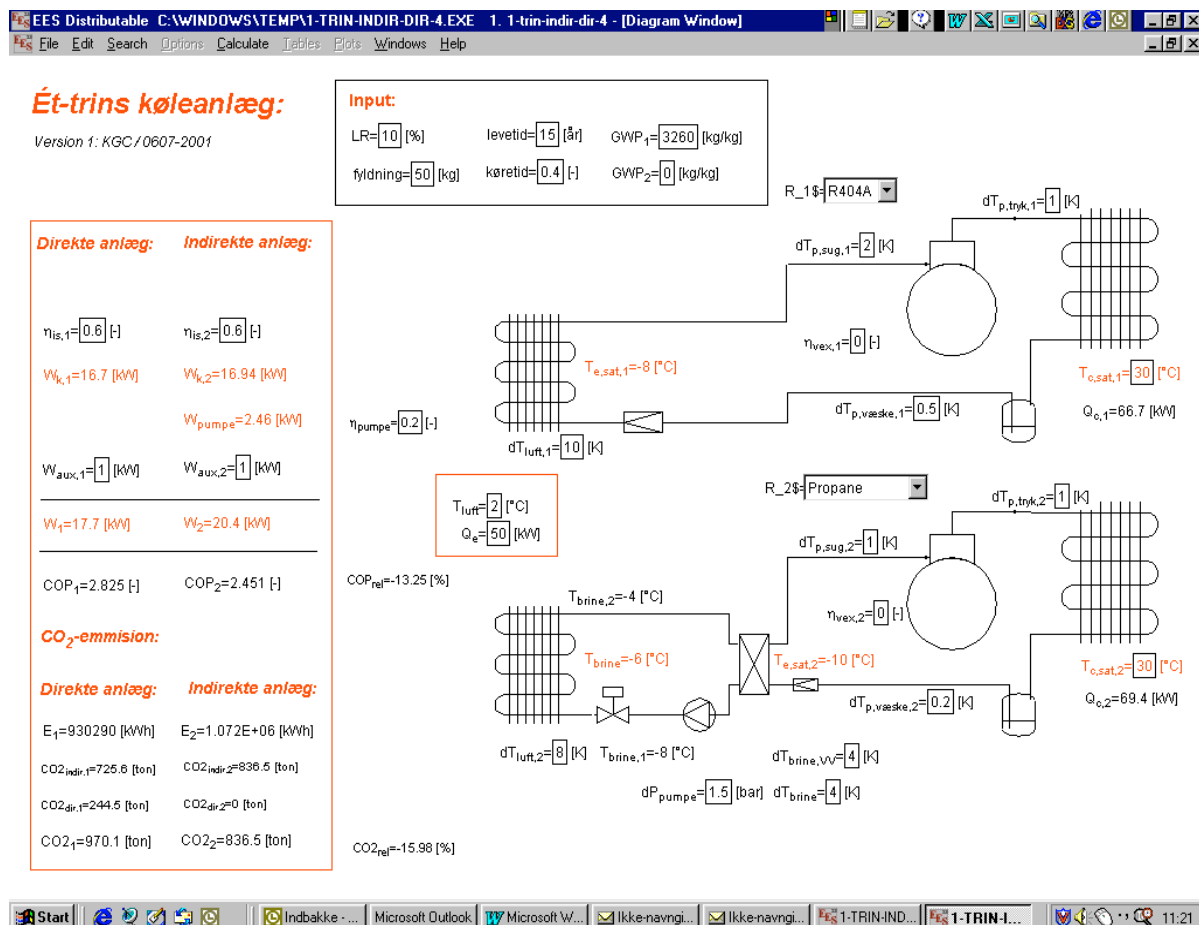
- /1/ Ozonlagnedbrydende stoffer og drivhusgasserne HFC'er, PFC'er og SF<sub>6</sub>. Danmarks forbrug og emissioner 1999, COWI, 2001 (for Miljøstyrelsen).
- /2/ Demonstration af naturlige kølemidler i supermarkeder. Kim G. Christensen, Jesper Nyvad, Teknologisk Institut, Energistyrelsen, 2000 (J. Nr. 731327/99-0199)
- /3/ DEFU 1993
- /4/ DEFU 1994
- /5/ Børsen on-line database ([www.borsen.dk](http://www.borsen.dk))
- /6/ Indførelse af ammoniak i mindre køleanlæg, Sverre Hansen, Søren Lund, Teknologisk Institut, 1999.

/7/

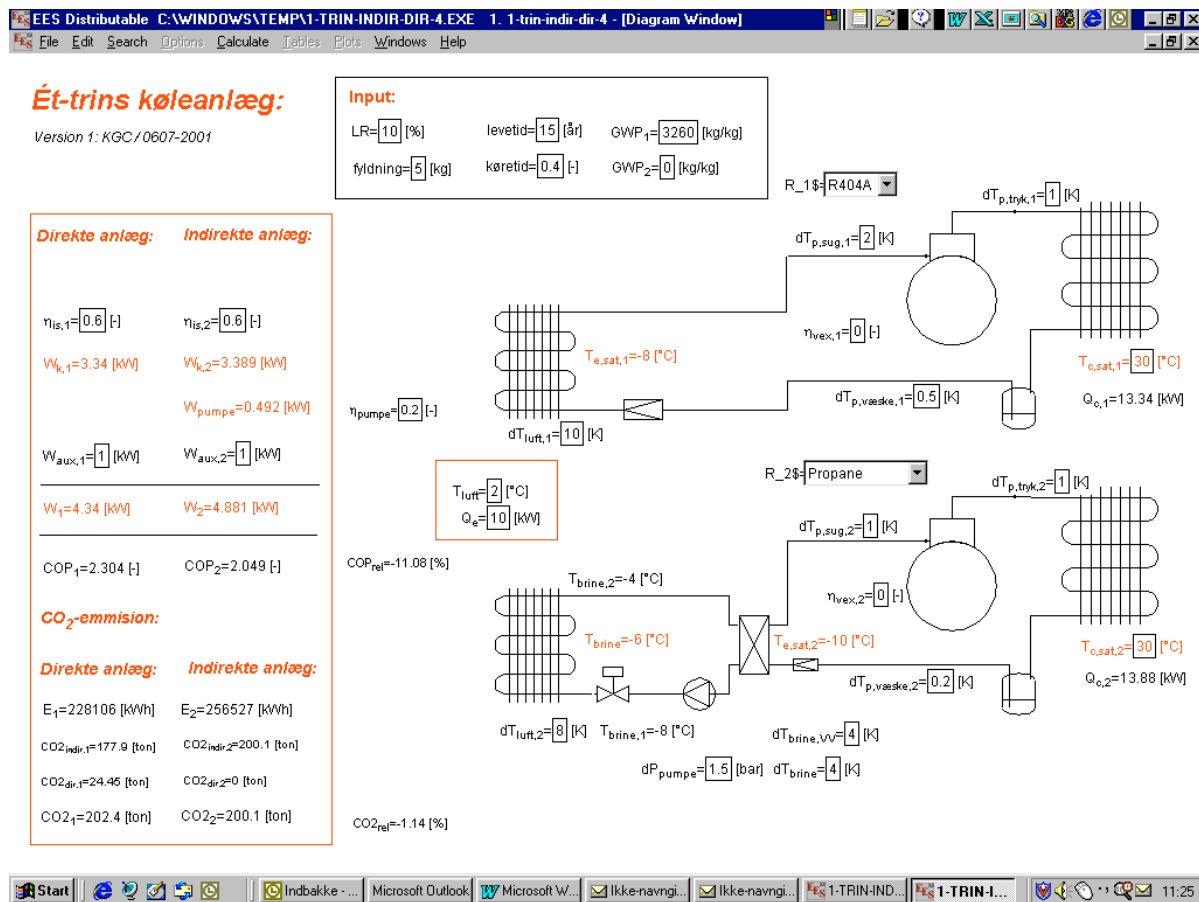
DS/EN-378-1: Basic requirements, definitions, classification and selection criteria.



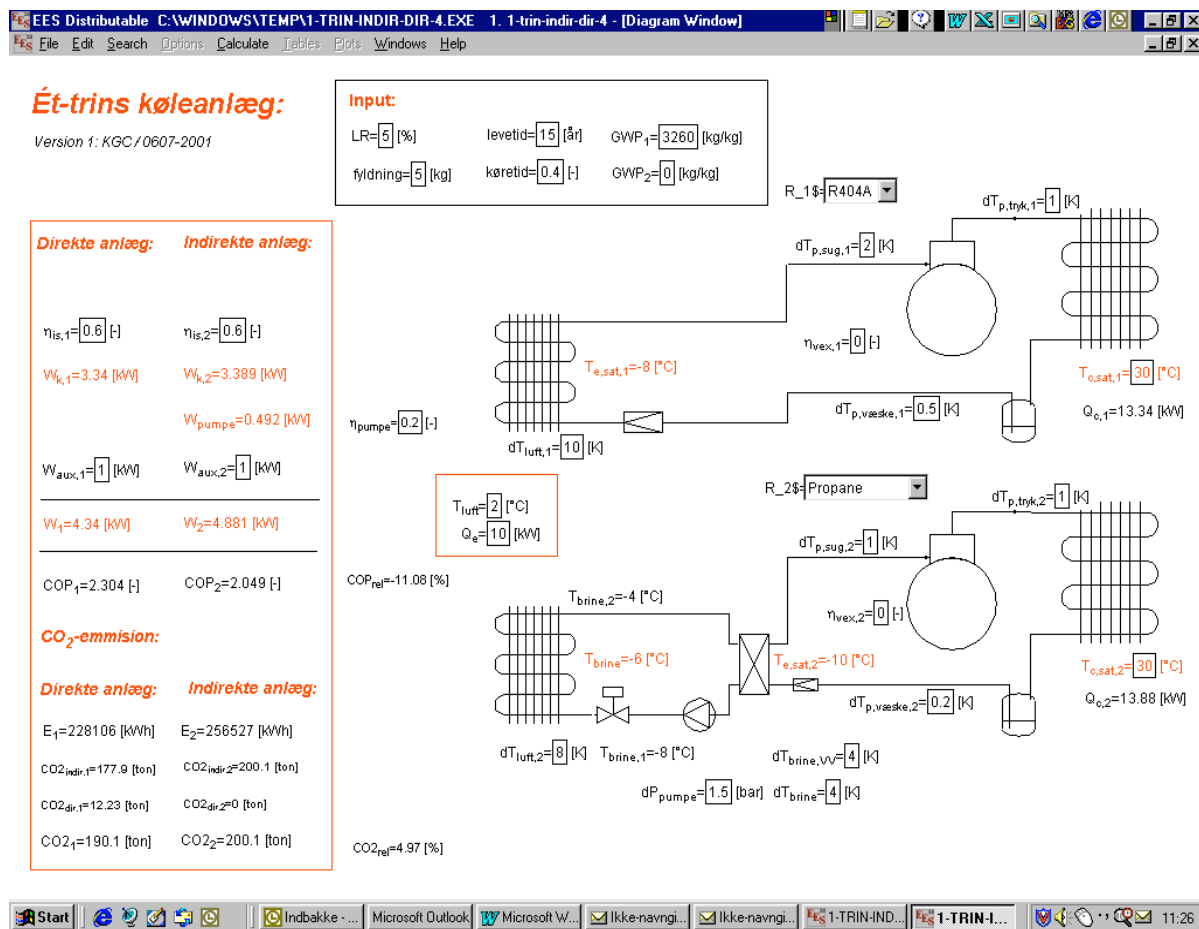
Bilag 1: Sammenligning af indirekte og direkte køling med lidt større køleanlæg (50 kW køl). Simuleringen er for et større sammensat butikskøleanlæg med relativ stor fyldning og lækagerate (50 kg R404A og 10% p.a.).



Bilag 2: Sammenligning mellem direkte anlæg med R404A og indirekte anlæg med propan. Der er tale om et lille køleanlæg (10 kW køl), en fyldning på 5 kg og en lækagerate på 10% p.a.



Bilag 3: Sammenligning mellem direkte anlæg med R404A og indirekte anlæg med propan. Der er tale om et lille kompakt anlæg (10 kW køl, 5 kg kølemiddel og 5% lækagerate).



# Appendiks C: Kølebranchens handlingsplan

*Herunder gengives de fire køleforeningers notat om ekstraomkostninger i forbindelse med implementeringen af Miljøstyrelsens handlingsplan om afvikling af kraftige drivhusgasser:*

Formålet med udarbejdelsen af dette notat er at forsøge at få en fornemmelse af størrelsesordenen på omkostningerne for en fuldt gennemført handlingsplan for kølebranchen.

Nødvendigheden af et samarbejde mellem myndigheder og alle "køleaktører" samt behovet for overordnet koordinering og videnformidling til hele branchen er - set med foreningernes øjne - afgørende for, om det skal lykkes for branchen at gennemføre den forestående omstillingsproces til anvendelse af kølemidler uden ozonlags- og drivhuseffekt (naturlige kølemidler) inden for de af myndighederne foreslåede tidsrammer. Det handler om at løfte opgaven i fællesskab.

Nærværende opstilling tager udgangspunkt i stikord og overskrifter, der var udarbejdet som oplæg til køleforeningernes møde med Miljøstyrelsen 28/6-2001 om en handlingsplan for kølebranchen. Der er ikke foretaget prioritering og udvælgelse, lavet tilføjelser eller taget emner bort.

Det er foreløbig aftalt, at der udarbejdes og indsendes en ansøgning til Miljøstyrelsen om et forprojekt, der i detaljer kan konkretisere den skitserede handlingsplan og verificere de dermed forbundne omkostninger.

Bemærkninger og kommentarer

Vedlagte skøn er foretaget på meget kort tid og skal derfor tages med forbehold.

## Overslag

De økonomiske overslag i skemaet nedenfor er et foreløbigt skøn:

	Totalt	Aktivitet
	[kkkr]	[type]
<b>Hvilke kølemidler til hvilke applikationer</b>	600	Information
Grundlæggende kortlægning af hvem, der laver hvad i den danske branche		
<b>Udarbejdelse af fælles kurs m.h.t. hvilke anlæg, der skal bruge hvilke kølemidler</b>		
<b>Autorisation/certificering/kompetence</b>	4.800	Kurser m.v.
Opdatering og ajourføring af nuværende autorisationsordning (certificeringsordning?)		
Sikring af virksomheders og enkeltpersoners kompetence		
Opgradering af alle autoriserede firmaer til certifikat 2 til tiden		
<b>Uddannelse/grund-/efter-/kurser</b>	2.000	Kurser m.v.
Udvikling af grund- og efteruddannelse samt kurser til dækning		

af alle behov		
<b>Videnformidling/internet/infocenter/hotline/rådgivning/...</b>	7.200	Information
Informationstjeneste i kølebranchen baseret på internettet		
Videnformidling fra institutter og uddannelsessteder til udførende firmaer		
<b>Komponenter/udvikling/import/grossister/...</b>	25.000	Udvikling
Udvikling og/eller import af komponenter til fremtidens anlæg		
<b>Anlægs erfaring/field test/systemopbygning/ Anlægsdesign/dimensionering</b>	46.000	Udvikling
Videnformidling fra prototyper og laboratoriearbejde		
Opbygning af driftserfaringer med nye anlægssystemer		
Hjælp til firmaer til hurtigt at få erfaringer med nye anlægstyper		
<b>Organisering/koordinering/KKO/KMO/samarbejdsudvalg/...</b>	1.900	Information
Organisering af udarbejdelsen af en branchehandlingsplan		
<b>Regelsæt/vejledninger/...</b>	3.900	Information
Gennemgang og tilpasning af regelsæt		
Gøre myndighedskravene operative		
Oversættelse af standarder fra ”fremmedsprog” – heriblandt DS/EN 378		
Nye krav til tæthed og brug af velegnede komponenter og samlingsmetoder		
Overveje om små anlæg med små fyldninger skal have lov til at bruge HFC indtil videre		
<b>Videnformidling til projekterende, rådgivere og udførende</b>	3.100	Information
Videnformidling til projekterende, rådgivere m.v.?		
Køleteknisk Informationscenter, herunder Internetbaseret videnbase		
<b>Økonomi</b>	15.000	Udvikling/ implement.
Kompensation til kunderne for merudgiften til nye anlæg – evt. i en overgangsperiode		
<b>Energiforbrug/miljøbelastning/levetidsøkonomi</b>	4.000	Inf./udv.
Sikre at nye installationer ikke er af ringere niveau end nuværende		
Integrering af relevante krav i Kølebranchens Kvalitetssikringsordning		
<b>I alt</b>	113.500	

NB! Overslagene omfatter samtlige omkostninger, der forventes at være! Det er ikke vurderet, hvilket omfang Miljøstyrelsen og andre instanser kan eller vil støtte de enkelte aktiviteter.