

Miljørigtig udvikling i produktfamilier

- en håndbog

Torben Lenau, Niels Fress, Stig Irving Olsen, Ole Willum,
Christine Molin, og Henrik Wenzel
Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Produktudvikling

Indhold

1	FORORD	7
2	SAMMENFATNING OG KONKLUSION	9
3	SUMMARY AND CONCLUSIONS	14
3.1	PRODUCT FAMILIES – SHORT CUTS TO ENVIRONMENTAL KNOWLEDGE	14
4	HVORDAN BRUGES HÅNDBOGEN	17
5	HVORDAN MILJØVURDERES PRODUKTER	23
5.1	HVAD ER MILJØEFFEKTER OG RESSOURCEFORBRUG	25
5.2	HVAD ER UMIP-METODEN	28
5.3	HVORDAN BEREGNES ENERGIFORBRUGET	35
5.4	HVORDAN HÅNDBOGENS KEMIKALIER	38
6	BELYSNING	41
6.1	INTRODUKTION TIL PRODUKTFAMILIEN	41
6.2	DET UNDERSØGTE PRODUKT	42
6.3	PRODUKTETS FAMILIE	42
6.4	PRODUKTETS TEKNISKE SPECIFIKATIONER	44
6.5	MILJØVURDERING	49
6.6	BELYSNINGSANLÆGGETS MILJØBELASTNING	50
6.7	HOT SPOTS	52
6.8	HVORDAN KAN MILJØBELASTNINGEN NEDSÆTTES	53
6.9	FØRRETNINGSMÆSSIG VURDERING	61
6.10	RETNINGSLINIER OG ANBEFALINGER	67
7	EKSPANSIONSVENTILER	71
7.1	INTRODUKTION TIL PRODUKTFAMILIEN	71
7.2	DET UNDERSØGTE PRODUKT	72
7.3	PRODUKTETS FAMILIE	74
7.4	PRODUKTETS TEKNISKE SPECIFIKATIONER	75
7.5	MILJØVURDERINGEN	76
7.6	EKSPANSIONSVENTILENS MILJØBELASTNING	77
7.7	HOT SPOTS	80

7.8	HVORDAN KAN MILJØBELASTNINGEN NEDSÆTTES	81
7.9	FORRETNINGSMÆSSIG VURDERING	85
7.10	RETNINGSLINIER OG ANBEFALINGER	88
8	MOBILTELEFONER	91
8.1	INTRODUKTION TIL PRODUKTFAMILIEN	91
8.2	DET UNDERSØGTE PRODUKT	91
8.3	PRODUKTFAMILIEN	92
8.4	PRODUKTETS TEKNISKE SPECIFIKATIONER	96
8.5	MILJØVURDERINGEN	96
8.6	MOBILTELEFONENS MILJØBELASTNING	97
8.7	HOT SPOTS	101
8.8	HVORDAN NEDSÆTTES MILJØBELASTNINGEN	101
8.9	FORRETNINGSMÆSSIG VURDERING	103
8.10	RETNINGSLINIER OG ANBEFALINGER	106
9	STØVSUGER	109
9.1	INTRODUKTION TIL PRODUKTFAMILIEN	109
9.2	DET UNDERSØGTE PRODUKT	109
9.3	PRODUKTETS FAMILIE	110
9.4	PRODUKTETS TEKNISKE SPECIFIKATIONER	111
9.5	MILJØVURDERING	112
9.6	STØVSUGERENS MILJØBELASTNING	114
9.7	HOT-SPOTS	116
9.8	HVORDAN KAN MILJØBELASTNINGEN NEDSÆTTES	117
9.9	FORRETNINGSMÆSSIG VURDERING	123
9.10	RETNINGSLINIER OG ANBEFALINGER	128
10	VENTILATION	131
10.1	INTRODUKTION TIL PRODUKTFAMILIEN	131
10.2	DE UNDERSØGTE PRODUKTER	131
10.3	PRODUKTETS FAMILIE	132
10.4	PRODUKTETS TEKNISKE SPECIFIKATIONER	133
10.5	MILJØVURDERINGEN	138
10.6	VENTILATIONSANLÆGGETS MILJØBELASTNING	140
10.7	HOT-SPOTS	143
10.8	HVORDAN KAN MILJØBELASTNINGEN NEDSÆTTES	143
10.9	FORRETNINGSMÆSSIG VURDERING	149
10.10	RETNINGSLINIER OG ANBEFALINGER	156

11	WWW HENVISNINGER	159
11.1	HVOR KAN JEG FINDE MERE OM PRODUKTORIENTERET MILJØARBEJDE	159
12	LITTERATUR	163

1 Forord

Formålet med håndbogen er at gøre det lettere at udvikle miljørigtige produkter. Bogen beskriver i alt fem produktfamilier, men giver også generel information om livcyklusvurdering, hvad det er, og hvordan det bruges.

En produktfamilie er en gruppe af produkter med mange fællestræk, bl.a. de miljømæssige konsekvenser. Resultaterne fra en miljøvurdering for et medlem af en produktfamilie kan til en vis grad overføres til andre medlemmer af produktfamilien. Her i bogen findes retningslinier, der kan benyttes ved udvikling af nye produkter, *uden* at virksomheden først skal i gang med miljøvurderingsarbejdet. En stor del af det arbejde er allerede udført.

Håndbogen beskriver resultater fra projektet "Miljørigtig udvikling inden for produktfamilier", der er gennemført i perioden 1998-2001 med støtte fra Miljøstyrelsen, Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologi.

Projektdeltagere

Projektet er udført af Institut for Produktudvikling (IPU) og Dansk Industri i samarbejde med 5 danske virksomheder. Projektdeltager fra **Dansk Industri** var Tina Sternest, fra **Danfoss A/S** deltog Erik Kyster og Lars Bo Kjæng-Rasmussen, fra **Jakobsson** deltog Flemming Kristensen, fra **Nilfisk-Advance A/S** deltog Bent Jørgensen og Jakob Honoré, fra **Semco A/S** var det Ib Larsen og fra **Telital A/S** deltog Keld Roed og Søren Geertsen. Fra **IPU** deltog Hanne Erichsen, Niels Frees, Torben Lenau, Christine Molin, Stig Irving Olsen, Henrik Wenzel og Ole Willum

2 Sammenfatning og konklusion

UMIP-metoden (Udvikling af Miljøvenlige Industrielle Produkter) til miljøvurdering af produkter blev udviklet i perioden 1991-1996. En erfaring fra UMIP-projektet er, at produktudviklere og beslutningstagere har behov for enkle og ikke mindst operationelle konklusioner på miljøvurderinger af produkter.

HOT SPOTS i produkterne

I produktfamilie projektet er det demonstreret, at det er muligt at identificere de miljømæssigt vigtigste *Hot Spots* i produkterne. Miljøvurderinger viser, hvor i produktets livsforløb de alvorligste miljøbelastninger forekommer, og identificerer de væsentlige miljømæssige forbedringspotentialer som gælder for produktet og beslægtede produkter. De miljømæssige konklusioner vil være gældende i en årrække og kan anvendes af såvel producenter som andre interessenter, f.eks. kunder, til at prioritere i deres fremtidige planlægning.

Enkle retningslinier

Miljøvurdering af et produkt er imidlertid en stor opgave, som kan tage lang tid. Det er en fordel, hvis man kan drage et antal generelt gældende miljømæssige konklusioner for beslægtede produkter – produktfamilier – i en og samme miljøvurdering. Derved kan de miljøforbedringspotentialer, som er identificeret, anvendes i en bredere gruppe af produkter.

Formålet med håndbogen og det arbejde, som ligger bag, har været at give forenkede retningslinier for miljøforbedringer inden for forskellige produktfamilier, sådan at virksomhederne kan introducere miljøforbedringer uden selv at skulle lave hele miljøvurderingsarbejdet.

I projektet er der udført grundige miljøvurderinger af en række produkter, hvor hvert produkt repræsenterer en produktfamilie. Håndbogen præsenterer konklusioner, retningslinier og anbefalinger for den enkelte produktfamilie, såvel som for elementer et produkt har tilfælles med andre produkter.

Hvad er produktfamilier

I dette projekt er produktfamilier defineret som en gruppe af produkter, der har samme karakteristika enten funktionelt eller teknologisk.

Funktionelt familieskab

En funktionel familie er produkter, der leverer samme funktion eller ydelse, eksempelvis kan et ventilationssystem give samme funktion som et åbent vindue, eller en støvsuger har i visse tilfælde samme funktion som en kost.

Teknologisk familieskab

Teknologisk familieskab betyder, at produkter anvender samme teknologi, eksempelvis anvendes elektromotorer i en lang række elektriske husholdningsmaskiner (støvsuger, el-plæneklipper, boremaskine, røremaskine etc.)

Undersøgte produkter

Miljøvurderingerne er gennemført på de fem produktfamilier:

1. Belysning
2. Ekspansionsventiler
3. Mobiltelefoner
4. Støvsugere
5. Ventilation

Ved udvælgelse af produkterne er der lagt vægt på følgende kriterier:

- at det er produkter, som produceres i et stort volumen,
- at der er et stort miljømæssigt forbedringspotentialer,
- at forbedringspotentialerne er forretningsmæssigt relevante,
- at der er tale om et geografisk relevant område (DK, Skandinavien, EU).

For hver enkel produktfamilie er der valgt et produkt, som repræsentativt for hele familien og vurderingen er gennemført i samarbejde med en dansk virksomhed.

Miljøvurderingen

Miljøvurderingerne af de enkelte produktfamilier er gennemført med UMIP-metoden og UMIP PC-værktøjet. Metoden bygger på "vugge til grav" princippet, dvs. at produkternes miljøpåvirkninger i hele deres livscyklus er medtaget, fra råstofferne graves op af jorden til produktet bortskaffes.

De medvirkende virksomheder har for deres egen produktion leveret data vedrørende energi- og materialeforbrug, udledninger til luft og vand samt affaldsproduktion. Desuden har de medvirket ved indsamling af data fra leverandører samt ved skøn vedrørende brug og bortskaffelse.

På den baggrund er det for hvert enkelt produkt vurderet, hvor i produktets livsforløb de væsentligste miljøbelastninger ligger og de miljømæssige forbedringspotentialer er identificeret. Ved undersøgelsen af forbedringspotentialer er der sigtet mod, at de skal være gældende for hele produktfamilien.

Teknisk og forretningsmæssig vurdering

De identificerede forbedringspotentialer forventes kun gennemført, hvis det rent teknisk er muligt og hvis der er et markedsmæssigt potentiale for forbedringen. Virksomhe-

derne har derfor vurderet den tekniske og forretningsmæssige betydning af de foreslåede forbedringspotentialer.

Konklusioner

En generel konklusion er, at der findes teknisk mulige miljøforbedringsmuligheder, som også rent økonomisk vil være rentable med en relativt kort tilbagebetalingstid.

Det har vist sig at være el-forbruget i brugsfasen, som er af afgørende betydning for miljøbelastningen i flere af produktfamilierne. Kun mobiltelefoner og ekspansionsventiler har miljøbelastninger i materiale- og produktionsfasen som har betydning i forhold til el-forbruget i brugsfasen. Ekspansionsventilen har til gengæld væsentlig indflydelse på energiforbruget i det system ventilen er en del af. En optimeret funktion her kan spare mange gange miljøbelastningen fra materiale- og produktionsfasen. Det har også vist sig, at brugsmønstret for batteriopladeren til mobiltelefonen har væsentlig betydning for det samlede energiforbrug i brugsfasen – større end forbruget ved samtaler.

Det gennemgående tema er, at væsentlige miljømæssige besparelser fås ved tiltag, som retter sig imod at spare på energien i brugsfasen. Derfor skal produktudviklere og andre være særligt opmærksomme på muligheder for el-besparelser i produktets brugsfase. De konkrete og undersøgte forbedringsforslag er selvfølgelig forskellige mellem produktfamilierne og fremgår af de enkelte kapitler i håndbogen.

Vigtige erkendelser

Arbejdet med de enkelte produktfamilier gav en række erkendelser af, hvordan man sparer ressourcer og belaster miljøet mindre. Erkendelserne er fælles for nogle af produktfamilierne, men de rækker også ud over de produktfamilier, som er behandlet i dette projekt. De vigtigste erkendelser er samlet i det følgende skema.

Tabel 2.1 Oversigt mil jø mæssige erkendelser, hvilke produkter erkendelserne vedrører, og hvilke besparelser der opnås

Erkendelse	Gyldig for	Besparelse
Styring og regulering efter behov kan reducere elforbruget væsentligt	Køle- og fryseskabe, køleanlæg (ekspansionsventilen), ventilationsanlæg og belysning. Anlæg, hvor hel eller delvis automatisk regulering af elforbruget er mulig (pumper, varmeanlæg, kompressor-anlæg, vaske /skylleprocesser, støvsugere?, etc.)	Giver generelt så væsentlige elbesparelser, at selve produktionen af komponenterne er ubetydelig i forhold. Kort tilbagebetalingstid.
Anvend elsparemotorer, hvor det er muligt	Produkter med mindre elmotorer (<7,5 kW), f.eks.: Husholdningsapparater, cirkulationspumper, fyr, ventilations-, pumpe- og kompressoranlæg.	Små elmotorer (<0,5 kW) kan spare op mod 10 % energi. Gevinsten bliver mindre jo større motoren er. Energisparemotorer er ikke ret meget dyrere og tilbagebetalingstiden derfor kort.
Nedbring tab og øg effektiviteten	Støvsugere, belysning, ventilationsanlæg og alle energiforbrugende produkter generelt	Optimering af et produkt kan oftest nedbringe tab og dermed øge effektiviteten. Tilbagebetalingstiden skal holdes op mod styring og regulering.
Overvej behov og anvend ikke større ydelse end der er behov for	Støvsugere, belysning, ventilationsanlæg og alle energiforbrugende produkter generelt	Energiforbruget kan begrænses ved ikke at investere i større ydelse end der reelt er behov for. "Fremtidssikring" af ydelsen er ofte en driftøkonomisk dårlig idé.
Reducer energiforbrug ved eller undgå stand by funktion	Mobiltelefon og andre elektroniske komponenter (TV, PC)	Energiforbruget kan nedsættes, i nogle tilfælde væsentligt, ved at reducere eller helt undgå stand by energi.
Nedbring forbrug af eller erstat sparsomme ressourcer NB! Det er vigtigt at erstatning af en sparsom ressource ikke forringer produktets effektivitet.	Alle produktfamilier med elektroniske komponenter eller sparsomme ressourcer, se eksempler nedenfor.	Forbruget af sparsomme ressourcer nedbringes eller elimineres.
Etabler effektiv indsamling og genvinding, herunder identifikation og adskillelse.	Alle produktfamilier med elektroniske komponenter eller sparsomme ressourcer, f.eks.: Mobiltelefon, mekaniske og elektroniske reguleringsenheder, elmotorer, lyskilder, batterier.	Forbruget af sparsomme ressourcer og ressourcer i det hele taget nedbringes. Nogle sparsomme ressourcer genvindes dog ikke i indsamlingssystemer generelt. Dette gælder f.eks. nikkeloverflader på stål. Andre genvindes dårligt, f.eks. kobbertråd i elmotorer eller zinkoverflader på stål.

3 Summary and conclusions

3.1 Product families – short cuts to environmental knowledge

From 1991 to 1996 the EDIP-methodology (Environmental Design of Industrial Products) was developed in Denmark (Wenzel et al. 1997, Hauschild & Wenzel 1998). One experience from the EDIP-project is that environmental assessment of products must give simple and operational conclusions, which can be acknowledged in the product development and by other decision makers throughout the product life cycle. The EDIP-project has demonstrated that it is possible to identify "the most important environmental hot spots". The documentation achieved by the environmental assessment shows where the most serious environmental impacts in the product life cycle occur, and uncover where the improvement potentials are in the product. The environmental knowledge obtained in this context will be valid for a number of years, and both the producer and other interested parties can use this information for setting priorities in their future planning.

Product families – a less time consuming road to follow

It can be very time consuming to perform an environmental Life Cycle Assessment (LCA), and it would be an advantage if a number of similar products - product families – can be handled in one and the same LCA as a whole.

The purpose of this handbook is to ease the work with developing more environmentally sound products. This is done by giving guidelines for development of new products without companies themselves having to perform an LCA. The major part of this work has already been done.

The handbook describes five product families, but also gives general information on life cycle assessment, what it is and how it is used

The project developed a method for selecting and forming product families, based on environmental and economical importance as well as the existence of several producers. Collaboration with 5 industrial companies was subsequently established and environmental assessments (LCA) including diagnosis (the pointing out of hot spots) were performed.

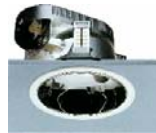
Selecting the product families

In this context product families were defined as a group of products having similar characteristics based on a technical familiarity.

This means that the findings for a specific product can be utilized by products using the same technology.

The five families selected were:

- mobile phones,
- vacuum cleaners,
- industrial valves with electronic controls,
- lighting and
- ventilation.



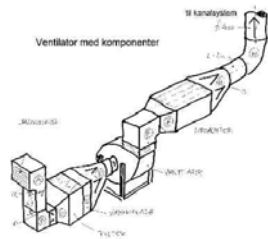
lighting



mobile phone



val ve



ventilation



vacuum cleaner

Beside the technological familiarity a set of pragmatic criteria for the selection of product families were set up. These include

- Large production volume and development potential
- Several producers and other actors in Denmark, Scandinavia and EU
- Significant environmental impact that associate to one or more of the characteristics that define the family.
- Considerable potential for environmental improvement

And last, but not least

- Relevant improvement potentials seen from a business point of view.

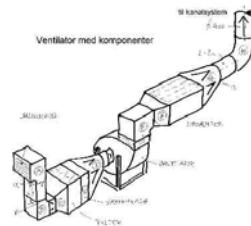
4 Hvordan bruges Håndbogen

Bogen beskriver i alt fem produktfamilier. Den giver også generel information om livscyklusvurdering, hvad det er, og hvordan det kan bruges.

Formålet med håndbogen er at gøre det lettere at udvikle miljørigtige produkter, *uden* at virksomheden først skal i gang med miljøvurderingsarbejdet. En stor del af det arbejde er gjort.

De fem produktfamilier som er beskrevet i håndbogen er

Ventilation



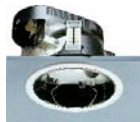
Støvsugere



Mobil telefoner



Belysning



Ekspansionsventiler



Hvorfor være miljøbevidst om produkter?

Tendensen, ikke bare i Danmark, men i det meste af den industrialiserede verden, er at myndighederne pålægger industrien et større ansvar for produkterne:

- Virksomhederne skal i højere grad være i stand til at dokumentere produkters miljømæssige konsekvenser
- Virksomhederne pålægges tilbagetagningspligt for emballage og/eller produkt

Tendensen hos forbrugerne er en voksende bevidsthed om produkternes miljømæssige egenskaber. Miljø- og energimærkning af produkter er eksempler på, hvordan miljøegenskaber er blevet synlige parametre i lighed med pris, kvalitet og design.

Miljøhensyn taget ved fremstilling af produkter er blevet en konkurrence- og salgspareparameter. Mange virksomheder er bevidste om det nødvendige i, at have et godt miljø-image hos forbrugeren. Man har set hvordan store globale, multinationale og internationale selskaber sætter fokus på miljø; en tendens som også spreder sig til små og mellemstore virksomheder.

Anledningen til en bevidst og aktiv miljøindsats kan være mange. Måske stiller en stor virksomhed krav til underleverandørerne om miljødokumentation. Måske betyder miljøhensyn ved offentlige indkøb, at virksomheder er nødt til at springe med på vognen og få dokumenteret produkternes miljøforhold.

Miljøhensyn eller ej?

Der er mange gode grunde til at integrere miljøhensyn i produkter. Hvis produktet f.eks.

- er stærkt energiforbrugende i en eller flere af livsfaserne,
- indeholder mange forskellige materiale typer,
- indeholder miljøfarlige stoffer eller medfører brug af miljøfarlige stoffer f.eks. i produktionen,
- tilhører et af de volumenmæssigt store konsumprodukter,
- er stærkt materialeforbrugende, f.eks. engangsprodukter,
- har en stor emballage andel,

kan en miljøvurdering kortlægge produkters miljøegenskaber og give virksomheden et fingerpeg om, hvor man skal sætte ind med forbedringer.

Håndbogen - et overkommeligt værktøj

Håndbogen præsenterer konklusioner, retningslinier og anbefalinger for den enkelte produktfamilie. De bagved liggende grundige miljøvurderinger findes i tekniske rapporter, som er tilgængelige på miljøstyrelsens hjemmeside.

Miljøvurderingerne på produktfamilierne er udført ved brug af UMIP-metoden (Udvikling af Miljøvenlige IndustriProdukter).

Metoden bygger på "Fra vugge til grav" princippet, dvs. at produkternes miljøpåvirkninger i hele deres livscyklus er medtaget, fra råstofferne graves op af jorden til produktet bortskaffes.

Hvad skal man vide for at kunne bruge miljøvurderingerne i håndbogen?

Håndbogens kapitel 5 giver i generel form information om miljøpåvirkninger, miljøvurderings værktøjer, andre aspekter ved aktiv miljøindsats for produkter, UMIP-metoden og endelig om kriterier for udvælgelsen af produktfamilierne.

Det er ikke en forudsætning for at anvende håndbogen at kapitel 5 læses først, man kan evt. blot anvende dem som opslag i forbindelse med det enkelte produktfamilie kapitler.

Hvis man aldrig tidligere har beskæftiget sig med miljøvurdering af produkter, anbefales det at se kapitel 5 igennem, inden man går videre til den eller de produktfamilier, som man ønsker at beskæftige sig med. Miljøvurderingerne er præsenteret i diagrammer, som er let overskuelige, hvis man lige har sat sig ind hvad Livscyklusvurdering egentlig er, og hvordan det gøres. Brug kapitel 5 til det.

Hvorfor produktfamilier?

Fordi en generel miljøvurdering kan bruges af mange og er gyldig i mange år. I stedet for at den enkelte producent skal udføre en miljøvurdering på sit produkt, er det rationelt at lave en generel miljøvurdering, som det er gjort her. De produktfamilier, som er beskrevet i håndbogen er high-volume produkter, som produceres af flere virksomheder.

At tænke i produktfamilier handler både om *teknologier* og *funktioner*. Produkter baseret på samme teknologi kan have vidt forskellige funktioner. Elektromotoren anvendes f.eks. både i støvsugerfamilien og ventilationsfamilien plus i en lang række andre produkter, som derfor alle er teknologisk beslægtede. Erkendelserne fra de miljøvurderinger som er beskrevet i håndbogen under disse to familier, er derfor til en vis grad anvendelige på mange teknologisk beslægtede produkter.

Omvendt kan mange funktioner leveres ved hjælp af forskellige teknologier, som i nogle tilfælde delvist overlapper hinanden men i andre tilfælde er vidt forskellige.

Når man f.eks. læser i *produktfamilien ventilation*, vil man se hvordan der medtages miljømæssige aspekter ved at yde samme funktion på en helt anden måde.

Det vurderes faktisk hvad der er miljømæssigt mest fornuftigt: At ventilere et rum ved hjælp af et åbent vindue eller at ventilere ved hjælp af ventilations- anlæg?

I *produktfamilien ekspansionsventil* medtages også den regulerende funktion, som ventilen har. Hvad betyder ventilens egen miljøbelastning i forhold til den regulerende funktion, den har? Betyder den overhovedet noget? Hvis nu det koster øgede miljøbelastninger at forbedre ventilen, sådan at reguleringen af det system den regulerer yderligere optimeres, er det så en miljøforbedring?

Som det også vil fremgå af produktfamilierne, er sådanne overvejelser også relevante for miljøvurderingen.

Udvælgelse af produktfamilierne i aktuelle håndbog

Ved udvælgelse af produktfamilierne er der lagt vægt på følgende kriterier:

at det er produkter, som produceres i stort volumen

at der er et stort miljømæssigt forbedringspotentiale

at forbedringspotentialerne er forretningsmæssigt relevante

at der er tale om en geografisk relevant område (DK, Skandinavien, EU)

se i øvrigt eksemplerne i tabel 4.1

Tabel 4.1 Produktfamilie oversigt:

Produktfamilie	Relevans til andre produkter	Særlige problemer ved bortskaffelse	Forbedringspotentiale
Ventilation	Pumper, emhætter, aircondition	Kobber i el-motorer Zink fra kanaler	Stort ved varmegenvinding og nedsættelse af el-forbrug i brugsfasen
Støvsuger	Andre husholdnings-Produkter med elektromotorer, røremaskiner, hårdtørre, håndmixere m.fl.	Kobber i el-motorer	Stort ved nedsættelse af el-forbrug i brugsfasen
Belysning	Alle former for rumbelysning	Brugte pærer og elektronik med indhold af tungmetaller	Stort ved nedsættelse af el-forbrug i brugsfasen og ved reduktion af affald
Ekspansions-Ventil	Andre reguleringsventiler og regulerings-Funktioner generelt	Tungmetaller i mekaniske eller elektroniske komponenter	Optimere funktionen, dvs. nedsætte energiforbrug i de systemer, som ventilen regulerer
Mobiltelefon	Stationære trådløse telefoner, trådløse mikrofoner, mobile måleinstrumenter	Brugte batterier Tungmetaller i elektronik	Stor ved f.eks. forlænget levetid og forbedret affaldsbehandling jf. brug/genvinding af sparsomme ressourcer Nedsætte energiforbrug ved standby

5 Hvordan miljøvurderes produkter

Til miljøvurdering af produkter anvendes en Livscyklusvurdering. Det kaldes også en LCA, som er forkortelsen af det engelske Life Cycle Assessment. En livscyklusvurdering beskriver de miljømæssige konsekvenser af et produkts livsforløb, dvs. fra vugge til grav. Vurderingen inkluderer *udvinning af råmaterialer, produktion, brug, bortskaffelse og transport*, og baseres på en detaljeret analyse af produktet, herunder alle produktets komponenter og de væsentligste processer i produktets livsforløb.

Miljøvurderingen kan udføres på forskellige niveauer. Afhængigt af formålet kan man stoppe på det niveau som er tilstrækkeligt for den beslutning miljøvurderingen skal understøtte. Niveauerne kaldes:

1. Livscykluscheck
2. Screening
3. Detaljeret livscyklusvurdering

Livscykluscheck er en hurtig vurdering hvor resultatet beskriver de største bidrag til miljøeffekter og størrelsen af bidragene gennem produktets livsforløb. Til Livscykluscheck'et (se litteraturlisten) anvender man MEKA-princippet, hvor M står for Materialer, E for energi, K for kemikalier og A for andet.

Tabel 5.1. MEKA-skemaet

	Råvare-fase	Produkti-onsfase	Brugs-fase	Bortskaffe-ses-fase	Trans-port i faserne
Materiale					
Energi					
Kemikalier					
Andet					

MEKA giver en overskuelig struktur til at systematisere og forenkle miljøvurderingens resultater. En 3-4 dages arbejde plus papir, blyant og lommeregner er, hvad der skal til for at

udføre et Livscykluscheck, når man forinden har sat sig ind i proceduren.

Screening er næste niveau hvor de forhold som MEKA vurderingen har peget på kan være væsentlige, tages op til en nærmere undersøgelse. Man anvender de data som umiddelbart er tilgængelige eller bruger et kvalificeret skøn, men følger overordnet samme struktur som er beskrevet i den detaljerede livscyklusvurdering. At udføre en screening kræver specialviden om LCA og udføres oftest af miljøspecialister, og der anvendes et PC-værktøj.

En detaljeret Livscyklusvurdering kræver viden om kemiske og fysiske forhold, og udføres oftest af miljøspecialister. Der er et omfattende arbejde med dataindsamling forbundet med en detaljeret livscyklusvurdering. Et LCA-PC-værktøj er nødvendigt til at understøtte og præsentere miljøvurderingen på dette niveau. Den detaljerede miljøvurdering er beskrevet yderligere *i kapitlet om UMIP-metoden*, som i øvrigt også udgør metodegrundlaget for de ovenfor beskrevne forenklede procedurer.

Hvor grundig en LCA skal være afhænger som nævnt af formålet og de beslutninger, den skal understøtte. Produkterne, som repræsenterer produktfamilierne i herværende håndbog har alle været underlagt en detaljeret eller en screening LCA. Hver LCA er beskrevet i tekniske baggrundsrapporter, som er tilgængelige på Miljøstyrelsens hjemmeside.

Hvordan indpasses miljø i produkter?

Det gør man ved at forebygge, og ikke vente til skaden er sket. Det største råderum til at miljøforbedre et produkt, er i de tidlige faser i produktudviklingen. Råderummet indsnævreres, og det bliver mere omkostningskrævende jo længere hen i udviklingsforløbet man kommer. Så start tidligt med at tænke miljøforberinger ind i produktet!

Ved at anvende miljøvurdering kan man forøge muligheden for i de tidlige faser af projektføreløbet at bedømme de miljømæssige konsekvenser af ændringer, man overvejer at gennemføre (Olesen & Hauschild, 1998).

Analysér et referenceprodukt, altså et eksisterende produkt som er nært beslægtet. Det arbejde er gjort for produktfamilierne, så her har man allerede et overblik samt fokus på de opgaver, der skal løses.

Overvej store eller små indgreb. Og vælg altid den løsning med de bedste miljøegenskaber. Se anbefalingerne under de enkelte produktfamilier.

Betragt altid konsekvensen af nye løsninger i hele produktets livsføreløb. Overvej om løsninger som "koster" på miljø-siden enkelte steder i produktet, måske alligevel giver en miljømæssig gevinst set over det samlede livsføreløb. Og vise versa.

Brug de miljøforbedringsværktøjer som allerede findes, f.eks.

1. denne håndbog
 2. Håndbog i miljøvurdering af produkter, - en enkel metode
 3. Håndbog i produktorienteret miljøarbejde
 4. UMIP-bøger og -værktøj
- Se mere på Miljøstyrelsens hjemmeside www.mst.dk

5.1 Hvad er miljøeffekter og ressourceforbrug

Det er de påvirkninger af miljøet som bl.a. forårsages af vores forbrug af produkter. Miljøeffekterne, som indgår i UMIP-metodens miljøvurdering (Hauschild 1996, Olesen & Hauschild 1998) kan ses i tabel 5.2

Tabel 5.2 Miljøeffekter og ressourceforbrug

Drivhuseffekt

Skyldes primært vores forbrug af olie, kul og naturgas, og medfører måske alvorlige ændringer i det globale klima

Stratosfærisk ozonnedbrydning

er nedbrydning af stratosfærens indhold af ozon, som beskytter livet på jorden mod skadelig ultraviolet stråling fra solen. Et eksempel på stratosfærisk ozonnedbrydning er iagttagelse af ozonhullet over Sydpolen, og et eksempel på hvad der forårsager ozonnedbrydning er bl.a. udsivning af CFC fra køleskabe.

Fotokemisk ozondannelse

Bidraget til stigende indhold af ozon i den luft vi indånder er en følge af brug af opløsningsmidler og udledninger fra biler og kraftværker. Ozon forårsager gener og sygdomme i luftveje hos mennesker. Ozon forvolder også skader på skov og landbrug. Fotokemisk ozondannelse indgår også i problematikken omkring smog episoder.

Forsuring

af skove og søer sker pga. udslip af gasser fra elektricitetsværker og biler, hvilket medfører at der dannes syre, som falder ned med regnen.

Nærings saltbelastning

Udledning af kvælstof fra landbrug, kraftværker og biler samt udledning af fosfor fra renseanlæg og landbrug medfører overgødsning af vandløb, søer, indre farvande, og af næringsfattige områder som klit og højmoser. Det forårsager bl.a. iltvind og fiskedød i indre farvande, og landområder, der springer i skov.

Økotoxicitet og toksicitet for mennesker i miljøet

er spredning af miljøfremmede stoffer med ukendte virkninger på mennesker og økosystemer fra utallige menneske skabte aktiviteter. Det medfører bl.a. øget hyppighed af allergi, forskellige kræftformer og reproduktions-skader hos mennesker og dyr. I sidste halvdel af det tyvende århundrede er der sket en eksplosiv vækst i antallet af kemiske stoffer, som er almindelige i anvendelse. Nye miljøfremmede kemikalier indgår i mange produktionsprocesser. Når kemikalier fremstilles kunstigt, har de ofte uventede og uforudsigelige effekter i naturen.

Affald

Giver problemer med ophobning, beslaglæggelse af områder i lang tid fremover, grundvandsforurening og metan samt giftige røggasser fra affaldsforbrænding og store mængder restprodukter som flyveaske, slagger og slam fra rensningen, altså mere affald .

Ressourceforbrug

Jordens ressourcer bør anvendes på en måde, som indebærer at de nødvendige ressourcer også er tilgængelige for vores efterkommere. Det gælder ikke mindst de ressourcer, som ikke fornyes, f.eks. kul, olie og metaller; men også de biologiske ressourcer skal bruges på en måde, så de ikke forsvinder.

I forbindelse med miljøvurderinger udtrykkes ressourcer som rene stoffer og ikke som malme, dvs. f.eks. jern og ikke jernmalm. For at vurdere ressourceforbruget fra et produkts livsforløb, er det nødvendigt med en fælles reference (se også afsnit 5.2 om UMIP-metoden).

Man holder ressourceforbruget op mod henholdsvis den globale produktion af pågældende ressource målt per indbygger i verden og dernæst mod forsyningshorisonten. I skemaet vises eksempler på årlig produktion, reserver og forsyningshorisont for udvalgte ressourcer.

Tabel 5.3 Årlig produktion, reserver og forsyningshorisont for udvalgte ressourcer (Referencer: BP 1992, World Resources, 1992, World Mineral Statistics, 1991.)

Ressource	Årlig global produktion (1000 tons)	Kendte globale reserver (1990) (1000 tons)	Forsyningshorisont (År)
Olie	3.132.500	135.400.000	43
Stenkul	3.038.300	521.413.000	170
Brunkul	1.342.200	519.116.000	390
Naturgas (mio. m ³)	2.019.600	124.000.000	60
Jern	544.300	64.648.000	120
Aluminium	17.900	3.488.000	200
Zink	7.300	144.000	20
Kobber	8.800	321.000	36
Nikkel	940	49.000	50
Mangan	9.500	812.000	86
Bly	3.400	70.000	20
Tin	200	5.900	27

5.2 Hvad er UMIP-metoden

UMIP er en metode til at miljøvurdere produkter og ydelser. Hvad den egentlig går ud på beskrives i det følgende. De fagudtryk som man bruger i miljøvurderingen forklares også.

Udvikling af Miljøvenlige IndustriProdukter -UMIP

Produktfamilierne er vurderet ved hjælp af den dansk udviklede UMIP-metode. UMIP står for Udvikling af Miljøvenlige IndustriProdukter. UMIP-programmet var et 5-årigt udviklingsprogram iværksat i 1991 af Miljøstyrelsen med deltagelse af Dansk Industri, Danfoss, B&O, Grundfos, KEW og Gram, Danmarks Tekniske Universitet og Institutet for Produktudvikling.

UMIP-metoden er internationalt anerkendt og anvendt, og metoden er i overensstemmelse med de krav til LCA som ISO-standarderne i 14000 serien beskriver.

UMIP-metoden er beskrevet i fem dansk- og to engelsksprogede bøger (se litteraturlisten). Metoden understøttes af et PC-værktøj med tilhørende database som indeholder omkring 250 enhedsprocesser (se litteraturlisten).

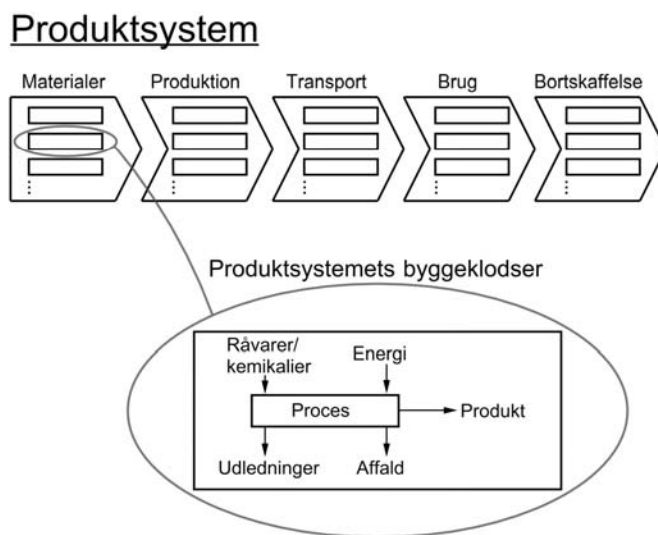


Figur 5.1. Logoet, som findes på alle UMIP-værktøjerne

UMIP-metoden er målrettet til anvendelse i produktudvikling, fordi der her er det største råderum, når det gælder om at miljøforbedre et produkt.

Miljøbelastning fra produkter

Et produkts miljøbelastninger opstår i de processer, som tilsammen udgør livsforløbet. *Hele produktets livsforløb kaldes også produktsystemet. Faserne i livsforløbet: Materialer, Produktion, Transport, Brug og Bortskaffelse består hver især af en række processer, som man også kan kalde produktsystemets byggeklodser.*



Figur 5.2. Produktsystemet og dets byggeklodser (processer)

I processen kan der forbruges energi f.eks. el eller afbrænding af olie og naturgas. Der kan også bruges materialer som f.eks. kobber eller plast. Der kan forekomme emissioner (udledninger), enten direkte fra processerne eller indirekte fra kraftværket, som leverer elektricitet til en proces. Emissionerne belaster miljøet hvis de bidrager til miljøeffekter som f.eks. drivhuseffekt og forsuring.

Som hovedregel kan miljøeffekterne opdeles i 2 grupper afhængig af kilden til emissioner, nemlig:

- Energirelaterede effekter, som f.eks. kan være drivhuseffekt, forsuring, fotokemisk ozondannelse og nærings-

saltsbelastning, der alle helt eller delvist skyldes produktets forbrug af energi.

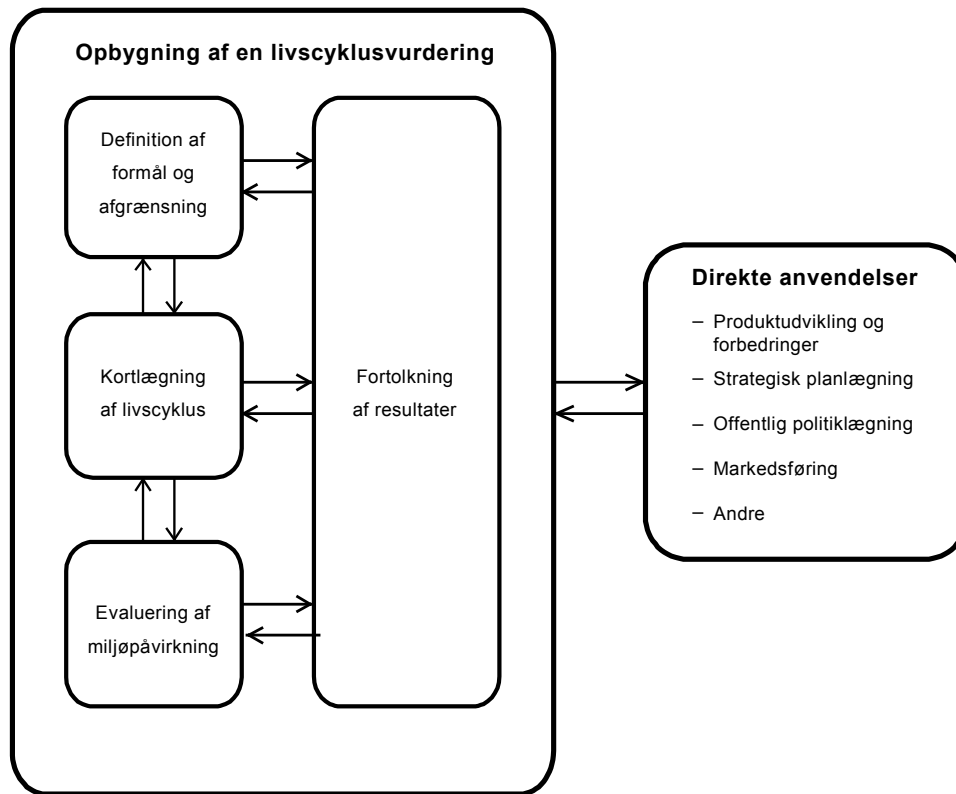
- Kemikalierelaterede effekter, som kan være giftvirkninger på mennesker og økosystemer, og som skyldes brugen og emission af kemikalier i produktets livsforløb, f.eks. når kemikalier udledes med spildevandet.

Ressourceforbrug kan som hovedregel også opdeles i 2 grupper, nemlig

- Ressourcer til energi
- Ressourcer bundet i produktet

Sådan bruger man UMIP- vurderingsmetoden

Når et produkt miljøvurderes følger man en bestemt procedure. Internationalt er man blevet enige om at en miljøvurdering skal følge de trin, som er vist i figur 5.3. Hvad de enkelte kasser dækker forklares i det følgende.



Figur 5.3. Trin i miljøvurderingen
(Bearbejdet efter ISO 14040, 1997, trin i miljøvurdering)

Formål

Hvad skal miljøvurderingen bruges til?
Hvem skal bruge den?
Hvilke beslutninger skal den understøtte?

Afgrænsning

Hvilket produkt skal vurderes?
Hvad er produktets ydelse?
Hvor meget tages med i vurderingen?

Når miljøvurderingen anvendes til at sammenligne alternative løsninger, er *ydelsen* det man vurderer. F.eks. kan ydelsen "ventilation af et rum" opnås på forskellige måder, åbne et vindue eller installere et ventilationsanlæg.

For at sikre, at det er den samme ydelse, der bliver vurderet hver gang defineres ydelsen i forhold til mængden og kvaliteten af ydelsen. Dette kaldes den *funktionelle enhed*. Det er helt afgørende for miljøvurderingens resultat at den funktionelle enhed er defineret korrekt og præcist.

I et eksempel i publikationen Life Cycle Check (Wenzel et al., se litteraturlisten) beskrives det, hvordan man ikke bare kan sammenligne to hvide hospitalskitler af henholdsvis bomuld og polyester. Det viser sig nemlig, at personalet næsten altid har en T-shirt af bomuld under polyesterkitlen, pga. varme og komfort. Når man skal miljøvurdere de to kitler, skal man derfor sammenligne en polyesterkittel inklusiv en bomulds T-shirt med en bomulds kittel.

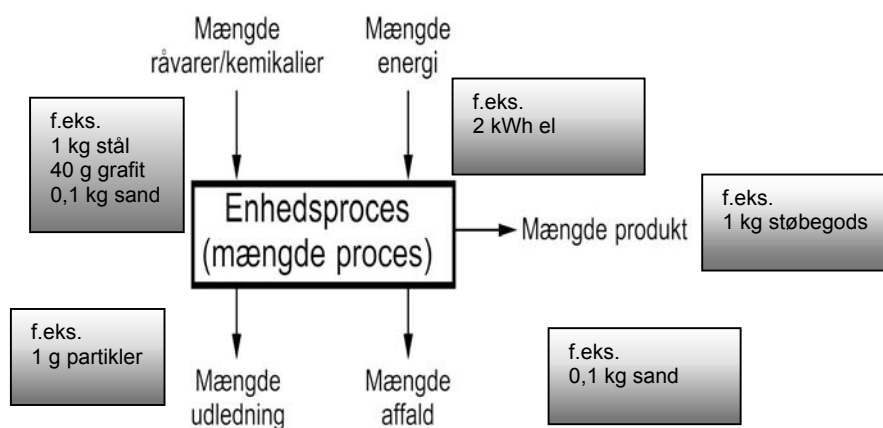
Afgrænsningen indeholder også parametre som tidsmæssig, geografisk og teknologisk afgrænsning. F.eks. fastlægges om det er moderne eller gamle produktionsmetoder, i hvilke lande produktet sælges osv.

Opgørelse

I opgørelsen samles og bearbejdes data fra alle processerne i produktets livsforløb, dvs. fra vugge til grav. Det er de data, som skal bruges til at opgøre forbrug og udledninger fra alle processer i produktets livsforløb. UMIP-metoden anvender en styklistestruktur for produktet, hvor materiale indhold og produktionsprocesser er nøje specificeret.

Data bearbejdes og lagres som såkaldte *enhedsprocesser*. *Det er de tidligere omtalte byggeklodser i produktsystemet, som nu kvantificeres og får betegnelsen enhedsprocesser*. Dvs. at data relateres til en bestemt mængde af produktet fra den givne proces. Det gør dem skalerbare og dermed generelt anvendelige i forskellige sammenhænge i miljøvurderingsforløbet.

Produktsystemets byggekreds, kvantificeret



Figur 5.4. Eksempel på byggekredsen (enhedsprocessen) for et kg støbegods

Dataformatet i UMIPs database for enhedsprocesser indeholder tre kategorier af informationer:

- beskrivelse af processen,
- en opgørelse af processens udvekslinger (in- og output) med miljøet og endelig
- en karakterisering af datainformationerne.

UMIP-enhedsprocesdatabasen (se litteraturlisten) indeholder mulighed for at rette i eller oprette helt nye databeskrivelser, når det er nødvendigt.

Det kan være en særdeles tidskrævende arbejdsopgave at indsamle og bearbejde data.

Vurderingen

Når opgørelsen er tilendebragt skal den vurderes. Første trin i vurderingen er en slags oversættelse af data til de miljøeffekter, som enkelte udledninger forventes at give. Denne oversættelse kaldes *karakterisering* og det man regner sig frem til kaldes *miljøeffektpotentialer*.

I UMIP-metoden vurderes miljøeffekter, ressourceforbrug og arbejdsmiljøeffekter. Hvad er ressourceforbruget? Hvor store er miljøeffekterne?

For at fortolke ressourceforbrug og de forventede miljøeffekter er det nødvendigt at bringe dem på en fælles skala og bruge samme sammenligningsreference. Det kaldes *normalisering*.

Ved normaliseringen bliver størrelsen af de forventede miljøeffekter og ressourceforbrug udtrykt i en enhed, som det er let at forholde sig til, nemlig brøkdele af den årlige belastning fra en gennemsnitsperson. Det udtrykkes i enheden *personækvivalenter (PE)* f.eks. for en gennemsnitspersons belastning i Danmark i 1990, og skrives som PE_{DK90} eller i verden, som skrives PE_{W90} .

UMIP-PC-værktøj understøtter denne procedure og resultaterne kan vises som let overskuelige diagrammer. Efterfølgende foretages en usikkerheds- og følsomhedsvurdering af vurderingens resultater.

I vurderingen ligger også muligheden for at fortolke resultaterne fra normaliseringen, dvs. at lave en indbyrdes sammenligning. Det kaldes *vægtning*. Hvor alvorlige er de forventede miljøbelastninger eller trækket på ressourcer? Hvad er værst, bidrag til drivhuseffekt eller til forsuring? Hvilke effekttyper er globale og hvilke er regionale, og hvad er vigtigt?

Den indbyrdes alvorlighed af miljøeffekterne udtrykkes i et sæt af vægtningsfaktorer, som afspejler de mulige konsekvenser af miljøeffekterne i forhold til hinanden. Vægtningen kan baseres både på rent miljøfaglige parametre, som kritiske tærskelværdier samt på mere holdningsprægede parametre som politisk fastsatte reduktionsmål for udledninger, som f.eks. for CO₂-udledning .

UMIP-metoden tager udgangspunkt i de eksisterende målsætninger for reduktion af forskellige former for miljøbelastninger og udtrykkes i enheden $PEM_{W/DK2000}$. Det står for personækvivalent ved målsatte eller accepterede udledninger i år 2000 globalt, regionalt og lokalt.

Også vægtningsproceduren udføres i UMIP-PC-værktøjet, og resultaterne illustreres, ligesom ved normaliseringen, i let overskuelige diagrammer, som det også kan ses under de forskellige produktfamilier.

Fortolkning

Den yderligere fortolkning omfatter også en vurdering af, hvorvidt resultaterne opfylder formålet med miljøvurderingen fyldestgørende. Svarer de på de stillede spørgsmål? Er vurderingen god nok til at gøre det? Kan målgruppen anvende resultaterne? Osv.

Miljøvurderinger på produktfamilierne

Miljøvurderingerne på produktfamilierne er udført i UMIP-PC værktøjet med tilhørende database (se litteraturlisten). Med udgangspunkt i de indsamlede data er opstillet en model, som omfatter materialeforbrug, produktionsprocesser, transportprocesser, brug, bortskaffelsesprocesser og udslip til miljøet som produktet medfører i hele dets livscyklus. På baggrund af den opstillede model er miljøpåvirkningerne beregnet. Resultaterne præsenteres i søjlediagrammer, hvor det er let at udpege de væsentligste påvirkninger.

Ved at ændre på materialer og processer i modellen, kan det beregnes hvilken effekt det har f.eks. at udskifte et bestemt materiale eller en bestemt proces. Det er på baggrund af disse beregninger, som er beskrevet i baggrundsrapporterne (tilgængelige på Miljøstyrelsens hjemmeside www.mst.dk) at det er muligt at fremkomme med forslag til bedre miljømæssige løsninger for de enkelte produktfamilier.

5.3 Hvordan beregnes energiforbruget

Man følger energi forbruget tilbage til udvinding af ressourcen og kompenserer for de tab der er undervejs. Der anvendes en række forskellige begreber til beskrivelse af den energi, der fremkommer ved afbrænding af ressourcer. I det følgende forklares hvad de forskellige begreber dækker og

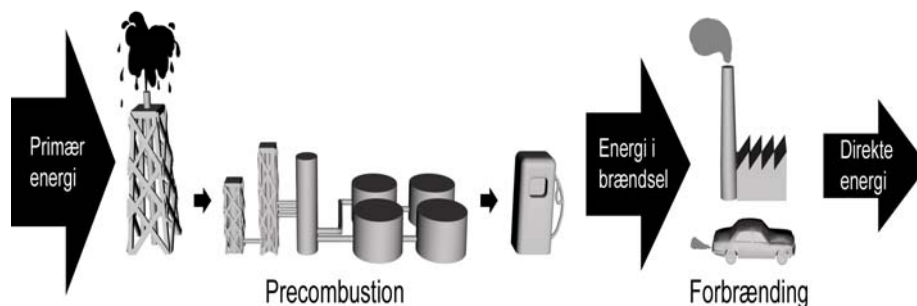
der gives et eksempel på hvordan man regner sig frem til energiforbruget.

Om energi fra brændsler

Brændsler til energiformål udvindes af ressourcer. Ressourcerne kan være fornyelige, som f.eks. biomasse (træ, halm etc.) eller begrænsede, som f.eks. fossile brændsler (naturgas, olie, kul). Brændslerne anvendes både til varme, transport og el-fremstilling.

Primær energi

Den primære energi er den mængde energi, der forbruges som ressource. Den primære energi er større end den energimængde, der fremkommer ved forbrænding af det producerede brændsel dvs. den energi som er indeholdt i brændslet. Dette skyldes, at brændslerne før de kan anvendes skal udvindes, klargøres eller forædles samt transporteres. Disse processer kaldes tilsammen *precombustion*. Direkte oversat betyder det "før forbrænding", men dette udtryk benyttes ikke på dansk. Precombustion kræver energi og medfører en miljøbelastning. I forhold til energien i brændslet udgør tabet ved precombustion 5-20%.



Figur 5.5 Fra primær energi til direkte energi

Den primære energi er summen af precombustion og energien i brændslet. Energien i brændslet kaldes også det direkte brændselsforbrug

Direkte energi

Den mængde energi, som bliver nyttiggjort ved forbrænding i f.eks. fyr eller maskiner kaldes *direkte energi*. Den direkte energi kan f.eks. være relateret til el, damp eller varme. Ofte vil der være tab således, at den direkte energi er mindre end energien i brændslet.

Termisk energi og transport energi

Termisk energi er varme eller damp fra fyringsanlæg. Transportenergi er mekanisk energi fra motorer. Til produktion af termisk energi og transportenergi indgår den primære energi, selve forbrændingen, tab ved forbrændingen og tab ved brug af energien. Tabet ved forbrænding udgør typisk 10-30% for fyr og 50-85 % for motorer.

Eksempel:

En el-motor med akseeffekten 7,5 kW leverer på en time energimængden 7,5kWh = 27 MJ. Med en virkningsgrad på f.eks. 86% skal motoren bruge 31,5 MJ elektrisk energi direkte fra nettet. Med et konverteringstab ved el-produktion på 65% skal el-værket bruge 90 MJ brændsel (kul, olie, naturgas) for at producere 31,5 MJ el. Udvinning og raffinering af denne brændselsmængde koster ca. 10% svarende til 10 MJ. I alt skal der bruges 100 MJ primær energi til drift af motoren.

Energien i det indfyrede brændsel måles f.eks. i MJ eller undertiden i kWh eller angives som direkte brændselsforbrug i f.eks. kg, liter eller m³. Den leverede (direkte) energi måles i f.eks. MJ eller kWh.

Elektrisk energi

kommer fra fossile brændsler, uran og biobrændsler. Dertil kommer sol, vind eller vand. I elektrisk energi produceret fra brændsler indgår de samme processer og tab, som er

nævnt ovenfor. Desuden er der tab ved levering af el fra kraftværk til forbruger.

I forhold til energien i brændslet er det samlede tab ved produktion og levering af elenergi typisk 60-70%. Det er således kun ca. 1/3 af den primære energi, der kan tappes som el af forbrugerne.

Brændselsenergien indfyret i kraftværket måles f.eks. i TJ (10^{12} J) eller tons. Den producerede og direkte anvendte elenergi angives normalt i kWh eller GWh (10^9 Wh).

5.4 Hvordan håndteres kemikalier

Man prøver bl.a. at skabe et overblik over om der i produktets livsforløb forekommer kemikalier, der i forvejen betragtes som farlige af myndighederne. Men alle kemikalier er i princippet farlige, hvis man udsættes for tilstrækkelig stor mængde af stoffet.

Hvilke miljøeffektyper påvirkes?

De fleste miljøeffektyper, som vurderes i LCA påvirkes kun af et begrænset antal kemikalier. Dette gælder drivhuseffekt, stratosfærisk ozonnedbrydning, forsuring, næringssaltbelastning samt fotokemisk ozondannelse. De kemikalier og kemikaliegrupper, som bidrager til disse effektyper, er listet f.eks. i UMIP-metode bogen (Wenzel et al., 1996) og hvert enkelt stofs bidrag til miljøeffekterne er allerede vurderet. Der er dog også miljøeffektyper, forårsaget af kemikalier, som ikke er helt så lette at have med at gøre. Det er økotoxicitet og toksicitet over for mennesker. De største bidrag til de nævnte effektyper stammer fra energiproduktionen. I et livscyklustjek (efter MEKA-princippet) er disse effektyper således allerede delvis repræsenteret ved energiforbruget. I de mere detaljerede miljøvurderinger beregnes det specifikke produktsystems bidrag til de enkelte miljøeffektyper automatisk af PC-værktøjet på baggrund af allerede udførte vurderinger af stofferne.

Trinsvis vurdering af giftighed for mennesker og miljø
Den væsentligste grund til, at effekttyperne økotoksicitet og toksicitet er svære at håndtere er, at alle stoffer i princippet er giftige, hvis man udsættes for en tilstrækkelig stor mængde af stoffet. Det er altså ikke muligt at lave en liste over stoffer, som er giftige eller på forhånd at vurdere alle stoffers bidrag til miljøeffekttypen ligesom det er for de øvrige miljøeffekttyper.

Når det gælder økotoksicitet og toksicitet overfor mennesker foretages vurderingen af kemikalier i en mere eller mindre trinvis fremgangsmåde afhængig af dybden af LCA'en (fra MEKA til detaljeret).

I første trin, hvor der skaffes et overblik over produktets miljøbelastninger i livsforløbet ved hjælp af et livcyklustjek er det af hensyn til tidsforbruget ikke rimeligt at gå i dybden med kemikalievurderingen. Her skaffes, på baggrund af de oplysninger som er tilgængelige, overblik over om der i livsforløbet for produktet forekommer kemikalier, der i forvejen betragtes som farlige af myndigheder. Det primære formål med vurdering af kemikalierne på dette niveau er at sikre, at der ikke overses væsentlige miljø- og sundhedspåvirkninger. Mange af kemikalierne anvendes i produktionen og vil sandsynligvis primært forårsage risici i arbejdsmiljøet.

Næste trin afhænger af det aktuelle behov. Anvendes eller udledes f.eks. store mængder af specifikke kemikalier, som bør vurderes nærmere eller er der helt andre parametre i produktets livsforløb som der skal fokuseres på?

Vurdering af kemiske stoffer skal foretages af eksperter
Derefter modelleres produktets livsforløb i flere detaljer ved hjælp af et PC-værktøj. For en række af normalt forekommende emissioner samt for emissioner, som er blevet vurderet i forbindelse med tidligere projekter i UMIP-regi er de kemikalier som optræder allerede vurderet. Men en lang række af kemiske stoffer er endnu ikke blevet vurderet. Hvis disse kemiske stoffer skal bidrage til produktets samlede bidrag til effekttypen skal de vurderes således, at de kan indgå i beregningerne.

6 Belysning

6.1 Introduktion til produktfamilien

Hvorfor interessere sig for det miljømæssige aspekt ved belysning?

Det anslås, at ca. 12% af det totale elforbrug i Danmark anvendes til belysning. For sammenligningen skyld kan det nævnes, at et tilsvarende tal er anslået for belysningens andel af elforbruget i Sverige. Lysstofrør, herunder de kompakte lysstofrør inklusive el-sparepærer, er blevet udbredt gennem de senere år, men der er stadig megen elbesparende teknik, som først sent er kommercielt modnet og derfor ikke anvendes i vid udstrækning. Der kan således være et væsentligt potentiale for miljømæssige forbedringer ved elbesparelser på belysning.

Også i affaldssammenhænge bidrager belysning væsentlig til miljøbelastningerne da armaturer og lyskilder udgør en af de fem største affaldsfraktioner blandt elektrisk og elektronisk affald.

6.2 Det undersøgte produkt

I miljøvurderingen undersøges et specifikt belysningsanlæg til et gangareal.



Figur 6.1 Downlight til gangareal

Anlægget består af 8 downlights, som er armaturer der indbygges i loftet og anlægget antages at være tændt 12 timer i døgnet. Anlægget anvender kompakte lysstofrør. Tekniske specifikationer for det undersøgte produkt findes i næste afsnit.

6.3 Produktets familie

Det er nødvendigt at tage udgangspunkt i et specifikt eksempel for at kunne gennemføre en miljøvurdering. Men selvom miljøvurderingen er baseret på belysning af et gangareal, er konklusionerne mere bredt anvendelige og gælder belysning i almindelighed.

De to vigtigste erkendelser er nemlig, at der er store muligheder for elbesparelser samt, at der skal være opmærksomhed på minimering af ressourceforbruget f.eks. ved etable-

ring af indsamlings- og genvindingssystemer. Disse erkendelser er så væsentlige, at det er usandsynligt, at de ændres selvom belysningsanlægget er betydeligt anderledes end det undersøgte.

Generelt vil indendørs belysning i bred forstand således kunne drage nytte af de miljøforbedringspotentialer, som er identificeret i dette projekt. Især i offentlige bygninger, virksomheder og lignende er forbedringspotentialerne relevante mens etableringen af f.eks. lysstyringssystemer nok endnu ikke er økonomisk realistisk i private hjem.

I de private hjem har manuelle lysdæmpere samt separate bevægelsemeldere vundet indpas, dels som spareforanstaltning, dels som lyseffekt. Nogle separate bevægelsemeldere kan dog have et relativt højt eget elforbrug, hvilket reducerer elbesparelsen. Opmærksomhed på og en reduktion af dette elforbrug er et oplagt forbedringspotentiale.

For udendørs belysning gælder til dels samme erkendelser om lysstyring og elektronik men der må tages hensyn til eventuelle særlige sikkerhedskrav til armaturer. Kravene til bl.a. farvegengivelse er dog ikke så høje, hvorfor der kan anvendes mere effektive lyskilder.

De elektroniske komponenter i armaturer adskiller sig ikke væsentligt fra andre elektroniske komponenter og der er da også i miljøvurderingerne anvendt generelle anslåede værdier for produktion og bortskaffelse af elektronikken. Erkendelserne vedrørende indsamling og genvinding af elektroniske komponenter gælder således bredt for alle elektroniske produkter. Der foreligger da også et endnu ikke godkendt EU-direktiv om håndteringen af sådanne produkter, hvoraf det fremgår at 60-80% af elektronik skal indsamles og genvindes i år 2006 (500PC0347(01) Forslag til Europa-Parlamentets og Raadets direktiv om affald af elektrisk og elektronisk udstyr. Forslaget kan ses på EU's hjemmeside http://europa.eu.int/eurlex/da/com/dat/2000/da_500PC0347_01.html). Der er forslag til endnu et EU-direktiv, det såkaldte EEE-direktiv, i hvilket der bl.a. stilles krav til producenter af elektronisk udstyr om at miljøvurdere produkter i produktudviklingen for at skabe en balance mellem økonomiske, tekniske og miljømæssige aspekter. Direktivet fore-

ligger marts 2001 endnu som et foreløbigt forslag og kan ses på EU's hjemmeside
http://europa.eu.int/comm/enterprise/electr_equipment/eee/index.htm.

6.4 Produktets tekniske specifikationer

Formål med og krav til lys

Belysning skal tilfredsstillende menneskers ønsker om og behov for lys evt. som supplement til alm. dagslys. Disse ønsker og behov for lys er meget varierende og yderst foranderlige alt efter individ og situation. Der er forskellige krav til belysningen afhængig af de konkrete formål og det er forskellige egenskaber ved belysningen, som opfylder disse krav.

Eksempelvis skal lyset i butikker gøre det let at vælge mellem varer og det skal derfor fremhæve varernes form, materiale og struktur og skal desuden gengive farver så naturtro som muligt. I restauranter, hjem m.m. er lysets rum- og miljøskabende effekt vigtig, fordi der skal skabes en fornemmelse af hygge og trivsel.

Når det gælder kunstig belysning i arbejdslokaler stilles særlige krav, som er specificeret i standarden DS700 udgivet af Dansk Standard. I denne standard stilles for en lang række specifikke arbejdssteder eller -arter, krav til belysningsstyrke, maksimal blænding samt farvegengivelse.

Det er klart, at der skal være lys nok til at kunne se tilstrækkeligt godt og at lamperne ikke må blænde. Som beskrevet nedenfor er der dog også andre egenskaber som er vigtige og hvor standarden kommer med anbefalinger til, hvorledes lyskvaliteten kan kontrolleres.

Belysningens egenskaber

Belysnings egenskaber er en blanding af forskellige faktorer:

1. Lysstyrke

Jo mere lys, der er rettet rigtigt mod et objekt desto finere detaljer og desto svagere kontraster kan opfattes og jo lettere og hurtigere ser man. Dette er dog kun op til en vis grænse, hvor synsopfattelsen svækkes pga. blænding. Hvor denne grænse ligger afhænger af øjets adaptationstilstand (hvilken lysstyrke er øjnene tilpasset til) og omgivelsernes luminans (luminans er tilbagekastningen af lys fra overflader f.eks. vægge).

Eksempelvis vil et stærkt arbejdslys i et ellers mørkt rum kunne blænde, hvilket ikke ville være tilfældet, hvis der er god almen belysning. Lysniveauet i et rum skal afpasses efter, hvilke opgaver, der bliver udført, alder på arbejderen (jo ældre, jo mere lys), samt vigtigheden af hastighed og præcision i arbejdet.

2. Blænding og reflekser

Blænding forårsages når øjnene udsættes for et stærkere lys end de er tilpasset til. Dette lys kan komme fra lamper, solen eller himlen gennem et vindue, men kan også komme fra reflekser i blanke overflader, f.eks. en computerskærm. Blænding gør det svært at se og har en trættende virkning.

Blænding kan undgås eller begrænses ved at placere armaturet hensigtsmæssigt, ved at vælge armaturer med effektiv afskærmning og god lysfordeling samt ved at undgå reflekser i blanke overflader. Som nævnt ovenfor kan en forøgelse af baggrundsbelysningen desuden mindske risikoen for blænding fordi blænding til en vis grad også afhænger af kontraster.

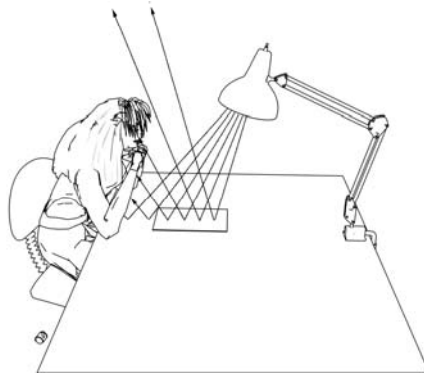
3. Lysfordelingen

Øjet tilpasser sig til en bestemt lysstyrke og der må derfor ikke være for store forskelle mellem den såkaldte luminansfordeling i rummet, da det vil opfattes som ubehageligt. I en arbejdsbelysning f.eks. skal det objekt, der arbejdes med have højere luminans end omgivelserne. Luminansfordelingen bestemmes af armaturernes placering og lysfordeling, forskellige overfladers refleksionsegenskaber, samt i hvilken udstrækning armaturernes lysende overflade er synlig. En ændring i luminansen i synsfeltet bør altid ske successivt så

øjet når at tilpasse sig. Hvis det f.eks. er et arbejdslokale bør der være en rimelig ensartethed i hele rummets belysning.

4. Kontraster

Det menneskelige øje formår at opfatte forskelle mellem farver og mellem luminans. Kontrast opstår ved at et objekt har en anden farve eller luminans end baggrunden.



Figur 6.2 Lys ved en arbejdsplads, lysets retning og refleksion

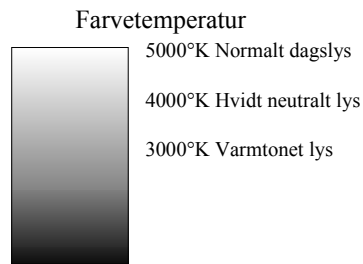
Når der skal opnås høj synspræstation er det vigtigt at kontrasten er så stor som muligt. Kontrasten afhænger af følgende:

- lysets retning mod det betragtede objekt
- den seendes retning mod det betragtede objekt
- det betragtede objekts refleksions-egenskaber

5. Farvegivelse og lysfarve

Strålingen fra forskellige lyskilder har forskellige spektral sammensætning og dermed forskellig evne til at gengive objekters farver. Farveegenskaberne har stor betydning for indretningen og opfattelsen af et rum og dets interiør.

Lyskildens farveegenskaber defineres ved hjælp af to begreber: Farvetemperaturen, som beskriver hvorledes selve lysets farve opfattes og farvegivelse, som beskriver hvorledes lyset gengiver farver.



Figur 6.3 Farvetemperaturer

Farvetemperatur (refererer til farven på et sort varmelegeme ved forskellige temperaturer). Normalt foretrækkes en varmere farve i lavt belyste områder (f.eks. spisestue) og en koldere farve i stærkt belyste områder f.eks. butikker. 3000K er varmtonet lys, 4000K er hvidt neutralt lys, 5000K er normalt dagslys.

Farvegengivelse defineres ved et R_a -indeks med en skala på 0-100, hvor 100 svarer til en glødelampe. Normalt skal der anvendes en R_a -værdi på mindst 80 i lokaler hvor personer opholder sig.

Desuden må belysningen ikke flimre eller genere ved støj eller varme. Normalt anvendes 50 Hz på strømnettet, hvilket resulterer i flimmer fra lamper. Denne flimmer ligger lige på kanten af hvad det menneskelige øje kan opfatte. Flimmer opfattes naturligvis som generende og for at undgå det kan der anvendes højfrekvens forkoblinger (se nedenfor), som i øvrigt også giver bedre mulighed for at styre lyset (f.eks. dæmpe i forhold til mængden af dagslys), og dermed energibesparelser.

Lysteknikere kan på baggrund af armaturers og lyskilders egenskaber samt ved hjælp af forskellige beregningsprogrammer projektere belysningen i et givet lokale, således at den opfylder kravene i DS700 såvel som de individuelle krav arkitekter, bygherrer eller andre måtte have til belysningen. De krav som eksempelvis arkitekter stiller er ofte af en lidt anden karakter, hvor der er fokus på f.eks. æstetik og design.

Teknik

Selve lyskilden spiller en stor rolle med hensyn til lysintensitet, og farveegenskaber, såvel som for lysudbyttet (lystrømmen pr. watt) og kan karakteriseres med hensyn til disse tre egenskaber, som der er stor forskel på mellem forskellige lyskilder.

Generelt kan der opnås gode resultater med lysstofrør, som dog kan flimre en del. Lysstofrør kræver en forkobling, som styrer strøm og spænding til lyskilden. Forkoblinger kan desuden udformes således, at de omformer fra 50 Hz, som er den normalt anvendte frekvens på strømnettet, til en væsentlig højere frekvens (op til 50.000 Hz). Dette fjerner dels flimrer men giver også bedre muligheder for at dæmpe lyset og bedre eludnyttelse.

Armaturets lystekniske data beskriver, hvor meget og hvorledes lyset udsendes fra armaturet. En vigtig egenskab ved armaturet er virkningsgraden af armaturet som beskriver forholdet mellem den nøgne lyskildes lysudsendelse og armaturets lysudsendelse. Men det er også vigtigt, at lyset kommer hen hvor det skal bruges dvs. at armaturets lysfordeling passer til formålet.

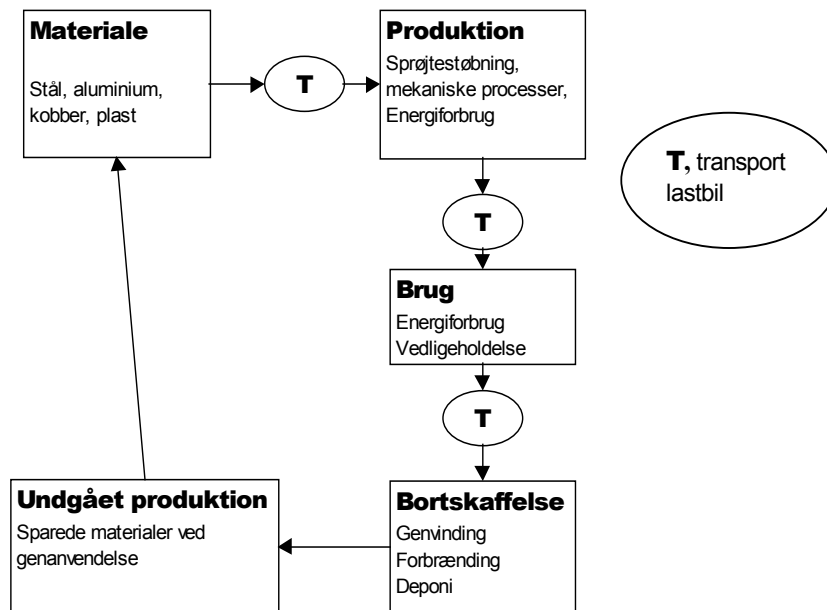
Det undersøgte produkt

Miljøvurderingen af belysning har taget udgangspunkt i belysning af et gangareal vha. downlights, som er lamper, der er indbygget i loftet. Der er givet en række krav til belysningen: Der skal være 100 lux på gulvplan (dette er mere end kravet i DS700 på 50 lux (lux er enheden for belysningsstyrke)), Ra-indeks (farvegengivelsen) skal være mindst 80 og øvrige krav i DS700 skal være overholdt, armaturer må ikke blænde ved vinkler større end 60°, de skal være brandhæmmede og det skal være let at udskifte lyskilder. Rent lysteknik er det også vigtigt, at lyset er jævnt på hele gangen (lysfordelingen).

Vurderingen omfatter desuden en række antagelser og forudsætninger bl.a. om, hvor lang tid lyset er tændt og hvor meget et styringssystem kan reducere belysningstiden.

6.5 Miljøvurdering

Miljøvurderingen af belysningsanlæg omfatter energi- og procesemissioner samt ressourceforbrug i forbindelse med resourceudvinding og materialefremstilling, produktion, brug, bortskaffelse og transport.



Figur 6.4 Livscyklusmodel for belysning

Afgrænsningen af det undersøgte system fremgår af figuren, som viser en livscyklusmodel for belysning.

Miljøvurderingen er baseret på oplysninger fra en producent af armaturer om materialesammensætning, energiforbrug levetid m.m. Data stammer primært fra UMIP-databasen.

Materialefasen inkluderer selve materialerne til armaturet, samt estimater for nogle elektroniske komponenter og for dele af lyskilderne. Data for de elektroniske komponenter er estimeret af IPU, mens der for lyskilderne kun er medtaget de væsentligste materialer (dvs. fremstilling er ikke inkluderet).

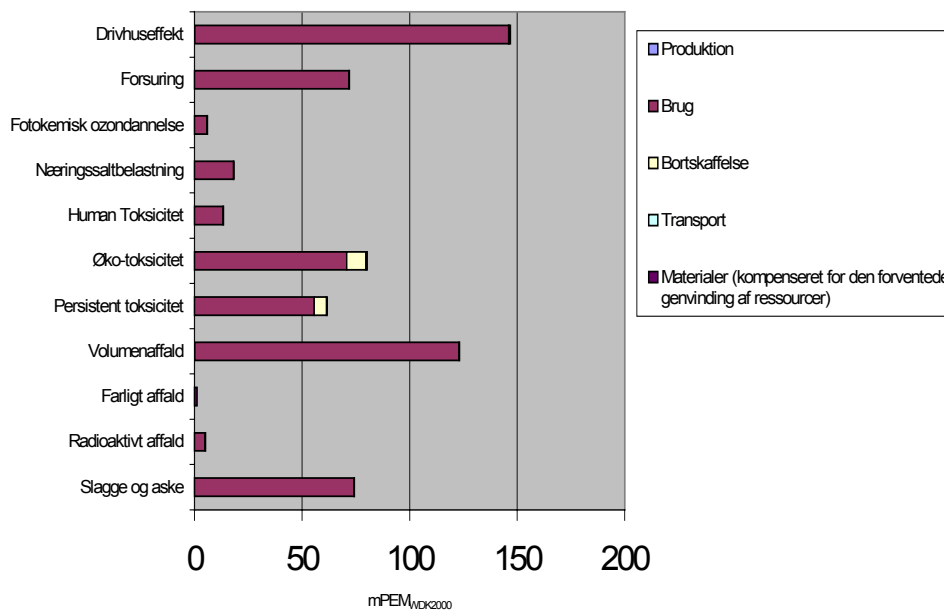
Brugsfasen omfatter energi til lyskilder og forkobling. Brug er antaget at finde sted i Danmark og baseres således på dansk el-produktion.

Ved bortskaffelse er der regnet med 90% genvinding af lyskilder og elektronik samt genvinding af kobber og stål, hvilket forventes at være realistisk i det mindste inden for et par år.

6.6 Belysningsanlæggets miljøbelastning

Miljøvurderingen er foretaget efter UMIP-metoden, hvor miljøbelastningen vurderes i forhold til en række forskellige miljøeffekttyper jf. de indledende kapitler. Resultaterne er vægtet på baggrund af de politiske målsætninger for de enkelte miljøeffekttyper, således at de illustrerer, hvor alvorlig en miljøeffekt og dens mulige konsekvenser vurderes at være i forhold til andre miljøeffekter.

I diagrammet i det følgende ses de vægtede miljøeffektpotentialer for det undersøgte belysningsanlæg.



Figur 6.5 Vægtede miljøeffektpotentialer for belysningsanlæg til gang.

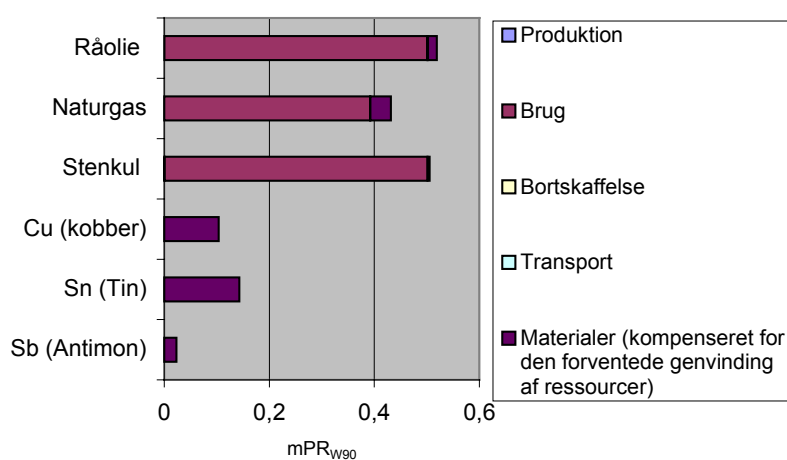
Som det fremgår af diagrammet er det energiforbruget i brugsfasen, som er det fuldstændig dominerende bidrag til miljøeffektpotentialerne. Brugsfasen dominerer i forhold til de øvrige faser med bidrag på ca. 90% eller mere til drivhuseffekt, forsuring, toksicitet (alle typer), volumenaffald samt slagge og aske. Effekterne kan i høj grad tilskrives den kulbaserede el-produktion og ved en følsomhedsvurdering er det fundet, at et nyere scenarie for el-produktionen mindsker miljøbelastningen med ca. 20%.

Belysningsanlægget forårsager også økotoksicitet og persistent toksicitet ved bortskaffelsen, dvs. fra genvindingen af materialer. Da de specifikke processer i genvindingen ikke er kendte, er størrelsen af bidraget til toksicitet imidlertid meget afhængig af de antagelser, som er foretaget i forhold til emissioner fra genvindingsprocesserne. I eksemplet er det værst tænkelige tilfælde i forhold til den antagede genvinding vurderet, nemlig at alt hvad der ikke genvindes (ca.

10%) udledes til miljøet. En stor del af denne toksicitet skyldes kviksølv og andre metaller i lyskilderne.

Vurderingen omfatter også de materialeressourcer, som anvendes til belysning, f.eks. stål og kobber til armatur og ledninger. Som det fremgår af figur 6.6 dominerer energiressourcerne i brugsfasen.

I materialefasen ses også de vægtede ressourcer til fremstillingen af elektroniske dele. De materialer, som tydeligt fremgår er kobber, tin og antimon. Forbruget af materialer modregnes til dels ved undgået produktion af nye materialer når den elektroniske forkobling og lyskilderne genvindes. I diagrammet er en forventet genvinding på 90% medregnet. Hvis genvindingen er mindre vil også forbruget af nikkel, zink og guld være af betydning i det samlede billede.



Figur 6.6 Vægtede ressourceforbrug for belysningsanlægget

6.7 HOT SPOTS

Den gennemførte miljøvurdering har tydeligt identificeret "hot spots" for miljøbelastningen af belysningsanlæg. *Det drejer sig først og fremmest om energiforbruget i brugsfasen og dernæst om anvendelsen af sparsomme ressourcer.*

Energiforbrug i brugsfasen

Udgør klart den største påvirkning af samtlige miljøeffekt-kategorier. Det bidrager med 90% eller mere og påvirker fra 9 til mange gange mere end de øvrige faser. Energiforbruget er meget påvirkeligt af såvel installationen (anvendes f.eks. lysstofrør og er der automatisk styring) som af brugsmønstre.

Det skal bemærkes, at lysstofrør og el-spærepærer indeholder kviksølv, som kan frigives til miljøet efter brug. Indholdet af kviksølv (og andre metaller) er imidlertid relativt lavt og selvom hele lyskildens indhold blev frigivet til miljøet, reduceres den totale påvirkning af miljøet med disse metaller mere end tre gange ved anvendelse af lysstofrør. Dette skyldes det lavere forbrug af energi, som fremstilles med kulraft, hvorfra der også udledes metaller.

Sparsomme ressourcer

Som f.eks. tin, nikkel, guld og kobber anvendes både i elektroniske dele og i lyskilder, men forbruget modregnes til en vis grad ved genanvendelse af disse dele.

6.8 Hvordan kan miljøbelastningen nedsættes

Tekniske løsningsmuligheder

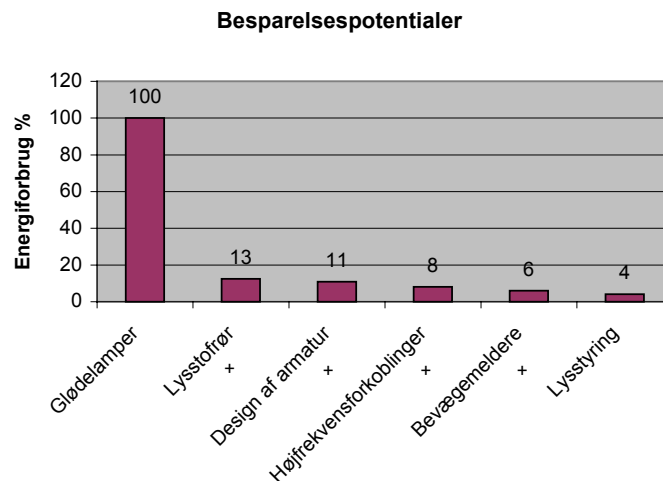
Undersøgelsen af, hvorledes miljøbelastningen kan nedsættes tager naturligvis udgangspunkt i de identificerede hot spots, og fokuserer derfor på energibesparelser og reduktion af ressourceforbruget.

De største miljømæssige forbedringspotentialer ligger i en reduktion af energiforbruget i brugsfasen. Der er flere muligheder for at reducere dette forbrug. Ikke alle mulighederne er undersøgt i den konkrete vurdering af et belysningsanlæg bl.a. fordi det undersøgte belysningsanlæg allerede er udstyret med lysstofrør og højfrekvensforkoblinger. Men el-besparelser på belysning har i de senere år været et emne for belysningsbranchen og der er således skrevet en del om det.

Generelt kan det siges, at selvom der i de forskellige forbedringsforslag bl.a. introduceres flere elektroniske komponenter, har fremstilling og eget energiforbrug af disse kun ringe betydning i forhold til de store elbesparelser de medvirker til.

Der er følgende effektive måder, at nedbringe miljøbelastningen fra belysningsanlæg:

- ◆ Udskift glødelamper med lysstofrør
- ◆ Udformning af effektive armaturer, hvor de enkelte komponenter let kan identificeres og adskilles
- ◆ Udstyr armaturer med højfrekvensforkoblinger
- ◆ Etablering af behovsstyret automatik til styring af belysningen (dette kan være lige fra enkle bevægelsemeldere til komplicerede fuldautomatiske systemer, som bl.a. regulerer efter indfaldet af dagslys)



Figur 6.7 Energiforbrug ved forskellige løsninger

Figur 6.7 viser besparelspotentialer ved introduktion af de forskellige forbedrings-muligheder. Tallene er anslået på baggrund af oplysninger fra bl.a. producenter, leverandører m.fl., men kan kun opfattes som retningsgivende. Figuren

skal forstås således, at der er en ca. 8 ganges besparelse ved at gå fra glødepærer til lysstofrør og yderligere besparelser fås ved successivt at kombinere lysstofrørene med andre forbedringspotentialer.

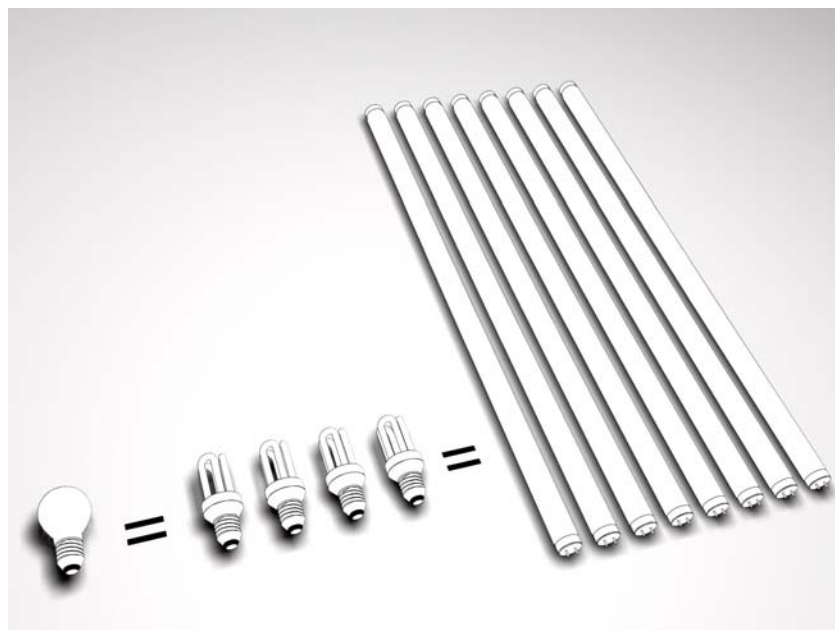
De el-besparelser, som er undersøgt i denne vurdering er dels indføring af lysstyring dels en mere effektiv udformning af armaturet. I figur 6.7 ses overslag på besparelspotentialerne ved anvendelse af de forskellige el-besparelser, løseligt anslået på baggrund af oplysninger fra producenter og leverandører.

Udskiftning af lyskilder. Som det fremgår er det mest dramatiske besparelspotentiale udskiftning af glødelamper med kompakte lysstofrør eller lysstofrør, som er henholdsvis 3-5 eller 7-10 gange mere effektive end glødelamper.

Design af armatur kan øge virkningsgraden, dvs. den mængde af den nøgne lyskildes lys som kommer ud af armaturet. I det undersøgte system er virkningsgraden øget ca. 13%. Af hensyn til forbruget af sparsomme ressourcer er det vigtigt, ikke at anvende sparsomme ressourcer, eksempelvis kobber, til fremstilling af selve armaturet.

Anvendelse af højfrekvensforkoblinger alene i stedet for konventionelle forkoblinger giver anledning til elbesparelser på omkring 15-20%.

Der er en glidende overgang fra introduktionen af simple lysreguleringer som f.eks. bevægemeldere til de større integrerede bygningsinstallationer (IBI) og elbesparelserne afhænger meget af brugsmønstre, dagslysindfald m.m. Besparelsen kan f.eks. være 70 % i en sydvendt del af en bygning og mindre i andre dele med knap så stort lysindfald. Gennemsnitligt angives dog besparelspotentialer på ca. 50% ved introduktion af systemer med dagslystyring.



Figur 6.8 Energiforbrug og forskellige lyskilder

Lyskilder m.m.

Lysstofrør har generelt 3-10 gange større lysudbytte end almindelig gløde-lamper. Almindelige lys-stofrør er noget mere effektive (ca. det dobbelte) end kompakt lysstofrør (bl.a. el-spærepærer). En almindelig 100W gløde-lampe giver således en lysstrøm på ca. 1000 lumen, 100W elspærepærer en lysstrøm på ca. 4000 lumen og 100W lysstofrør en lysstrøm på ca. 7500 lumen.

El-spærepærerne har den fordel, at de kan anvendes i de fleste armaturer, der er designet til glødelamper, mens omstilling til lysstofrør kræver udskiftning af armaturer. Elspærepærerne har indbygget forkobling og der kan således ikke udskiftes til højfrekvensforkobling, ligesom forkoblingen bortskaffes sammen med pæren, selvom levetiden normalt er større for en forkobling end for en lyskilde. Der findes dog andre kompakt lysstofrør, som ikke har indbygget forkobling.

Der er indført energimærkning af lamper, som kan mærkes A, B, C.....G, hvor A er de energimæssigt bedste. A-

mærkede lamper er diverse lysstofrør og sparepærer. Halogenlamper (som f.eks. bruges i hjemmet) er C-mærket mens almindelige glødelamper er E-mærket. G-mærket er f.eks. softtone kertelamper og industriglødelamper. Generelt kan det anbefales at anvende A- eller i det mindste B-mærkede lamper, som er dem der har bedste lysudbytte.

Anvendelsen af lysstofrør og el-sparepærer er en miljømæssig gevinst, selvom lyskilderne indeholder kviksølv og andre metaller. Det lavere forbrug af energi medfører, at den samlede belastning af miljøet med kviksølv reduceres til en tredjedel eller mindre.

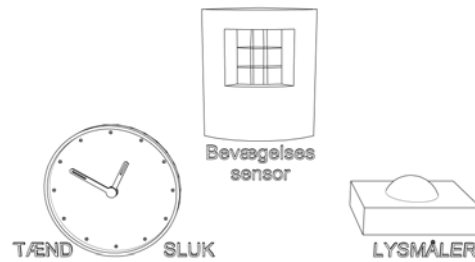
Når det gælder forkoblinger er energibesparelsen omkring 15-25% ved at skifte fra ordinære tænd-sluk armaturer til armaturer med højfrekvensdrift (dvs. med frekvensomformer i forkoblingen).

Lystyring

Som det nævnes i teksten kan forskellige former for behovstyret regulering af belysning medvirke til betydelige besparelser på op til 70% af energiforbruget. Lysregulering/-styringssystemer fungerer ved automatisk at tænde, slukke eller dæmpe lyset afhængigt af behovet.

En forudsætning for at lysstyringen kan fungere optimalt er, at brugsmønstret for lokalerne analyseres, således at det vurderes, hvilke reguleringsmuligheder som er de mest effektive til det aktuelle behov. I et en-mandskontor for eksempel kan anvendes bevægelsemeldere, som er indstillet til at lade lyset være tændt i et tilpas tidsrum efter sidste aktivitet i lokalet. På denne måde er lyset kun tændt når der opholder sig personer i lokalet. Bevægelsemeldere er dog ikke effektive i et meget befærde rum fordi der hele tiden er aktivitet.

Der findes i princippet tre typer lysstyringsmekanismer:



Figur 6.9 Tre typer lysstyringsmekanismer

1. Timer (tidsstyret tænd/sluk)
2. Bevægemeldere, som tænder lyset ved aktivitet i lokalet og slukker igen efter aktivitetens ophør.
3. Dagslyssensorer, som dæmper eller øger styrken af det kunstige lys afhængig af indfaldet af dagslys.

Ved en kombination af disse komponenter er det muligt at udarbejde et fuldautomatisk belysningsanlæg, som ikke bruger væsentlig mere energi end nødvendigt.

Som nævnt kan energibesparelsen ligge på op til 70% eller mere afhængig af bl.a. lysindfald og brugsmønstre for bygningen. Som gennemsnit for en bygning anslås dog en generel besparelse på ca. 50%.

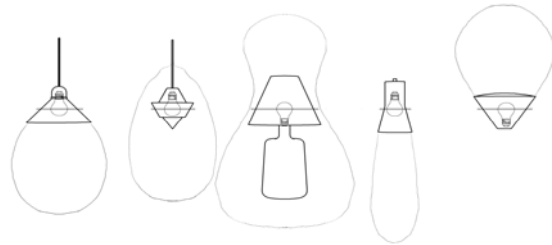
I en publikation om lysstyring fra Byggecentrum (BPS publikation nr. 132, 2000) findes en detaljeret gennemgang af de forhold som har betydning for besparelspotentialet ved lysstyring.

Lysstyring involverer naturligvis en række komponenter (dagslyssensorer, bevægemeldere, regulerings-/styringselektronik etc.), som bidrager til systemets ressourcetræk, men ressourcerne i disse forventes i udpræget grad at blive genanvendt, specielt set i lyset af de kommende EU-

regler i denne forbindelse. Set i forhold til el-besparelsen er ressourcetrækket ubetydeligt.

Design af armatur

Armaturets virkningsgrad angiver hvor meget af den nøgnet lyskildes lysstrøm, der kommer ud af armaturet.



Figur 6.10 Forskel iigt design af armaturer

Virkningsgraden af armaturerne kan variere meget. Selve armaturet kan reducere lysstrømmen med mere end 50%, men normalt reduceres lyset med 20-50 %. Der er således væsentlige forbedringspotentialer ved udformningen af armaturer, som har en større virkningsgrad.

Den bedste virkningsgrad på omkring 95 % har et nøgent lysstofrør monteret til en forkobling og ophængt i loft, men en sådan belysning vil f.eks. kunne blænde og opfylder måske ikke andre kriterier, f.eks. vedrørende lysfordeling eller æstetiske hensyn.

Så snart afskærmning/afblænding af lyskilden introduceres falder virkningsgraden. De bedste armaturer med nedadrettet lys og lamelafskærmning har en virkningsgrad på ca. 85% - de dårligste ca. 55%.

Når der også er opadrettet lys er virkningsgraderne generelt bedre fordi afskærmning ikke er nødvendigt mod loftet, men den "effektive virkningsgrad" dvs. det reelt brugbare lys ved bord- eller gulvhøjde, er ofte mindre ved opadrettet

lys. Afskærmning med matteret glas giver generelt dårlige virkningsgrader (50% eller mindre).

Ved design af armaturer skal det derfor tilstræbes at skabe en god balance mellem gode afskærmnings- og fordelings-egenskaber og høj virkningsgrad. Der kan også være andre hensyn som skal tages. I eksemplet med downlights er den tilgængelige højde til indbygning over loftet f.eks. af betydning. Der er selvfølgelig også æstetiske og designmæssige krav med hensyn armaturernes fremtoning.

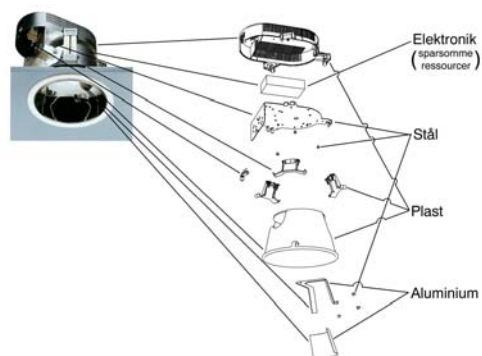
Som der gås mere i detaljer med nedenfor er det også vigtigt at tænke på at gøre armaturets enkelte komponenter identificerbare og let adskillelige for at lette genvinding.

Minimér forbrug af sparsomme ressourcer

Sparsomme ressourcer anvendes særligt i de elektroniske komponenter og til dels i lyskilder. Nogle armaturer kan dog også være fremstillet af sparsomme ressourcer f.eks. kobber. Forbruget af sparsomme ressourcer kan reduceres ved undgå at anvende sådanne materialer til f.eks. armaturer, men generelt er det vigtigere, at reducere forbruget af ressourcer til elektronik.

Udviklingen inden for elektronik går generelt mod stadig mindre komponenter, hvilket betyder en reduktion af ressourceforbruget. Det er dog stadig af stor betydning, at elektronik og lyskilder ikke bare smides ud til f.eks. forbrænding men at de separeres fra det øvrige affald således, at de sparsomme ressourcer kan genvindes fra komponenterne.

Som nævnt er det vigtigt, at komponenter i armaturer er let adskillelige og kan identificeres.



Figur 6.11 Eksplosionstegning af et downlight

Vær dog opmærksom på, at der kan være forskellige krav til armaturer, f.eks. skal forkobling og armatur skruekobles.

Desuden er det en forudsætning, at der er etableret effektive indsamling- og genvindingsordninger for elektronik og lyskilder, således at brugeren ved, hvor det kan bortskaffes.

I dag er der mange kommunale modtage-stationer, som separerer affaldet og indsamler de værdifulde affaldsstrømme.

Det skal nævnes, at der i Danmark findes et meget effektivt genvindingsanlæg for lysstofrør, hvor der pt. genvindes ca. 98% af materialerne med en forventning om inden for få år at kunne genvinde 99,5%

6.9 Forretningsmæssig vurdering

De meget væsentlige forbedringspotentialer, som er identificeret kan i praksis kun forventes udført, hvis de ikke koster for meget. Der er derfor gennemført en forretningsmæssig vurdering af de væsentligste forbedringspotentialer.

Aktørernes rolle

Der er en række forskellige aktører, som har indflydelse på miljøpåvirkningerne fra belysningsanlæg. I figur 6.12 gives et overblik over disse.



Figur 6.12 Aktørerne i miljøbelastningen fra belysningsanlæg

Producenter, importører og underleverandører

Denne gruppe af aktører omfatter først og fremmest producenter af både armaturer, lyskilder og komponenter til lysstyringsanlæg. Deres muligheder for påvirkning af miljøbelastningen er primært ved udvikling af mere effektive lyskilder og armaturer samt ved valg af materialer og komponenter. Eksempelvis er der mulighed for at designe og fremstille armaturer således, at de er mere effektive og så de er adskillelsesvenlige i forbindelse med bortskaffelse.

Inden for lyskilder foregår en stadig udvikling mod mere effektive lyskilder og den generelle tendens går også mod udvikling af elektroniske komponenter som anvender færre sparsomme ressourcer.

Producenter af armaturer kan f.eks. vælge at udvikle armaturer, som anvender de mere effektive lyskilder og vælge underleverandører, som anvender færre sparsomme res-

sourcer. Da råvarepriserne er internationalt bestemt og bl.a. afhængig af tilgængelighed, gøres sandsynligvis en indsats for at spare på anvendelsen af ressourcer alene af konkurrencehensyn.

I takt med fremkomsten af nye lyskilder er der en stadig nyudvikling af armaturer. Udbuddet er der således i dag men anskaffelsesprisen er ofte højere for disse produkter hvorfor mange vælger en billigere løsning.

Bortset fra helt specifikke krav (eks. vedrørende indhold af halogener) anses det for usandsynligt, at der fremover stilles specifikke miljøkrav til den enkelte underleverandør. Dette skyldes, at mange komponenter produceres i meget store mængder, da de indgår i flere typer produkter, hvorfor leverandøren står stærkt overfor armaturproducenten. Herudover er det næppe noget armaturproducenten vil bruge ressourcer på, medmindre kundekrav eller forventninger om kundekrav berettiger det.

Importører er også en væsentlig interessant fordi størstedelen af alle lyskilder importeres, ligesom der er en stor import af armaturer og komponenter til lysstyringsanlæg. Ligesom armaturproducenterne er importørernes væsentligste handlemulighed at stille krav til leverandørerne.

Kunder, rådgiver og bruger

Kunderne kan opdeles mellem private kunder og det professionelle marked. De private kunder kan først og fremmest handle ved valg af lyskilder og simple former for lysstyring. De kan f.eks. informeres via oplysningskampagner, vejledning hos el-installatører m.m., hvilket oftest er den eneste form for rådgivning de får. Når det gælder lyskilder findes også miljømærkerne Svanen og Blomsten, som kan vejlede om det mest miljøvenlige indkøb.

På det professionelle marked er der flere handlemuligheder. Det omfatter kunder, som typisk er offentlig eller privat virksomhed. De kan prioritere og vælge miljørigtige løsninger på belysning. Eksempelvis kan valg af lysregulering give besparelser på op til 70 % i forhold til en traditionel løsning.

Kunderne kan evt. forlange en energiberegning så forbruget i driftsfasen bliver defineret i relation til omkostningerne.

Kundens valg selvfølgelig bl.a. et prisspørgsmål og et spørgsmål om tilbagebetalingstid, hvilket diskuteres i næste afsnit. Kunderne kan/bør også stille krav til producenterne om f.eks. indholdet af farlige stoffer i armaturer og komponenter.

I Danmark er der udarbejdet miljøvejledninger til offentlige indkøbere for en lang række produkter. Fordi Energistyrelsen har udsendt informationsmateriale om belysning, er der endnu ikke udarbejdet miljøvejledning for belysning, men en sådan er planlagt. Der stilles også miljøkrav andre steder f.eks. i Sverige, hvor bl.a. Energimyndigheten og den svenske naturbeskyttelsesforening sammen har udarbejdet store spørgeskemaer til belysning af en række miljøforhold ved armaturer og lysanlæg.

Rådgiverne spiller en stor rolle i forbindelse med vejledning af kunderne mht. til projektering af miljørigtige anlæg med optimeret lysregulering. De har også indirekte en rolle i forbindelse med f.eks. rådgivning af myndigheder mht. love og reguleringer, samt udarbejdelse af eksempelvis rapporter, som lovgivning henholder sig til.

Belysningsanlæg med styring er optimeret til at sørge for den nødvendige belysning i givne situationer. Hvis brugerne eksempelvis tænder mere lys, bruges mere el end nødvendigt. Brugernes accept og forståelse af lysregulerings-systemer er derfor væsentlig.

Bortskaffelseskæde

I forbindelse med bortskaffelse af lyskilder, armaturer og tilbehør er det væsentligt, at der etableres effektive indsamlingsordninger, som tager hensyn til bl.a. nedrivningsproblematik, dvs. at f.eks. downlights bortskaffes sammen med lofter ved nedrivning.

Det er desuden vigtigt, at genvindingsteknologien kan håndtere den type affald og de materialer, som det drejer sig

om. I et forslag til EU-direktiv stilles generelt krav om genvinding af mindst 80% af elektriske og elektroniske apparater inden år 2006. Samme krav gælder for nogle typer lyskilder (gasudladningslamper), som dog primært anvendes til udendørsbelysning.

Teknologisk kan det pt. i Danmark lade sig gøre at genvinde ca. 98% af materialerne i lysstofrør. Dette niveau forventes forhøjet ligesom kompakte lysstofrør medtages i løbet af få år.

Lovgivere og myndigheder

Lovgivere og myndigheder har muligheder for at påvirke ved at vedtage og forvalte love, vejledninger og reguleringer, som stimulerer miljørigtige løsninger. Tilskudsordninger er ligeledes en foranstaltning som kan fremme energibesparende tiltag. Endelig findes i dag en lang række muligheder for at myndigheder kan indgå aftaler, påvirke markeder, informere osv. med henblik på at påvirke erhvervslivet til at handle mere miljørigtigt.

Belysningsanlæg er omfattet af bygningsreglementet (dog ikke småhuse, som er omfattet af andet reglement). Bygningsreglementet (Reglement nr. 4002 af 13/02 1995) med seneste ændring (By- og boligministeriets bek. Nr. 10816 af 15/10 1999) stiller som krav til belysning, at energiforbrug og effektbehov begrænses mest muligt under hensyntagen til rummets udformning og anvendelse, herunder krav til belysningens kvalitet og driftstid.

Disse krav i bygningsreglementet kan f.eks. opfyldes ved at følge de metoder og vejledninger, der er angivet i SBI-anvisning 184: Bygningers energibehov. Bygningsreglementet kræver desuden, at belysningsanlæg skal udføres opdelt i zoner afhængig af dagslysforhold. Bestemmelsen opfyldes ved at montere manuel og/eller automatisk afbryder for hver enkelt zone.

Belysningsanlæg skal desuden udføres på grundlag af DS 700-serien »Retningslinier for kunstig belysning i arbejdslokaler«. Som et yderligere krav, skal udendørs belysning være

forsynet med automatisk styring efter dagslysforhold og brugstid.

Forretningsmæssige muligheder

De forskellige aktørers holdninger er undersøgt ved telefoninterview af repræsentanter for forskellige grupper af aktører.

Der er således talt med to armaturproducenter, tre leverandører af lysstyringsanlæg, med to rådgivere, to offentlige bygherrer/kunder samt to entreprenører. Der er ikke kommet et fuldstændigt entydigt billede ud af undersøgelsen, fordi der var forskellige opfattelser af holdninger blandt de adspurgte.

Generelt gælder det dog, at der er stor villighed til at etablere forskellige former for lysstyring, hvis investeringerne er forholdsvis små og tilbagebetalingstiden er kort dvs. 1-2 år eller mindre i forhold til en levetid på 10 år eller mere. Dette stemmer meget godt overens med resultater fra ventilation, hvor det blev fundet, at alternative løsningsmuligheder generelt ikke må være mere end 10-15% dyrere og skal have en tilbagebetalingstid på mindre end 2 år.

Udskiftning af glødelamper til lysstofrør har meget korte tilbagebetalingstider pga. den meget store elbesparelse. Besparelserne ligger primært på el men besparelser i vedligeholdelsesudgifter, f.eks. mandskab til udskiftning af lyskilder kan også være væsentlige ved overgang til lyskilder med længere levetid.

De længste tilbagebetalingstider i forbindelse med lysregulering fås oftest i enkeltmandskontorer fordi personen selv er ansvarlig for at tænde og slukke lyset efter behov og besparelsen ved lysstyring er derfor mindre.

Nogle af de største besparelser er opnået i haller med ovenlys, hvor det normale konstante lys er blevet udskiftet med dagslysstyret belysning samt offentlige områder som auditorier, toiletområder osv. udstyret med bevægemeddelere.

De større entreprenører oplever en ringe interesse for lysregulering primært begrundet i en adskillelse mellem anlægs- og driftsudgifter hos bygherre. Der kan også være en tendens til, at en totalenterprise, for at holde udgifterne nede, ikke medtager lysstyring i deres tilbud. Med mindre der lægges specifikt vægt på lysstyring skæres det ofte væk ved den økonomiske tilretning af byggeprojektet. Især offentlige indkøbere bør stille miljøkrav til entreprenører og bl.a. sørge for at driftsudgifterne er indregnet i tilbud.

For de adspurgte offentlige institutioner har det dog kun været for vedligehold (udskiftning af armaturer m.v.), at der har været et stort fokus på tilbagebetalingstider. Ved nybygninger eller totalrenoveringer er der blevet indført lysregulering af forskellige typer.

Leverandørerne af lysstyring oplever en stor interesse for deres produkter og har den opfattelse, at langt de fleste moderne byggerier opføres med en form for lysstyring. Den samme opfattelse har de adspurgte rådgivere.

På baggrund af den relativt begrænsede undersøgelse vurderes det, at der generelt er interesse for introduktion af lysregulering af forskellig type og at anlæg ved nybygning ikke udgør en meget stor merudgift. Ydermere vil belysningsanlæg med lysregulering ofte kunne tilbagebetales inden for få år afhængig af anlæggets omfang.

6.10 Retningslinier og anbefalinger

Det kan konkluderes, at en indsats for miljøforbedring især skal koncentrere sig om at nedbringe energiforbruget under drift og reducere forbruget af sparsomme ressourcer.

For producenter drejer det sig f.eks. om ikke at anvende kobber eller andre sparsomme ressourcer til selve armaturet, eller eksempelvis at tænke dagslyssensorer og lignende besparelspotentialer ind i udviklingsprojekterne. Et arbejde, som løbende pågår er udvikling af mere effektive lyskilder.

For brugerne af belysning er det vigtigt, at de forstår og accepterer, at lysstyringsanlæg regulerer lyset efter en opti-

mal løsning, som tager hensyn til den krævede lysmængde i den givne situation. Brugere skal også altid tænke på at slukke lyset, hvis de forlader lokalet samt, hvis der er så meget dagslys, at kunstig belysning ikke er nødvendig.

De forskellige aktører har forskellige handlemuligheder og følgende fokuspunkter bør altid overvejes:

Producenter og leverandører

- Er kobber og andre metaller udover stål undgået i selve armaturet?
- PVC anvendes kun i dele som genbruges?
- Bromerede flammehæmmere anvendes ikke?
- Phthalat-blødgørere anvendes ikke?
- Metalholdige stabilisatorer eller andre tungmetaller anvendes ikke?
- Er armaturets enkelte komponenter let identificerbare?
- Kan de let adskilles så især elektronikken kan indsamles?
- Er armaturets virkningsgrad større end 80%? 70%? 60%? 50%? (jo højere, jo bedre)
- Kan armaturet nemt tilsluttes lysstyring (f.eks. dæmpning) eller indeholder armaturet evt. sensorer eller bevægelsesdetektorer?

Kunder og rådgivere

- Er lysregulering medtaget i projektet fra starten?
- Er lysregulering inkluderet i offentlige udbud?
- Er der udarbejdet undersøgelse af brugsmønstre således at lysregulering kan optimeres?
- Er driftudgifter og energiberegninger for driftsfasen inkluderet i beslutningsgrundlaget?
- Er der sørget for at belysningsstyrker ikke overstiger kravene i DS 700?
- Anvendes lysstofrør eller sekundært kompakt lysstofrør?
- Er der stillet krav vedrørende minimering af armaturproducenternes brug af tungmetaller og andre uønskede miljøfremmede stoffer (listestoffer jf. indledning)?

Andre

- Anvendes kun lys hvor det er nødvendigt, dvs. at der f.eks. slukkes, hvis der er tilstrækkeligt dagslys?
- Har brugerne stillet krav om at have rigtigt lys, f.eks. i henhold til DS 700?
- Er der som offentlig myndighed opmærksomhed på at påpege mangler og udstikke anbefalinger vedrørende belysning i forbindelse med tilsyn?
- Er der etableret effektive indsamlingsordninger for elektrisk og elektronisk affald?
- Kan elektrisk og elektronisk affald genvindes?

7 Ekspansionsventiler

7.1 Introduktion til produktfamilien

Hvorfor interessere sig for det miljømæssige aspekt ved ekspansionsventiler?

Ekspansionsventilens funktion er at regulere indsprøjtningen af kølemiddel i fordampere i et kølesystem. Præcisionen hvormed dette sker er bestemmende for kølesystemets samlede energiforbrug. Ekspansionsventiler anvendes bl.a. i større industrielle køleanlæg og kølediske i supermarkeder.



Figur 7.1 Industriel køleanlæg



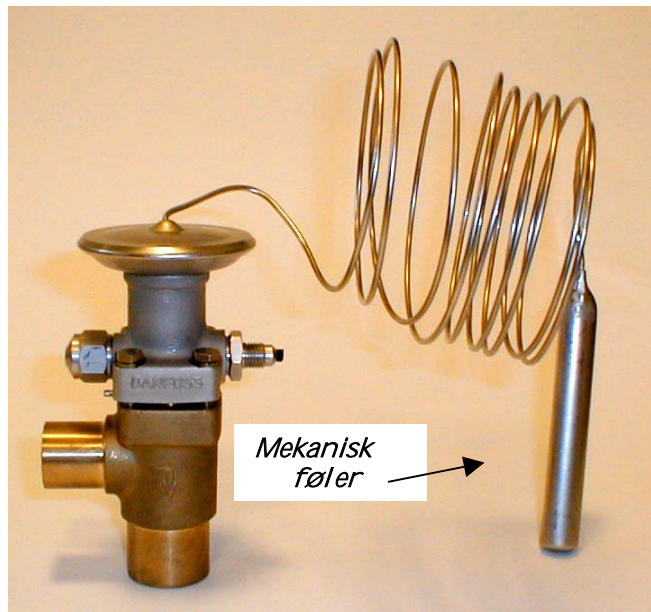
Figur 7.2 Køledisk i supermarked

Inden for sektoren "Handel og privat service" i Danmark udgør køling 28% af det samlede elforbrug

Disse forskellige kølesystemer bruger en betragtelig mængde energi, og er dermed indirekte "ansvarlig" for den miljøpåvirkning produktionen af elektricitet udløser.

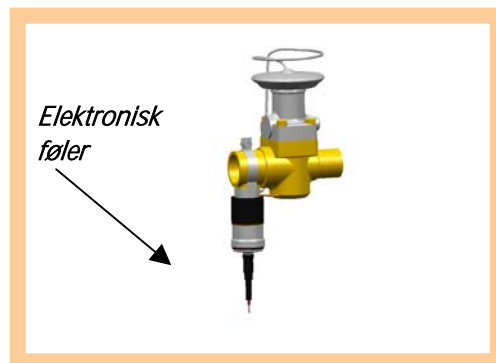
7.2 Det undersøgte produkt

I miljøvurderingen er undersøgt et specifikt produkt nemlig en ekspansionsventil typebetegnelse TE55, der er udviklet - og produceret af Danfoss A/S.



Figur 7.3 Termostatisk ekspansionsventil med mekanisk føler (TE55)

Denne (TE55) er en "traditionel" ekspansionsventil, der er forsynet med en mekanisk føler. Der arbejdes på at udvikle en ekspansionsventil med en ny elektronisk føler (ETE), der kan regulere kølesystemet med en større præcision.



Figur 7.4 Termostatisk ekspansionsventil med elektronisk føler (ETE)

Produktet er dimensioneret til en levetid på 10 år, hvilket også svarer nogenlunde til den levetid selve kølesystemet normalt har.

7.3 Produktets familie

Det er nødvendigt at tage udgangspunkt i et specifikt produkt, for at kunne gennemføre en miljøvurdering. Men selvom miljøvurderingen er baseret på en bestemt ekspansionsventil, er konklusionerne bredt anvendelige og gælder i almindelighed for en række produkter inden for produktfamilien.

På grundlag af den detaljerede miljøvurdering af den termostatiske ekspansionsventil TE55, er der gennemført en miljøvurdering med et bredere sigte på beslægtede produkter inden for produktfamilien "kontrol-ventiler".

Denne gruppe omfatter afspærringsventiler (simpel åbne/lukke funktion), sikkerhedsventiler, forskellige automatiske ventiler til styring af tryk og temperatur etc. Anvendelser kunne være:

- Regulering af køleanlæg
- Regulering af kølevandsanlæg
- Regulering af anlæg til aircondition
- Regulering af varmeanlæg lige fra fjernvarmeanlæg over større udlejningsejendomme til enfamiliehuse.
- Regulering af industrielle anlæg i f. eks.:
 - ◆ Kemisk industri
 - ◆ Gartnerier
 - ◆ Mejerier, bryggerier og anden fødevarer industri

7.4 Produktets tekniske specifikationer

Formål med og krav til ekspansionsventilen

Ventilens funktion er at regulere indsprøjtningen af kølemiddel i fordamperen i et kølesystem. Disse kølesystemer kan være større industrielle køleanlæg, kølediske i supermarkeder og lign. Dette omfatter blandt andet at styre anlægget så energiforbruget reduceres mest muligt. Den valgte ventil har Danfoss' typebetegnelse TE55, som er dimensioneret til en levetid på 10 år, hvilket også svarer nogenlunde til den levetid selve kølesystemet normalt har.

Der fremstilles også ekspansionsventiler i forskellige størrelser og varianter, der dækker systemer i området fra 0,5 kW til 2 MW (Danfoss, 1996).



Figur 7.4 Termostatiske ekspansionsventiler type T, TE og PHT
(Danfoss A/S)

Betydningen af reguleringen af et kølesystem

Som nævnt er ekspansionsventilens funktion at regulere driften af kølesystemet. Jo bedre denne ventil fungerer, jo tættere kan man komme mod en teoretisk optimal drift. Det

betyder, at den samme "køleydelse" kan opnås med et mindre energiforbrug og på længere sigt også med et mindre køleanlæg.

En mere optimal regulering kan opnås ved at anvende en elektronisk reguleret ventil. En ventil med elektronisk føler kan regulere kølesystemet bedre (reducere overhedning samt kondesatortryk) og derved reducere energiforbruget. Den forbedrede funktion giver sig udslag i forbedret "Coefficient Of Performance" (COP). COP er en direkte salgspareparameter for kunden, idet den angiver hvor mange kW køleeffekt der opnås pr. kW optaget anlægseffekt. Denne type ventil byder også på forbedret funktion som følge af flere frihedsgrader grundet den elektroniske styring, som det ikke er muligt at opnå med den mekaniske selvvirkende reguleringsventil. Dette betyder f.eks.:

- at anlægget kan stilles til sommer- eller vinterdrift uden manuel indregulering.
- at åbningsgraden kan styres fuldstændig, og at ventilen også kan lukke helt, hvorved der kan spares en magnetventil.
- at der kan indbygges elektronisk fejldektering.

7.5 Miljøvurderingen

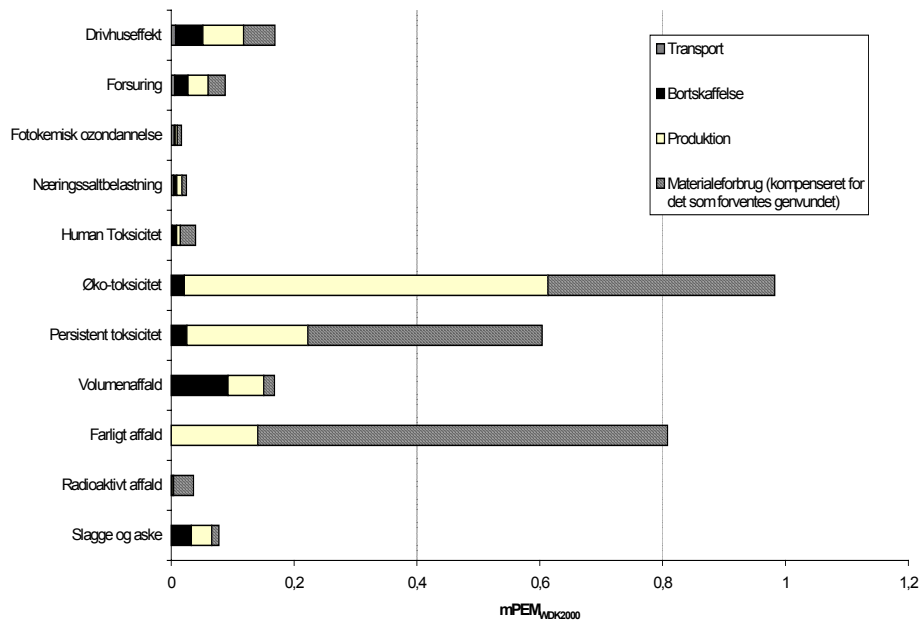
Miljøvurderingen af ventilen omfatter materialer, fremstillingsprocesser, brug, bortskaffelse og transport, hjælpestoffer samt energifremstilling. Forbrug og udledninger i forbindelse med administration, udvikling, opvarmning, kantine etc. er ikke taget med. Fremstilling af produktionsudstyret og emballage er heller ikke taget med. Det produktsystem som primært er miljøvurderet, er afgrænset til selve ventilen uden energiforbruget af det kølesystem, som ventilen fungerer i.

Imidlertid reducerer ventilen med elektronisk styring (ETE), energiforbruget i kølesystemet ganske betydeligt. Derfor er der efterfølgende gennemregnet scenarier, hvor denne energibesparelse er inkluderet. Det er væsentligt, også at beskrive et produktsystem, som er udvidet til at omfatte denne energibesparelse, når dette nye produkt skal sammenlignes med reference produktet.

Der er primært anvendt data, som er tilgængelige i den til UMIP PC værktøjets database, men også specifikke data fra Danfoss A/S' produktion på fabrikken i Nordborg. For nogle elektroniske komponenter er der anvendt standard data for materialesammensætningen indsamlet af Danfoss Drives A/S. Hvor det har været nødvendigt, er der tilføjet nye enhedsprocesser til UMIP PC værktøjet.

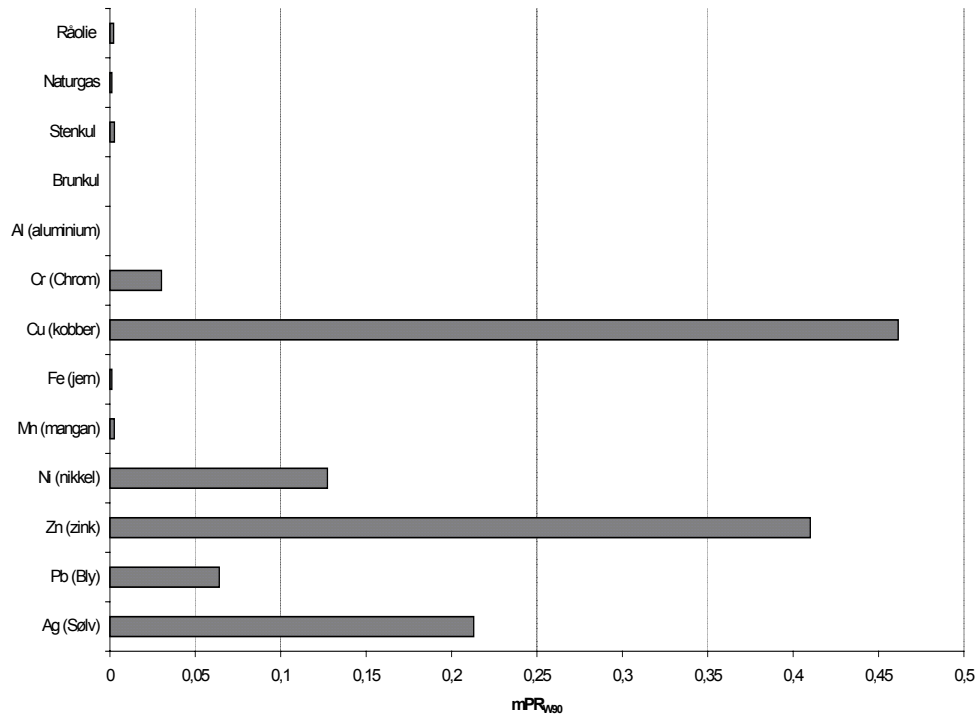
7.6 Ekspansionsventilens miljøbelastning

Miljøvurderingen er foretaget efter UMIP-metoden, hvor miljøbelastningen vurderes i forhold til en række forskellige miljøeffekttyper, jf. kapitel 5. Resultaterne er vægtet på baggrund af de politiske målsætninger for de enkelte miljøeffekttyper, således at de illustrerer, hvor alvorlig en miljøeffekt og dens mulige konsekvenser vurderes at være i forhold til andre miljøeffekter.



Figur 7.5 Vægtede miljøeffektpotentialer for TE55 med mekanisk føler opdelt på faser.

De vægtede miljøeffektpotentialer for selve ventilen med mekanisk føler fremgår af figur 7.5. Det ses, at materialefase og produktionsfase er dominerende og især miljøeffekterne Økotoksicitet, Persistent toksicitet og Farligt affald. Bidraget fra bortskaffelsen er mindre og transportfasen kan knapt anes.



Figur 7.6 Vægtede ressourceforbrug samlet for faserne i livsforløbet for TE55 med mekanisk føler (reference produkt)

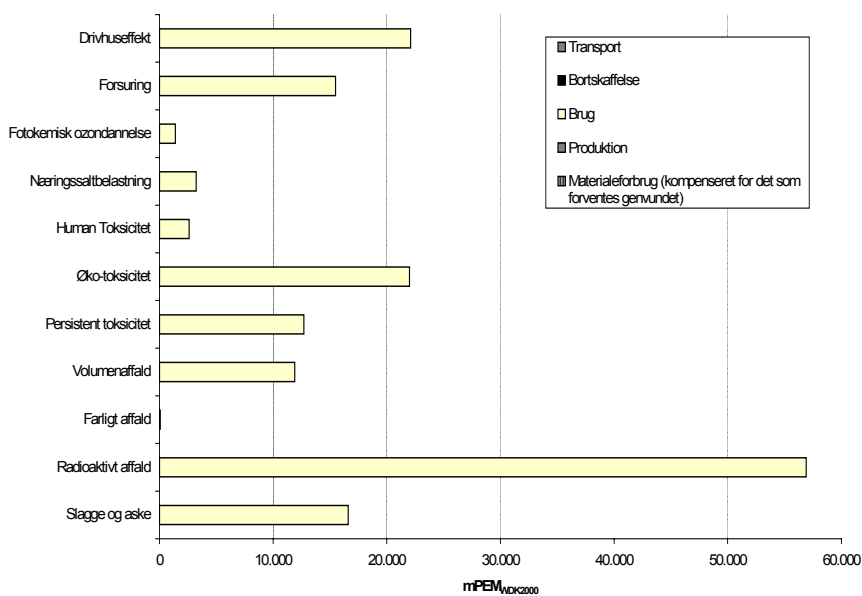
De vægtede ressourceforbrug er i figuren vist samlet for livsforløbet, og altså ikke fase opdelt. Ressourceforbruget domineres alt overvejende af materialefasen. Også selvom der i beregningsmodellen er taget højde for genvinding af f.eks. kobber. Det er materialefasens forbrug af messing, der slår igennem på de sparsomme ressourcer kobber, zink og bly. Nikkel stammer fra rustfrit stål og overfladebehandlin-

gen. Sølv, der anvendes i lodderinge og i mindre omfang i elektronik er også synlig.

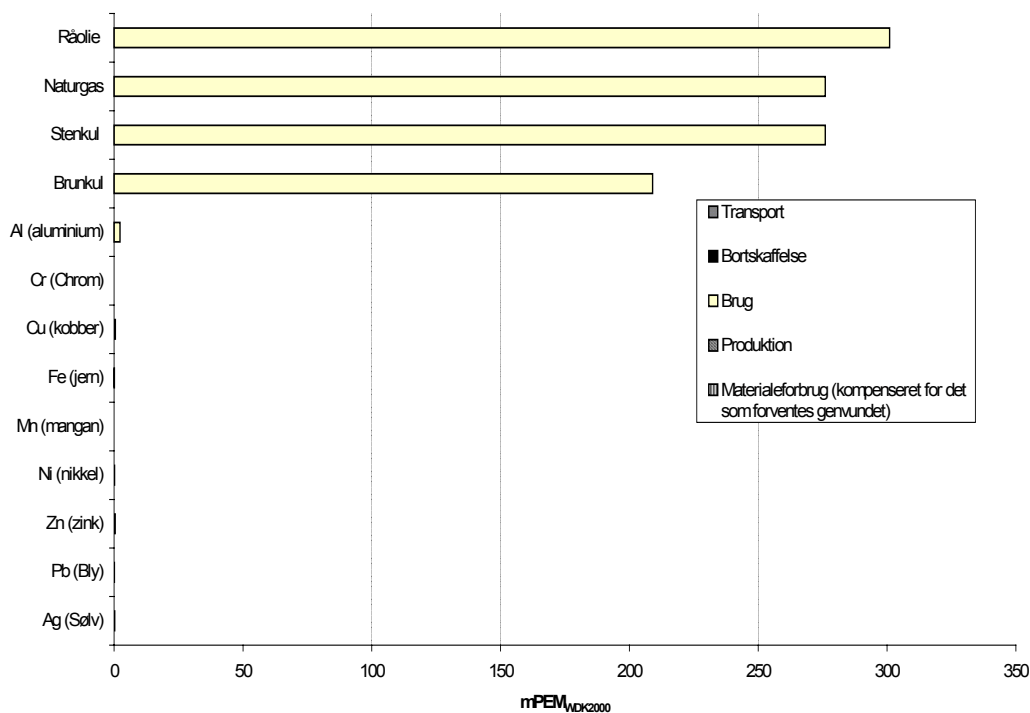
Energiforbruget i det samlede kølesystem

Energiforbruget i et udvidede system, der også omfatter kølesystemets energiforbrug, udgør klart den største påvirkning af samtlige miljøeffekter. Ekspansionsventilens pålidelighed er derfor også af meget stor betydning.

Det fremgår af resultaterne af miljøvurderingen, at energiforbruget af det kølesystem, som ventilen er en del af, vejer meget tungt både mht. miljøeffektpotentialer og ressourceforbrug. Det ses af figur 7.7 og figur 7.8, hvor systemet er udvidet til også at omfatte den del af kølesystemets energiforbrug, der direkte er knyttet til driften. Brugsfasen, der indeholder kølesystemets energiforbrug, ligger flere størrelseordener over de andre faser, som derfor slet ikke er synlige i diagrammet.



Figur 7.7 Vægtede miljøeffektpotentialer for TE55 med mekanisk føler udvidet med et 200 kW kølesystems energiforbrug



Figur 7.8 Vægtede ressourceforbrug for TE55 med mekanisk føler udvidet med et 200 kW kølesystems energiforbrug

7.7 HOT SPOTS

Ventilen som en del af et større system

Ekspansionsventilen fungerer som en integreret del af et større system (køleanlægget). Den gennemførte miljøvurdering har afdækket det forhold, at miljøpåvirkningerne fra det samlede system er langt større end miljøbelastningen fra selve ekspansionsventilen.

Et meget væsentligt bidrag til reduktion af miljøbelastningen består derfor i at sikre at termostatventilen fungerer optimalt, og dermed medvirker til så stor en energibesparelse som mulig.

Miljøbelastningen fra den regulerende ventils livscyklus, vil altså blive overgået mange gange af den besparelse selv en beskeden forbedret funktion vil kunne udløse.

Sparsomme ressourcer

I den elektronisk regulerede ventil udgør sølv det største vægtede ressourceforbrug, selv om det kun indgår i produktet med ca. 1‰. Dette skyldes kun i marginalt omfang anvendelsen af elektronik. Det er anvendelsen af flere sølvholdige lodderinge i den vurderede konstruktion, der slår igennem på det vægtede ressourceforbrug.

Overfladebehandling

Forniklingen er den mest belastende af de anvendte produktionsprocesser. Det er især effektkategorierne økotoksicitet, persistent toksicitet og farligt affald, der dominerer. Kilden til dette er udledningen af tungmetaller til vandmiljøet i forbindelse med overfladebehandlingen. Det er værd at bemærke, at dette slår så hårdt igennem på trods af, at der er tale om velfungerende overfladebehandlingsanlæg og et moderne og miljøgodkendt renseanlæg.

7.8 Hvordan kan miljøbelastningen nedsættes

Vurdering af det samlede system

Som tidligere nævnt er miljøpåvirkningerne fra det samlede system, som ventilen er en integreret del af, er langt større end miljøbelastningen fra selve ekspansionsventilen. Dette vil også gælde for en lang række andre "kontrolventiler", der administrerer forbrug af energi eller andre ressourcer.

Et meget væsentligt bidrag til reduktion af miljøbelastningen består derfor i at sikre, at ventilen fungerer optimalt, og dermed medvirker til så stor en energibesparelse i det samlede system, som muligt.

På grundlag af overvejelser om ventilernes karakteristika i brugsfasen, kan man opdele produkterne i 4 kategorier, som det fremgår af det følgende.

Tabel 7.1 Opdeling af kontrolventiler i produktfamilien i forhold til deres karakteristika i brugsfasen.

	Ventilen bruger ikke selv energi	Ventilen bruger selv energi
Ventilen har ved sin funktion indflydelse på energioptimering af det system den er en del af.	Kategori 1 <i>Eksempel:</i> TE55 med mekanisk føler (reference produktet)	Kategori 2 <i>Eksempel:</i> TE55 med elektronisk føler
Ventilen har ikke indflydelse på energioptimering	Kategori 3 <i>Eksempel:</i> Manuel afspærringsventil, som bruges ved reparationer, rengøring, service og lignende	Kategori 4 <i>Eksempel:</i> Elektrisk aktiveret afspærringsventil (magnetventil)

Energibalance

Man kan nu udføre en miljøvurdering af en "kontrolventil" ved simpelthen at opstille en "energibalance" for den brugsituation, der er relevant for et aktuelt produkt. For produkter, der har indflydelse på energioptimering kan man gøre sig nogle overvejelser over, hvilken betydning kontrolventilen har for systemets energiforbrug og holde dette op mod et kendt reference scenario.

Der vil selvfølgelig også være situationer, hvor den energibesparelse en forbedring af ventilens funktion vil udløse, ikke kan opveje den øgede belastning fra ventilens livscyklus.

Udover at vurdere energiforbruget under den almindelige drift, kan det også være relevant at vurdere, om eventuelle funktionsfejl på ventilen vil kunne udløse et øget energiforbrug. Dette kan være fuldstændigt nedbræk, eller det at en ventil er ude af justering og derved regulerer mindre optimalt.

Selve ventilen

Det er meget vigtigt, at have forholdet mellem miljøbelastningerne fra det samlede system og selve ventilen for øje, når man under produktudviklingen indfører ændringer begrundet i miljøforhold eller af andre årsager. Men det skal selvfølgelig ikke afholde produktudvikleren fra at fokusere på de forbedringspotentialer, der direkte relaterer til ventilen.

De væsentligste miljøforbedringspotentialer ligger inden for følgende områder:

Materialevalg

Der ligger en forbedringsmulighed i at vælge et materiale, der er mindre miljøbelastende, og som er baseret på ressourcer, der er mere rigelige. Det skal bemærkes, at et andet materialevalg i nogle tilfælde kan muliggøre et andet konstruktionsprincip, der udløser en materialebesparelse. For nogle ekspansionsventiler, hvor man har skiftet basismateriale fra messing til rustfrit stål, har det således samtidigt været muligt at opnå en materialebesparelse.

Det er særligt vigtigt at være opmærksom på, at de helt sparsomme ressourcer som f.eks. sølv og guld kan slå ret hårdt i gennem i miljøvurderingen. Foruden at de er meget sparsomme, skyldes dette også, at de indgår i produktet i små mængder, og derved må formodes at gå tabt, da genvindingen retter sig mod de ressourcer/materialer, der forekommer i størst mængde. Der ligger et miljøforbedringspotentiale i at undgå, at bruge materialer med disse ressourcer. I den elektronisk regulerede ventil udgør sølv det største vægtede ressourceforbrug, selv om det kun indgår i produktet med ca. 1‰.

De mest almindelige materialer, man kunne tænke sig at fremstille ventiler af, er nedenstående gradueret således at det første materiale er mest miljøbelastende og det sidste mindst:

- ◆ Messing eller rødgods med fornikling
- ◆ Messing eller rødgods
- ◆ Rustfrit stål
- ◆ Støbejern

Dette udsagn må selvfølgelig tages med det forbehold, at der kan være andre forhold i miljøvurderingen, der gør det miljømæssigt fornuftigt at vælge et mere miljøbelastende materiale.

Overfladebehandling

Forniklingsprocessen er årsag til væsentlige belastninger, selv hvor der er tale om et velfungerende anlæg med tilhørende miljøgodkendt renseanlæg.

Et andet potentiale for miljøforbedring ligger derfor i simpelthen at *undgå overfladebehandling* og anvende materialer, der ikke kræver overfladebehandling. Et eksempel på dette er, at man i stedet for at fremstille en ventil i forniklet messing, anvender rustfrit stål uden overfladebehandling. For det aktuelle referenceprodukt TE55 bliver den øverste del af ventilhuset nu fremstillet i rustfrit stål, hvorved man undgår brugen af fornikling.

Gennemførte forbedringer

En ting er, hvad man ud fra rent teoretiske overvejelser kan tænke sig at gennemføre af ændringer. Noget ganske andet er, hvad det rent faktisk har været muligt at gennemføre af ændringer ude i "det virkelige liv", hvor der uophørligt stilles krav om stigende effektivitet, lønsomhed, tilbagebetalingstid m.m.

Derfor er det interessant at se på, hvad udviklingsmedarbejdere hos Danfoss A/S har været i stand til at gennemføre af miljømæssige forbedringer. Flere af disse forbedringer udløser også forbedringer af teknisk og økonomisk art. Dette er behandlet i det næste kapitel.

7.9 Forretningsmæssig vurdering

Selv meget væsentlige miljøforbedringspotentialer bliver ikke realiseret, med mindre at det forretningsmæssigt hænger sammen. Derfor skal man afklare en række forhold, inden man sætter miljøforbedringerne i søen. Det er nødvendigt at få svar på spørgsmål som:

- Hvad er omkostningerne ved at etablere de foreslåede ændringer?
- Kan man opretholde (eller forbedre) kvalitets niveauet?
- Hvordan vil kunden opfatte de foreslåede ændringer?

Gennemførte forbedringer

I forbindelse med afviklingen af nærværende projekt, har der parallelt været udviklet videre på de elektronisk regulerede ventiler hos Danfoss A/S.

Den elektroniske aktuator (den del af produktet der får ventilen til åbne eller lukke) har nu været igennem en produktmodning og er forbedret på følgende områder:

- a) Basisventilfamiliens forniklede dele er nu blevet udskiftet med dele af rustfrit stål således at fornikling er overflødiggjort.
- b) Ventilen er nu hermetisk i modsætning til før hvor kunden selv skulle samle ventilhuset og elementet med fladpakninger som tætningsselement. Den samlede ventil kan derfor testes fra fabrikken om max. 1 g kølemiddel / år i ekstern lækage (fra anlæg til omgivelser) er overholdt. Dermed reduceres usikkerheden for lækage i forhold til kundeføring væsentligt.
- c) Den væsentligste messingmasse ligger i ventilhuset – denne er ligeledes reduceret i forhold til udgangspunktet . Denne reduktion ligger i området 5 – 15% på vægten afhængig af ventilstørrelsen.
- d) Ses der isoleret på den ”elektroniske føler” er messingmassen i denne reduceret med 20% (grundet substitution til rustfrit stål) og 2 søvlodninger er erstattet med en lasersvejsning.

- e) Driftseffekten for dette nye varmemotorprincip er reduceret 5 gange set i forhold til den tidligere familie af termisk virkende elektroniske ventiler. Dette nye princip kræver samtidig ikke nogen standby effekt, for at opretholde en hurtig respons ved transiente perioder som f.eks. opstart af anlæg.
- f) Ventilen kan nu udstyres med en pilot magnetventil, således at ventilen udover reguleringsorgan kan benyttes som afspærringsventil. Det betyder at den obligatoriske "fuld skala" væskeledningsmagnetventil kan erstattes af en 4 – 20 gange mindre magnetventil, hvor der i værste tilfælde er op til 3 kg messing at spare.

Potentielle forbedringer

Udover de konkret gennemførte forbedringer, er der vurderet forbedringspotentialer, som kan blive aktuelle ved udviklingen af næste generation af produktserien.

Dette omfatter bl.a. integration af en "magnetventil funktion" og en forenkling af elektronikken.

Kundeopfattelse

Markedet for elektroniske ventiler er i øjeblikket i stærk udvikling af følgende årsager:

- Forbedret funktion som følge af flere frihedsgrader grundet den elektroniske styring.
- Den forbedrede funktion giver sig udslag i forbedret "Coefficient Of Performance" (COP). COP er en direkte salgsparemeter for kunden, idet den angiver hvor mange kW køleeffekt der opnås pr. kW optaget anlægseffekt. Specielt i Europa er kunderne meget bevidste om dette forhold. Kunden tænker her måske ikke så meget på miljø, men nærmere på driftsøkonomi, som jo er en afledt gevinst af miljøtænkningen.
- Ventilens funktion er principielt ikke bundet til regulering, men kan også benyttes som eksempelvis åbne / lukke enhed. Dette er den grundlæggende

forskel i forhold til mekaniske selvvirkende reguleringsventiler.

- Multifunktionsventilerne giver kunderne en meget kontant fordel som i mange tilfælde kan opveje udgifterne til regulator hardware.
- Udviklingen inden for elektronikken er i dag så langt fremme, at det er muligt at få gode stand-alone regulatorer til en rimelig pris, hvis kunden ikke har noget elektronik i forvejen.
- Elektroniske ventiler benyttes i Europa og den vestlige verden hovedsageligt til middelstore og store anlæg. Inden for supermarkedskølingen er elektronificeringen lige ledes nået meget langt, idet kvaliteten af madvarer er meget afhængig af præcis køling.
- Store OEM (Original Equipment Manufacturer) kunder er begyndt at efterspørge dokumentation for om produktet er udviklet og produceres miljørigtigt, samtidig med at bortskaffelses instruktion skal foreligge. Miljørigtig emballage betragtes som selvskrevet.

En række af de opnåede miljøforbedringer opfattes af kunderne som positive. En del af dette skyldes formodentlig, at kunden samtidig opnår en øget funktionalitet og en bedre driftsøkonomi.

De rent konstruktionsmæssige ændringer, der er blevet foretaget ses af kunden som en kvalitetsforbedring, idet et mere strømliniet og kompakt design er opnået. Flere montageprocesser spares af kunden, idet ventilen har multifunktionalitet. Bortskaffelses erklæringen godtages idet det er søgt at minimere materialeforbruget.

Værdien i at udarbejde en miljøguideline og præsentere kunden for en miljøvurdering og en bortskaffelses erklæring, kan ikke måles i kroner og ører; men det kan være en medvirkende faktor til at blive foretrukket, når kunden skal vælge leverandør.

Miljøvurdering som katalysator i udviklingen

Når man i et produktudviklingsforløb systematisk "tvinges" til at gennemgå produktets livscyklus, vil det i nogle tilfælde inspirere til at nye ideer opstår, eller at andre forbedringspotentialer, som ikke nødvendigvis behøver at være af miljømæssig karakter, afdækkes. Ved et sådant forløb får man måske mulighed for at se produktet i "et nyt lys" eller fra "en ny vinkel". Det kan i sig selv, eller i kombination med miljøvurderingens fokusering, frembringe nye alternativer.

Mht. produktionen vil det ofte være en gevinst at få frasortet de farlige og miljøbelastende processer. Herved kan investeringsbehovet reduceres – da en del specialudstyr kan undgås.

7.10 Retningslinier og anbefalinger

Det kan konkluderes, at en indsats for miljøforbedring især skal koncentrere sig om at nedbringe energiforbruget under drift af det system, som ventilen indgår i, og reducere forbruget af sparsomme ressourcer.

Ved flere produkter er det eftervist, at den reelt mest betydende faktor for produktet, er enhedens evne til at reducere et anlægs energiforbrug.

Brugen af sparsomme ressourcer skal reduceres. Det kan gøres, som de tidligere beskrevne eksempler viser, ved at reducere den mængde materiale, der indgår i et produkt og ved at undgå de meget sparsomme ressourcer, der indgår i små mængder, og derfor ikke vil blive genindvundet ved en bortskaffelsesproces.

Vær kritisk med valg af overfladebelægning. Det bedste er selvfølgelig at undgå overfladebehandling. Dette kan, som der tidligere er vist eksempler på, gøres ved at vælge et andet materiale.

De forskellige aktører har forskellige handlemuligheder og følgende fokuspunkter bør altid overvejes:

Produktudviklere

- Hvad er ventilens funktion i det anlæg den fungerer i? Og hvilken betydning har denne for dette anlægs brug af energi og evt. andre ressourcer?
- Er der opstillet et bortskaffelses scenario, og herunder vurderet:
 - Om der er valgt materialer, som på den måde de anvendes i produktet kan forventes at blive genvundet?
 - Om brugen af sparsomme ressourcer er undgået / reduceret mest muligt i anvendelser hvor genvindingen må anses for urealistisk?
- Er brugen af overfladebehandling undgået / reduceret mest muligt?
- Er der opstillet en prioriteringsmatrix over produkts livscyklus m.h.p. at afklare hvilke områder, der skal fokuseres på hvornår i produktudviklingsforløbet?

Kunder, rådgivere og andre, der projekterer anlæg med ekspansionsventiler og andre "kontrolventiler"

- Er driftsudgifter og beregninger af det samlede anlægs energiforbrug inkluderet i beslutningsgrundlaget?
- Er der på grundlag af ovenstående i udbudsmaterialet stillet krav til anlæggets energiforbrug og øvrige miljøbelastning?
- Er det vurderet hvilken indflydelse en bedre fungerende (f.eks. elektronisk reguleret) ventil kan have på dimensioneringen af anlæggets øvrige komponenter? Sagt på en anden måde: Kan en bedre regulering af anlægget udløse, at den samme kvantitative funktionalitet kan opnås med et mindre anlæg?

Miljøguideline for produkt- og procesudvikling

Danfoss A/S's Automatik division har parallelt med dette projekt udarbejdet en "Miljøguideline for produkt- og procesudvikling", der skal hjælpe organisationen med at leve op til miljømålsætningen om at: "Udvide miljøhensyn ved produkt- og procesudvikling", og beskriver væsentlige forhold,

der skal overvejes gennem et produktudviklingsprojekts forløb. Denne guideline er vedlagt som bilag til nærværende håndbog.

En sådan guideline må nødvendigvis indeholde en række virksomhedsspecifikke forhold, som ikke umiddelbart kan anvendes af andre virksomheder. Til gengæld kan den udmærket fungere som inspiration kilde for andre virksomheder, der på samme måde ønsker at systematisere og kvalitetssikre deres miljøindsats i forbindelse med produkt- og procesudviklingen.

8 Mobiltelefoner

8.1 Introduktion til produktfamilien

Hvorfor interessere sig for det miljømæssige aspekt ved mobiltelefoner?

Mobiltelefoner bruger som anden elektronik sparsomme ressourcer ved fremstillingen og energi under fremstilling og brug. De ressourcer og den energi, der medgår til at fremstille og holde en enkelt mobiltelefon i gang, er måske ikke overvældende. *Men da mobiltelefoner har en relativ kort levetid og sælges i meget store styktal (alene i Danmark ca. 1,3 mill. stk. pr år) bliver miljøpåvirkningen alligevel betydelig.*

Tillige må det antages, at den teknologiske udvikling, der drives frem af det meget store og ekspanderende marked for mobiltelefoner vil smitte af på andre typer af produkter, der er baseret på bærbar elektronik. *Verdensmarkedet for bærbar elektronik vurderes at ligge på 4.600 milliarder kr. årligt.*

8.2 Det undersøgte produkt

I miljøvurderingen er undersøgt et specifikt produkt nemlig en GM 410 mobiltelefon, som er udviklet af Telital R & D Denmark A/S. Produktet omfatter også en elektronisk oplader samt et 600mAh LiIon (lithium-ion) batteri. Mobiltelefonen er en single band GSM900 telefon med en levetid på 3 år.



Figur 8.1 Det undersøgte produkt -Mobiltelefonen

Mobiltelefonens primære funktion er at muliggøre telefonisk samtale uafhængigt af fysisk tilslutning til fastnettet for telefoner.

8.3 Produktfamilien

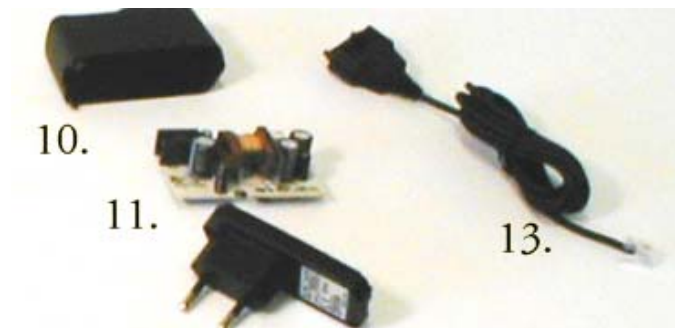
Det er nødvendigt at tage udgangspunkt i et specifikt produkt, for at kunne gennemføre en miljøvurdering. Men selvom miljøvurderingen er baseret på en bestemt mobiltelefon, vil konklusionerne være mere bredt anvendelige og i vidt omfang også gælde andre mobiltelefoner.

På grundlag af den detaljerede miljøvurdering af den aktuelle mobiltelefon, er der gennemført en vurdering af forskellige teknologiske variationer.

En mobiltelefon kan opdeles i følgende hovedfunktioner, som kan variere teknologisk:

- Opladere
- Batterier
- Højtalere, mikrofon, print, komponenter og display
- Antenne
- Kabinet

Opladere



Figur 8.2 Opladere til mobil telefoner

Der anvendes to typer af opladere. Den mest almindelige type ("standardopladeren") indeholder en stor spole og lidt

elektronik, mens den anden type "rejseopladeren", der ikke vejer så meget indeholder en lille spole og til gengæld mere elektronik. En gennemført miljøvurdering viser, at der ikke er den store forskel på miljøpåvirkningerne fra de to typer, hvis man ser bort fra det forbrug af energi, der stammer fra at opladeren er efterladt i en tændt stikkontakt efter brug. Til gengæld har "standardopladeren" det største forbrug i denne standby fase, og det er ikke helt uvæsentligt.

Batterier



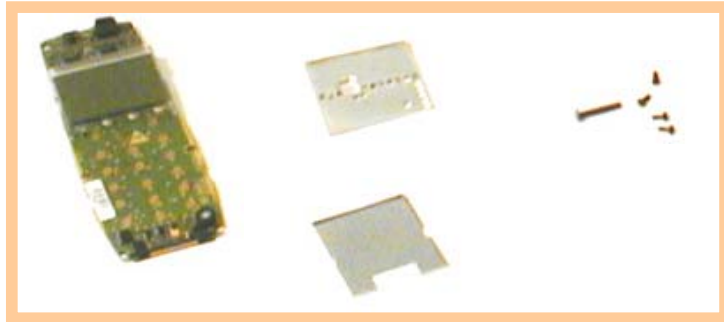
Figur 8.4 Batteri til mobil telefon

Der anvendes også forskellige typer af batterier. Tidligere var det mest nikkel- cadmium batterier, der anvendtes. Siden er hovedvægten skiftet over på nikkel metalhydrid – og senere på lithium-ion batterier (LiIon).

Der er ikke afgørende forskelle på miljøpåvirkningerne fra de tre typer af batterier. De variationer, der er i brugsmønstret, er langt mere afgørende for de miljøpåvirkninger, det samlede system giver anledning til.

Der er en ny type batterier af typen lithium-polymer under introduktion på markedet. Disse har det ikke været muligt at vurdere i dette projekt.

Højtalere, mikrofon, print, komponenter og display



Figur 8.5 Mobil telefonens højtaler, mikrofon, print og display

Disse er stort set de samme i alle mobiltelefoner, og de er baseret på samme teknologi. I sammenhæng med at mobiltelefonernes funktionalitet udvides, vil de anvendte displays blive større. Da de anvendte data for display ikke er særligt gode, er det ikke muligt at sige noget præcist om betydningen af denne udvikling.

Antenne



Figur 8.6 Integreret antenne og stavantenne til mobil telefoner

Der anvendes dels integrerede antenner og dels traditionelle antenner, hvor der er en lille "stav", der peger ud fra kabinettet. Den integrerede antenne, der sidder i GM 410 er sammenlignet med en antenne med stav. En overslagsbe-

regning viser at de vægtede miljøeffektpotentialer fra den integrerede antenne er noget større end for stav antennen. Til gengæld udgør den integrerede antenne mindre end 1% af mobiltelefonens samlede belastning. Den integrerede antenne har også det største ressource træk. Dette skyldes den anvendte forgyldning, der trækker ressourcen guld. Ressource træk til denne forgyldning udgør 10-15% af den samlede mobiltelefons træk på denne ressource.

Kabinet



Figur 8.7 Kabinet til mobil telefon

De fleste mobiltelefoner er fremstillet med et kabinet af plast, mens andre (typisk de mere eksklusive) kan have dele af – eller hele kabinettet i magnesium. En overslagsberegning viser at de vægtede miljøeffektpotentialer og de vægtede ressourceforbrug for de to typer kabinetter ikke er væsentligt forskellige, når der er regnes med at kabinettet har samme masse. Dette skyldes blandt andet at magnesium er en rigelig ressource. Miljøbelastning og ressource træk fra kabinettet udgør kun nogle få procent af værdierne for den samlede mobiltelefon.

8.4 Produktets tekniske specifikationer

Formål med og krav til mobiltelefonen

Mobiltelefonens primære funktion er at muliggøre telefonisk samtale uafhængigt af fysisk tilslutning til fastnettet for telefoner. Som grundlag for miljøvurderingen er det antaget, at brugen er fordelt på 30 minutters taletid samt 23 timer og 30 minutters standby tid per dag. Desuden er der regnet med at telefonen bruges i 3 år – ikke nødvendigvis fordi telefonen ikke er funktionsdygtig efter 3 år; men fordi brugeren skifter til en ny telefon for at opnå nye features, nyt design m.m.

Udover den helt grundlæggende funktionalitet, som er beskrevet ovenfor, har en mobiltelefon også en række andre kvaliteter, som den skal leve op til. Nogle af disse kan være specifikke for en bestemt mobiltelefon, og vil ofte være de parametre, der konkurreres på mellem de forskellige producenter.

Disse kvaliteter kan være:

- Vægtmæssigt let produkt
- Lille volumen
- Lang standby tid
- Smart design med indbygget antenne
- Opladning af batteriet styres af mobiltelefonen.
- Batteriets kapacitet vises i displayet
- Indikator for om telefonen er på nettet eller ej.
- Display og tastatur er oplyst
- Nem og overskuelig menu interface
- Bruger kan lave sin egen menu
- Batteriet skal beskyttes mod overopladning.

8.5 Miljøvurderingen

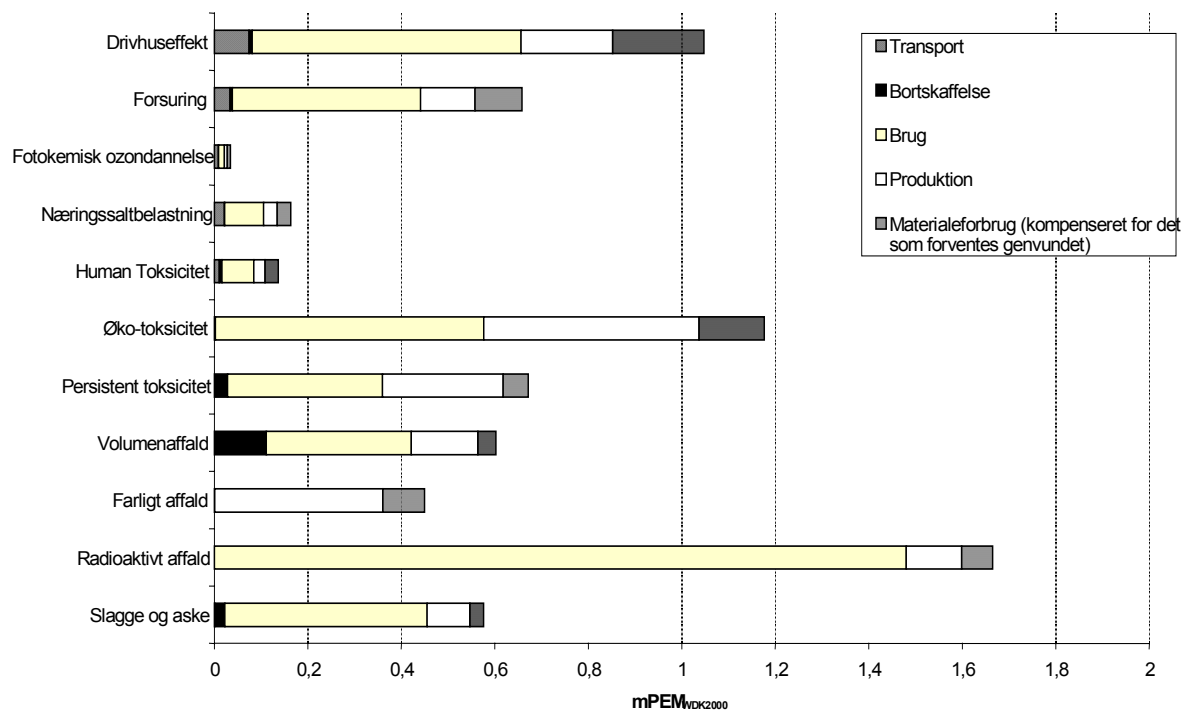
Miljøvurderingen omfatter ressourceudvinding, materialefremstilling, produktion, brug, bortskaffelse og transport. Udover selve mobiltelefonen er den elektroniske oplader, LiIon batteri samt manual og emballage medtaget.

Sendemast samt alt andet udstyr til at få mobiltelefoni til at virke er ikke inkluderet. Forbrug og udledninger til administration, udvikling, opvarmning, kantine etc. tages ikke med. Fremstilling af produktionsudstyret er heller ikke taget med.

Der er primært anvendt data, som er tilgængelige i den til UMIP PC værktøjet hørende database samt en del specifikke data fra Telital R & D Denmark A/S, eller dennes leverandører. For nogle elektroniske komponenter er der anvendt data indsamlet af Institutet for Produktudvikling i forbindelse med tidligere gennemførte projekter. Hvor det har været nødvendigt, er der tilføjet nye enhedsprocesser til UMIP PC værktøjet.

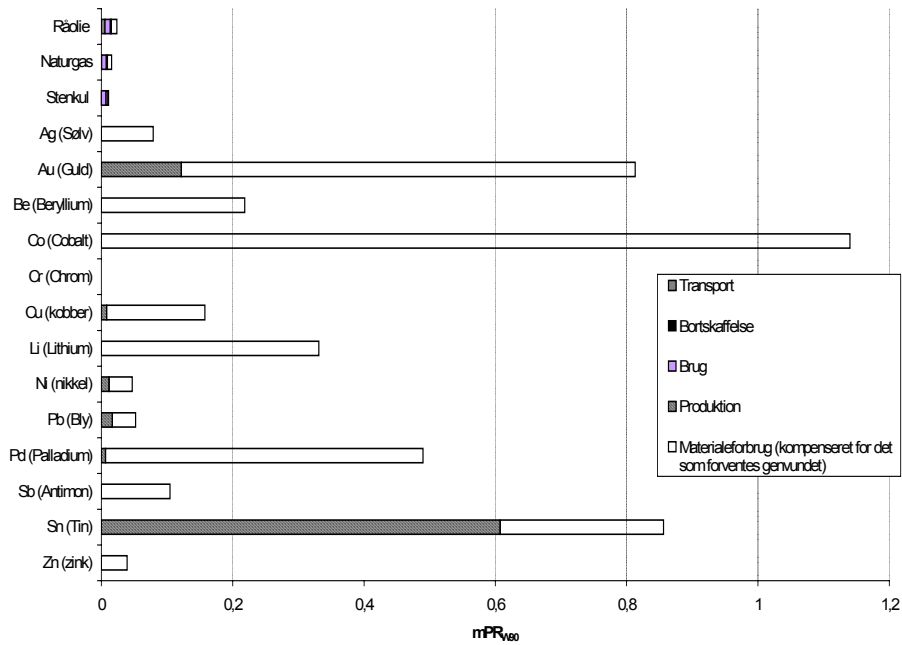
8.6 Mobil telefonens miljøbelastning

Miljøvurderingen er foretaget efter UMIP-metoden, hvor miljøbelastningen vurderes i forhold til en række forskellige miljøeffekttyper, jf. kapitel 5. Resultaterne er vægtet på baggrund af de politiske målsætninger for de enkelte miljøeffekttyper, således at de illustrerer, hvor alvorlig en miljøeffekt og dens mulige konsekvenser vurderes at være i forhold til andre miljøeffekter.



Figur 8.8 Vægtede miljøeffekter for mobil telefonen GM 410 opdelt på faser

De vægtede miljøeffektpotentialer for mobiltelefonen fremgår af figur 8.8. Det ses, at det er brugsfasen, som er hovedbidrager til effekterne, men produktionsfasen følger også godt med.

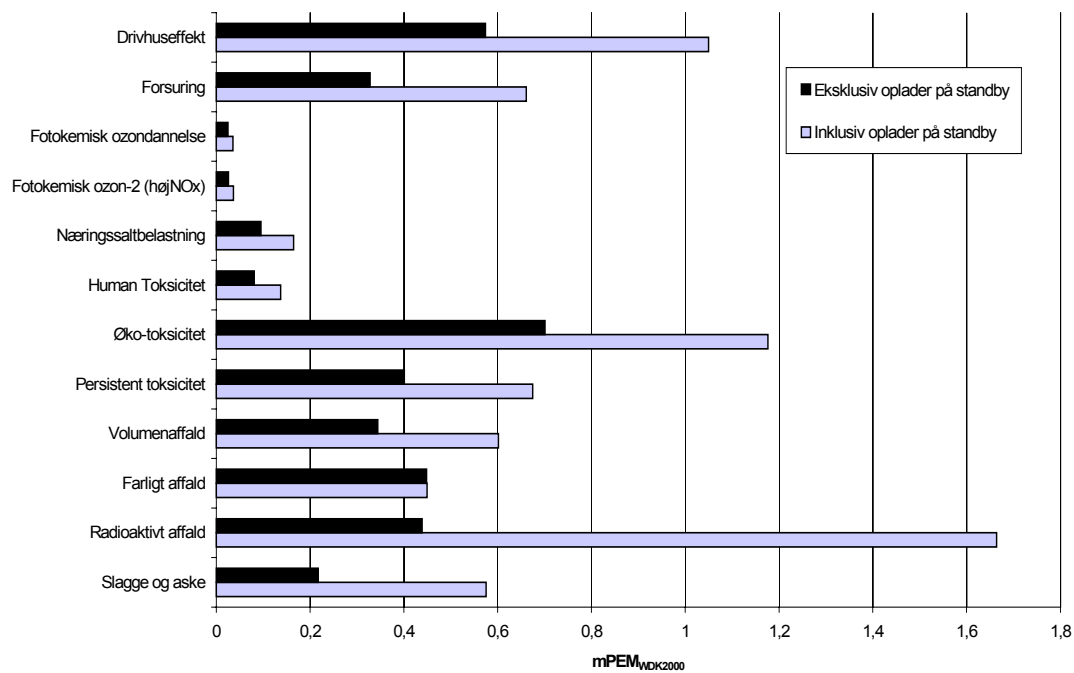


Figur 8.9 Vægtede ressourceforbrug for mobil telefonen GM 410 opdelt på faser

De vægtede ressourceforbrug domineres af materialefase, som det fremgår af figur 8.9. Som det ses, er forbruget af energiressourcer ikke væsentligt i forhold til forbruget af en stor del af metallerne. Forbruget per år i telefonens levetid af lithium, kobolt, tin, guld og palladium er væsentligt. Det er især materialefase, som bidrager til forbruget af ressourcerne. Dog er produktionsfasen hovedforbruger af tin med ca. 70%.

Betydningen af opladerens standby forbrug

Det har stor betydning for miljøpåvirkningen om opladeren står standby eller er slukket, når den ikke bruges til opladning. Dette er vist for de vægtede miljøeffekter i figur 8.10.



Figur 8.10 Vægtede miljøeffektpotentialer per år for mobiltelefonen, batteri, oplader og emballage inklusiv/eksklusiv opladerens standby forbrug

Alle miljøeffekterne, undtagen farligt affald, bliver væsentligt mindre, hvis opladeren kun sidder i en tændt stikkontakt, når batteriet oplades.

Ressourcemæssigt har opladerens energiforbrug ikke den store betydning i forhold til ressourcetrækket på metallerne. Det er kun energiresourcerne som bliver lidt mindre, når opladeren fjernes fra stikkontakten efter brug.

8.7 HOT SPOTS

Energiforbrug fra oplader i standby

For de vægtede miljøforbedringspotentialer, er det brugsfasen som er hovedbidrager. Som det er vist skyldes ca. halvdelen af miljøpåvirkningen det energiforbrug, som en oplader trækker, hvis den bliver efterladt i en tændt stikkontakt. Den oplader, der indgår i det beregnede scenario er en "rejseoplader", der ikke har så stort energiforbrug som en "standardoplader" med en større spole.

Forbrug af sparsomme ressourcer i batteriet

Når ressourceforbrugene er vægtede, er forbruget af lithium og kobolt væsentligt. Dette stammer fra batteriet, der udløser et stort forbrug af cobalt og lithium, fordi det i scenariet er antaget, at der ikke sker nogen genvinding af materialerne i batteriet.

Forbrug af sparsomme ressourcer i mobiltelefonens – og opladerens elektronik

Andre væsentlige vægtede ressourceforbrug er guld, beryllium, palladium og tin, der indgår i den elektronik, der anvendes i selve mobiltelefonen og i opladeren.

Jo større en andel af de brugte mobiltelefoner på markedet, der går til genvinding, jo mindre bliver trækket selvfølgelig på disse ressourcer.

8.8 Hvordan nedsættes miljøbelastningen

Tekniske løsningsmuligheder

Det mest oplagte forbedringspotentiale ligger i at eliminere eller reducere det energiforbrug opladeren har, når batteriet er opladet eller opladeren sidder i en tændt stikkontakt uden telefon (Standby forbruget).

Dette kan gøres ved:

- Indbygning af noget automatisk kontrol af batteriets lade tilstand i systemet, der slukker for strømforsyningen når batteriet er fuldt opladet, eller når telefonen er fjernet fra opladeren. Det er i dag muligt at indbygge en sådan styring. Det anvendte kredsløb vil dog fortsat have et lille energiforbrug. Det vil være på 0,1 W sammenlignet med de 0,6 W, der er på reference produktet.
- Indbygge en styring (og/eller en mekanisk kontakt) der afbryder strømforsyningen mellem oplader og stikkontakt, når telefon fjernes fra opladeren.
- Informere brugeren.

Reduktion af forbruget af sparsomme ressourcer er et andet miljøforbedringspotentiale. Det kan udmøntes i en reduktion af den fysiske størrelse af elektronikken, f. eks. ved at reducere bruttoarealet af printet og antallet af tilhørende komponenter. Denne målsætning falder fint i tråd med bestræbelserne for at gøre telefonerne mindre, billigere og mere driftsikre. Med den teknologiske udvikling bliver det muligt at indbygge stadig mere funktionalitet i et produkt med færre komponenter.

På grund af den manglende oparbejdning af brugte LiIon batterier giver mobiltelefonen anledning til et stort træk af ressourcerne cobalt og lithium. Der ligger derfor et miljøforbedringspotentiale i at sikre, at materialerne i disse batterier bliver genvundet, når de går ud af brug. Dette er selvfølgelig ikke en forbedring mobiltelefon producenten kan gennemføre alene; men det er vigtigt at være opmærksom på problemet, og gennemføre de tiltag der måtte være behov for, når tiden er moden til det.

8.9 Forretningsmæssig vurdering

Selv meget væsentlige miljøforbedringspotentialer bliver ikke realiseret, med mindre det er noget, der forretningsmæssigt kan hænge sammen. Det er derfor nødvendigt at få afklaret en række forhold, inden man sætter miljøforbedringerne i søen.

Markedet

For at kunne forholde sig forretningsmæssigt til de anførte forbedringspotentialer, er det vigtigt at kende de markeds-mekanismer, der er gældende på mobiltelefon markedet.

Produkterne skal leve op til en lang række tekniske krav. Disse omfatter både krav til telefonernes funktionalitet og performance, og er specificeret ud fra hvordan samspillet mellem netværk og telefoner kan fungere på en optimal måde.

Den typiske tendens, der kendetegner markedet, er at der fokuseres meget på om de helt nye standarder og features understøttes af produkterne. Yderligere differentiering findes i telefonernes formgivning og æstetiske udtryk, bla. har telefonernes størrelse stor betydning.

Markedet er i dag domineret af netværks operatørerne, der har den afgørende indflydelse på penge flowet i mobiltelefon markedet. Dermed har de også stor indflydelse på hvilke mobiltelefoner med hvilke funktionaliteter, der i særlig grad promoveres på markedet.

For at skaffe nye kunder gives der tilskud til salget af mobiltelefonerne. Telefoner, der understøtter standarder eller features, der stimulerer et øget forbrug af de ydelser netværksoperatørerne udbyder, støttes med de største tilskud. Derved forventes en øget omsætning for den enkelte netværksoperatør.

Brugerne kan opdeles i forskellige segmenter. Nogle foretrækker at få en meget billig eller en helt gratis telefon, for så at betale en dyrere samtalekost via såkaldte taletidskort. Andre betaler dyrt for telefonen for at få specielle features,

men betaler så måske en lavere pris for brugen af telefonen. Dette reguleres af det pågældende abonnement, der vælges når telefonen købes.

De forskellige abonnements typer er derfor delvist med til at styre kundernes valg af telefon.

Salget af telefonerne foregår gennem diverse forhandlere, der har aftaler med operatørerne om salg af abonnementer og de telefoner som operatørerne yder tilskud til.

Erfaringer fra tidligere produkter viser, at det er svært at få operatørerne og sælgerne til at lægge vægt på et produkts positive egenskaber, hvis det samtidigt fremhæver de andre produkter som negative.

Potentielle forbedringer

Standby forbruget

Det største forbedringspotentiale ligger i en reduktion af opladerens standby forbrug. Hvis dette forbrug kan reduceres, opnås en klar gevinst på de vægtede miljøeffektpotentialer såfremt opladeren efter brug efterlades i stikkontakten.

En oplagt løsning er, at informere forbrugeren om at det anbefales af afbryde opladeren efter brug af økonomiske - og miljømæssige grunde. Dette kan gøres ved at skrive informationen i brugsanvisningen, hvilket få givetvis vil læse og endnu færre vil huske i den daglige brug.

Et bedre alternativ vil nok være at påtrykke teksten: ”*SPAR STRØM, AFBRYD EFTER BRUG!*” direkte på laderens label med en tydelig tekst. Den eneste omkostning kunne være ekstraomkostningen til en større label, for at opnå mere synlighed. Denne ekstra omkostning er dog vurderet til at være ganske marginal.

Hvis man ser på muligheden for at afbryde for strømmen, når laderen ikke er i brug, er den eneste realistiske løsning at placere en mekanisk kontakt i en såkaldt bordlader - dvs. en

enhed som telefonen sættes direkte ned i. Dette forudsætter dog at laderens elektronik er placeret i selve enheden, der står på bordet. Denne løsning er dog sjældent anvendt på grund af lidt højere fremstillingspris. Den typiske løsning med en bordlader bruger en konventionelle ladertype, hvor laderkredsløbet er integreret sammen med stikket til 220 V i et kabinet.

Derfra kan man så via en ledning og et stik enten tilslutte telefonen direkte, eller indirekte tilslutte en mekanisk holder, der står på bordet.

Denne løsning er ikke særlig hensigtsmæssig, da alle telefoner typisk bliver solgt med den konventionelle ladertype, som er den billigste. Ønsker brugeren efterfølgende at anskaffe en bordlader, er den billigste løsning at anvende en mekanisk holder uden laderkredsløb sammen med den originale lader.

Det vurderes derfor (Telital), at en bordlader med indbygget laderkredsløb samt automatisk mekanisk afbryder, ikke ud fra et kommercielt synspunkt er interessant.

En anden mulighed vil være at indbygge et tænd/sluk kredsløb, der aktiveres med en fjederbelastet kontakt, og som deaktiveres automatisk når telefonen fjernes fra opladeren, eller når batteriet er fuldt opladet.

Reduktion af printets areal og antallet af komponenter

Den generelle tendens bevæger sig i retning af, at såvel printets areal som antallet af komponenter vil blive reduceret over tid. Da dette er en afledt funktion af konkurrenceparametrene produktstørrelse og produktionsomkostninger, er denne udvikling drevet til det yderste.

Større genvinding af ressourcer fra batteripakken

Det vurderes, at genindvinding af ressourcer fra batteripakkerne skal stimuleres af en form for pant-ordning, hvor brugeren betaler et beløb i "miljøpant" ved køb af produktet. Dette kan så senere hæves ved indlevering af udtjente batterier.

For at sikre en ensartet konkurrence, kan denne ordning kun sættes i værk via overordnede regulativer på nationalt eller internationalt plan.

8.10 Retningslinier og anbefalinger

Det mest oplagte forbedringspotentiale ligger i at eliminere eller reducere det energiforbrug opladeren har, når batteriet er opladet eller opladeren sidder i en tændt stikkontakt uden telefonen (standby forbruget).

Et andet miljøforbedringspotentiale ligger i at reducere den fysiske størrelse af elektronikken, f. eks. ved at reducere bruttoarealet af printet og antallet af tilhørende komponenter. Denne målsætning falder fint i tråd med bestræbelserne for at gøre telefonerne mindre, billigere og mere driftsikre.

På grund af den manglende oparbejdning af brugte LiIon batterier giver mobiltelefonen anledning til et stort træk af ressourcerne cobalt og lithium. Der ligger derfor et miljøforbedringspotentiale i at sikre, at disse batterier bliver genbrugt, når de går ud af brug.

De forskellige aktører har forskellige handlemuligheder, og følgende fokuspunkter bør altid overvejes:

Produktudviklere

- Vælg den kombination af batteripakke og lader, der giver det mindste strømforbrug.
- Efterspørg de løsninger hos leverandørerne, der kan reducere strømforbruget.
- Følg løbende udviklingen inden for alternative batterier (f.eks. på www.ise.fhg.de).
- Angiv standby forbruget og evt. nogle få andre miljøparametre på apparatet
- Undgå eller reducer brugen af materialer, komponenter, printkort m.m. som indeholder stoffer, der forventes udfaset iht. kommende EU direktiv (http://europa.eu.int/lex/en/com/dat/2000/en_500PC0347_02.html). Disse

stoffer er bly, kviksølv, cadmium, hexavalent chrom og visse bromerede flammehæmmere (PBB and PBDE).

- Efterspørg materialer, komponenter, printkort m.m. som ikke indeholder ovennævnte stoffer.

Netværkoperatører og forhandlere

- Efterspørg mere "miljøvenlige" produkter og produkter hvis miljømæssige egenskaber er dokumenterede. Se f.eks. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 2, 2001 Miljøspecifikationer for elektroniske tele- og datapro- dukter (<http://www.MST.DK/udgiv/Publikationer/2001/87-7944-378-8/html/default.htm>).
- Henled kundernes opmærksomhed på muligheden for at vælge en mobiltelefon, med reduceret miljøpåvirkning.
- Sætte fokus på indsamling og korrekt bortskaffelse af brugte mobiltelefoner og batterier. Dette kunne eventu- elt gøres ved at etablere en indsamlingsordning, så kun- derne kan aflevere deres brugte telefoner, når de an- skaffer en ny.

Brugere

- Efterspørg mere "miljøvenlige" produkter.
- Fjern opladeren fra stikkontakten, når telefonen er opla- det.

Myndigheder

- Overvej indførelse af en pant-ordning for batteripakker i EU-regi.

9 Støvsuger

9.1 Introduktion til produktfamilien

Hvorfor interessere sig for det miljømæssige aspekt ved støvsugere?

Støvsugere og andre el-motoriserede husholdningsapparater tegner sig for ca. 1% af energiforbruget i Danmark. El-motoriserede apparater i husholdninger står for en stor del af husholdningens energiforbrug, nemlig ca. 10% (beregnet af NESAs i 2001). Husholdningernes elforbrug står for godt 10% af det samlede danske energiforbrug, målt som primær energi (beregnet af Energistyrelsen, 2000). Energiforbrug til hårde hvidevarer i husholdninger er noget større, nemlig 4-5% af det samlede danske energiforbrug.

Foruden elforbrugets miljøbelastning indgår en del begrænsede ressourcer, så som kobber og nikkel, i el-motoriserede husholdningsprodukter.

9.2 Det undersøgte produkt

Kvalitets og udstyrmæssigt kan støvsugere groft opdeles grupperne: High-end (fra ca. 1800 – 3000 kr), mellem (ca. 1000 – 1800 kr) og low-end (ca. 500 – 1000 kr). Skellene mellem disse grupper er ikke skarpe, og priserne er vejledende udenfor tilbud i 2000/01.

I miljøvurderingen er der generaliseret ud fra støvsugeren Nilfisk model GM 400, som ligger i high-end gruppen. Efter miljøvurderingens afslutning er støvsugeren erstattet af Nilfisk model King.



Figur 9.1 Støvsuger, model Nilfisk GM 400

9.3 Produktets familie

Der er taget udgangspunkt i et konkret eksempel af en støvsuger, men konklusionerne er generelt anvendelige og gælder støvsugere i almindelighed, men også for andre energiforbrugende apparater.

Den vigtigste erkendelse er, at energiforbruget til støvsugerens drift er mest betydende og bedst nedbringes ved ikke at bruge en kraftigere støvsuger end nødvendigt, eller at regulere støvsugerens øjeblikkelige ydelse i forhold til behovet. Yderligere kan støvsugerens elforbrug nedsættes ved at minimere tabet i de enkelte komponenter og i den samlede opbygning.

Nogle konklusioner rækker ud over støvsugere. F.eks. er energibesparelsen ved anvendelse af energieffektive motorer og maskiner generelt væsentlig. Minimering af forbruget af

sparsomme ressourcer er vigtigt for mange husholdningsprodukter.

9.4 Produktets tekniske specifikationer

Formål med og krav til støvsugning

Støvsugerens funktion er at fjerne løstsiddende snavs (støv, partikler etc.) fra forskellige typer overflader af gulve, møbler og inventar i private husholdninger.

Der stilles ingen formelle krav til en støvsugers rengørings-eвне. Dette er overladt til brugerens subjektive oplevelse. Inden for visse grænser kan brugeren opleve, at en ret svag støvsuger gør lige så rent som en kraftig, og derfor er det i praksis umuligt at benytte renliggørelse som et kvalitetskriterie for støvsugeren.

Specifikation af støvsugere og deres brug

Brugerens praktiske brug af støvsugeren er sammen med støvsugerens effekt væsentlige parameter for støvsugerens energiforbrug.

I undersøgelsen er antaget, at en husstand på 1 – 3 personer støvsuger gennemsnitlig 2 gange ugentligt og benytter mellem 22 - 68 timer/år på støvsugning. Gennemsnits størrelsen for en dansk familie er 2,2 personer og gennemsnitsarealet af en dansk bolig er ca. 100 m². Gennemsnitsfamilien på 2,2 personer beregnes at bruge omkring 50 timer/år.

Det er også antaget at brugernes park af støvsugere er gennemsnitligt 5 - 6 år gamle. Dengang var støvsugernes mærkeeffekt ca. 900 Watt mod nu ca. 1200 - 1500 Watt. Man kunne derfor forvente, at tiden brugt på støvsugning er lavere for nye støvsugere, men dette er næppe tilfældet i praksis, da brugerens bevægelseshastighed er afgørende. På f.eks. tæpper kan bevægelseshastigheden være langsommere, da en kraftigere støvsuger er tungere at trække. En sekundær kvalitet er dog nok, at der bliver suget mere rent,

men det er ikke en kvalitet brugeren efterstræber i praksis, ved f.eks. at suge længere med en svagere støvsuger. Kun hvis støvsugeren bliver meget svag, f.eks. ved fyldt filter, vil brugeren opleve at der ikke bliver gjort rent, og derfor bruge længere tid på støvsugning.

Rengøringsevnen afhænger af sugeeffekten, d.v.s. den mængde luft per tidsenhed som støvsugeren kan suge. Denne afhænger igen af støvsugerens virkningsgrad, defineret som sugeeffekt/mærkeeffekt. Foruden sugeeffekten har mundstykkernes udformning også en væsentlig indflydelse på rengøringsevnen. Brugere kan opleve det som en sekundær kvalitet, at en støvsuger beviseligt gør bedre rent end en anden, men det vil næppe påvirke brugerens tid anvendt på støvsugning og dermed energiforbruget.

Det undersøgte produkt

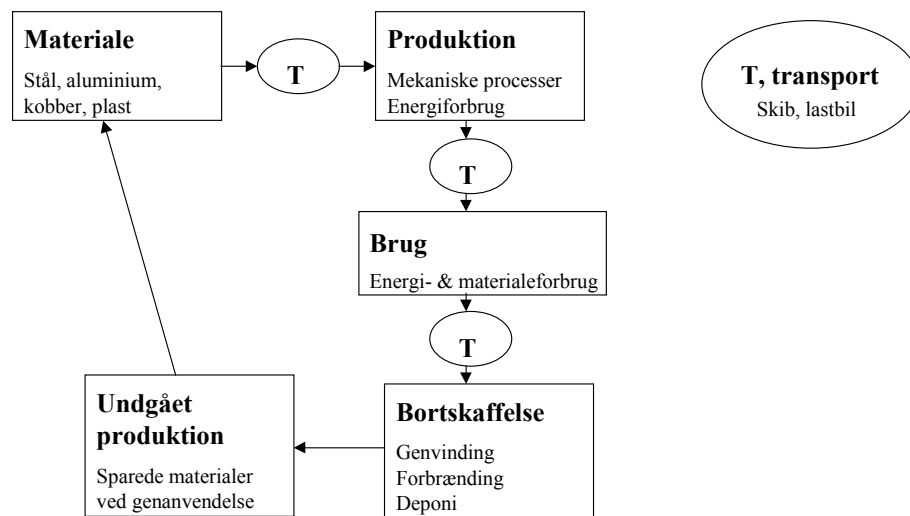
Nilfisk GM400 er udvalgt som repræsentant for high-end gruppen af produktfamilien af konventionelle støvsugere, dvs. mobil gulvmodel med slange. GM400 adskiller sig i alt væsentligt kun fra disse støvsugere ved et aluminiumssvøb, hvor andre bruger plast. GM 400 bruger 1200 W ved gennemsnitligt brug gennem den antagede minimumlevetid 12 år.

Det gennemsnitlige brug er ovenfor defineret som: "En gennemsnitsfamilies støvsugning, forstået som en 2,2 personers families støvsugning af 100 m² boligareal 2 gange ugentligt sv. t. 50 h/år, gennem støvsugerens levetid"

9.5 Miljøvurdering

Miljøvurderingen af støvsugere omfatter energi- og procesemissioner samt ressourceforbrug for alle støvsugerens livscyklusfaser, dvs. ressourceudvinding og fremstilling af materialer, produktion, brug, transport af materialer, distribution af støvsugeren samt bortskaffelse af støvsugeren efter brug. Ved at omsmelte eller genbruge materialer og komponenter kan man spare produktion af nye materialer

eller dele. Afgrænsningen af det undersøgte system fremgår af figuren, som viser en livscyklusmodel for støvsugere.



Figur 9.2 Livscyklusmodel for en støvsuger

Miljøvurderingen er baseret på oplysninger fra Nilfisk og producenter af komponenter om materialesammensætning, energiforbrug levetid m.m. Data stammer primært fra UMIP-databasen. Materialefasen inkluderer materialerne til støvsugerens komponenter.

Brugsfasen omfatter energi til støvsugerens drift. Støvsugerens bidrag til opvarmning af rumluft er ikke medtaget, da støvsugeren antages brugt i Europa og bidraget derfor er beskedent sammenlignet med miljøpåvirkningen fra el-forbruget. Bidraget til rumopvarmning sparer fyringsbehovet og skal derfor fratrækkes miljøpåvirkningen fra el-forbruget. Også i Danmark er bidraget til rumopvarmning mindre betydende, dvs. 10-15%, sammenlignet med el-forbrugets miljøpåvirkning.

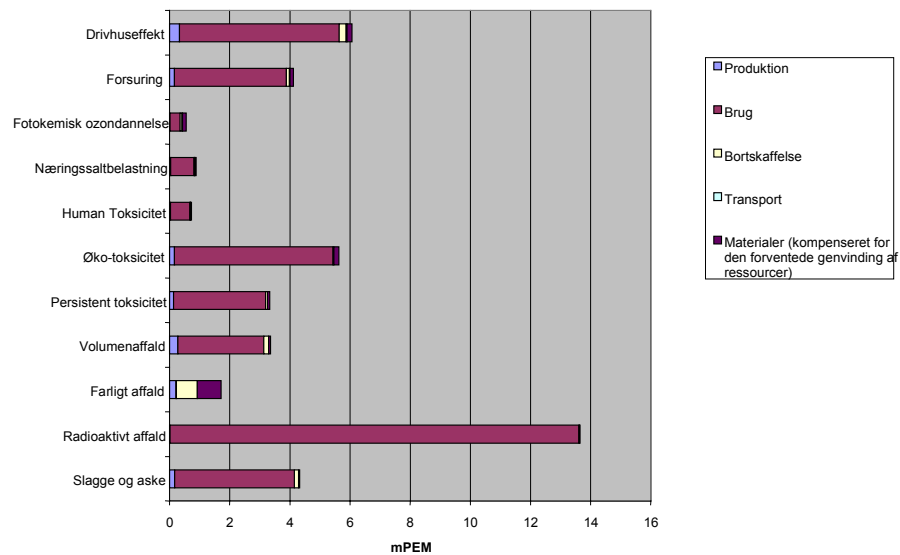
Ved bortskaffelsen af støvsugeren antages at denne indsamles som elektronikskrot. Metallet og en del af plasten vil derfor blive genvundet, men i genvindingsprocessen er der et tab, således at netto genvindingen er 95% for stål, 75 % for aluminium og 50 % for kobber, hvilket er realistisk

hvis man ikke etablerer særlige foranstaltninger for en mere effektiv aluminium og kobbersortering, et område der er kommet mere fokus på. For elmotoren er der mulighed for at disse går til kobber smelteværker, hvorved genvinding af stål og andre metaller i motoren umuliggøres eller begrænses.

9.6 Støvsugerens miljøbelastning

Miljøvurderingen er foretaget efter UMIP-metoden, hvor miljøbelastningen vurderes i forhold til en række forskellige miljøeffekttyper jf. kapitel 5. Resultaterne er vægtet på baggrund af de politiske målsætninger for de enkelte miljøeffekttyper, således at de illustrerer, hvor alvorlig en miljøeffekt og dens mulige konsekvenser vurderes at være i forhold til andre miljøeffekter.

I diagrammet nedenfor ses de vægtede miljøeffektpotentialer for støvsugeren Nilfisk GM400 ved den årlige drift 50 timer.

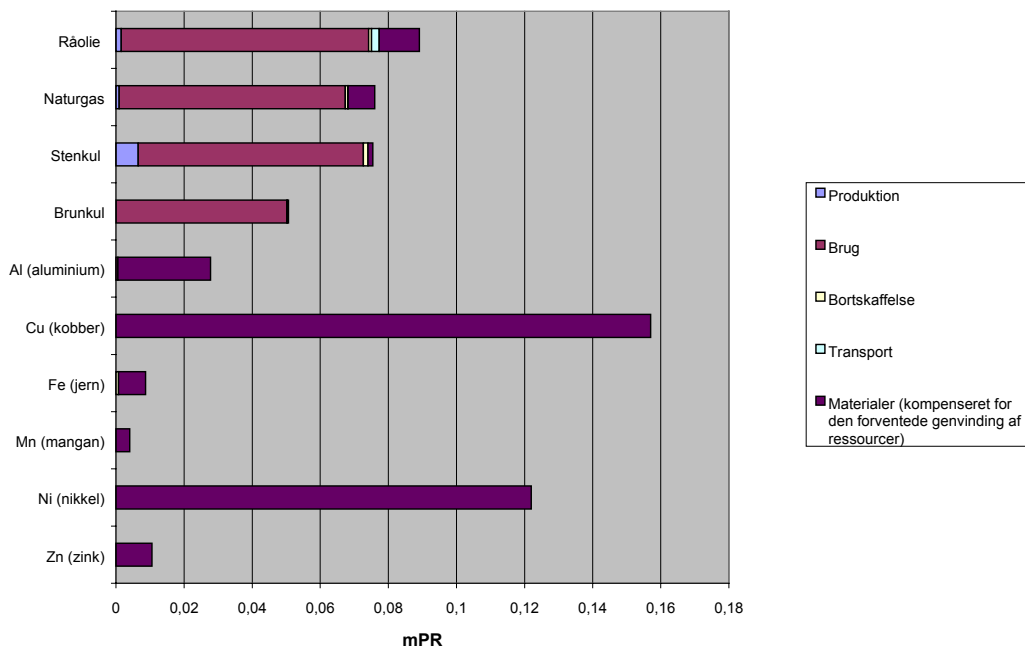


Figur 9.3 Vægtede miljøeffektpotentialer for støvsugeren Nilfisk GM400

Det fremgår af diagrammet at energiforbruget i brugsfasen giver det dominerende bidrag til miljøeffektpotentialerne. Brugsfasen dominerer i forhold til de øvrige faser med bidrag på godt 90% drivhuseffekt, forsurening, human- og økotoxicitet, volumenaffald samt slagge og aske. Endelig er mængden af radioaktivt affald meget dominerende. Effekterne tilskrives den europæiske el-produktion hvor kul og uran udgør væsentlige elementer.

Støvsugeren forårsager også farligt affald ved sit materialeforbrug og fra bortskaffelsen, dvs. fra genvindingen af materialer. Mængden af farligt affald stammer især fra overfladebehandling og stål-genvinding og må antages at være overestimeret.

Vurderingen omfatter også ressourcer. Ressourcerne bruges til energiproduktion og til materialeressourcer. Energiforbruget for støvsugeren er beregnet som primær energi ved el-produktion (se kapitel 5, afsnit om energi). Materialeressourcerne som anvendes i støvsugeren er f.eks. kobber til motoren, zink og nikkel til overfladebelægning, samt stål og aluminium i konstruktionen. Endelig bruges en del plast i konstruktionen repræsenteret ved olie og naturgas i materialfasen. Knap halvdelen af denne mængde er dog energiressourcer medgået til fremstilling af plasten.



Figur 9.4 Vægtede ressourceforbrug for støvsugeren Nil fisk GM400

Som det fremgår af figuren dominerer energiresourcerne i brugsfasen sammen med enkelte materialeresourcer (materialefasen) til fremstilling af støvsugeren. De materialer, som tydeligt fremgår er kobber og nikkel, selvom de mængdemæssigt udgør en lille del i forhold til stål og aluminium. Dette skyldes, at der er tale om betydeligt mere sparsomme ressourcer. Forbruget af materialer er for en stor del modregnet ved undgået produktion af nye materialer når støvsugeren genvindes. Det er dog ikke muligt at genvinde niklen udenom stålet, og niklen går derved "tabt" ved indlægning i genbrugsstålet, da niklen bidrager til en unødigt forædling af stålet.

9.7 HOT-SPOTS

Energiforbrug i brugsfasen

Energiforbruget i brugsfasen dækker el-forbrug til drift af støvsugeren og står for den væsentligste miljøbelastning.

Energiforbruget står også for en væsentlig del af ressourceforbruget, nemlig energiressourcerne. Støvsugeren afgiver varme under drift, som kan spare lidt fyring i vintersæsonen. Da bidraget er forholdsvis lille er det ikke talt med.

Sparsomme ressourcer

Der er et stort forbrug af kobber, selv når det antages at en del af kobberet genanvendes. Kobber bruges i elektromotorer samt i ledninger. Nikkelforbruget er ligeledes stort, og indgår bl.a. som underlag for forkromning i støvsugerrør.

9.8 Hvordan kan miljøbelastningen nedsættes

Undersøgelsen af, hvorledes miljøbelastningen kan nedsættes tager udgangspunkt i de identificerede hot spots, og fokuserer derfor på energibesparelser i brugsfasen og reduktion af ressourceforbruget.

Et væsentligt HOT SPOT er energiforbrug i brugsfasen. Der findes flere muligheder for at nedsætte energiforbruget.

Energiforbruget afhænger af støvsugerens opbygning og drift; men dertil er brugerens oplevelse af støvsugerens rengøringsevne subjektiv. Det er derfor inden for visse grænser muligt at nedbringe støvsugerens mærkeeffekt med bevarelse af en tilfredsstillende rengøringsevne.

Årsagen til energiforbruget ligger dels i en støvsugers generelt ret lave virkningsgrad og dels i at energiforbruget via støvsugerens effekt er øget. Støvsugerens motor effekt er blevet en konkurrence parameter. Det antages at en støvsuger med stor motoreffekt også støvsuger bedre, hvilket ikke nødvendigvis er tilfældet.

Med hensyn til en støvsugers virkningsgrad kan man sammenligne en støvsuger med et ventilationssystem, i hvilket man har en motor, en ventilator, nogle komponenter (filtre, mundstykker) og et kanalsystem.

Der er følgende måder at nedbringe miljøbelastningen fra støvsugere på:

- Energisparemotor/ventilator. Nedbringer energiforbruget eller øger effekten.
- Mindre nødvendig effekt. Nedbringer energiforbruget.
- Minimere tab. Nedbringer energiforbruget
- Behovsregulering. Nedbringer energiforbruget
- Andre koncepter. Mulighed for at nedbringe energiforbruget. • Udskifte materialer som er begrænsede ressourcer eller giver miljøskadelig produktion

Energisparemotor / ventilator

Set som et ventilationssystem arbejder støvsugeren med ret lille effekt, hvilket betyder at det for motor og ventilator er begrænset hvor høj virkningsgrad der kan opnås. Den bedst dokumenterede virkningsgrad af motor/ventilator for en støvsuger er 41 %. Til sammenligning har et ventilationssystem en virkningsgrad på ca. 56 %. En støvsugermotors afgivne effekt ligger omkring 1 kW for 1200 Watt støvsugere, idet støvsugereffekten måles som optagen effekt. Motorer af denne størrelse har en virkningsgrad på ca. 75 % i normaludførelse og ca. 80 % for energisparemotorer. Hvis ikke støvsugeren i forvejen har energisparemotor kan der altså hentes lidt der, og ellers må man arbejde med optimering af ventilatorens virkningsgrad.

Nødvendig effekt

En 1200 Watt støvsuger vil typisk have en sugeeffekt på ca. 250 Watt. Ved en forbrugerundersøgelse af en række støvsugere viste det sig, at en enkelt støvsuger med kun ca. 165 Watt sugeeffekt af brugerne oplevedes som meget god med hensyn til sugeegenskaber (Forbrugerstyrelsen, 1998). Ved virkningsgraden 33 % ville denne støvsuger have en optagen effekt på 500 W (den aktuelle støvsugers effekt var 750 Watt). Gode sugeegenskaber afhænger ikke kun af sugeeffekten, men også af mundstykkets udformning, som må være så optimal som mulig når sugeeffekten er lav.

Minimere tab

Den bedst opnåelige totale virkningsgrad for en støvsuger, målt for enden af indsugningsrøret uden mundstykke, er ca. 33 %, og kræver at der i støvsugeren er arbejdet med at mindske systemtabet og forbedre tætningen. Virkningsgraden for støvsugere på markedet ligger typisk i størrelsesordenen 20 – 24 %.

De nævnte virkningsgrader gælder ved tom pose. Posen fungerer som det første filter (grovfilter) og ved den daglige brug af støvsugeren falder virkningsgraden forholdsvist hurtigt, da posens porestruktur fyldes med fine støvpartikler, og således bliver mere tæt. Denne effekt sætter ind f.eks. allerede når posen er nogle få % fyldt. Når posen er omtrent helt fuld falder virkningsgraden markant. Støvsugerens små fysiske dimensioner sætter en grænse for, hvor stort et poseareal, og dermed filterareal, der kan etableres, men det er en problematik der kan arbejdes med.

Problemet omkring posetilstopning kommer til udtryk på den måde, at brugeren nok vil opleve støvsugere med moderat effekt som fuldt tilstrækkelige ved tom pose og støvsugere med høj effekt muligvis som for kraftige. Med andre ord benyttes en øget effekt først og fremmest til at overkomme det øgede trykfald over posen som indtræder kort tid efter poseskift.

De nævnte problemer kan forbedres ved modificeringer af det eksisterende koncept eller med andre støvsugerkoncepter, men hele støvsugerens brug må afvejes for at man kan sige om en løsning er optimal.

Behovsregulering

En mulighed er at regulere støvsugereffekten via trykfaldet over posen, således at effekten begrænses ved tom pose. Regulering (automatisk og/eller manuel) er i det hele taget en mulighed, som kan gøre støvsugeren "intelligent", forstået således at dens effekt afpasses det aktuelle behov, som kan være ret lavt på glatte gulve, højere på tæpper og lavt på duge, linned etc. Ved særligt højt behov kan boost-funktion

etableres og ved kortvarige manglende behov let-tilgængelig eller automatisk stopfunktion.

Andre koncepter

Regulering af sugestyrke

Eksempelvis kan støvsugeren udstyres med en regulering af sugestyrke. Hvis den er elektronisk, kan den sættes til at starte på en relativ lav effekt, som er tilstrækkelig. Brugeren skal så gøre en aktiv indsats for at "skrue op", hvorved det gennemsnitlige forbrug mindskes. Lydniveau kan bruges til at motivere brugeren til at "skrue ned" for sugestyrken.

Reduktion af spildtid, afbryder og effektregulering på håndtag

Under støvsugning i private hjem vil der ofte være spildtid, hvor støvsugeren ikke slukkes. Det kan især være i forbindelse med flytning af møbler, udskiftning af mundstøtte etc. Hvis man konstruerer en løsning, hvor man placerer en afbryder på støvsugerens håndtag og ikke kun på selve støvsugeren, ville det være lettere at slukke i forbindelse med pauser. En regulering af støvsugerens effekt kunne ligeledes styres fra støvsugerens håndtag. Hvis også denne funktion placeres inden for brugerens rækkevidde, ville der være større sandsynlighed for at den blev benyttet.

Cyklonprincip

En anden mulig løsning er en støvsuger, som virker efter cyklonprincippet, dvs. at posen er erstattet af et system hvor den indsugete luft bringes i kraftig cirkulation, så støvpartiklerne centrifugeres ud. Ved dette princip løses problemet med at virkningsgraden nedsættes når posen fyldes. Spørgsmålet er imidlertid hvilken virkningsgrad cyklonstøvsugere har. I modsætning til almindelige støvsugere som kan reguleres, vil cyklonen køre på fuld effekt hele tiden. Derfor er det muligt, at det først ved først ved en halvfylt pose, at cyklonstøvsugeren vil opleves som bedre. Støvsugeren skal dog fortsat forsynes med mikro-filter for at fjerne de fineste partikler. Cyklonstøvsugere ligger prismæssigt i den øvre ende af High End gruppen (fra ca. 1800 – 3000 kr)

Stationær støvsuger

En mere radikal mulighed er en stationær støvsuger, indbygget f.eks. i et skab, og med kanaler ført ud til forskellige slangetilkoblingssteder i huset. Ved dette koncept er man ikke i så høj grad bundet af de fysiske dimensioner som ved den mobile støvsuger, og det er derfor muligt at opnå en mere optimal virkningsgrad af motor/ventilator, samt at mindske systemtab og pose/filtertab. Tabet i de kanaler som må føres frem til tilkoblingsstederne er ved gunstig udformning temmelig små sammenlignet med systemtab og filtertab. Ulempen ved dette system er, at det helst skal tænkes ind fra starten ved bygning af en bolig, da det kan være vanskeligt at instalere på et senere tidspunkt. Endelig kan det føles brugsmæssigt begrænsende, at man skal til og frakoble slange, når man går fra lokalitet til lokalitet.

Andre materialer

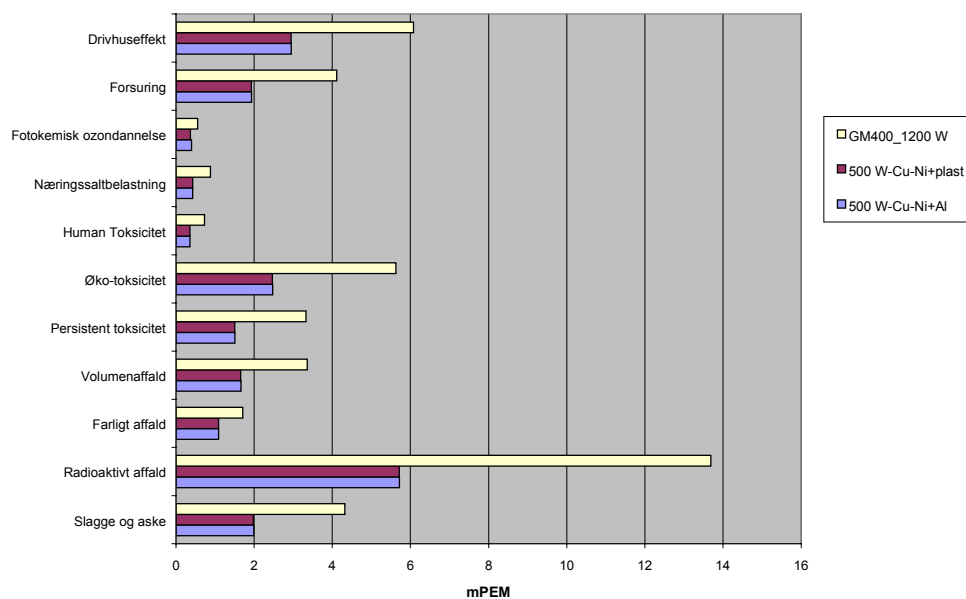
Materialeressourcen nikkel optræder som underlagsbelægning for forkromning på støvsugerrøret og andre detalier, så som glideplade i gulv- og tæppemundstykket. Kromlaget er meget tyndt og krom er i sammenligning med nikkel ikke nogen begrænset ressource, så kromforbruget er ikke vurderet. Kobber findes som viklinger i motoren og i støvsugerledningen. Nikkelforbruget kan elimineres ved at fremstille støvsugerrør og glideplade i plast. Kobber i motor og ledning genvindes til en vis grad, og forbruget kan nedbringes ved effektiviseret genvinding. Alternativt kan kobber erstattes af aluminium, men det er en betingelse at motorens virkningsgrad ikke forringes herved, og at aluminiumet så vidt muligt genvindes.

Da kobber er af væsentlig betydning i ressourceforbruget, er det vigtigt at motorens levetid svarer til støvsugerens levetid, eller at motoren let kan repareres, eksempelvis skift af kul.

Støvsugerfabrikanten har kun begrænset indflydelse på genvindingsgraden af materialerne i motoren, da denne i høj grad afhænger af indsamlingssystemer og genvindingsteknologi. En højere grad af genbrug af kobber kan f.eks. opnås

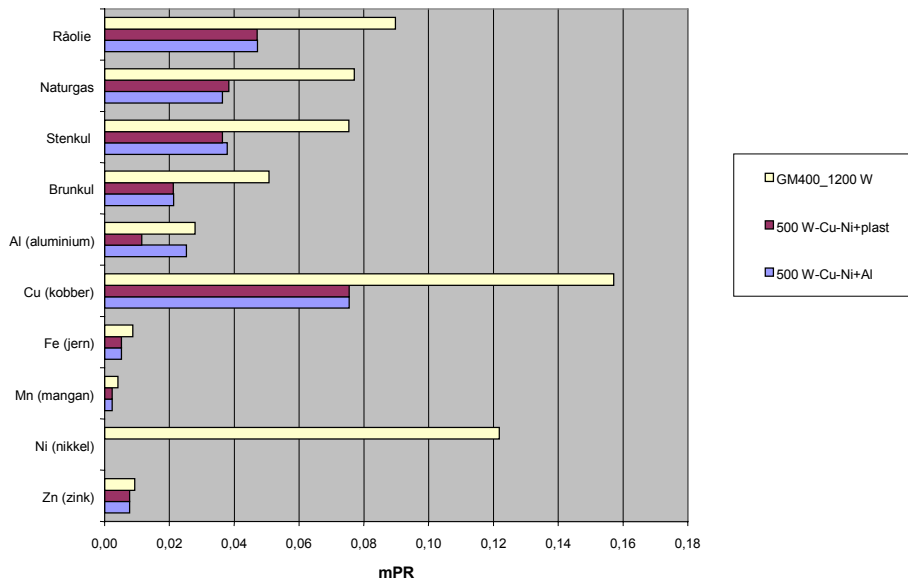
med en tilbagetagningsordning i stil med pantsystem for flasker. Dette kunne kombineres med en mærkevare strategi, idet kunderne får godskrevet en værdi for deres gamle Nilfisk støvsuger.

Figur 9.5 viser de vægtede miljøeffekter og ressourceforbrug for støvsugeren Nilfisk GM 400, sammenlignet med alternativer, hvor effekten er nedsat til 500 Watt, kobberforbruget er nedbragt gennem effektiviseret genvinding, og nikkel er udfaset ved at erstatte de forniklede dele, dvs. især røret, med aluminium eller plast. Det skal fremhæves, at de viste alternativer ikke skal tages som udtryk for konkrete planer hos Nilfisk Advance A/S.



Figur 9.5 Vægtede miljøeffektpotentialer for optimerede støvsugeren Nilfisk GM400 samt forslag til optimering.

GM400_1200 W er den eksisterende støvsuger med forkromet rør. 500 W –Cu-Ni+plast er en 500 Watt støvsuger med effektiviseret kobbergenvinding og med plastrør i stedet for forkromet. 500 W –Cu-Ni+Al er en 500 Watt støvsuger med effektiviseret kobbergenvinding og med aluminiumrør i stedet for forkromet.



Figur 9.6 Vægtede ressourceforbrug for støvsugeren Nil-fisk GM400 samt forslag til optimering.

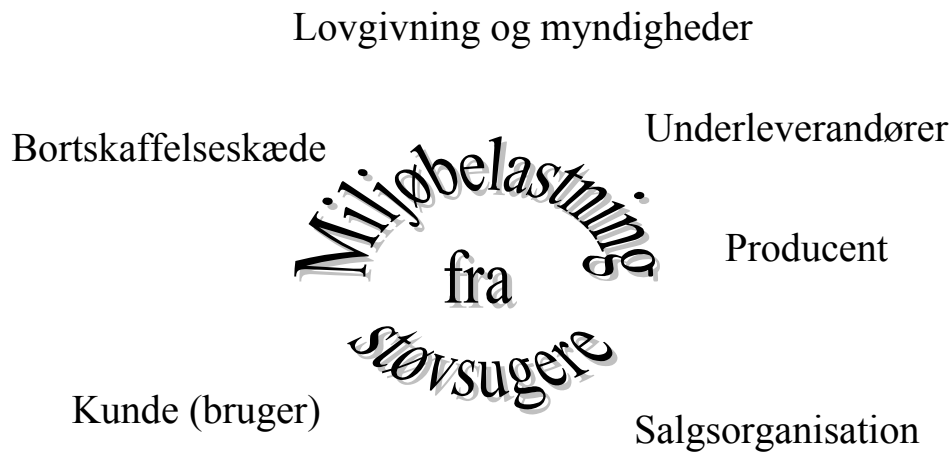
GM400_1200 W er den eksisterende støvsuger med forkromet rør. 500 W –Cu-Ni+plast er en 500 Watt støvsuger med effektiviseret kobbergenvinding og med plastrør i stedet for forkromet. 500 W –Cu-Ni+Al er en 500 Watt støvsuger med effektiviseret kobbergenvinding og med aluminiumrør i stedet for forkromet.

9.9 Forretningsmæssig vurdering

De identificerede forbedringspotentialer kan i praksis kun forventes udført, hvis de udgør et salgsargument for kunderne og hvis de ikke koster for meget. Der er derfor gennemført en forretningsmæssig vurdering af de væsentligste forbedringspotentialer.

Aktørernes rolle

Der er en række forskellige aktører, som har indflydelse på miljøpåvirkningerne fra støvsugere. Nedenfor gives et skematisk overblik over disse. En økonomisk vurdering af de skitserede løsninger gives i afsnittet "Teknisk forretningsmæssig vurdering".



Figur 9.7 Aktørerne i miljøbelastningen fra en støvsuger

Producenter og underleverandører

Disse aktører omfatter støvsugerproducenter og underleverandører af delkomponenter. Deres muligheder for reduktion af miljøbelastningen er primært ved udvikling af mere energieffektive støvsugere samt ved miljøhensyn ved valg af materialer og komponenter. Eksempelvis er der mulighed for at designe og fremstille støvsugere og dele hertil med bedre virkningsgrad, lavere energiforbrug og så de er adskillelsesvenlige i forbindelse med bortskaffelse.

Inden for støvsugere er udviklingen gået mod energimæssigt kraftigere støvsugere som har været en salgspareparameter for kunderne. Den kraftige effekt har imidlertid nået et niveau, hvor den ikke længere er funktionsmæssigt begrundet. Producenter af støvsugere har, inden for kundernes økonomiske rammer, mulighed for at konstruere støvsugeren så tabsfrit som muligt og med brug af færre sparsomme res-

sourcer. Prisen for disse løsninger kan være højere end for "standardløsninger" og prisen må afvejes mod kundernes økonomiske fordele eller forventninger. Generelt vil producenterne næppe lægge vægt på miljøforbedrende løsninger medmindre kundekrav eller forventninger om kundekrav berettiger det.

Kunder og salgsorganisation

Kunderne spiller en væsentlig rolle, da de har mulighed for at efterspørge de energibesparende og miljørigtige løsninger. Der er her fokuseret på de private kunder, men professionelle kunder til støvsugere udgør ligeledes et væsentligt marked. Kundens valg er et prisspørgsmål og et spørgsmål om støvsugerens image og brugsegenskaber, herunder energiforbrug og miljø. Kunderne kan f.eks. informeres herom via oplysningskampagner i relevante medier, elsparevejledning m.m. Der vil nok være forskel på bevæggrundene hos den private og den professionelle bruger for at købe energibesparende og miljøvenlige støvsugere. For den professionelle vil driftsøkonomi og miljøcertificering antageligt indgå i overvejelserne, hvor det for den private nok mere er et spørgsmål om holdninger, da støvsugere i private hjem bruger for lidt energi til at den økonomiske fordel ved besparelse kan gøres gældende som salgsargument. Kunderne kan/bør også stille krav til producenterne om f.eks. indholdet af begrænsede ressourcer i komponenter, dvs. efterspørge alternative materialer. Salgsorganisationerne, dvs. producentens markedsafdeling, importører og forhandlere, kan komme til at spille en væsentlig rolle i forbindelse med vejledning af kunderne mht. til valg af miljørigtige støvsugere, og herunder informere kunderne om støvsugeres virkningsgrad og nødvendige effektforbrug.

Bortskaffelseskæde

Støvsugere vil ifølge et forslag til EU direktiv for elektronikskrot normalt blive bortskaffet med henblik på genvinding efter endt brug. EU-direktivet stiller krav om genvinding af mindst 80% af elektronik generelt inden år 2006. Nogle forhold bør have særlig opmærksomhed: Elektromotorer

bør genvindes af virksomheder, som er specialiserede i at udvinde kobber af elmotorer, da tabet af kobber kan være stort ved traditionel genvinding via shredder, idet kobber vindingerne har tendens til at blive viklet ind i jernet. Der er dog en øget opmærksomhed på dette i genvindingsbranchen. Der findes meget plast i en støvsuger, og hovedkomponenterne af de forskellige typer bør genvindes hver for sig. Korrekt håndtering af de påpegede forhold kan f.eks. sikres ved tydelig information på de pågældende komponenter samt ved information, både specifikt for produktet og generelt.

Lovgivere og myndigheder

Lovgivere og myndigheder har muligheder for at påvirke ved at vedtage og forvalte love, vejledninger og reguleringer, som stimulerer miljørigtige løsninger. EU direktivet er nævnt med hensyn til bortskaffelse af støvsugere. Støvsugere bruger grundet den begrænsede brugstid en forholdsvis lille del af en husstands energiforbrug, så det er næppe sandsynligt at myndigheder vil fokusere specifikt på dette, men generelle krav til husholdningsmaskiners effektforbrug og begrænsning af uønskede materialer kan måske komme på tale. Endelig er der mulighed for at stimulere en miljørigtig udvikling af støvsugere gennem miljømærkeordninger (f.eks. EU's blomst og det Nordiske svanemærke), eller direktiver. EU arbejder på et direktiv til miljørigtig udvikling af elektriske apparater (EU, 2001).

Forretningsmæssige muligheder

Da kunderne og salgsorganisationerne anses for at være de primære aktører for udbredelse af energi-/miljøvenlige støvsugere er kundernes og salgsorganisationernes holdninger undersøgt. Fem betydende repræsentanter for kunderne og 10 for salgsorganisationen blev udvalgt. Repræsentanterne for salgsorganisationen var Nilfisk´ udenlandske datterselskaber (svarende til importører). Undersøgelsen blev foretaget ved interview i en fokusgruppe af kunder og ved hjælp af telefoninterview af datterselskaberne. Alle de udvalgte repræsentanter i undersøgelsen blev bedt om at forholde sig

til et oplæg skrevet som et udrag af de 4 første afsnit om støvsugeren i denne håndbog.

Både kunder og datterselskaber modtog oplægget positivt og udtrykte at de gerne ville handle med henholdsvis arbejde sammen med et firma med en holdning til miljøet.

Kunderne mente, at oplægget var informativt, og at det respekterer den politiske forbruger. Det var dog også klart, at det mere (miljø)tekniske i oplægget var vanskeligt for kunderne at forstå. For kunderne er det tilliden til at de har valgt en miljøvenlig støvsuger, der har betydning mere end hvorfor og "hvor meget" den er miljøvenlig. Den er altså et holdningsspørgsmål og et spørgsmål om, at have sin miljømæssige samvittighed i orden der tæller for forbrugeren.

Datterselskaberne så oplægget som en hjælp ved markedsføring af Nilfisk støvsugere med miljøvenlige løsninger og hvorfra der kan hentes stof til fagblade, pressemeddelelser og træning af forhandlere. Datterselskaberne gav ligesom kunderne udtryk for at det mere (miljø)tekniske stof er kompliceret og/eller skal forenkles eller forklares mere levende.

Teknisk forretningsmæssig vurdering

På baggrund af den positive tilbagemelding på undersøgelsen af de forretningsmæssige muligheder er der foretaget en teknisk forretningsmæssig opsummering af løsningsmulighederne beskrevet i forrige kapitel.

En teknisk forretningsmæssig vurdering baseret på økonomiske fordele for forbrugeren er ikke foretaget, da den økonomiske besparelse ved en lavenergi støvsuger som før nævnt nok spiller for lille en rolle – det drejer sig om ca. 50 kr. årligt. Ved køb af støvsugere indgår formentlig i høj grad forventninger om holdbarhed og brugsegenskaber i forhold til prisen, i al fald når man har besluttet at købe en støvsuger i mellem eller "high end" gruppen og ikke en særlig prisbillig støvsuger. Det kunne dog være interessant at vide, hvor meget mere en forbruger vil betale for et mere miljøvenligt

produkt, men erfaringen fra nogle af de andre produktfamilier peger på, at det drejer sig om 10-15 % merpris.

10-15 % merpris vil for støvsugere i mellem og high end gruppen betyde en merpris på 100-200 kr. Dette beløb kan man tjene hjem i løbet af 2 – 4 år, hvis man vil argumentere i forhold til pris.

Nogle af de foreslåede tekniske løsninger, så som rør og andre dele i alternative og ikke ressourceforbrugene materialer, kan antageligt etableres uden meromkostning. For 100-200 kr merpris er det desuden realistisk med et vist produktionsvolumen at arbejde med mere energieffektive og energibesparende motorer og ventilatorer, og med at nedbringe støvsugerens tryktab etc.

9.10 Retningslinier og anbefalinger

Det kan konkluderes, at en indsats for miljøforbedring især skal koncentrere sig om at nedbringe energiforbruget under drift. Sekundært kan man overveje at undersøge alternative materialer til forniklede/forkromede stålrør, samt til kobber i motoren som indebærer et mindre forbrug af sparsomme ressourcer. Det er dog vigtigt at substitution af materialet ikke medfører øget energiforbrug under drift.

De forskellige aktører har forskellige handlemuligheder og følgende fokuspunkter bør altid overvejes:

Producent og underleverandører

- Kan f.eks. plast eller aluminium anvendes frem for forniklet og forkromet stål ?
- Kan PVC undgås, f.eks. i ledninger?
- Bromerede flammehæmmere anvendes ikke i f.eks. plast?
- Er støvsugerens enkelte komponenter let identificerbare med henblik på genvinding?
- Kan de let adskilles?
- Er støvsugerens virkningsgrad større end 40%? 30%? 25%? (jo højere, jo bedre)

Kunder og salgsorganisation

- Er forhandlere uddannet i støvsugerens miljøforhold?
- Er der udarbejdet marketingsmateriale som fortæller om støvsugere og miljø?
- Anvendes energisparemotorer og -ventilator?

Andre

- Er der etableret krav for miljømærkning?
- Er der etableret effektive indsamlingsordninger for plast og elektronisk affald?

10 Ventilation

10.1 Introduktion til produktfamilien

Hvorfor interessere sig for det miljømæssige aspekt ved ventilation?

Ventilation er temmelig energikrævende. Energistyrelsen regner med, at ca. 12% af elforbruget i danske produktionsvirksomheder kan tilskrives drift af mekaniske ventilationsanlæg.

Mekaniske ventilationsanlæg er almindeligt benyttede til komfortventilation i bolig- og servicesektoren samt til procesventilation i industrisektoren. Udover de 12% til el bruges også energi til opvarmning af den kolde udeluft, som erstatter den ventilerede indeluft. Energi til opvarmning bruges uanset om der er tale om mekanisk eller naturlig ventilation.

For produktionsvirksomheder er det vanskeligt at beregne det reelle mer-energiforbrug til opvarmning af erstatningsluft, idet mange produktionsvirksomheder via deres processer producerer overskud af varme. Selvom der er overskudsvarme i lokalet kan det være nødvendigt at opvarme den kolde indblæsningsluft for at undgå træk. Dette kan ske ved varmegenvinding.

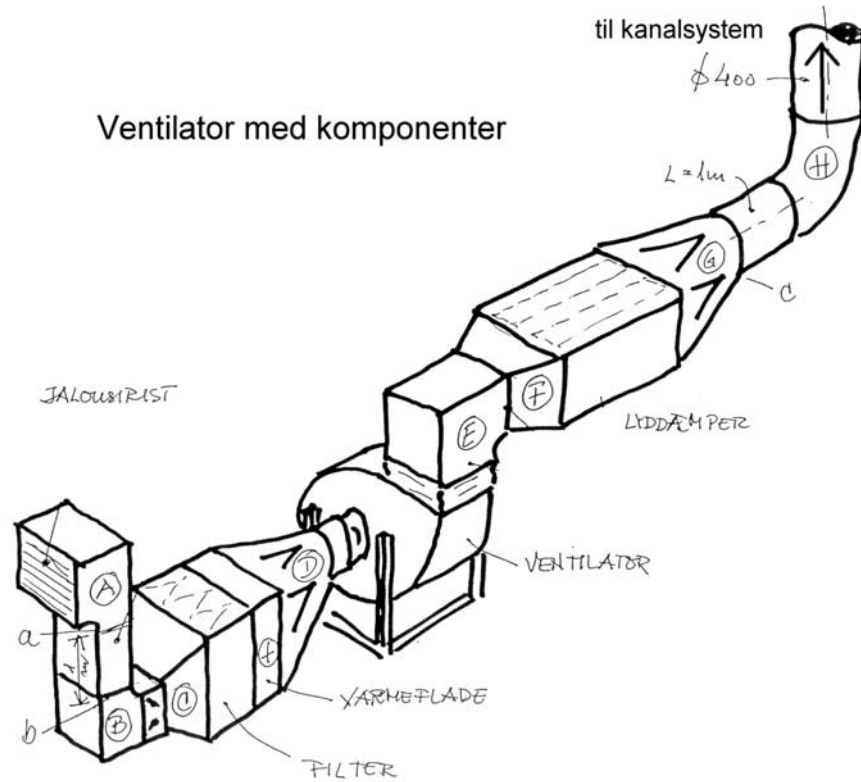
For bolig- og servicesektoren er energiforbruget til opvarmning af erstatningsluft op til 3 gange større end elforbruget til at drive ventilationen, målt som direkte energi. Hvor meget større det er, afhænger af om der er etableret varmegenvinding eller ej.

10.2 De undersøgte produkter

I miljøvurderingen er undersøgt et lille, mellemstort og et stort mekanisk ventilationsanlæg til komfortventilation af

skoler, kontorer etc. Disse anlæg er forsynet med indblæsning, udsugning og varmeveksler.

Endelig er et enkelt ventilationsanlæg, dvs. kun indblæsning eller udsugning, belyst for at undersøge hvor stor energibesparelse der kan opnås gennem optimering af de enkelte komponenter. Nærmere forklaring og tekniske specifikationer for de undersøgte produkter findes i næste afsnit.



Figur 10.1. Enkelt indblæsningsanlæg

10.3 Produktets familie

Der er taget udgangspunkt i konkrete eksempler for komfort-ventilation, men konklusionerne er generelt anvendelige og gælder komfort-ventilation i almindelighed men også procesventilation.

Den vigtigste erkendelse er, at energiforbruget både til drift af ventilatorer og opvarmning af erstatningsluft er stort og bedst nedbringes ved at regulere anlæggets øjeblikkelige ydelse i forhold til behovet.

Yderligere kan anlæggets elforbrug nedsættes ved at minimere tabet i de enkelte komponenter og i den samlede opbygning. Naturlig ventilation bruger ikke el til drift, men medfører som nævnt et energiforbrug til opvarmning af erstatningsluft. Med hensyn til at begrænse opvarmning af erstatningsluft er varmegenvinding meget vigtig og dette gælder ikke mindst naturlig ventilation – en almindelig overset faktor.

Nogle konklusioner rækker ud over ventilationsanlæg. F.eks. er energibesparelsen ved anvendelse af energieffektive motorer og maskiner generelt væsentlig og energibesparelsen ved regulering kan for mange produkter være ret betydelig.

10.4 Produktets tekniske specifikationer

Formål med og krav til ventilation

Ventilation skal etablere et tilfredsstillende indeklima eller begrænse koncentrationen af partikler eller kemiske stoffer. Ventilationen skal altså sikre et fornuftigt velvære og et sundt arbejdsmiljø. Der kan også være tekniske årsager til at ventilere, f.eks. at urenheder ikke kan accepteres i et produkt (renrumsforhold).

Bygningsreglementet stiller krav om luftskifte i opholdsrum. Med hensyn til produktion vil eksempelvis arbejdstilsynet stille krav til ventilationens effektivitet i forhold til gældende regler og praksis.

Forskellige ventilationstyper

Ventilation kan etableres som:

1. naturlig ventilation
2. tvungen (eller mekanisk) ventilation.

Afhængigt af formålet findes forskellige typer ventilationsanlæg, f.eks.:

- Komfort
- Industri (proces)
- Laboratorie

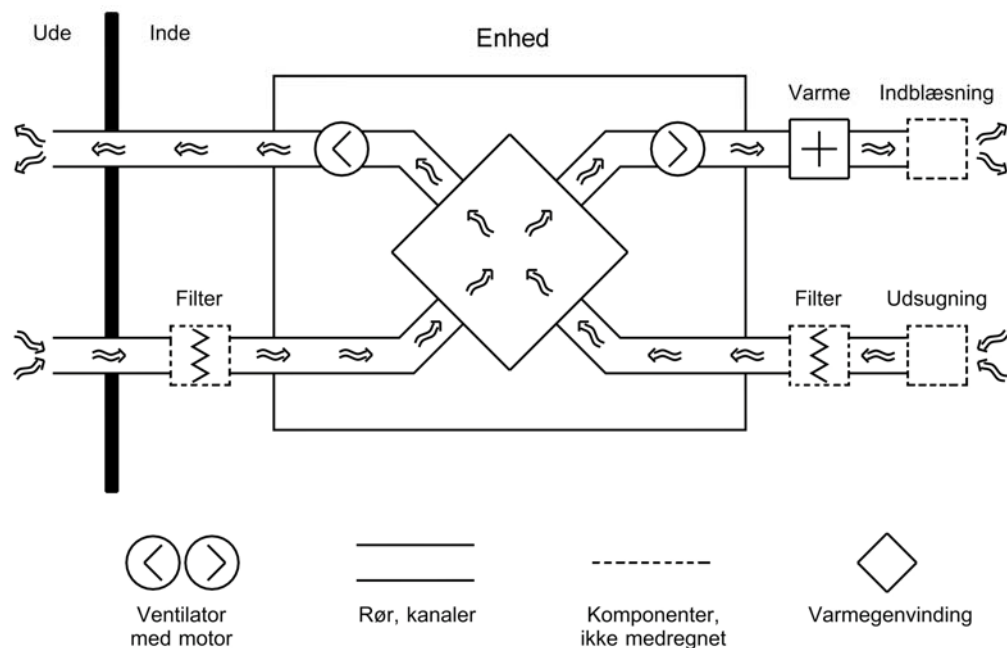
Fysisk adskiller ventilationsanlæg sig ved forskellige tilkoblede komponenter, hvorimod ventilatorenheden og kanalsystemet i princippet er det samme, men kan adskille sig gennem særlige krav til materialevalg. Der findes andre og mere specielle ventilationstyper, f.eks. renrumsventilation, som er mere specielt udformet.

AI ventilation indebærer tilførsel af udeluft, som må varmes op i kolde perioder for at undgå træk. Recirkulering af luften kan dog etableres i et vist omfang. Tvungen ventilation medfører en eller flere energiforbrugende ventilatorer, og etableres fordi traditionel naturlig ventilation ikke kan løse en ventilationsopgave.

To vigtige principper for tvungen ventilation er

- balanceret ventilation og
- enkel ventilation.

Balanceret ventilation omfatter tvungen indblæsning og udsugning, dvs. to ventilatorer, og i reglen en varmeveksler/genvindingsdel, der overfører varmen fra udsugningsluften til indblæsningsluften. Enkel ventilation omfatter kun indblæsning eller udsugning og således kun én ventilator. Etablering af varmeveksler er ikke almindeligt ved enkel ventilation og den luft, som erstattes, strømmer ind eller ud af tilfældige eller etablerede utætheder. Der findes dog friskluftventiler med varmegenvinding.



Figur 10.2 Principskitse af balanceret ventilationsanlæg

Varmevekslerens opgave er at tilbageføre varme fra udsugningsluften til indblæsningsluften. Afhængig af type kan varmevekslere have forskellig effektivitet. Følgende typer er mest almindelige:

- Væskekoblede batterier. 50 – 55 % genvinding.
- Krydsvarmeveksler. 55 – 60 % genvinding
- Roterende varmeveksler. 70 – 80 % genvinding

Ventilationens egenskaber og teknik

Størrelsen, eller ydelsen, af et ventilationsanlæg måles normalt i m^3/s , men oplyses ofte i m^3/h . Der findes anlægsstørrelser fra få til flere tusinde m^3/h og endelig findes anlæg til privatboliger på få hundrede m^3/h . Størrelsen af anlægget afpasses ventilationsopgaven, som beskrevet i det følgende.

Komfortventilation

De parametre som man ønsker at kontrollere ved komfortventilation er: Luftkvalitet (røg, afdunstninger, lugt, ilt-

og kuldioxidindhold etc.), luftfugtighed og temperatur. Temperatur er ikke mindst vigtig i varme sommerperioder, hvor natkøling af bygninger ved hjælp af ventilation er almindelig.

Bygningsreglementet stiller krav til ventilation og Ingeniørforeningens norm for ventilationsanlæg (DS 447) giver anvisninger på hvorledes kravene opfyldes. Man opererer med udeluftbehov per person (l/s), antal luftskifter per time (n) og areal relateret luftskifte (ventilationsintensitet SLT, m^3/sm^2).

Ventilationsbehovet kan ikke uden videre generaliseres, da det afhænger af lokalets funktion (kontor, undervisning etc.), rygerrum/ikke rygerrum, anden indeklimabelastning, antal personer per m^2 og lofthøjde. I et lokale med 3 m lofthøjde vil ventilationsbehovet normalt ligge i intervallet 1,5 – 12 n - mindst for kontor med ikke-rygning, lidt større for undervisningslokale og størst for mødelokale/auditorie med rygning.

Med ovennævnte interval for antal luftskifter per time er følgende eksempler beregnet for, hvor stort et areal i m^2 af et lokale med lofthøjde 3 m, som et anlæg på $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ kan ventilere:

Kontorlokale, ikke-rygning: ca. 220 m^2

Undervisningslokale: ca. 100 m^2

Mødelokale, rygning: ca. 30 m^2

Industri- (proces-) og laboratorieventilation

Med hensyn til arbejdsmiljøet ønsker man at begrænse koncentrationen af skadelige stoffer, så som partikler, aerosoler, gasser eller dampe til f.eks. max. 1/10 af gældende grænseværdier, men gerne mindre. Ventilationskravet er derfor forholdsvis flydende og styres i høj grad af tilsynskrav. Kravet om bedst mulig ventilation medfører store og energikrævende ventilationsanlæg og er altså et eksempel på hvorledes arbejdsmiljøhensyn kan være i modstrid med miljøhensyn.

Ventilationsopgaven løses sædvanligvis ved at etablere en tilstrækkelig lufthastighed (gribehastighed) og volumenstrøm til at fjerne den uønskede emission.

Man skelner mellem afskærmet/indkapslet punktudsugning og uafskærmet (åben) punktudsugning. For afskærmet ventilation f.eks. i forbindelse med ventileret indkapsling og stinkskab i laboratorium etableres gribehastigheden i selve indsugningsåbningen. Gribehastigheden bør erfaringsmæssigt være 0,5 m/s; men hvis der ikke er tværgående luftbevægelse eller personophold i afsugningsområdet kan man ofte gå ned til 0,3 m/s. Indsugningsarealet for afskærmet indsugning er veldefineret og med ovennævnte gribehastigheder er følgende beregning udført for, hvor stort et indsugningsareal i m², som et anlæg på 1000 m³/h kan ventilere:

Ved lufthastigheden 0,5 m/s: 0,555 m²
Ved lufthastigheden 0,3 m/s: 0,833 m²

For åben punktudsugning er beregningen væsentlig mere kompliceret, da gribehastigheden etableres et stykke vej fra indsugningsåbningen.

Gribehastigheden falder meget hurtigt med afstanden fra indsugningsåbningen og er desuden afhængig af dennes form. Det er ikke ualmindeligt at gribehastigheden er faldet til 5 % i en afstand på 2x diameteren fra åbningen, og lufthastigheden i indsugningsåbningen skal derfor være 20x højere end den krævede gribehastighed.

I uforstyret luft kan en gribehastighed på 0,1 m/s være tilstrækkelig, men er der luftbevægelse er 0,3 – 0,4 m/s nødvendigt. Hvis der skal afsuges aerosoler eller partikler i bevægelse kan det være nødvendigt med væsentlig højere gribehastighed, f.eks. 0,5 – 1 m/s for sprøjtemaling, fyldeprocesser og svejsning og op til 5 m/s for slibeprocesser og sandblæsning.

For afskærmet såvel som åben punktudsugning kan gribehastigheden nedsættes ved såkaldt push - pull ventilation, dvs. hvor man har indblæsning med en passende placering overfor udsugningen og derved puster den forurenede luft hen til afsugningen. Det er dog overmåde vigtigt at et push-

pull ventilationsanlæg designes og afstemmes korrekt, så man ikke får en spredning af emissionen i stedet for en afsugning. F.eks. skal udsugningen være kraftigere end indblæsningen.

10.5 Miljøvurderingen

Miljøvurdering er foretaget for:

Lille balanceret anlæg (2300 m³/h) med krydsvarmeveksler.
Motoreffekt 2 x 1,5 kW

Yderligere er følgende anlæg vurderet:

- Mellemstort balanceret anlæg (6700 m³/h) med krydsvarmeveksler.

Motoreffekt 2 x 3 kW

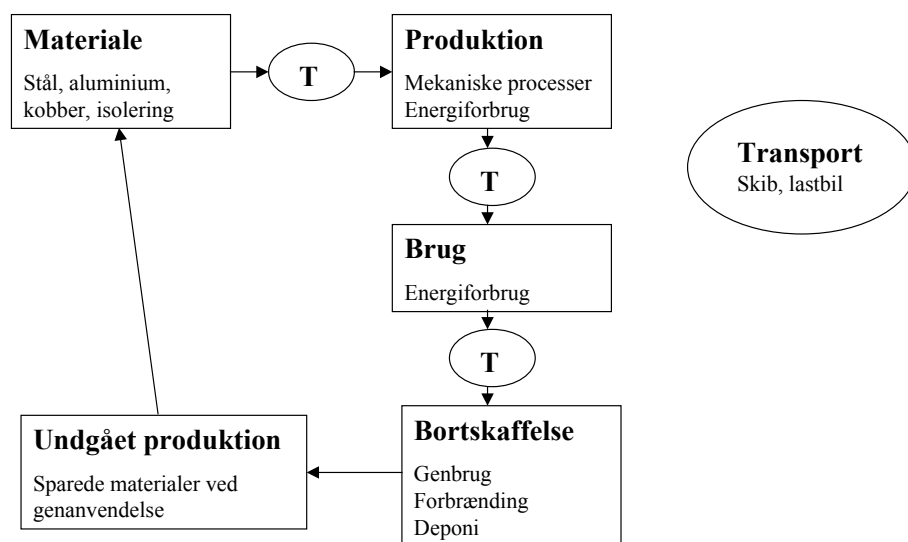
- Stort balanceret anlæg (14 000 m³/h) med roterende varmeveksler.

Motoreffekt 2 x 7,5 kW

- Enkelt anlæg "på papiret" (2900 m³/h).

Forskellige motoreffekter.

Miljøvurderingen af ventilationsanlæg omfatter energi- og procesemissioner samt ressourceforbrug for alle ventilationsanlæggets livscyklusfaser, dvs. ressourceudvinding og fremstilling af materialer, produktion, brug, transport af materialer og anlægskomponenter samt bortskaffelse af anlægget efter brug. Ved at omsmelte eller genbruge materialer og komponenter kan man spare produktion af nye materialer eller dele. Afgrænsningen af det undersøgte system fremgår af figuren, som viser en livscyklusmodel for ventilation.



Figur 10.3 Livscyklusmodel for ventilation

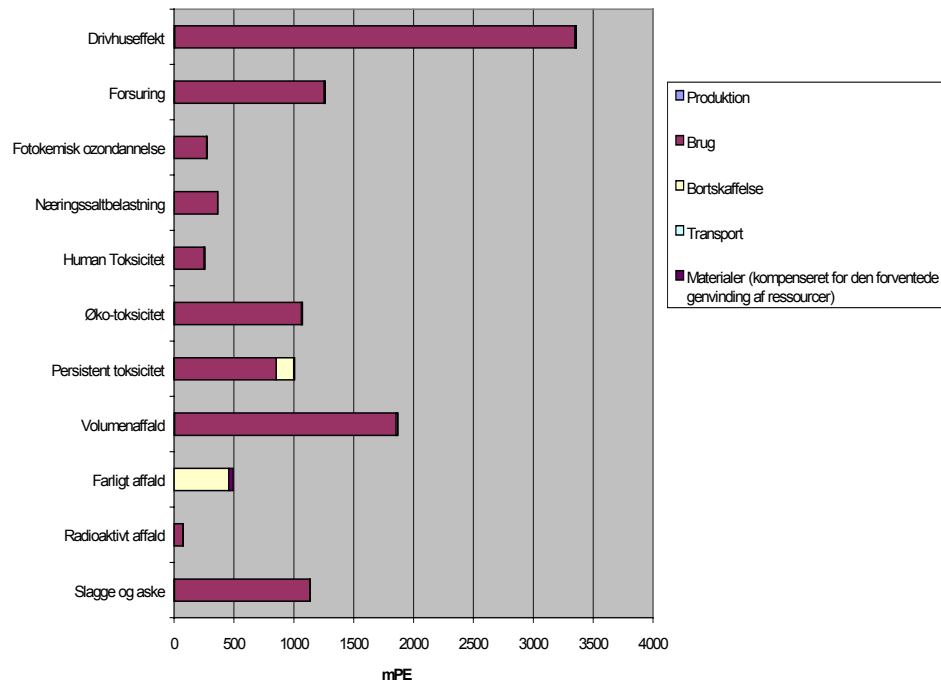
Miljøvurderingen er baseret på oplysninger fra Semco og producenter af komponenter om materialesammensætning, energiforbrug, levetid m.m. Data stammer primært fra UMIP-databasen. Materialefasen inkluderer materialerne til anlæggets komponenter, men elektronik til f.eks. styring og regulering er ikke medregnet, da det udgør en meget lille del af anlægget. Der er regnet med levetiden 20 år.

Brugsfasen omfatter energi til drift af anlægget og til opvarmning af erstatningsluft for den udsugede luft. Brug er antaget at finde sted i Danmark. I beregningerne er derfor benyttet dansk el-produktion og danske temperaturer.

Langt størsteparten af et ventilationsanlæg er normalt af metal og ved bortskaffelse er der regnet med at alt metal indsamles for genvinding. I genvindingsprocessen er der et tab, således at netto genvindingen er 95% for stål, 75 % for aluminium og 50 % for kobber, hvilket er realistisk hvis man ikke etablerer særlige foranstaltninger for en mere effektiv aluminium og kobbersortering.

10.6 Ventilationsanlæggets miljøbelastning

Miljøvurderingen er foretaget efter UMIP-metoden, hvor miljøbelastningen vurderes i forhold til en række forskellige miljøeffekttyper jf. indledende faktabokse. Resultaterne er vægtet på baggrund af de politiske målsætninger for de enkelte miljøeffekttyper, således at de illustrerer, hvor alvorlig en miljøeffekt og dens mulige konsekvenser vurderes at være i forhold til andre miljøeffekter. I diagrammet nedenfor ses de vægtede miljøeffektpotentialer for det lille ventilationsanlæg (2300 m³/h) ved årlig drift 24 timer i døgnet og målt per 1000 m³/h.



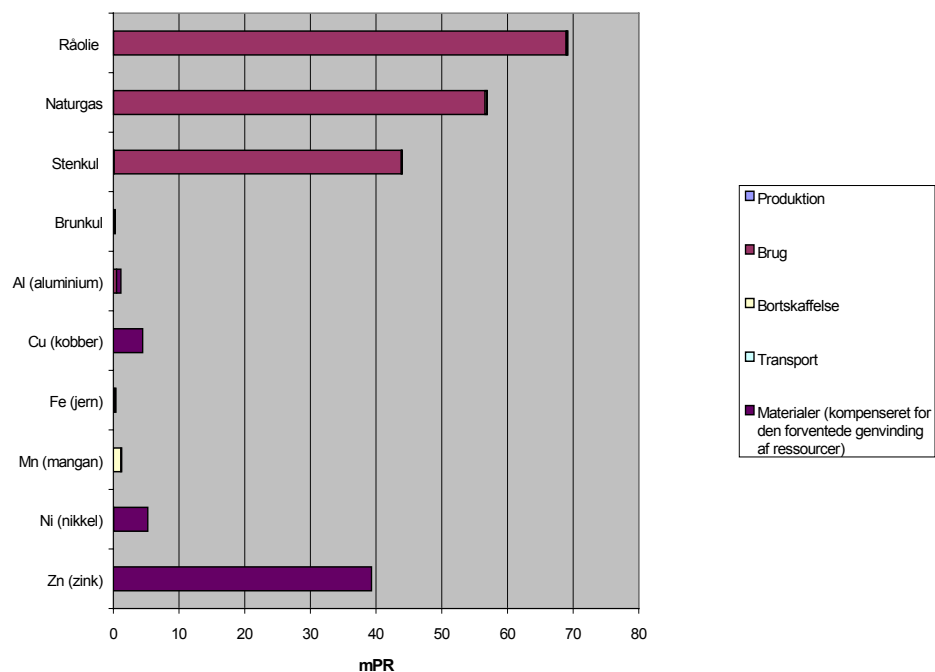
Figur 10.4 Vægtede miljøeffektpotentialer for et ventilationsanlæg målt per 1000 m³/h.

Som det fremgår af diagrammet er energiforbruget i brugsfasen det fuldstændig dominerende bidrag til miljøeffektpotentialerne. Brugsfasen dominerer i forhold til de øvrige faser med bidrag på ca. 99% drivhuseffekt, forsurening, human- og økotoksicitet, volumenaffald samt slagge og aske. Effekterne tilskrives den kulbaserede el-produktion såvel som fyring med olie og naturgas til opvarmning af erstatningsluft. Ved en følsomhedsvurdering er det fundet, at et nyere scenarie for el-produktionen mindsker miljøbelastningen for denne med ca. 20%, men kun ca. halvdelen af miljøbelastningen kan tilskrives el-produktion.

Ventilationsanlægget forårsager også persistent toksicitet og farligt affald ved bortskaffelsen, dvs. fra genvindingen af materialer. Mængden af farligt affald stammer især fra stål-genvinding og må antages at være væsentligt for høj, da der er tale om ældre data. Da de specifikke processer i genvindingen ikke er kendt er størrelsen af bidraget til toksicitet

imidlertid meget afhængig af de antagelser, som er foretaget i forhold til emissioner fra genvindingsprocesserne.

Vurderingen omfatter også ressourcer, dvs. ressourcer til energiproduktion samt de materialerressourcer, som anvendes til bygning af ventilationsanlægget, f.eks. stål og zink (galvanisering) til kanaler m.v. og kobber til motorer. Som det fremgår af figuren herunder dominerer energiressourcerne i brugsfasen. I materialefasen ses også de vægtede ressourcer til fremstillingen af ventilationsanlægget. De materialer, som tydeligt fremgår er kobber, nikkel og zink, selvom de mængdemæssigt udgør en lille del i forhold til stål. Dette skyldes at der er tale om betydeligt mere sparsomme ressourcer end stålet. Forbruget af materialer er for en stor del modregnet ved undgået produktion af nye materialer når ventilationsanlægget genvindes.



Figur 10.5 Vægtede ressourceforbrug for ventilationsanlæg målt per 1000 m³/h.

10.7 HOT-SPOTS

Energiforbrug i brugsfasen

Energiforbruget i brugsfasen dækker både el-forbrug til ventilationsanlægget og opvarmning af den udeluft, som skal erstatte den udsugede volumenstrøm i kolde perioder. Energimængden til opvarmning af erstatningsluft kan beregnes ud fra den årlige gennemsnitstemperatur i Danmark (ca. 8 °C) til rumtemperatur (21 °C). Opvarmningen antages i Danmark produceret ved fyring fra 40% naturgas og 60% olie, men kan også antages at være fjernvarme fra kraft-varme anlæg. Det er vist at der er ikke stor forskel på resultaterne af de to antagelser.

Brug af sparsomme ressourcer

Nikkel, f.eks., indgår i rustfrit stål i nogle ventilationssystemer, men det modregnes i høj grad ved undgået produktion af nyt materiale, når det rustfri stål genanvendes. Kobber og zink er også væsentlige, men modregnes til en vis grad ved undgået produktion af nyt materiale, når materialerne genbruges. Kobber bruges i elektromotorer og zink til galvanisering (se f.eks. også elektromotorer i Produktfamilien Støvsugere).

10.8 Hvordan kan miljøbelastningen nedsættes

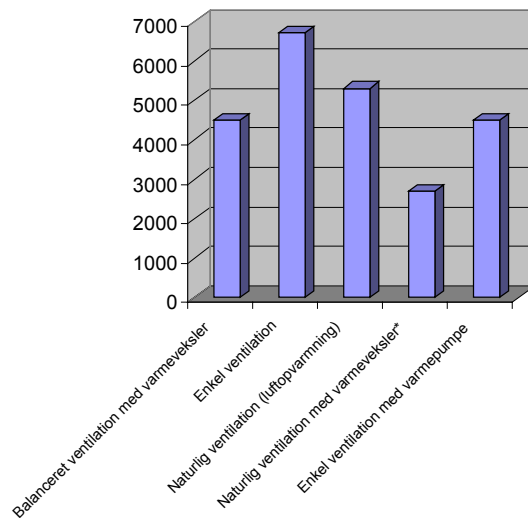
Undersøgelsen af, hvorledes miljøbelastningen kan nedsættes tager udgangspunkt i de identificerede hot spots, og fokuserer derfor på energibesparelser i brugsfasen og reduktion af resourceforbruget.

Et væsentligt HOT SPOT er energiforbrug i brugsfasen. Der findes flere muligheder for at nedsætte energiforbruget. Skal man etablere et nyt ventilationssystem kan man først se på hvordan energiforbruget er forskelligt for forskellige ventilationsløsninger, forstået som forskellige koncepter, se nedenstående figur. For det valgte ventilationskoncept, såvel

som for eksisterende løsninger, kan man se om det er muligt at spare på energien gennem forskellige tekniske løsninger som vil blive beskrevet i det følgende.

Energiforbruget for ventilationsanlæg er beregnet som primær energi (se faktaboksen for energi). Energiforbruget afhænger af anlæggets opbygning og drift. For 1000 m³/h 24 timer i døgnet i et år er de typiske energiforbrug, beregnet som liter olie (1 l olie = 36 MJ), se figuren. Der er tale om ca. tal.

Energiforbrug (liter fyringsolie)



Figur 10.6 Årligt primært forbrug af olie målt i liter for ventilering af 1000 m³/h ved 24 timers drift for forskellige typer ventilationsanlæg

*Naturlig ventilation med varmeveksler er under udvikling og kræver en særlig varmeveksler med lav gennemstrømningsmodstand

Det ses, at balanceret ventilation med varmeveksler kan føre til et lavere energiforbrug end naturlig ventilation.

Naturlig ventilation med varmegenvinding ser ud som det mest miljøvenlige, men er under udvikling og kan ikke løse alle ventilationsopgaver.

Ud fra figuren skal man dog være varsom med at tolke på, hvilke anlæg der er mest miljøvenlige. Sammenligning mellem energiforbrug er kun rimelig hvis der benyttes samme brændsel til elproduktion og luftopvarmning, hvad der jo ikke er tilfældet. Herhjemme produceres el for en stor del ved kul, som er mere forurenende end olie og gas, men der indgår også en stigende andel af vedvarende energi med meget lille forurening. Når andelen af vedvarende energi stiger er det en miljømæssig fordel for de anlæg som har et eget energiforbrug, dvs. bruger elektricitet, og kan f.eks. gøre ventilation med varmegenvinding via varmepumpe attraktiv.

For det valgte eller eksisterende anlæg er der følgende måder at nedbringe miljøbelastningen på, som vil blive diskuteret i det følgende. Både elektricitetsforbruget til drift af ventilatoren og den termiske energi til opvarmning af erstatningsluft lader sig optimere.

- Behovsregulering. Nedbringer eget energiforbrug og luftopvarmning
- Minimere tab i anlægget. Nedbringer eget energiforbruget
- Etablere/effektivisere varmegenvinding. Nedbringer luftopvarmning
- Udskifte materialer som er begrænsede ressourcer eller giver miljøskadelig produktion

Nedbring energiforbrug ved behovsregulering

Behovsregulering af ventilationsanlægget kan etableres i forbindelse med frekvensstyring, idet man måler og regulerer det aktuelle ventilationsbehov ud fra nærmere antagne parametre, f.eks. CO₂ indhold i lokalet. De steder, hvor der ikke er ventilationsbehov, lukkes automatisk og ventilationsanlæggets samlede volumenstrøm nedreguleres tilsvarende. Sådanne anlæg kaldes VAV (Variable Air Volume) anlæg. Man må tage hensyn til valg af motorstørrelse ved behovsregulering af anlægget, og det samme gælder ventilatoren, således at disse kommer til at arbejde mest muligt i deres optimale virkningsgradsområde, idét virkningsgraden falder ved meget lav udnyttelse af anlægget. Dette kan ske ved en

såkaldt samtidighedsdimensionering af anlægget, dvs. anlægget dimensioneres efter hvor mange brugssteder der maksimalt forventes at være i gang samtidig og ikke efter at anlægget skal kunne ventilere alle brugssteder samtidig. På denne måde vil man gå ud fra et forholdsvis mindre anlæg, som bedre bevare sin effektivitet når det reguleres ned.

Minimer tab i anlægget:

Forestiller man sig et tabsfrit anlæg kræves der kun en ret lille energi til at sætte luften i bevægelse og evt. pumpe den op og ud gennem en ventilationsskorsten. Anlæggets eget energiforbrug går i alt væsentligt til at overvinde tryktab. Dette måles i Pa (1 Pascal = 1 N/m²). Foruden tryktabet kommer tab i motor og ventilator udtrykt ved deres virkningsgrad og endelig det såkaldte systemtab, som skyldes at designet af et anlæg ikke er teoretisk ideel, f.eks. at ventilatoren blæser ind i en bøjning i stedet for en lang lige kanal. Tabene og mulighed for minimering er skitseret i tabel 10.1:

Tabel 10.1 Forskellige løsninger til minimering af tab i ventilationsanlæg

Tabsgivende del	Minimering af tab	Gevinst i % eksempel
kanaler	Plast i stedet for stål	3
enkeltmodstande	Bøjninger med større radius	6
komponenter	F.eks. større filter og varmeveksler (mindre gennemstrømningsmodstand)	16
systemtab	Kanalføring tæt på teoretisk ideel	13
motor	Energisparemotor (mindre anlæg)	5
ventilator	Energispareventilator eller mere ideel ventilatorstørrelse	10

Tabellens procenter er nogenlunde adderbare, og en 40 % besparelse på overvindelse af tryktab er derfor realistisk. Dertil kommer 5-15 % besparelse ved valg af energisparemotor og/eller ventilator. Det beregnede eksempel har en forholdsvis kort kanalføring, og besparelserprocenterne kan selvfølgelig være anderledes for andre ventilationssystemer.

Et anlæg er som regel opbygget ud fra praktiske pladshensyn, og minimering af tab vil med undtagelse af energisparemotor og plastkanaler være mere pladskrævende. Det er

vigtigt at afpasse motor og ventilatorstørrelsen efter anlæggets tryktab således at motor og ventilator arbejder med optimal virkningsgrad.

Etabler/effektiviser varmegenvinding

Hvis ikke der findes varmegenvinding bør denne så vidt muligt etableres. For balancerede anlæg er det ret enkelt at etablere, hvorimod det er mere kompliceret for enkelte ventilationsanlæg eller for naturlig ventilation. For disse anlæg kan varmeveksler med meget lav gennemstrømningsmodstand overvejes, men dette er en teknologi som er under udvikling. For enkelte ventilationsanlæg kan der etableres varmepumpe, men det er usikkert om en sådan vil virke for naturlig ventilation, da den medfører en kraftig afkøling af luftafkastet som kan forstyrre de termiske ventilationskræfter.

Varmegenvindingen kan effektiviseres ved at vælge en varmepumpe som er bedst muligt afpasset anlæggets kapacitet, eller ved at vælge rotationsvarmeveksler frem for krydsvarmeveksler. Rotationsvarmeveksleren medfører dog en hvis risiko for at udsugningsprodukter, f.eks. bakterier, partikler eller kemikalier, overføres til indblæsningsluften.

Udskift materialer

Et normalt ventilationsanlæg har et stort forbrug af galvaniseret stålplade og dermed af ressourcen zink. Zink er en sparsom ressource som kun genvindes i begrænset omfang ved stålgenvinding og derfor er det vægtede zinkforbrug stort. Problemet kan løses ved at anvende plastkanaler frem for galvaniseret stål og dette vil samtidig give en lille reduktion af anlæggets tryktab. Fra et miljømæssigt synspunkt må der generelt anbefales PE eller PP kanaler frem for PVC. Man må regne med at skulle brandisolere en stor del af kanalføringen med mineraluld, og/eller anvende brandspjæld ved gennemføring i brandsektioner.

Anvendelse af rustfrit stål, som medfører forbrug af den sparsomme ressource nikkel, kan ligeledes undgås med plastkanaler hvor det er muligt.

Miljømæssige besparelspotentialer

Ved behovsstyring af anlægget begrænses luftskiftet til de steder og perioder hvor der er behov.

Ved at minimere anlæggets tab er det realistisk at opnå en besparelse for anlæggets eget energiforbrug på ca. 40 – 50 % i forhold til et normalt opbygget anlæg. Besparelsen opnås ved filter og varmeveksler med mindre strømningsmodstande, ventilator med større virkningsgrad, energisparemotor, bøjninger med større radius, kanaler af plast i stedet for stål, samt en vis omlægning af kanaler og komponenter for at begrænse systemtab. Praktiske fysiske forhold sætter en begrænsning for, hvor stor besparelse der kan opnås.

Luftskiftet kan typisk nedbringes 50 % eller mere. Energiforbruget til opvarmning af erstatningsluft falder ligeledes med 50 %.

Besparelsen i anlæggets eget energiforbrug afhænger af, hvorledes der reguleres. Hvis der er tale om ren tidsregulering, dvs. "tænd/sluk" af hele anlægget er besparelsen 50 %. Hvis der er tale om en begrænsning af volumenstrømmen, og dermed lufthastigheden, fordelt ligeligt på alle udsugningssteder kan man antage en besparelse i 3^{die} potens, dvs. besparelsen bliver 87,5 %, idet energiforbruget nedbringes til 1/8 hvis volumenstrømmen halveres. I praksis vil man have en kombination af de nævnte yderpunkter, dvs. nogle sugesteder vil tændes/slukkes og andre reguleres ned. Når luftskiftet mindskes væsentligt må anlæggets virkningsgrad yderligere antages at falde noget, som følge af at motor, ventilator og transmission noget af tiden vil arbejde i et dårligere virkningsgradsområde, men som et realistisk eksempel kan man regne med en besparelse på 75%. Sammenholdt med de 40 % besparelse fra optimering af anlægget bruger anlægget 15 % af det oprindelige eget energiforbrug.

Tabel 10.2 Oversigt over besparelser i procenter. Procenterne kan ikke uden videre adderes.

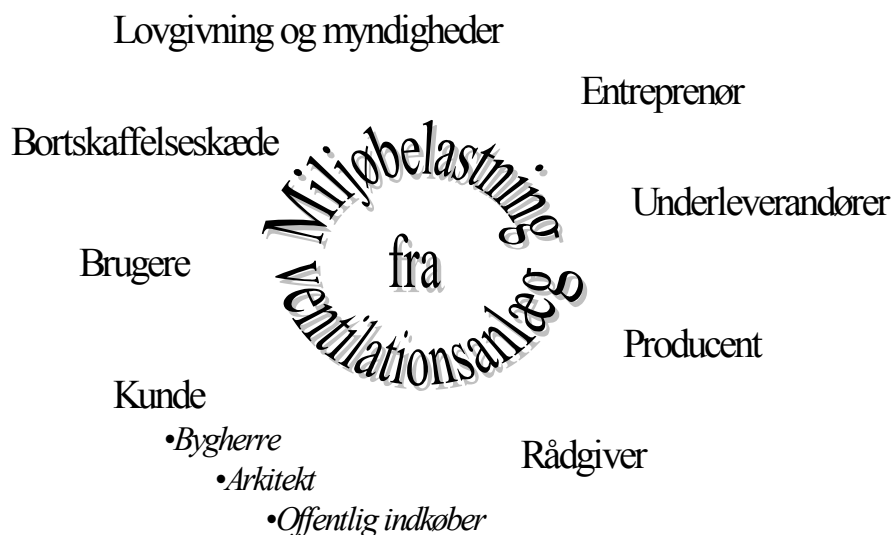
Funktion	Antaget besparelse
Minimere anlæggets tryktab	40 % el
Anvend energisparemotor og ventilator	5 – 15 % el
Tænd/sluk funktion	50 % el, 50 % varme
Behovsstyring, dvs. begrænsning af volumenstrømmen fordelt ligeligt på alle udsugningssteder	87,5 % el, 50 % varme

10.9 Forretningsmæssig vurdering

De identificerede forbedringspotentialer kan i praksis kun forventes udført, hvis de ikke koster for meget. Der er derfor gennemført en forretningsmæssig vurdering af de væsentligste forbedringspotentialer.

Aktørernes rolle

Der er en række forskellige aktører, som har indflydelse på miljøpåvirkningerne fra ventilationsanlæg. Nedenfor gives et skematisk overblik over disse. En økonomisk vurdering af de skitserede løsninger gives i afsnittet "Teknisk forretningsmæssig vurdering".



Figur 10.6 Aktørerne i miljøbelastningen fra et ventilationsanlæg

Producenter, underleverandører og entreprenører

Denne gruppe af aktører omfatter producenter og underleverandører af ventilationsmateriel (delkomponenter) samt entreprenører, dvs. konstruktører og byggere af ventilationsanlæg. Deres muligheder for reduktion af miljøbelastningen er primært ved udvikling af mere effektive ventilatorer samt ved valg af materialer og komponenter. Eksempelvis er der mulighed for at designe og fremstille materiel med bedre virkningsgrad, lavere energiforbrug og så de er adskillelsesvenlige i forbindelse med bortskaffelse.

Inden for ventilatorer foregår en stadig udvikling mod mere effektive ventilatorer og den generelle tendens går også mod udvikling af elektronisk regulering af ventilation efter behov. Entreprenører inden for ventilation har inden for kundens økonomiske rammer mulighed for at vælge energibesparende reguleringsløsninger, vælge de mere effektive motorer og ventilatorer, vælge kanaler (plastkanaler) med mindre tab og som anvender færre sparsomme ressourcer, samt konstruere ventilationsanlægget så tabsfrit som muligt. Anskaffelsespri-

sen for materiel til disse løsninger er gennemgående højere end for "standardløsninger" og prisen må afvejes mod økonomiske fordele eller stillede krav fra kunde og myndigheder. Generelt vil entreprenører næppe lægge vægt på miljøforbedrende løsninger medmindre kundekrav eller forventninger om kundekrav berettiger det.

Kunder, rådgiver og bruger

Kunderne spiller en væsentlig rolle, da de har mulighed for at efterspørge energibesparende og miljørigtige løsninger. Kunderne er altovervejende professionelle og kan inddeles i offentlige og private kunder. Kundens valg er overordnet et prisspørgsmål og et spørgsmål om tilbagebetalingstid. Som diskuteret i næste afsnit om forretningsmæssige muligheder har de private kunder bedre mulighed end de offentlige for at disponere økonomisk og kan derfor bedre afveje ekstra investeringsomkostninger mod besparelser i driften. Hvis sådanne afvejninger skal foretages af offentlige kunder skal det som regel indgå allerede i licitationsspecifikationen for et ventilationsanlæg. Kunderne kan f.eks. informeres via oplysningskampagner i relevante fagtidsskrifter samt elsparevejledning m.m. Kunderne bør forlange energiberegning så forbruget i driftsfasen bliver defineret i relation til investeringsomkostningerne. Kunderne kan/bør også stille krav til producenterne om f.eks. indholdet af begrænsede ressourcer i komponenter, dvs. efterspørge alternative materialer. Dette gælder især ventilationsanlæggets kanalsystem. Ligeledes bør kunderne efterspørge alternative koncepter, som er dokumenteret mere energibesparende. Naturlig ventilation med varmegenvinding kan f.eks. være en god idé, hvorimod naturlig ventilation uden varmegenvinding faktisk er mere energiforbrugende end balanceret ventilation. Rådgiverne spiller en stor rolle i forbindelse med vejledning af kunderne mht. til projektering af miljørigtige ventilationsanlæg. De har også indirekte en rolle i forbindelse med f.eks. energi-/miljørigtig dimensionering af anlæg, rådgivning af myndigheder mht. love og reguleringer, samt udarbejdelse af eksempelvis rapporter, som lovgivning henholder sig til. Brugernes accept og forståelse af reguleringssystemer inden for ventilation er desuden meget væsentlig.

Bortskaffelseskæde

Ventilationsanlæg er en produkttype som normalt vil blive ophugget med henblik på genvinding efter endt brug. Nogle forhold bør dog have opmærksomhed: Elektronik, dvs. styring og regulering, bør sendes til genvinding hos virksomheder som er specialiseret i elektronikgenvinding. I et forslag til EU-direktiv stilles krav om genvinding af mindst 80% af elektronik generelt inden år 2006. Elektromotorer bør genvindes via virksomheder, som er specialiserede i at udvinde kobber af elmotorer, da tabet af kobber kan være stort ved traditionel genvinding via shredder, idet kobber vindingerne har tendens til at blive viklet ind i jernet. Isoleringsmaterialer bør være lette at fjerne fra stål- eller plastkanaler, så materialerne kan genvindes hver for sig. Korrekt håndtering af de påpegede forhold kan f.eks. sikres ved tydelig information på de pågældende komponenter samt ved information, både specifikt for produktet og generelt.

Lovgivere og myndigheder

Lovgivere og myndigheder har muligheder for at påvirke ved at vedtage og forvalte love, vejledninger og reguleringer, som stimulerer miljørigtige løsninger. Tilskudsordninger er ligeledes en foranstaltning som kan fremme energibesparende tiltag. Ventilationsanlæg er omfattet af bygningsreglementet som stiller krav til at energiforbrug og effektbehov begrænses under hensyntagen til ventilationsanlæggets udformning og anvendelse, herunder krav til ventilationens kapacitet. Bygningsreglementets krav er minimumskrav, som ret let kan opfyldes ved en rimelig fornuftig dimensionering og simpel styring af anlægget. Dette kan f.eks. ske ved at følge de metoder og vejledninger, der er angivet i SBI-anvisning 188: Ventilationsanlæg med lavt elforbrug. De skitserede løsninger i denne håndbog rækker ud over Bygningsreglementets minimumskrav. Det anses for usandsynligt, at der fremover stilles specifikke miljøkrav til den enkelte underleverandør, f.eks. af kanaler (zinkoverflade) eller motorer (effektivitet og kobberindhold). Der er tilsyneladende ingen standarder for brandisolering af plastkanaler til ventilationsformål, hvilket gør brandmyndighedernes godkendelse af sådanne kanaler til et usikkerhedsmoment.

Forretningsmæssige muligheder

Da kunderne anses for at være den primære aktør for udbredelse af energi-/miljøvenlige ventilationsanlæg er kundernes holdninger undersøgt. Ca. 10 betydende repræsentanter for kunderne blev udvalgt og opdelt i privat og offentlig virksomhed og undersøgelsen blev foretaget ved hjælp af spørgeskemaer og eventuelt opfølgende telefoninterview.

De private virksomheder er generelt positive for at vælge et miljørigtigt anlæg. Svaret er mest økonomisk begrundet, men for enkelte virksomheder tillige imagemæssigt. Acceptable tilbagebetalingstider varierer fra 1-2 år og op til 3 år. Hvis virksomhederne vælger et miljørigtigt anlæg er de villige til at betale 5 – 20 % ekstra. Virksomhederne kan stille noget, men ikke meget, ekstra plads til rådighed.

For de offentlige virksomheder er billedet mere blandet. For nogle offentlige virksomheder ligner billedet det ovenfor beskrevne billede for private virksomheder. Disse offentlige virksomheder ligger inden for hospitalssektoren, og har muligvis bedre mulighed for at disponere økonomisk end andre offentlige virksomheder, måske over et samlet drift/anlægsbudget. En repræsentant for de øvrige offentlige virksomheder er et universitet (DTU), som påpegede at det i offentligt udbud, hvortil store ventilationsanlæg hører, altid er laveste pris der gælder, og at man derfor ikke har mulighed for at overveje en merpris for et miljørigtigt ventilationsanlæg, selvom det kan begrundes økonomisk over driften. Miljørigtige løsninger skal tænkes ind i specifikationskravene til licitationsudbudet, men tilbagebetalingstiden vil være meget kort (1-2 år), og i reglen har den slags forslag det med at glide ud til fordel for løsninger som kun overholder myndighedernes minimumskrav, da det offentlige altid mangler penge i deres budgetter, og derfor er tilbøjelige til at tænke i kortsigtede billige løsninger, frem for i langsigtede besparende. Repræsentanten for DTU mener at dette billede er generelt for offentlig virksomhed, i alt fald når der er tale om skoler og universiteter.

Teknisk forretningsmæssig vurdering

På baggrund af kundernes udtalelser om deres villighed til at investere er der foretaget en teknisk forretningsmæssig vurdering af løsningsmulighederne beskrevet i forrige kapitel og deres besparingspotentialer.

Der er taget udgangspunkt i, at kunderne er villige til at yde en mer-investering på 15 % i forhold til et "normalanlæg", hvis denne mer-investering kan tilbagebetales over højst 2 år.

Et "normalanlæg" er defineret som et traditionelt fornuftigt dimensioneret ventilationsanlæg, som overholder lovens krav med hensyn til energiforbrug for komfortanlæg. Der er selvfølgelig væsentlige variationer af normalanlæg med hensyn til udførelse af kanalsystem og behov for armaturer, men generelt vil normalanlægget være bestemt ved:

Et normalanlæg er et balanceret ventilations anlæg (indblæsning og udsugning) med varmegenvinding, temperaturregulering og med manuel start/stop funktion.

I forhold til oplyste generelle nøgletal (tommelfingerregler) fra Semco med hensyn til investeringspris per m³/h for et "normalanlæg" svarer mer-investeringen 15 % til:

- lille anlæg: ca. 35.000 kr.
- mellemstort anlæg: ca. 80.000 kr.
- stort anlæg: ca. 125.000 kr.

Et realistisk besparelspotentiale ved behovsregulering og nedbringelse af tab er 50 % varme og 87,5 % el. Hvis virksomhedernes energipriser sættes til 1 kr/kWh for el. og 3 – 6 kr/l for olie (afhængig af afgift) kan den årlige energibesparelse beregnes til 34.000 – 40.500 kr for et lille anlæg og 141.000 – 164.000 for et stort, forudsat at anlæggende kører 24 timer i døgnet. I begge tilfælde kan tilbagebetalingen altså nås inden for 1 år, hvis man udnytter det fulde energibesparelspotentiale. I f.eks. skoler og kontorer er der ikke behov for 24 timers drift, men snarere om 8 timer, så her er en tilbagebetalingstid på 2-3 år mere realistisk. For-

ventning om fremtidige stigende energipriser kan dog be-
gunstige investeringen.

De væsentligste tekniske løsningsmuligheder er økonomisk
vurderet i nedenstående skema.

Tabel 10.3 Økonomisk vurdering af forskellige tekniske
løsninger

Teknisk løsning	Økonomisk vurdering
Behovstyring/-regulering Tænd/sluk	Automatisk start/stop eller omkobling af ventilspjæld kan etableres med god økonomisk effekt
Regulering af volumenstrøm	Standardløsninger af f.eks. CO2 regulering, udbygget temperaturregulering og bevægefølere samt samti- dighedsdimensionering af anlæg er mulig med som regel meget god økonomisk effekt
Minimere tab Kanaler, enkeltmodstande og system- tab	Muligt inden for 10-15 % merinvestering, men skal holdes op mod, om bedre resultater kan opnås ved styring eller regulering
Motorer og ventilatorer	Energispare motorer og ventilatorer koster ikke ret meget ekstra og indgår derfor ofte i moderne ventila- tionsanlæg. Er især vigtigt ved mindre anlæg.
Effektivisere varmegenvinding	Roterende varmeveksler koster ikke væsentlig mere end f.eks. krydsvarmeveksler, men der kan være risiko for, at partikler, kemikalier, bakterier o.lign. fra ud- sugning overføres til indblæsning
Udskifte materialer (begrænsede ressourcer)	Substitution af f.eks. galvaniseret stål med plast kan næppe holdes inden for 15 % merinvestering hvis man samtidig ønsker energibesparelse og kræver derfor større investeringsvilje.
Andre koncepter Naturlig ventilation med varmegenvin- ding	Kræver normalt understøtning af mekaniske ventila- tion eller f.eks. "solvæg" i varme perioder for at sikre et acceptabelt luftskifte og vurderes derfor at føre til en dyrere løsning, som antageligt kræver investerings- vilje ud over de 15 %. Økonomien må dog vurderes i det enkelte tilfælde. Energieffektiviteten kan regnes som et veloptimeret balanceret anlæg.

10.10 Retningslinier og anbefalinger

Det kan konkluderes, at en indsats for miljøforbedring især skal koncentrere sig om at nedbringe energiforbruget under drift, hvor især behovsstyring er vigtig. Sekundært kan man overveje at undersøge alternative materialer til rustfri og galvaniserede stålkanaler, som indebærer et mindre forbrug af sparsomme ressourcer og om muligt mindre persistent toksicitetsbelastning. Det er dog vigtigt at substitution af materialet ikke medfører øget energiforbrug under drift. Plastkanaler synes at være en mulighed som bør undersøges, da disse har et mindre strømningstab end stålkanaler, og fremstilles af ressourcer med lavere vægtning.

De forskellige aktører har forskellige handlemuligheder og følgende fokuspunkter bør altid overvejes:

Producenter, underleverandører og entreprenører

1. Kan plastkanaler anvendes frem for galvaniseret stål eller rustfrit stål?
2. PVC anvendes ikke?
3. Bromerede flammehæmmere anvendes ikke i f.eks. plastkanaler?
4. Er anlæggets enkelte komponenter let identificerbare med henblik på genvinding?
5. Kan de let adskilles så f.eks. mineraluld og kanaler kan indsamles?
6. Er ventilatorens virkningsgrad med motor større end 80%? 70%? 60%? 50%? (jo højere, jo bedre)
7. Er anlægget forberedt så eventuel senere tilslutning af behovsstyring nemt kan ske?
8. Er anlægget forberedt så eventuel senere tilslutning af varmegenvinding kan ske?

Kunder og rådgivere

1. Er behovsregulering medtaget i projektet fra starten?
2. Er der udarbejdet undersøgelse af brugsmønstre således at behovsregulering og samtidighedsdimensionering kan optimeres?

3. Er driftsudgifter og energiberegninger for driftsfasen inkluderet i udbudsmaterialet og øvrige beslutningsgrundlag?
4. Er der sørget for at effektbehovet som minimum ikke overstiger kravene i bygningsreglementet?
5. Anvendes energisparemotorer og -ventilatorer?
6. Er der taget pladsmæssige hensyn til og krav om hensigtsmæssig lay out og dimensionering af anlægget for at minimere tryktab?
7. Er der sørget for driftsmæssig kontrol af anlægget, f.eks. tryktab over filtre?

Andre

1. Er der etableret krav for brandisolering af plastkanaler?
2. Er der etableret effektive indsamlingsordninger for plast og elektronisk affald?

11 www henvisninger

11.1 Hvor kan jeg finde mere om produktorienteret miljøarbejde

I det følgende gives en samlet oversigt over de henvisninger til internet adresser, som findes i de indledende kapitler samt under enkelte af produktfamilierne. Desuden er suppleret med www henvisninger, hvor man kan finde oplysninger og links om livscyklusaktiviteter og –netværk i Danmark.

Indledende kapitler

www.mst.dk

Er Miljøstyrelsens hjemmeside. Her findes bl.a. arbejdsrapporterne udarbejdet i forbindelse med produktfamilie projektet:

- Miljøvurdering af Belysning
- Miljøvurdering af Ekspansionsventil
- Miljøvurdering af Mobiltelefon
- Miljøvurdering af Støvsuger
- Miljøvurdering af Ventilation

Mere om livscyklusvurdering

www.mst.dk

Under Produkter og Industri findes oplysninger om udviklingen i Danmark inden for Renere Produkter, miljømærkning og Livscyklusvurdering, herunder bl.a.:

- Mere om livscyklusvurdering
- Værktøjer til at komme i gang med livscyklustankegangen
- UMIP – udvikling af miljøvenlige industriprodukter
- Nyhedsbrevet LCA-nyt

www.netop-lca.dk

Giver overblik over LCA-arbejdet og LCA-værktøjer. Netop-LCA-dk er et tilbud til alle typer fremstillings- virksomheder i alle brancher. Miljøstyrelsen og DI tilbyder i samarbejde med RAMBØLL og COWI deltagelse i netværksgrupper om produktorienteret miljøarbejde og LCA.

Belysning

http://europa.eu.int/eurlex/da/com/dat/2000/da_500PC0347_01.html

Forslag til Europa-Parlamentets og Raadets direktiv om affald af elektrisk og elektronisk udstyr. Et endnu (ultimo 2001) ikke godkendt EU-direktiv om håndteringen af sådanne produkter, hvoraf det fremgår at 60-80% af elektronik skal indsamles og genvindes i år 2006 (500PC0347(01)).

http://europa.eu.int/comm/enterprise/electr_equipment/eee/index.htm

Forslag til endnu et EU-direktiv, det såkaldte EEE-direktiv, i hvilket der bl.a. stilles krav til producenter af elektronisk udstyr, om at miljøvurdere produkter i produktudviklingen for at skabe en balance mellem økonomiske, tekniske og miljømæssige aspekter. Direktivet foreligger marts 2001 endnu som et foreløbigt forslag.

Mobiltelefon

www.ise.fhg.de

Er det tyske Fraunhofer instituts hjemmeside. Følg her løbende med i udviklingen inden for alternative batterier.

<http://www.MST.DK/udgiv/Publikationer/2001/87-7944-378-8/html/default.htm>

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 2, 2001 Miljøspecifikationer for elektroniske tele- og dataprodukter.

http://europa.eu.int/eur-lex/en/com/dat/2000/en_500PC0347_02.html).

Undgå eller reducer brugen af materialer, komponenter, printkort m.m. som indeholder stoffer, der forventes udfaset iht. kommende EU direktiv. Disse stoffer er bly, kviksølv, cadmium, hexavalent chrom og visse bromerede flamme-hæmmere (PBB and PBDE).

Støvsuger

http://europa.eu.int/comm/enterprise/electr_equipment/eee/index.htm

EU (2001): Environmentally-friendly electrical and electronic equipment – proposal for an EEE Directive

www.nesa.dk,

NESA (2001): Apparatliste, NESA, København

12 Litteratur

Kapitel 5, Hvordan Miljøvurderes produkter

DS-håndbog 126. Livscyklusvurderinger – en kommenteret oversættelse af ISO 14040 til 14043. Dansk Standard, 2001.

Frees, N. & Pedersen, M. A. UMIP enhedsprocesdatabase, Miljøstyrelsen, 1996.

Hauschild, red.: Baggrund for miljøvurdering af produkter. Miljøstyrelsen & Dansk Industri 1996.

Olesen J. & Hauschild M.: Miljøhensyn i produktudvikling. (Pjece), Institutet for Produktudvikling, Sektionen for Konstruktionsteknik, 1998.

Pedersen M.A.P. Brugermanual til UMIP-PC-værktøj (beta-version). Miljøstyrelsen, 1998.

Pommer K., Bech P., Wenzel, H., Caspersen N. & Olsen S.I.
Håndbog i miljøvurdering af produkter – en enkel metode. Miljøstyrelsen, Miljønyt nr. 58, 2001

Schmidt K., Christensen F. M., Juul L., Øllgaard H., Nielsen C. B. Håndbog i produktorienteret miljøarbejde. Miljøstyrelsen, Miljønyt nr. 53, 2000.

Wenzel, H., Hauschild, M. & Rasmussen, E.: Miljøvurdering af Produkter, UMIP publikation, Miljøstyrelsen og Dansk Industri, 1996.

Wenzel H., Caspersen N., Schmidt A. & Hauschild M. Product Life Cycle Check., - guide. 1st draft. Institutet for Produktudvikling, 2000.

Kapitel 6, Belysning

BPS, 2000: Lysstyring. BPS publikation nr. 132. Byggecentrum, Hørsholm, februar 2000.

DS 700: Kunstig belysning i arbejdslokaler. 5. udgave Godkendt 1997-10-29.

ISO (1997). Standard 14040: Environmental management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework. ISO.

ISO (1998a). Standard 14041: Environmental management – Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definition and Inventory Analyses. ISO.

ISO (1998b). Standard 14042: Environmental management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment, draft. ISO.

Klausen, J., 2000: Personlig kommunikation med Jørgen Klausen, Lysteknisk Selskab.

Kapitel 7, Ekspansionsventil

UMIP PC – Værktøj, Version 2.11 beta, Miljøstyrelsen, 1999.

Wenzel, H., Hauschild, M. & Rasmussen, E.: Miljøvurdering af Produkter, UMIP publikation, Miljøstyrelsen, 1996.

Wenzel, H., Hauschild, M. & Alting, L: Environmental Assessment of Products, Volume 1:Methodology, tools and case studies in product development, Chapman & Hall, 1997.

Hauschild, M. & Wenzel, H.: Environmental Assessment of Products, Volume 2: Scientific background, Chapman & Hall, 1998

Danfoss katalog RK.00.H5.01, juni 1996

Caspersen, N. Personlig kommunikation, IPU maj 1999

Frees, N. & Pedersen, M. A. UMIP enhedsprocesdatabase, UMIP publikation, Miljøstyrelsen, 1996.

ISO 14040:1997 Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework

ISO 14041:1998 Environmental management -- Life cycle assessment -- Goal and scope definition and inventory analysis

ISO/DIS 14042, 1998, Environmental management -- Life cycle assessment -- Life cycle impact assessment

ISO/DIS 14043, 1998, Environmental management -- Life cycle assessment -- Life cycle interpretation

Frivillig miljøgodkendelse i henhold til miljøbeskyttelseslovens kapitel 5, §38 til udledning af rensset industrispildevand til Lillebælt fra Danfoss A/S, Nordborg. Miljøgodkendelse meddelt af Sønderjyllands amt den 12. september 1995.

Kjøng, L.B., Danfoss A/S; Nordborg. Personlig Kommunikation

Philips Components: Life cycle assessment of passive components, 1998.

Gabel, H.J., Danfoss A/S; Nordborg. Personlig Kommunikation

Bekendtgørelse om håndtering af affald af elektriske og elektroniske produkter. BEK nr 1067 af 22/12/1998

"WEEE3" Draft proposal of 05.07.1999 for a EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL DIRECTIVE on Waste Electrical and Electronic Equipment amending Directive 76/769/EEC being circulated to other directorates for approval before it can be published.

Teknologikatalog – energibesparelser i erhvervslivet, Miljø- og Energiministeriet, 1995

Teknologikatalog – energibesparelser i boligsektoren, Miljø- og Energiministeriet, 1996

Kjøng-Rasmussen, Lars, Danfoss A/S: ”Praktiske anvendelsesmuligheder for nyt ekspansionsventilprincip set i forhold til eksisterende”, foredrag ved afholdt ved Danske Køledage 2000.

BSRIA, Technical Note TN 16/2000: ”Energy efficient chiller control”

Danfoss A/S: Kundespecifikationer fra førende globale OEM kunder, besøgsrapporter – fortroligt materiale, ikke tilgængeligt

Danfoss A/S: Interne marketingsrapporter / konsulentrapporter- fortroligt materiale, ikke tilgængeligt.

Kapitel 8, Mobiltelefon

ISO 14040:1997 Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework

ISO 14041:1998 Environmental management -- Life cycle assessment -- Goal and scope definition and inventory analysis

ISO 14042, 2000, Environmental management -- Life cycle assessment -- Life cycle impact assessment

ISO 14043, 2000, Environmental management -- Life cycle assessment -- Life cycle interpretation

Wenzel, H., Hauschild, M. & Alting, L: Environmental Assessment of Products, Volume 1:Methodology, tools and case studies in product development, Chapman & Hall, 1997.

UMIP PC – Værktøj, Version 2.11 beta, Miljøstyrelsen, 1999.

Jensen, M. S. & A. Petersen, 1999, Life Cycle Assessment of Power Supplies for Mobile Phones. Master Thesis conducted at The Department of Manufacturing Engineering, Technical University of Denmark.

"WEEE3" Draft proposal of 05.07.1999 for a EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL DIRECTIVE on Waste Electrical and Electronic Equipment amending Directive 76/769/EEC being circulated to other directorates for approval before it can be published.

Eurostat (1996): Environment statistics, 1996, tabel 7.2.4.

Frees, N. & Pedersen, M. A. UMIP enhedsprocedatbase, UMIP publikation, Miljøstyrelsen, 1996.

Pedersen, C. S. : Elektronik Affald Kvantitativ Analyse og Miljøforhold, Master Thesis conducted at Chemical Laboratory A, Technical University of Denmark. (1993)

Philips Components: Life cycle assessment of passive components, 1998.

Ullmann, 1986. Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry, 5th ed. 1986, Weinheim, Germany, VCH

Andersen, K. O.: Metallurgi for ingeniører, Akademisk Forlag, 5th ed. 1984 (In Danish)

Caspersen, N., Institutet for Produktudvikling, Personlig kommunikation, 1999

Bruch, K. H.et. al. : Sachbilanz einer Ökobilanz der Kupfererzeugung und -verarbeitung, Metall, 49, No 5, pp. 318-324, 1995

Bekendtgørelse om håndtering af affald af elektriske og elektroniske produkter. BEK nr. 1067 af 22/12/1998

Telital R&D Denmark, Jan Krogh, Personlig kommunikation, 2000.

Telital R&D Denmark, Steve Petersen, Personlig kommunikation, 2000.

Olsen, S. I., Institutet for Produktudvikling, Personlig kommunikation, 2000

Telital R&D Denmark, Keld Roed, Personlig kommunikation, 2001.

Kapitel 9, Støvsuger

Støvsuger Dannheim, F.: Personlig kommunikation, TU-Darmstadt, 1998

Erichsen, H.: Personlig kommunikation, DTU, 1999

EU: Draft proposal for European Parliament and Council Directive on Waste Electrical and Electronic Equipment, EU 1999.

EU: Environmentally-friendly electrical and electronic equipment – proposal for an EEE Directive, EU 2001.

Eurostat: Energy Balance Sheets 1994-95, Eurostat, 1997

Frees, N. & Pedersen, M. A.: UMIP enhedsprocesdatabase, UMIP publikation, Miljøstyrelsen, 1996.

Forbrugerstyrelsen: Råd & Resultater no. 5/98 s. 22, København, 1998.

Gydesen et. al.: Renere teknologi på energiområdet, Miljøprojekt nr. 138, Miljøstyrelsen, København 1990.

Hauschild, M. & Wenzel, H.: Environmental Assessment of Products, Volume 2: Scientific background, Chapman & Hall, 1998.

Hermansen, P. R.: Bortskaffelse af elektroniske produkter samt miljøvurdering af en Nilfisk GM 400 støvsuger, Eksamensprojekt, DTU, Lyngby 1999.

ISO 14040: Environmental management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework, ISO 1997.

ISO 14041: Environmental management – Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definition and Inventory Analysis, ISO 1998a.

ISO 14042: Environmental management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment, draft, ISO 1998b.

Larsen, P.N.: Personlig kommunikation, NKT research, 1999.

Knudsen K., Holst J. Correll H. & Krage C.: Livscykluscheck af Nilfisk –Advance CDB 3050. Intern rapport. Kursus 80494 Bæredygtig Produktion, vejleder Henrik Wenzel, Institut for Produktion og Ledelse, DTU, 2001.

Nyeng H. Sørensen E.L., Mikkelsen H. N. & Jacobsen M. Analyse af miljøegenskaber og forslag til miljøforbedringer af en Nilfisk GB-510 støvsuger. Intern rapport. Kursus 80494 Bæredygtig Produktion, vejleder Henrik Wenzel, Institut for Produktion og Ledelse, DTU, 2001.

Kapitel 10, Ventilation

Miljøstyrelsen (1999). UMIP PC-værktøj, version 2.11 beta. Miljøstyrelsen, København.

Andersen, K.T. (1998). Dimensionering af naturlig ventilation ved termisk opdrift. SBI-anvisning 301. Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm.

Energistyrelsen (1998). Naturlig ventilation med varmegenvinding og solassistance. Forprojekt, j.nr. 1213/98-0025. Energistyrelsen, København.

Erichsen, H. (1999). Personlig kommunikation. DTU, Lyngby.

Eurostat (1997). Energy Balance Sheets 1994-95, Eurostat, Luxembourg.

Frees, N. og Pedersen, M. A. (1996). UMIP enhedsproces-database. UMIP publikation. Miljøstyrelsen, København.

Frees, N. og Weidema, B.P. (1998). Life Cycle Assessment of Packaging Systems for Beer and Soft Drinks, Energy and Transport Scenarios. Miljøprojekt nr. 406. Miljøstyrelsen, København.

Gydesen et.al. (1990). Renere teknologi på energiområdet. Miljøprojekt nr. 138. Miljøstyrelsen, København.

ISO (1997). Standard 14040: Environmental management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework. ISO.

ISO (1998a). Standard 14041: Environmental management – Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definition and Inventory Analyses. ISO.

ISO (1998b). Standard 14042: Environmental management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment, draft. ISO.

Larsen, I. (1999). Personlig kommunikation. SEMCO, Brøndby.

Miljøstyrelsen (1996). Informationssystemet om Renere Teknologi (Rentek). Miljøstyrelsen, København.

Miljøstyrelsen (1996). Brancheanalyse beton – renere teknologi ved betonfremstilling. Arbejdsrapport nr. 42/1995. Miljøstyrelsen, København.

Miljøstyrelsen (1999). UMIP PC-værktøj, version 2.11 beta. Miljøstyrelsen, København.

Mølgaard, C. (1995). Environmental Analyses of disposal of plastics waste. Ph.D. afhandling. Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby.

Olufsen, P. (1995). Ventilationsanlæg med lavt energiforbrug. SBI-anvisning 188. Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm.

Wenzel, H., Hauschild, M. og Rasmussen, E. (1996a). Miljøvurdering af Produkter. UMIP publikation. Miljøstyrelsen, København.

Wenzel, H., redaktør (1996b). Miljøvurdering i produktudvikling – 5 eksempler. UMIP publikation. Miljøstyrelsen, København.

Miljøstyrelsen: UMIP PC-værktøj, version 2.11 beta, Miljøstyrelsen, 1999.

Mortensen, A-L.: Personlig kommunikation, Brdr. Hartmann, 1994.

Mølgaard, C.: Environmental Analyses of disposal of plastics waste, Ph.D. afhandling, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby 1995

Olufsen, P. (1995). Ventilationsanlæg med lavt energiforbrug. SBI-anvisning 188. Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm.

Poulsen, T. R.: Personlig kommunikation, Nilfisk, 1999.

Villumsen, H.: Personlig kommunikation, Nilfisk, 1999.

Wenzel, H., Hauschild, M. og Rasmussen, E.: Miljøvurdering af Produkter, UMIP publikation, Miljøstyrelsen, 1996a.

Wenzel, H., redaktør: Miljøvurdering i produktudvikling – 5 eksempler, UMIP publikation, Miljøstyrelsen, 1996b.