

## Eksempel for et køleskab

Miljørigtig udvikling af produktfamilier

Henrik Wenzel og Ole Willum  
Institut for Produktudvikling

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>1 KØLESKABETS FAMILIE</b>	<b>7</b>
<b>2 KØLESKABETS FUNKTIONSHIERARKI</b>	<b>9</b>
<b>3 ERKENDELSE OG ANBEFALINGER FRA MILJØVURDERINGEN</b>	<b>11</b>
3.1 VIGTIGSTE FASER I LIVSFORLØBET (SVAR PÅ SPØRGSMÅL 1, 2 & 3)	12
3.2 VIGTIGSTE ENKELTPROCESSER (SVAR PÅ SPØRGSMÅL 4)	12
3.3 VIGTIGSTE KILDER TIL PÅVIRKNINGER (SVAR PÅ SPØRGSMÅL 5)	13
3.4 OVERORDNEDE ANBEFALINGER FRA MILJØVURDERINGEN	13
<b>4 ERKENDELSE OG ANBEFALINGER FRA MILJØDIAGNOSEN</b>	<b>15</b>
4.1 MATERIALER	16
4.2 KEMIKALIER	16
4.3 ENERGI	16
4.4 ANDET	17
4.5 ANBEFALINGER FRA MILJØDIAGNOSEN	17
<b>5 TEKNISKE LØSNINGSMULIGHEDER</b>	<b>19</b>
<b>6 FORRETNINGSMÆSSIG VURDERING</b>	<b>23</b>
<b>7 RETNINGSLINIER OG ANBEFALINGER FOR LEDELSE, PRODUKTUDVIKLERE OG VÆSENTLIGE AKTØRER I KØLESKABETS LIVSFORLØB</b>	<b>25</b>
<b>8 KONKLUSION</b>	<b>29</b>
<b>9 REFERENCER</b>	<b>31</b>



# Forord

Denne arbejdsrapport er udarbejdet som en del af projektet "Retningslinier for miljørigtig udvikling af produktfamilier indenfor den elektromekaniske industri", som er støttet af Miljøstyrelsen. Projektet omfatter 5 produktfamilier: Støvsugere, Ventilationsanlæg, Ekspansionsventiler, Mobiltelefoner og Belysning.

Rapporten er udarbejdet i projektets start og skal vise projektets koncept og give eksempler på den type resultater, der opnås i projektet. Dokumentet skal - sagt på en anden måde - opfattes, som en skabelon for de resultater, der skal komme ud af det færdige projekt.

Første udgave af dette notat er diskuteret med styregruppen. På grundlag af de kommentarer, der er indhentet, har notatet opnået sit nuværende udseende. Notatets primære formål er at være retningsgivende for arbejdet i projektet.

Det LCA-arbejde, der ligger bag notatet, stammer fra UMIP-projektet. Det er kun beskrevet ganske kortfattet her af hensyn til at holde notatet kort, og fordi det væsentlige er at vise, hvordan de miljømæssige erkendelser og anbefalinger til forskellige aktører udspringer af arbejdet. Flere detaljer kan findes i UMIP eksempelsamlingen (Wenzel, 1996).

Fra projektet er der udarbejdet følgende arbejdsrapporter:

- A117-3: Eksempel for et køleskab.
- A117-5: Identifikation af produktfamilier.
- A117-8: Miljøvurdering af ekspansionsventiler.
- A117-9: Miljøvurdering af støvsugere.
- A117-12: Miljøvurdering af ventilationssystemer.
- A117-13: Miljøvurdering af mobiltelefoner.
- A117-14: Miljøvurdering af belysning.

Herudover udgives en håndbog og en pjece for det samlede projekt.



# 1 Køleskabets familie

Det analyserede køleskab er et lavenergikøleskab på 200 liter fra Gram A/S. Som køleskab indgår det i en større familie af temperaturstyringsskabe, der kunne se ud som vist nedenfor.

## 1. Temperaturstyringsskabe

### 2.1 Ovne

### 2.2 Varmeskabe (fx i laboratorier)

### 2.3 Køle/fryse skabe

#### 2.3.1 Fryserum

#### 2.3.2 Supermarkeds fryser - åbne - lukkede

#### 2.3.3 Husholdnings fryser

#### 2.3.4 Kølerum

#### 2.3.5 Supermarkeds køleskabe/diske - åbne - lukkede

#### 2.3.6 Private køleskabe

##### 2.3.6.1 Køleskabe til tog og fly

##### 2.3.6.2 Køleskabe til hotelværelser

##### 2.3.6.3 Konventionelle husholdningskøleskabe

###### 2.3.6.3.1 Standard 60x60 200 l indbygningsskøleskab

###### 2.3.6.3.2 Mindre køkkenbordskøleskab

###### 2.3.6.3.3 Større stand-alone køleskab

###### 2.3.6.3.3.1 Lav-energi køleskab

###### 2.3.6.3.3.2 Standard køleskab

Figur 1.  
Principskitse for  
køleskabets familie

Det køleskab, der ligger til grund for dette notat, er et lav-energi stand-alone køleskab (2.3.6.3.3.1 i figuren). Figuren viser en skitse af dette køleskabs nærmeste og fjerneste familie. Denne familie har en overordnet funktion til fælles, nemlig det at regulere temperatur. En stor del af familien har endvidere det til fælles at være beregnet til fødevarer. Og den nærmeste familie har det til fælles at køle fødevarer.

Det udførte LCA-arbejde på køleskabet på niveau 2.3.6.3.3.1 i figuren har relevans for andre grene af den viste familie også. Størst relevans for de nærmeste familiemedlemmer og faldende relevans jo længere væk fra husholdningskøleskabet man kommer. Men selv i de yderste grene vil der være nogle af erkendelserne fra LCA-arbejdet på lav-energikøleskabet, der gælder. Når LCA-arbejdet er udført, står det oftest temmelig klart, hvilke erkendelser og anbefalinger der vil gælde hvor. Det kan eventuelt vise sig, at der vil være behov for at vurdere om nye karakteristika ved fjernere ”familiemedlemmer” har væsentlige konsekvenser for de konklusioner, der kan idrages af LCA-arbejdet. Det vil fremgå senere i notatet, og det er yderligere beskrevet i Willum et al. (1998).

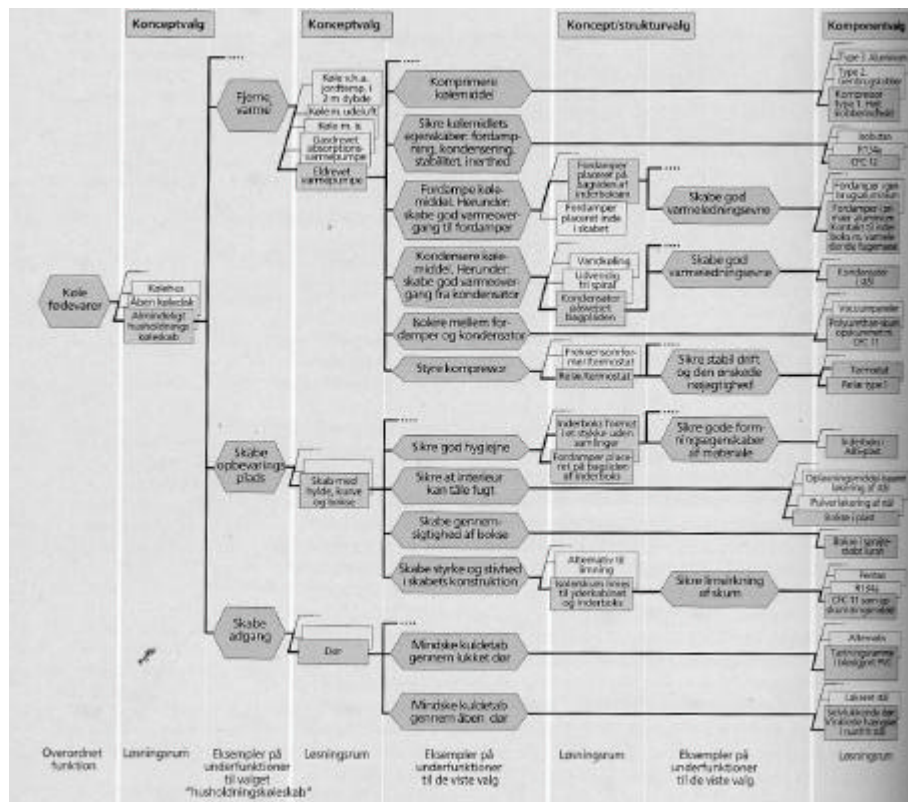




## 2 Køleskabets funktionshierarki

Som beskrevet i Willum et al. (1998) har erkendelserne fra LCA-arbejdet imidlertid også relevans for helt andre produktfamilier end køleskabe eller temperaturreguleringsskabe. Mange af resultaterne og anbefalingerne gælder nemlig de underfunktioner, der indgår i køleskabet. Fx funktionerne isolering, komprimering (kompressoren), åbning/lukning (døren) eller underfunktioner som udmøntes i overfladebehandling, materialevalg m.v. Og de vil i vid udstrækning være relevante i andre produkttyper, hvori disse funktioner findes.

Figur 2 viser en principskitse for funktionshierarkiet for køleskabet.



Figur 2.

Funktionshierarki for køleskabet

Illustration af løsninger og valg i produktudviklingen. Rektanglerne viser de valgmuligheder der er. (De øverste er valgt). Sekskanterne viser de funktionskrav, der affødes af de foretagne valg.

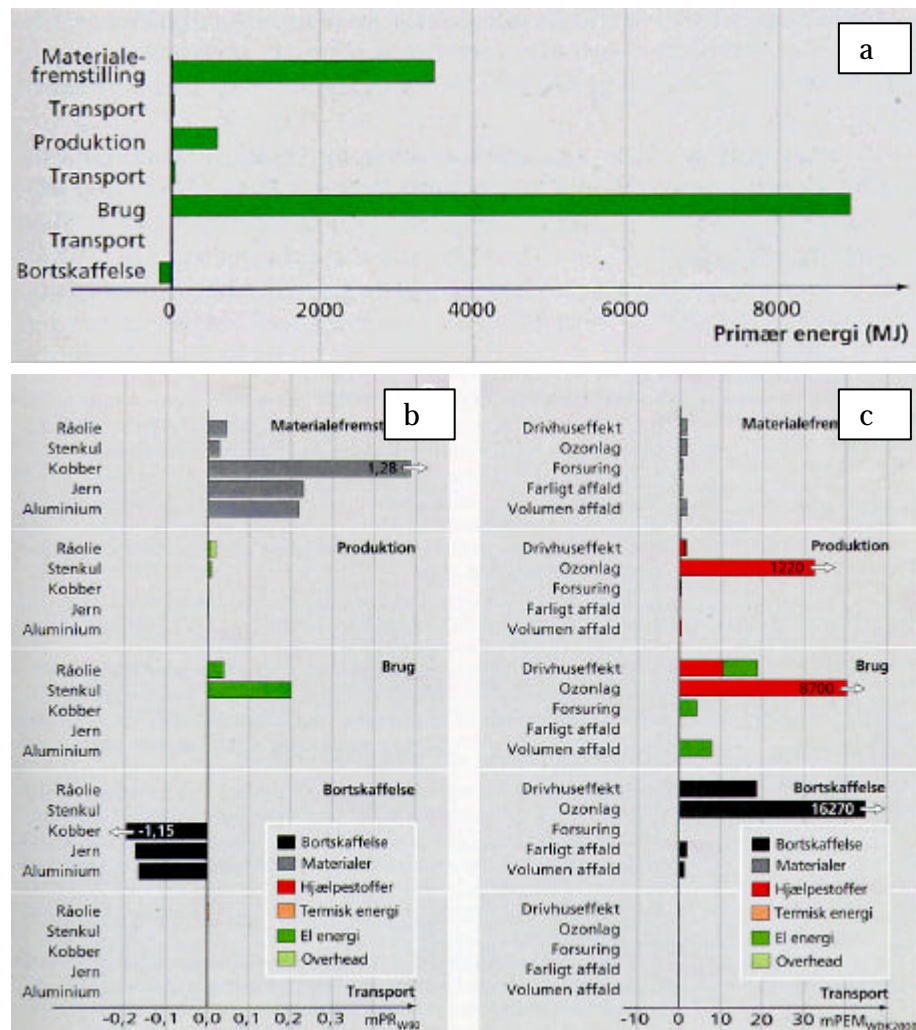


### 3 Erkendelser og anbefalinger fra miljøvurderingen

Miljøvurderingen viser køleskabets miljøpåvirkninger, hvor de opstår og besvarer følgende spørgsmål:

1. Hvilke miljøpåvirkninger og ressourceforbrug er samlet set væsentlige?
2. Hvor i livsforløbet opstår de - hvilke faser i livsforløbet er væsentligst, og hvilke aktører har indflydelse på disse forhold.?
3. Hvor i produktet "sidder" de - hvilke komponenter/konstruktioner er væsentligst?
4. Hvilke enkeltprocesser er specielt problematiske?
5. Hvilke kilder til påvirkninger er væsentlige (materialer, energi, kemikalier, andet)?

Nogle udvalgte resultater er vist i figur 3:



Figur 3. Køleskabets energiforbrug (a) ressourceforbrug (b) og miljøpåvirkninger (c) i livsforløbet.

### 3.1 Vigtigste faser i livsforløbet (svar på spørgsmål 1, 2 & 3)

- *Energiforbruget* i brugsfasen er dominerende. Selv når der kompenseres for, at varmen fra køleskabet nyttiggøres til rumopvarmning om vinteren (som det allerede er gjort i figuren) udgør brugsfasen 2/3 af det samlede energiforbrug over livsforløbet.
- *Energimæssigt* er materialeforbruget imidlertid ikke uvæsentligt, og genbrug af materialerne eller forbrænding med energigenvinding er energimæssigt relevant. Der sker stort set ingen energigenvinding i bortskaffelsen.
- Produktionsfasen betyder *energimæssigt* ingenting. Af produktionsfasens energiforbrug udgør overhead (belysning, opvarmning m.v.) endda 2/3, så fremstillingsprocessernes energiforbrug er helt ubetydeligt (< 10%). Det, der betyder noget, er, hvad processerne gør ved materialernes genanvendelighed.
- *Miljømæssigt* betyder bortskaffelsesfasen særdeles meget. Årsagen er udledningen af CFC fra shreddere. På det tidspunkt miljøvurderingen blev gennemført anvendtes CFC som kølemedie. Situationen er som bekendt en anden i dag.
- Brugsfasen er *miljømæssigt* næstvigtigste fase i livsforløbet, men i det CFC-fri køleskab bliver den dominerende. Dog er visse alternativer til CFC stadig drivhusgasser, hvilket fortsat gør bortskaffelsen væsentlig.
- *Ressourcemæssigt* er materialefasen afgørende, især den forbrug af sparsomme ressourcer som kobber og nikkel (sidstnævnte ikke vist i figur). Materialeforbrugets betydning hænger sammen med graden af genvinding i bortskaffelsen, der dermed får lige så væsentlig betydning. For energiressourcerne, kul og olie, er brugsfasen væsentligst.

Der er altså tale om forskellig betydning af faserne alt efter om der fokuseres på miljø eller ressourceforbrug. Det nuancerer de indsatsmuligheder, der er. Det vil sige, at der er et større spektrum af forbedringspotentialer og dermed også større muligheder for at nogle af disse kan omsættes i til miljøforbedringer i praksis.

### 3.2 Vigtigste enkeltprocesser (svar på spørgsmål 4)

- Shreddingen i bortskaffelsen er uden sammenligning vigtigste enkeltproces. Dels frigives drivhusgasser og ozonnedbydende gasser, dels betyder den efterfølgende materialesortering, at plast og skumfraktioner bliver så forurenede, at ikke engang forbrændingsanlæggene vil tage dem. Altså deponi og ingen nyttiggørelse af materialernes energiindhold.
- Næstvigtigste enkeltproces er selve driften af køleskabet. Det har endvidere vist sig, at starten af kompressoren står for over halvdelen af driftsenergien pga de mange starter i det relæstyrede køleskab.

*Miljømæssigt* står shreddingen og driftsprocessen for over 90% af påvirkningen i det CFC baserede køleskab..

### 3.3 Vigtigste kilder til påvirkninger (svar på spørgsmål 5)

- Kemikalieforbruget har *miljømæssigt* afgørende betydning i form af brugen af CFC (i opskumning og køling), der undslipper i både produktion, brug og bortskaffelse. Der er imidlertid i hele livsforløbet ikke andre kemikalier, der miljømæssigt betyder noget.
- *Miljømæssigt* er næstvigtigste kilde elektricitetsforbruget, som altovervejende ses i brugsfasen.
- Materialeforbruget og bortskaffelsen er *ressourcemæssigt* afgørende, men også elektricitetsforbruget er væsentligt.

### 3.4 Overordnede anbefalinger fra miljøvurderingen

De nævnte erkendelser kan sammenfattes til følgende overordnede anbefalinger:

Fokuser mest på brug og bortskaffelse.

- Reducér driftsenergien og fokusér herunder på hvordan kompressoren starter.
- Gør noget radikalt ved shreddingen. Den er den væsentligste af alle enkeltprocesser, både fordi gasser emitteres, og fordi plast og skum forurenes, så de hverken kan brændes eller genbruges.

Dette problem kan alternativt løses ved at erstatte kemikalier til opskumning og køling med nogle, der ikke bidrager til drivhuseffekt eller ozonnedbrydning.

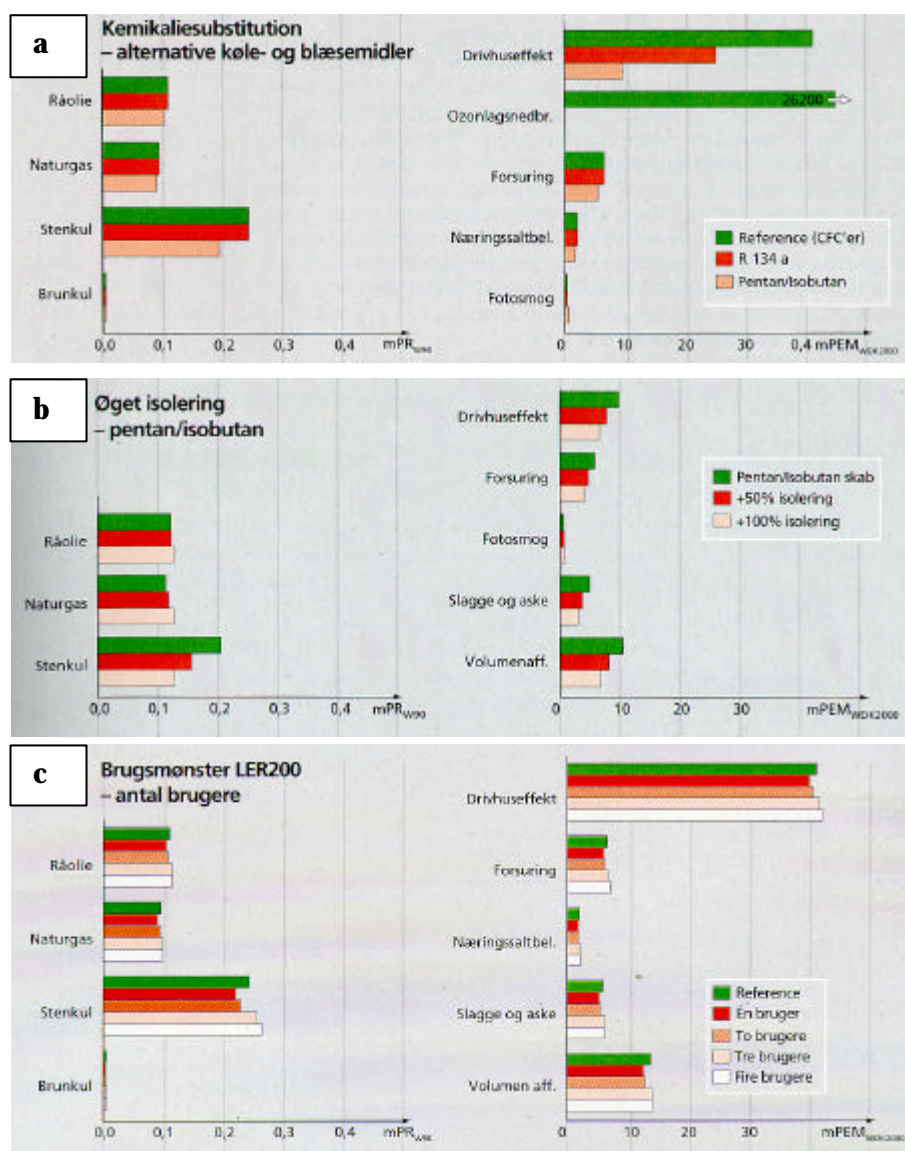
- Undgå brug af materialer, der indeholder sparsomme ressourcer og sørg for genbrug af materialerne både pga. deres ressource- og energiindhold.
- Tænk ikke så meget på produktionsprocessernes energiforbrug og miljøpåvirkning, men på hvad de gør ved materialerne.

Disse anbefalinger er overordnede, men er med til at give retning for udviklingsarbejdet for nye køleskabe og for håndteringen af eksisterende. De kan og bør imidlertid nuanceres og uddybes ved at se på, hvor de store *forbedringspotentialer* ligger, både rent teoretisk og i praksis. Det gøres i *miljødiagnosen*, og princippet heri er vist i næste afsnit.



## 4 Erkendelser og anbefalinger fra miljødiagnosen

I miljødiagnosen er tænkelige (og utænkelige) ændringer i materialeforbrug, energiforbrug, kemikalieforbrug og andre ting (fx. levetid og brugsmønstre af køleskabet) simuleret, og de miljømæssige konsekvenser af sådanne ændringer er kvantificeret. Det har givet et overblik over størrelsen af de miljøforbedringer, der potentielt kan opnås ved ændringer i produktet og dets livsforløb. Eksempler er vist i figur 4.



Figur 4. Eksempler på konsekvenser af ændringer i kemikalier(a), energi (b), og andet (c) for køleskabet model LER200

#### 4.1 Materialer

- Der er anvendt sparsomme ressourcer på sådanne steder i køleskabet, hvor genbrug næppe vil finde sted. Her er et potentiale for at reducere et forbrug af sparsomme ressourcer.

#### 4.2 Kemikalier

- Ozonnedbrydningen kan elimineres ved at erstatte CFC med enten R134a (en flourcarbon) eller kulbrinter (pentan og isobutan).
- R134a er imidlertid en drivhusgas, omend svagere end CFC, og en stor drivhuseffekt fra R134a reterer stadig ved valg af denne løsning. Kulbrinterne er ikke drivhusgasser, og denne løsning reducerer drivhuseffektbidraget til 25%.
- Kulbrinteløsningen bidrager 40% mere til den fotokemiske ozondannelse (smog) end R134a løsningen, men i det samlede billede vægter det meget lavt. Miljømæssigt er kulbrinteløsningen derfor at foretrække.

#### 4.3 Energi

- For et køleskab baseret på kulbrinter til opskumning og køling vil en forøgelse af isoleringen på både 50% og 100% reducere de samlede miljøpåvirkninger. Den fotokemiske ozondannelse øges en smule på grund af tab af kulbrinterne, men i det samlede billede vægter det meget lavt. Ved en forøgelse af isoleringen på 100% opnås en samlet miljøforbedring (afledt af en tilsvarende reduktion i samlet energiforbrug over livsforløbet) på ca. 30%.
- I figur 4 er vist den reduktion i energiforbrug, der kan opnås ved en 100% forøgelse af isoleringstykkelsen.. Det ser ud til, at 200-300% forøgelse er energi/miljø-mæssigt optimalt, og at en samlet reduktion af miljøbelastningen på omkring 50% kan nås ved optimal isolering med PUR-skum opskummet med kulbrinter.
- En forøgelse af isoleringen med CFC som opskumningsmiddel ville have været en meget stor miljømæssig forværring, fordi udslippet af CFC i både produktion, brug og bortskaffelse vil øge bidraget til drivhuseffekt og ozonnedbrydning. En forøgelse af isoleringen opskummet med R134a vil tilsvarende give et væsentligt forøget bidrag til drivhuseffekten, fordi R134a er en drivhusgas (ikke vist i figur).
- Køleskabet, som energimæssigt er blandt de bedste i verden, har en energinyttevirkning på kun 4%. Teoretisk er forbedringspotentialer derfor meget stort. De teoretiske forbedringspotentialer ved trinvis optimering af henholdsvis 1) fordamper, 2) kompressor + fordamper, 3) det samlede kølesystem og 4) hele skabet incl. isolering fordeler sig som 20%, +20%, +20% og +10%, således at en teoretisk totaloptimering til 100% energinyttevirkning vil kunne reducere miljøpåvirkningen med ca. 70% i forhold til det kulbrintebaserede skab. Isoleringen er her antaget baseret på vacuumpaneler.



#### 4.4 Andet

- Antallet af brugere i husstanden (viser betydningen af antal døråbninger dagligt) betyder noget, men ikke meget. Selv et meget stort antal døråbninger dagligt vil i praksis maksimalt stå for 25% af det samlede energiforbrug i brugsfasen. For et supermarkedskøleskab vil det være anderledes.
- 

#### 4.5 Anbefalinger fra miljødiagnosen

Et mere kvantitativt overblik over forbedringspotentialerne er nu etableret, og det gør det muligt at nuancere anbefalingerne fra miljøvurderingen og at blive mere konkret.

- Erstat CFC med ikke ozonnedbrydende gasser og undgå om muligt at anvende en drivhusgas. En mulig løsning er at bruge kulbrinter.
- Forøg isoleringstykkelsen, op til 200% er miljømæssigt fordelagtigt. Ved forøgelse af isoleringstykkelsen må der ikke anvendes drivhusgasser i skummet.
- Optimér fordamper, kompressor og kondensator. Størrelsesordenen af forbedringspotentialerne er den samme for alle tre, og de er store.

Dette er kun et lille udvalg af erkendelserne fra diagnosen. Konsekvenser af materialevalg, bortskaffelsesveje, levetider m.v. er også simuleret og bidrager tilsvarende til sætte proportioner på de muligheder, der findes for forbedringer.

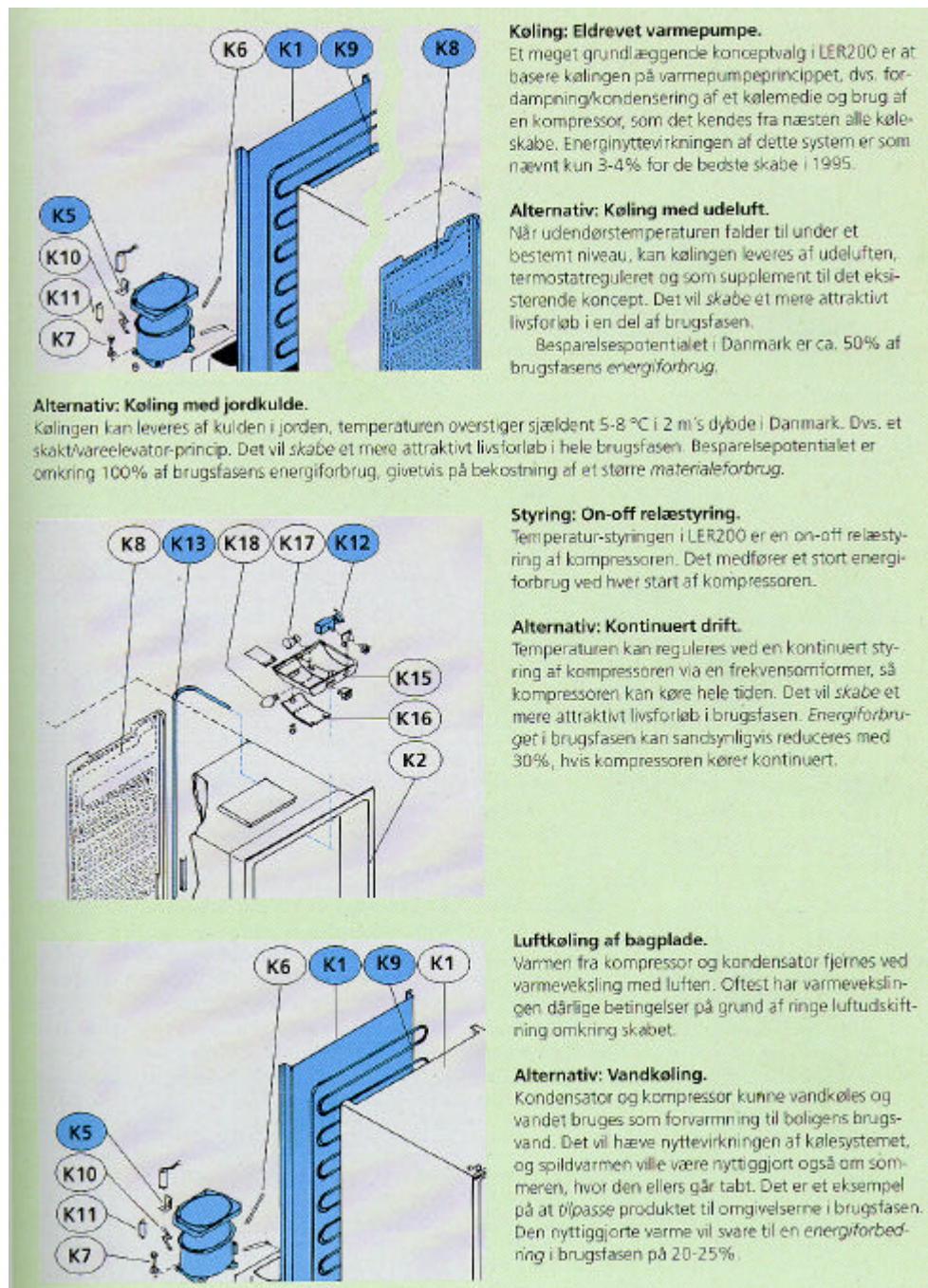


## 5 Tekniske løsningsmuligheder

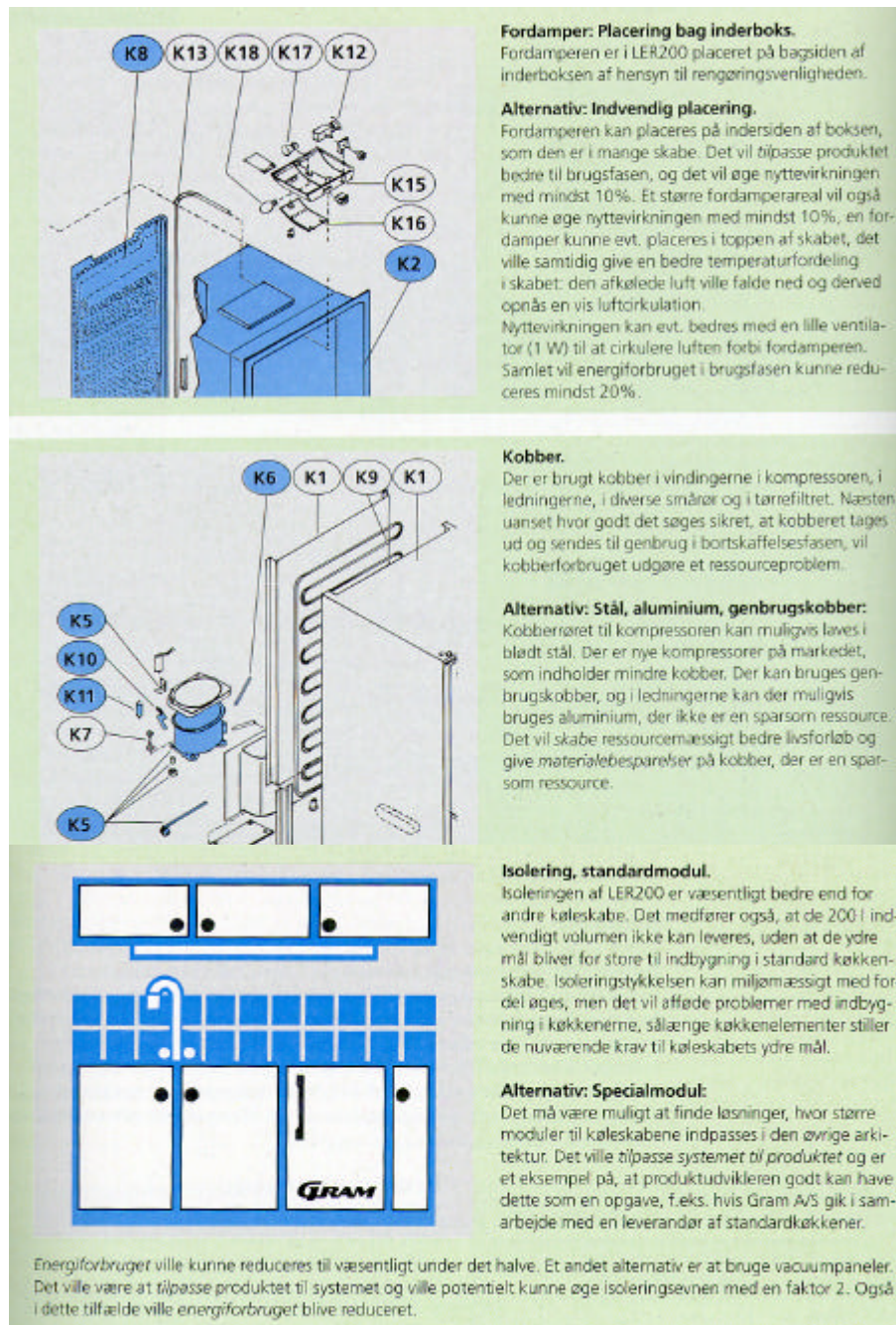
Billedet nuanceres yderligere ved en brainstorming på de tekniske løsningsmuligheder, der kan søges i de retninger, som anbefalingerne fra miljøvurderingen og miljødiagnosen udstikker. Når ideer til løsninger søges, ligger funktionshierarkiet fra figur 2 til grund, og løsninger søges på alle niveauer i hierarkiet, dvs. både konceptændringer, strukturændringer og ændringer på detailniveau indgår i overvejelserne. Som en inspiration for brainstormingen angives, at løsninger kan søges ad tre veje: 1) at skabe helt nye livsforløb, dvs. andre materialer, processer, komponenter og ruter for produktet, 2) at tilpasse produktet til de systemer, der findes i dets livsforløb og 3) at tilpasse systemerne til produktet. Der er en meget overlap mellem disse måder at tænke på, og de er kun ment som inspiration til brainstormingen. Figur 5 illustrerer ideen for forskellige valg og alternativer i køleskabet, og i figur 6 er nogle af disse uddybet.

Virkemiddel	Konceptvalg og alternativer	Niveau i beslutningshierarkiet Konceptvalg eller strukturvalg og alternativer	Komponentvalg og alternativer
Skabe livsforløb	<b>Valg:</b> Eldrevet varmepumpe <b>Alternativ 1:</b> Køle med udeluft <b>Alternativ 2:</b> Køle med jordkulde	<b>Valg:</b> On-off relæstyring af kompressor <b>Alternativ 3:</b> Kontinuerlig drift af kompressor ved hjælp af frekvensomformer	<b>Valg:</b> Primær kobber <b>Alternativ 7:</b> Stål, aluminium, genbrugskobber <b>Valg:</b> Primær aluminium <b>Alternativ 8:</b> Genbrugsaluminium
Tilpasse produkt til system		<b>Valg:</b> Luftkøling af bagplade <b>Alternativ 4:</b> Vandkøling <b>Valg:</b> Sandwich konstruktion <b>Alternativ 5:</b> Undgå sandwich konstruktion <b>Valg:</b> Fordampere bag inderboks <b>Alternativ 6:</b> Fordampere inde i skab	<b>Valg:</b> Rustfrit stål <b>Alternativ 9:</b> Lakeret stål <b>Valg:</b> Blødgjort PVC <b>Alternativ 10:</b> Andre materialer <b>Valg:</b> CFC som køle- og blødemiddel <b>Alternativ 11:</b> R 134a eller pentan/isobutan
Tilpasse system til produkt			<b>Valg:</b> Isolering, standard køkkenmodul <b>Alternativ 12:</b> Bøget isolering, special køkkenmodul <b>Valg:</b> Shredding <b>Alternativ 13:</b> Specialdesignet shreddersystem med CFC opsamling

Figur 5. Alternative løsningsmuligheder til de valg, der er truffet på konceptniveau, strukturniveau og detailniveau i køleskabet



Figur 6a.  
Eksempler på konceptvalg og alternativer i køleskabet



Figur 6b. Eksempler på strukturvalg, detailvalg og valg i omgivelserne samt alternativer

Brainstormingen fører typisk til et stort antal ideer, der er mere eller mindre realistiske. Det er vigtigt at begrænse selvcensuren og lade kreativiteten få frit løb i denne fase. Bagefter skal ideerne vurderes både teknisk og forretningsmæssigt, og her udvælges de levedygtige. For køleskabet har brainstormingen ført til mere end 20 ideer til alternative løsninger, der alle vil medføre miljøforbedringer, se Wenzel (1996). Ca. 10 er implementeret i udviklingen af nye køleskabe.



## 6 Forretningsmæssig vurdering

To aspekter indgår i forretningsvurderingen, nemlig 1) indebærer ideen en besparelse eller en øget omkostning? og 2) hvordan prioriterer kunderne miljøegenskaberne? Mange ideer - i UMIP projektet viste det sig at være de fleste - viser sig at være omkostningsbesparende. Andre kan være omkostningsneutrale eller fordyrende. I så fald kan det være afgørende, om kunderne vil give øget præference til det miljøforbedrede produkt.

Gram A/S lavede i 1995 en kort vurdering af markedets miljøprioritering. Den er kort refereret i tabel 1.

Køleskabenes indhold af køle- og blæsemidler er (1995) en meget vigtig konkurrenceparameter, og konkurrencen om at finde alternativer til CFC har været stærk blandt producenterne. Allerede i september 1993 erstattede Gram A/S CFC i skummet med R134a, og fra januar 1994 blev R134a også anvendt som kølemiddel. Især på det tyske marked har kundernes fokus på ozonlagsnedbrydningen været meget stor, men også drivhuseffekten har opmærksomhed fra de tyske kunder. Derfor er valget mellem R134a og andre løsninger som f. eks. pentan/isobutan blevet en vigtig konkurrenceparameter i Tyskland, og Gram A/S' største konkurrenter i Tyskland markedsfører overvejende pentan/isobutan modeller. I Danmark er kundernes fokus på CFC ikke nær så stor, men her er energiforbruget blevet en meget afgørende parameter. Fra 1. januar 1995 er der indført et energimærkesystem i EU, hvor køleskabene inddeles i kategorier fra A til G efter relativt energiforbrug (Energistyrelsen, 1994). A repræsenterer det laveste energiforbrug og G det højeste. LER 200-skabet tilhører klasse A, og for LER200-skabet er det en af de mest afgørende salgsparametre. Det er svært at pege på nævneværdige forskelle på de konkurrerende produkter for andre miljøparametre end de her nævnte. Den næste parameter, der viser sig i fremtiden, vurderes at være muligheden for adskillelse, når alternativer til shredderteknologien er etableret på samfundsplan.

Tabel 1.  
Gram A/S' vurdering af nogle miljøprioriteringer på markedet 1995

Den forretningsmæssige vurdering skal så vidt muligt fremskrives til at gælde den periode, produkterne er på markedet. Den er en væsentlig del af projektet, og virksomhedernes bidrag er her væsentligt. Der findes metoder til sådanne markedsvurderinger fra kvalitetsområdet, Quality Function Deployment (QFD), og de er før med succes anvendt på miljøområdet.

Når ideerne er vurderet teknisk og forretningsmæssigt, er det samlede grundlag til stede for at opstille retningslinier og anbefalinger til ledelsen, produktudviklerne, konstruktørerne og andre aktører i produkternes livsforløb.



## 7 Retningslinier og anbefalinger for ledelse, produktudviklere og væsentlige aktører i køleskabets livsforløb

Når de forskellige potentialer for forbedring af køleskabet betragtes, bliver det klart, at ingen enkelt aktør kan realisere alle potentialerne. De væsentligste aktører er selvfølgelig fremstillingsvirksomhedens ledelse, produktudviklere og konstruktører. Men for mange af forbedringspotentialernes vedkommende er de afhængige af en indsats fra andre aktører også. Herunder arkitekten, entreprenøren og køkkenleverandøren. Også myndigheder kan have en væsentlig rolle - fx at etablere standarder for dimensionerne af køleskabsmoduler i modulkøkkener eller at vedtage regler for forsvarlig bortskaffelse.

I tabel 2 på næste side er vist et stort antal retningslinier og anbefalinger. De er formuleret kortfattet for at begrænse notatets omfang, og fordi det væsentlige her er at præsentere ideen. Det er vist, hvilken aktør emnet retter sig mod, og hvilket niveau i produktets funktionshierarki emnet berører. Det er vigtigt at sikre en forståelse af, hvor i funktionshierarkiet den enkelte aktør befinder sig, og har mulighed for at øve indflydelse. Samtidig er vist hvilke grene af køleskabets familie og hvilke andre produkttyper med lignende funktioner, som emnet er relevant for.

Det bemærkes, at de anførte retningslinier og anbefalinger *ikke* er forretningsvurderede, som de burde være på dette punkt. Det har der endnu ikke været mulighed for i projektet. Nogle af dem ville derfor sandsynligvis blive sorteret fra ved en forretningsvurdering. Men de er medtaget her som inspiration og for at vise ideen i opdelingen på aktører.

Tabellen er struktureret sådan, at emner på konceptniveau nævnes først, derefter emner på strukturniveau og til sidst emner på detailniveau.



Retningslinier/	Forbedringspotential e	Aktør	Niveau i køleskabets funktionshierark i	Relevans i køleskabets familie	Relevans for andre produkttyper med samme underfunktion	Kommentarer Fordeling af ansvar på aktører
Kølekoncept - Anvend jordkulden til køling. Et hul/skakt med et elevator/lift system indbygget i et konventionelt køkken	100 % reduktion af energiforbrug under drift. Ca. 75% set over hele livsforløbet  Besparelser på isolering og andre materialer	Arkitekt Entreprenør	Hus	Husholdnings- køleskabe	Ingen	Kunne være relevant i økologisk byggeri, økologiske byer, nulenergi demonstrationshuse osv. Ansvarsfordelingen på de nævnte aktører ved realisering af dette er veldefineret.
		Køkkenleverandør	Køkken			
		Ledelse, produktudvikler, konstruktør	Køleskab			
- Køl med udeluft. Skift til konventionel ventilation med udeluft, når lufttemperaturen ude falder til <3 °C. Flexibel skift mellem ventilator og kompressor	Ca. 50% reduktion af energiforbrug under drift  Ca. 30% set over hele livsforløbet	Ledelse, produktudvikler, konstruktør  I mindre omfang køkkenleverandør og entreprenør	Køleskab  I mindre omfang køkken og hus	Kølerum  Lukkede super- markedskølesk abe  Private køleskabe	Ingen	Relevant i konventionelle huse. Kræver ikke store ændringer i køkken eller bygning blot en ekstra ventilationskanal som den til emhætten
- Køl med luft fra luftslange, der er gravet ned i jorden. I øvrigt som oven for, men kan bruges om sommeren også pga. jordkulden	>90 % reduktion af energiforbrug under drift. Ca. 70% set over hele livsforløbet	Som ovenfor	Som ovenfor	Som ovenfor	Som ovenfor	Som ovenfor, hvor areal er til rådighed

<p>Varmevekslingskoncept - Køl kondensatoren og kompressoren med vand i stedet for luft og udnyt varmen til brugsvand om sommeren</p>	<p>Bedre varmeovergang og nyttiggørelse af spildvarmen. I alt ca. 30% energibesparelse</p>	<p>Arkitekt Entreprenør</p>	<p>Hus</p>	<p>Køle/fryse skabe  Måske ovne</p>	<p>Opvaskemaskiner  Vaskemaskiner  Tørretumblere</p>	<p>Kræver etablering af infrastruktur (rørsystem) i bygningen tilsluttet de nævnte husholdningsmaskiner og tilsluttet husets varmtvandstank. Arkitektens og entreprenørens ansvar.</p>
		<p>Ledelse, produktudvikler, konstruktør</p>	<p>Køleskab</p>			<p>Udvikling af vandkølede apparater. Ledelse, produktudvikler og konstruktør</p>
<p>Styringskoncept for kølesystem - Reguler kompressoren med frekvensomformer m.h.p. kontinuert drift i stedet for on/off relæstyring</p>	<p>Ca. 40% reduktion af energiforbrug under drift</p>	<p>Produktudvikler og konstruktør</p>	<p>Kølesystem/kompressor</p>	<p>Køle/fryse skabe</p>	<p>Elektromotorer i forskellige sammenhænge fx pumper, trykluft m.v.</p>	<p>Samarbejdsprojekt mellem produktudviklere og konstruktører hos køleskabs- og kompressorproducenter</p>

Tabel 2. Retningslinier på konceptniveau - opdel t på aktører

## 8 Konklusion

- De miljømæssige erkendelser og anbefalinger genereres i tre trin:
- efter miljøvurderingen, hvor de væsentligste faser i livsforløbet, enkeltprocesser og kilder til miljøpåvirkninger og ressourceforbrug identificeres
- efter miljødiagnosen, hvor forbedringspotentialer er udpeget og kvantificeret
- efter den tekniske og forretningsmæssige vurdering, hvor konkrete ideer til miljø- og ressourcemæssigt bedre løsninger er opstillet og vurderet
- Retningslinierne nuanceres og konkretiseres gennem de tre trin.
- Forbedringspotentialerne og de afledte retningslinier og anbefalinger findes på alle niveauer i køleskabets funktionshierarki. Retningslinierne og anbefalingerne rettes derfor også mod alle niveauer og følgelig mod de aktører, der træffer beslutninger på de respektive niveauer - fra "udvikleren" af huset, til køkkenproducenten, til produktudvikleren af køleskabet og kompressoren til konstruktøren, der vælger konkrete løsninger og materialer. Og til myndighederne, der er ansvarlig for de systemrammer, der gør de rette valg mulige.
- For hvert forbedringspotentiale og anbefaling kan det relativt let afgøres for hvilke produkter i køleskabets familie og hvilke andre produkttyper med samme underfunktioner, den er gyldig.



## 9 Referencer

Wenzel H, Hauschild M og Rasmussen E (1996): Miljøvurdering af produkter. Miljøstyrelsen og Dansk Industri, København.

Wenzel H (red) (1996): Miljøvurdering i produktudviklingen - 5 eksempler. Miljøstyrelsen og Dansk Industri, København.

Willum O, Wenzel H og Lenau T (1998): Identifikation af produktfamilier. Notat nr. A117-5 af 29. maj 1998. Udkast til rapport fra fase 1 i projektet "Retningslinier for udvikling af produktfamilier inden for den elektromekaniske industri"