

Miljøprojekt nr. 338

1996

Miljøvenlige komfurer og ovne



Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**

Miljøprojekt

- Nr. 236: Renere teknologi ved affedtning af aluminium
- Nr. 237: PVC-holdige produkter i den grafiske branche
- Nr. 238: Komposteringsanlæg Århus Nord
- Nr. 239: Renere teknologi i den nordjyske fiskeindustri
- Nr. 240: Evaluering af Det Nordjyske Rammeprogram for Renere Teknologi
- Nr. 241: Differentierede renovationsgebyrer
- Nr. 242: Grøn, statslig indkøbspolitik
- Nr. 243: Planteplankton - økologi
- Nr. 244: Miljøvurderinger og substitutionsovervejelser
- Nr. 245: Tilslutning af industrispildevand til kommunale renseanlæg
- Nr. 246: Ozonlagsnedbrydende stoffer - forbrug i 1992
- Nr. 247: Principper for fastsættelse af jordkvalitetskriterier
- Nr. 248: Klorparaffiner i Danmark
- Nr. 249: Emission af dioxiner fra pejse og brændeovne
- Nr. 250: Økotoksikologiske kvalitetskriterier for overfladevand
- Nr. 251: Phytoplankton - Ecology
- Nr. 252: Emballagevalg og affaldsproduktion på sygehuse
- Nr. 253: Miljørigtig projektering
- Nr. 254: Ecotoxicological Evaluation of Industrial Wastewater
- Nr. 255: Fældningskemikaliers indhold af miljøfremmede stoffer
- Nr. 256: Mikrobiologiske bekæmpelsesmidler
- Nr. 257: Produktion og miljøforhold i papirindustrien
- Nr. 258: Dyrkningsforsøg med kompost 1989-1993
- Nr. 259: Vandforbrug i fremstillingsindustrien
- Nr. 260: Industrispildevands miljøfarlighed
- Nr. 261: Ozonlagsnedbrydende stoffer - forbrug i 1993
- Nr. 262: Rensemaskine med kulbrinter
- Nr. 263: Grøn indkøbspolitik i amter og kommuner
- Nr. 264: Dagrenovation fra private husholdninger
- Nr. 265: Vægtafhængig dagrenovation - Tinglev Kommune
- Nr. 266: Blæserensning og korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner
- Nr. 267: Renere teknologi i malteri-, bryggeri- og mineralvandsindustrien
- Nr. 268: Kortlægning af ressourcehåndtering i tekstil vådbehandling
- Nr. 269: Miljøbelastning fra affaldsbehandlingsanlæg
- Nr. 270: Genetisk modificerede herbicidresistente planter
- Nr. 271: Rengøringsfunktionen på sygehuse
- Nr. 272: Kliniske engangsartiklers miljøbelastning
- Nr. 273: Røntgenfunktionens miljøbelastning
- Nr. 274: Miljøfarlige kemikalier på sygehuslaboratorier
- Nr. 275: Ånære arealers samspil med vandløb
- Nr. 276: Demonstrationsejendomme for bedre udnyttelse af husdyrgødning
- Nr. 277: Genetically Modified Animals
- Nr. 278: Miljøfremmede stoffer i renseanlæg
- Nr. 279: Renere teknologi i Grenås industri
- Nr. 280: Bortskaffelse af elektronikprodukter
- Nr. 281: Miljøprioritering af industriprodukter
- Nr. 282: Neurotoxicology
- Nr. 283: Ammoniakfordampning fra landbruget
- Nr. 284: Indsatsområder for renere teknologi i den grafiske branche
- Nr. 285: Traffic PAH and Other Mutagens in Air in Denmark
- Nr. 286: TIC-nettets indsats for renere teknologi i mindre virksomheder
- Nr. 287: Miljøvurdering af EVOH og EVA
- Nr. 288: Miljøvurdering af LLDPE
- Nr. 289: Electronics and the Environment
- Nr. 290: Male Reproductive Health and Environmental Chemicals with Estrogenic Effects
- Nr. 291: Introduktion til miljøvurdering af elektronikprodukter
- Nr. 292: Mandlig reproduktion og kemiske stoffer med østrogenlignende effekter

Miljøprojekt nr. 338

1996

Miljøvenlige komfurer og ovne

Anders Schmidt
Birgitte Holm Christensen
Allan Astrup Jensen

dk-TEKNIK

Rapporten er udarbejdet med tilskud fra Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologi.

Det skal bemærkes, at de fremsatte synspunkter ikke nødvendigvis deles af Rådet eller Miljøstyrelsen.

Indholdsfortegnelse

Sammenfatning 9

Summary 11

1 Komfurer og ovne 13

2 Markedsoversigt 15

2.1 Diskussion af markedsudviklingen 15

2.1.1 Forholdet mellem keramiske plader og masseplader 16

3 Anbefalinger 19

3.1 Optimeringsmuligheder 19

3.1.1 Materialeoptimering 19

3.1.2 Energioptimering 21

3.1.3 Miljøoptimering - Økologisk råderum 24

3.1.4 Sundhedsoptimering 26

3.2 Produktudviklerens rolle 26

3.2.1 Energiforbrug 27

3.2.2 Materialevalg 29

3.3 Forhandlerens rolle 34

3.4 Forbrugerens rolle 34

3.4.1 Forbrugerens valg af komfur 35

3.4.2 Forbrugerens adfærd 36

4 Miljøtemaer og kogemøbler 39

5 Råvareforbrug 41

5.1 Produktion af råvarer 41

5.2 Materialesammensætningen af salget i 1994 41

5.3 Analyse af forskellige muligheder 42

5.3.1 Valg af kogepladeteknologi 43

5.3.2 Opdeling i ovn og kogeplader 44

5.3.3 Ovnrummets størrelse 44

5.3.4 Ovn med varmluft og grill 45

5.3.5 Sammenbygget ovn og mikrobølgeovn 45

5.3.6 Sammenbygget emhætte og mikrobølgeovn 45

5.4 Færdigvareproduktion 45

5.5 Brugsfasen 46

5.6 Bortskaffelsesfasen 46

5.7 Opsummering 50

6 Energiforbrug 53

6.1 Produktion af råvarer 53

- 6.1.1 Valg af kogepladeteknologi 55
- 6.2 Færdigvareproduktion 55
- 6.3 Brugsfasen 56
- 6.3.1 Valg af kogepladeteknologi 59
- 6.3.2 Supplerende teknologier 59
- 6.3.3 Sammenlignende undersøgelser 60
- 6.3.4 Beregning af årligt primærenergiforbrug for forskellige teknologier 62
- 6.3.5 Opsummering kogeplader 63
- 6.4 Ovne 63
- 6.4.1 Sammenligning af forskellige typer af ovne 64
- 6.4.2 Ovnvolumens indflydelse på energiforbruget 66
- 6.4.3 Supplerende teknologier 68
- 6.4.4 Professionelle ovne i bagerier 69
- 6.4.5 Opsummering - ovne 71
- 6.5 Emhætter 72
- 6.6 Bortskaffelse af komfurer og ovne 73
- 6.7 Opsummering - energiforbrug 75

7 Miljøbelastning 77

- 7.1 Miljøbelastning ved produktion af råvarer 77
- 7.1.1 Jern og stål 77
- 7.1.2 Emalje 78
- 7.1.3 Glas 78
- 7.1.4 Glaskeramik 78
- 7.1.5 Kobber 79
- 7.1.6 Aluminium 79
- 7.1.7 Plast 80
- 7.2 Miljøbelastning ved brug af elkomfurer 80
- 7.3 Miljøbelastning ved brug af gaskomfurer 83
- 7.4 Sammenligning af miljøbelastning fra el og gas 84
- 7.4.1 Globale og regional miljøbelastninger 86
- 7.4.2 Et tænkt eksempel 86

8 Sundhedsbelastning 89

- 8.1 Produktion af råvarer 89
- 8.1.1 Stål og kobber 89
- 8.1.2 Aluminium 89
- 8.1.3 Glas og glaskeramik 89
- 8.1.4 Plast 90
- 8.1.5 Emalje 90
- 8.2 Færdigvareproduktion 90
- 8.3 Brugsfasen 91
- 8.3.1 Induktionsteknologi (Ikke-ioniserende stråling) 91
- 8.3.2 Gasteknologi (Nitrogenoxider) 95
- 8.4 Bortskaffelsesfasen 99

9 Risiko for uheld 101

9.1 Risiko for eksplosioner 101

9.2 Risiko for forbrænding 101

Appendix 1 - Energiopgørelse fra primær energi til forbruger 103

Appendix 2 - Opgørelse af energirelateret miljøbelastning 111

Appendix 3 - Forbrugerundersøgelser 121

Referencer 131

Forord

Den nærværende rapport er udarbejdet i tidsrummet 1/2-95 til 1/5-96 af dk-TEKNIK med tilskud fra Rådet for Genanvendelse og mindre forurenende teknologi.

I rapporten gennemgås livsforløbet af et komfur, og de vigtigste miljø- og sundhedsbelastninger analyseres og vurderes. Forskellige teknologivalg er vurderet, men rapporten kan ikke entydigt pege på en enkelt teknologi som værende den bedste. Rapporten konkluderer, at den fremtidige udvikling i teknologi til komfurer, kogeplader og ovne bør fokuseres på energiforbruget, idet det er dette, der giver anledning til de største miljøbelastninger.

Til projektet har der været knyttet en følgegruppe, bestående af

Henry Yndgaard, Voss-Atlas
Ebbe Lauritzen, FEHA
Stig Yding Sørensen, Miljøstyrelsen
Per Henrik Pedersen, Miljøstyrelsen
Rolf Hoelgaard, Energistyrelsen
Preben Aagaard Nielsen, Forbrugerstyrelsen
Kim Christiansen, I. Krüger AS
Hanne Erichsen, IPU
Lotte Schleiner, Forskningscenter Risø

Følgegruppen takkes for gode og inspirerende diskussioner om miljøbelastningen fra en aktivitet - madlavning - som de fleste danskere er godt bekendt med.

Sammenfatning

Over 150.000 danske familier skifter hvert år deres komfur ud med et nyt. Samtidigt skal de gamle komfurer bortskaffes. Dette giver en affaldsmængde på omkring 7.500 ton, hvoraf hovedparten bliver genanvendt. Den største miljøbelastning ved madlavning vurderes til at være brugen af komfurerne, idet hver familie bruger i størrelsesordenen 400-600 kWh om året til madlavning. Dette energiforbrug kræver afbrænding af fossile brændsler, hvilket igen medfører bidrag til globale, regionale og lokale miljø- og sundhedsbelastninger.

Livscyklustankegang

I rapporten analyseres en række forskellige teknologier til madlavning, og der gives en række råd om, hvor man skal lægge vægten i det fremtidige udviklingsarbejde for at reducere den samlede miljøbelastning. Det metodiske udgangspunkt har været baseret på livscyklustanken, d.v.s. at alle de væsentlige miljøbelastninger fra udvinding af råvarer til bortskaffelse af det udtjente produkt er medtaget i analysen.

Målgruppe

Målgruppen for projektet har været producenter af ovne og komfurer, samt offentlige og private forbrugere. Tilsammen er det disse personer, der i store træk bestemmer den samlede miljøbelastning i komfurets levetid.

Resultater

I projektet blev et komfurs miljøbelastning analyseret og vurderet i forhold til fem overordnede emner, nemlig råvareforbrug, energiforbrug, miljøbelastning (globalt, regionalt og lokalt), sundhedsbelastning og risiko for uheld.

Råvareforbrug

Analysen af råvareforbruget viste overordnet, at de væsentligste materialer i et komfur (jern/stål, andre metaller) kun forsvinder ud af kredsløbet i et ringe omfang, mens plast og mineralbaserede materialer som glas, mineraluld og emalje i al væsentlighed deponeres og må regnes som tabt for eftertiden. Det vurderes, at nutidens bortskaffelsesmetode (shredning) fungerer relativt tilfredsstillende i forhold til de materialer, som indgår i et komfur idag.

Energiforbrug

Langt den største del af energiforbruget finder sted i brugsfasen. Da der uanset teknologivalg er tale om et relativt stort forbrug af fossile brændsler med en kort forsyningshorisont, bør udviklingsarbejdet koncentreres om at reducere energiforbruget, for eksempel ved at øge effektiviteten af energikonverteringen. Gasteknologi bruger mindre primærenergi, men nye former for elkonvertering, f.eks. induktionsteknologi, kan også vise sig at være energibesparende i forhold til den konventionelle teknologi.

Miljøbelastning

De væsentligste globale og regionale miljøbelastninger i komfurets livscyklus stammer fra afbrænding af fossile brændsler. En forøgelse af energieffektiviteten vil dermed også reducere disse miljøbelastninger. Med hensyn til lokale miljøbelastninger peger rapporten på produktion af råvarer, specielt metaller, som belastende.

Sundhedsbelastning

Vurderingen af sundhedsbelastning blev i projektet koncentreret om to teknologier, nemlig gasteknologi og induktionsteknologi. En toksikologisk

vurdering af NO_x-emissionen fra gaskomfurer viste, at der ved de nuværende koncentrationer af NO_x i køkkener ved madlavning kan forventes en øget forekomst af luftvejssygdomme hos særligt følsomme grupper, specielt børn i tættrafikerede byer og astmatikere. Induktionsteknologien blev vurderet, fordi nye rapporter har vist en mulig sammenhæng mellem eksponering for elektromagnetisk stråling og visse sygdomme, bl.a. kræft. Det var ikke muligt at lave en konklusion på baggrund af det foreliggende materiale, og udviklingen på området bør derfor følges nøje af både komfurproducenter og toksikologer.

Risiko for uheld

Vurdering af risikoen for uheld blev nedprioriteret i projektets forløb, idet lovkrav og teknologisk udvikling har elimineret risikoen for gasekspllosioner ved brug af moderne gasteknologi. En vurdering af risikoen for større uheld som tankskibsforlis lå uden for projektets rammer.

Konklusioner

De overordnede konklusioner summeres kort i de følgende pinde:

- * Der kan ikke peges entydigt på en enkelt teknologi, der bør fremmes. I stedet kan produktudviklere søge at udvikle/forbedre og implementere energieffektive løsninger i alle salgbare former for teknologi, idet der på denne måde sker en generel reduktion af energiforbruget og den relaterede miljøbelastning.
- * Fremme af energibesparende teknologier må ikke ske på bekostning af en større sundhedsmæssig belastning. Det er derfor vigtigt at arbejde på at nedbringe NO₂-emissionen fra gaskomfurer og at reducere eksponeringen for radiofrekvent stråling fra induktionskomfurer.
- * Materialevalget til komfurer er af mindre væsentlig betydning. Ved anvendelse af nye, alternative materialer bør det indgå i overvejelserne hvorvidt disse kan indgå i det eksisterende bortskaffelsessystem på forsvarlig måde, eller om der skal etableres specielle foranstaltninger med henblik på genanvendelse.
- * Forbrugeren kan ved at optimere sin madlavning reducere miljøbelastningen lige så meget, som det er muligt med den nyeste teknologiske udvikling. Komfurproducenter kan hjælpe forbrugeren ved at udvikle løsninger, der er nemme at anvende, også for mennesker uden de store tekniske forudsætninger.

Forfattere/institution

Rapporten er forfattet af Anders Schmidt, Birgitte Holm Christensen og Allan Astrup Jensen, dk-TEKNIK.

Projektet er gennemført med støtte fra Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologi.

Summary

More than 150.000 Danish families buy a new cooker every year. At the same time the old cooker must be disposed of, and this generates about 7.500 tonnes of waste of which most is recycled. The greatest environmental impacts comes from the use of the cookers as the average Danish family annually consumes 400-600 kWh for cooking. The consumption of energy is based on fossil fuels, and the conversion causes a significant contribution to global, regional and local health and environmental impacts.

Life cycle thinking

The report analyses different technologies for cooking. The conclusions are expressed as advice to product developers, producers and consumers on how to reduce the overall impact on health and environment. The methodology used is based on the life cycle concept, i.e. that all major impacts from acquisition of raw materials to final disposal have been taken into account. It should be stressed that many of the results and conclusions apply only to Danish conditions as these have been the basis for much of the analysis.

Target group

The target group for the investigation is product developers, cooker producers and public and private consumers. Together, these actors are responsible for the overall impacts throughout the life time of the cooker.

Results

The impacts from a cooker were analysed with respect to the following elements: Consumption of raw materials, consumption of energy, environmental impacts (global, regional and local), health and risk of accidents.

Raw materials

The analysis of the raw material consumption show that the essential materials (iron, steel and other metals) generally stays in circulation (i.e. they are recycled), while plastics and mineral-based materials as glass, ceramics and enamel are landfilled and must be considered as lost for future consumption. The present way of disposal, shredding, is considered as relatively satisfying with respect to the materials presently used in cookers.

Energy

The major part of the energy consumption takes place in the use phase. Irrespective of technology there is a large consumption of fossil fuels with a limited supply adequacy, and future developments in cooker technology should focus on reduction of the energy consumption, e.g. by increasing the efficiency of energy conversion. Gas technology uses less primary energy, but new ways of energy conversion, e.g. induction technology, also holds some promise with respect to efficiency.

Environmental impacts

The major global and regional impacts are caused by the conversion of fossil fuels to energy. An increase in conversion efficiency will therefore decrease these impacts. With respect to local environmental impacts the report points to raw materials acquisition as having the greatest

contribution.

Health impacts

Two specific technologies were investigated with respect to their potential health impacts. Use of gas technology causes emission of NO₂ in the kitchen, and a toxicological assessment shows that with the present emissions from gas cookers an increased incidence of airway diseases in susceptible groups (children in densely trafficated areas, asthmatics) must be anticipated. Induction technology was assessed with respect to the potential impacts from electromagnetic radiation. No conclusion was reached because of lack of information on both exposure and effect. Therefore, the development in this area should be followed closely by both cooker producer and toxicologists.

Risk of accidents

Analysis of the risk of accidents had a low priority as it was shown early in the study period that legal demands and technological development has eliminated the risk of gas explosions when using modern technology. Assessment of the risk of large accidents, e.g. shipwrecking of tankers, was not included in the study.

Conclusions

The general conclusions are summarized below:

- * It is impossible to point out one cookin technology as being the best. Instead, product developers must continue their efforts in both development of new technologies and improvement of existing technologies in order to make cooking more energy efficient. In doing so, resource consumption as well as global and regional environmental impacts will decrease.
- * Promotion of more energy-efficient technologies must not take place on the expense of an increased impact on human health. It is therefore important to continue the efforts to decrease the emission of NO₂ from gas cookers and reduce the exposure to electromagnetic radiation from induction technology.
- * The choice - and amount - of materials for cookers is of relatively small importance as most materials are recycled today. If new materials are developed and used in cookers, it should be taken into consideration whether these are suited to enter the same waste streams as today's technology, or if special arrangements are necessary in order to recycle the materials.
- * The consumer can often save the same amount of energy by changing his cooking habits as he can by changing to a more energy efficient technology. The cooker producers can help the consumers by developing solutions that are easily implemented in everyday cooking - also for people without a technical background.

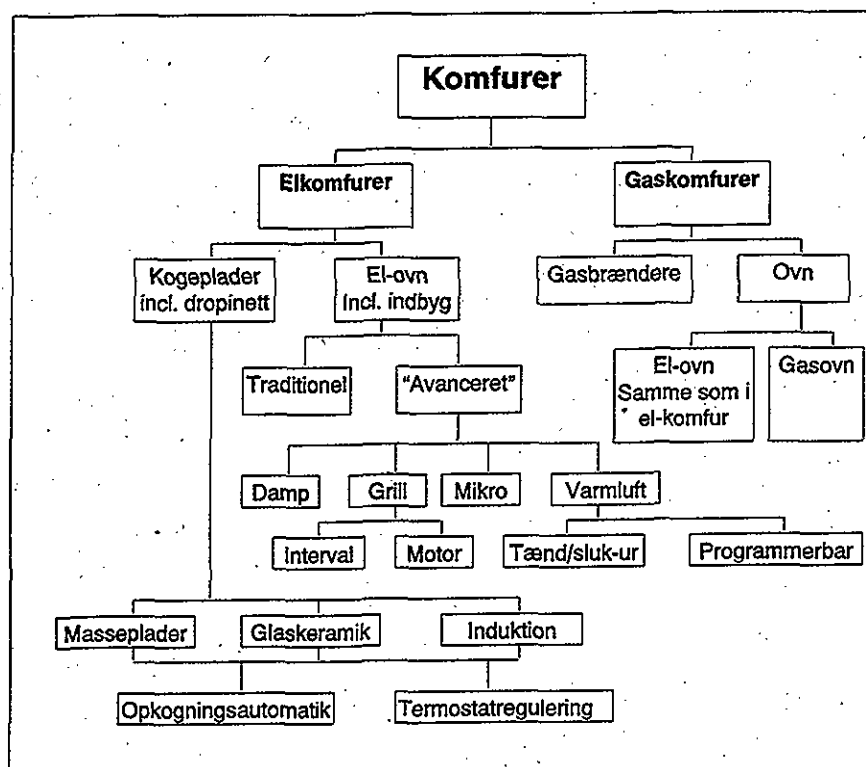
Authors/institution

The report is written by Anders Schmidt, Birgitte Holm Christensen and Allan Astrup Jensen, dk-TEKNIK.

The study was financed by the Council for recycling and less polluting technologies.

1 Komfurer og ovne

De traditionelle apparater til madlavning i Danmark er et sæt kogeplader og en ovn. Som oftest er de to sæt apparater bygget sammen i et komfur, men separate apparater til indbygning er blevet populært i de sidste år. Som det fremgår af nedenstående oversigt i figur 1 over mulighederne for at sammensætte et komfur, kan der ikke gives en entydig definition på de to bestanddele. Rapportens brug af terminologi er således heller ikke helt konsekvent, idet for eksempel "ovne" både kan henvise til ovnen i et komfur og til en indbygningsovn.



Figur 1. Oversigt over en række kombinationsmuligheder ved sammensætning af ovne og komfurer.

I oversigten er kun medtaget de væsentligste muligheder i sammensætningen af kogemøbler. Foruden den viste opdeling er det muligt at tilføje en række andre faciliteter, der har til formål at forbedre madens kvalitet, gøre madlavningen nemmere og/eller spare energi.

På verdensmessen for husholdningsapparater, DOMOTECHNICA i Köln, viser en række af de mest betydende komfurproducenter hvert år et stort udsnit af deres sortiment. Bredden i udbuddet kan illustreres ved, at fortegnelsen over udstillere fylder 60 sider i messekatologet, og ved at de største udstilleres stande optog et areal på over 1000 m². Meget af det, der vises på messen går igen fra udstiller til udstiller, men mange producenter viser en eller flere nyheder hvert år. En del af nyhederne præsenteres som "miljøvenlige", men det har ikke været muligt at fremskaffe dokumentation for de fremførte påstande.

De viste og nævnte bestanddele i en families samling af kogeapparater er i fokus i denne rapport, men derudover findes også en række muligheder for at erstatte eller supplere det traditionelle komfur:

- * Mikrobølgeovne, hvor der ved tilberedning af små portioner ofte vil være en væsentlig tidsbesparelse og måske også en elbesparelse,
- * El-kedler, hvor der ved kogning af vand vil være en besparelse på både tids- og elforbrug,
- * El-gryder, hvor der på grund af en større energieffektivitet vil kunne opnås en besparelse ved tilberedning af visse retter.
- * Miniovn, hvor der i kraft af en hurtig opvarmning vil være en tids- og energibesparelse ved opvarmning af brød og mindre portioner færdigtillavede retter.

Disse fire typer af apparater er kun medtaget i undersøgelsen i begrænset omfang, idet den grundlæggende antagelse har været, at det ikke vil være muligt at undvære et traditionel komfur i ret mange husholdninger.

Forbrugerens adfærd og vaner ved madlavning diskuteres ligeledes kun i begrænset omfang, selvom dette aspekt ved en nærmere undersøgelse kan vise sig at være af lige så stor vigtighed som komfurets og/eller ovnens design og funktionsmåde.

2 Markedsoversigt

Foreningen af Fabrikanter og Importører af Elektriske Husholdningsapparater (FEHA) laver opgørelser over salget af de forskellige hvidevarer i Danmark hvert år.

I Tabel 1 præsenteres oversigten for de sidste tyve års salg af komfurer (el og gas), kogesektioner og ovne til indbygning, og mikrobølgeovne. De samme tal er præsenteret grafisk i Figur 2.

Tabel 1. Salg af el- og gaskomfurer, indbygningsmoduler og mikrobølgeovne i Danmark i perioden 1975-1994.

Ar	Elkomfurer,	Til indbygning		Gaskomfurer	Mikroovne
		Kogesektioner	Ovne		
1975	97000		10830		
1976	116510	16360	12020	16565	
1977	98715	14375	10775	15815	
1978	94220	14175	12935	13870	
1979	89830	16900	13960	14575	
1980	79650	13520	10965	14040	
1981	78640	10705	8675	12735	
1982	72125	10295	8275	9830	
1983	72570	14225	10750	12035	5000
1984	84000	20170	16520	18750	9000
1985	89850	25480	22270	17570	29000
1986	93825	29280	26585	12810	62000
1987	84100	25650	21530	8120	42170
1988	88600	23500	18900	11600	78910
1989	91900	23600	18900	9200	120180
1990	104620	22250	17650	7940	111350
1991	102710	22655	17080	8235	135000
1992	103120	21875	16945	7600	105000
1993	104520	20930	17205	7795	97500
1994	116725	29630	25325	8980	85000

2.1 Diskussion af markedsudviklingen

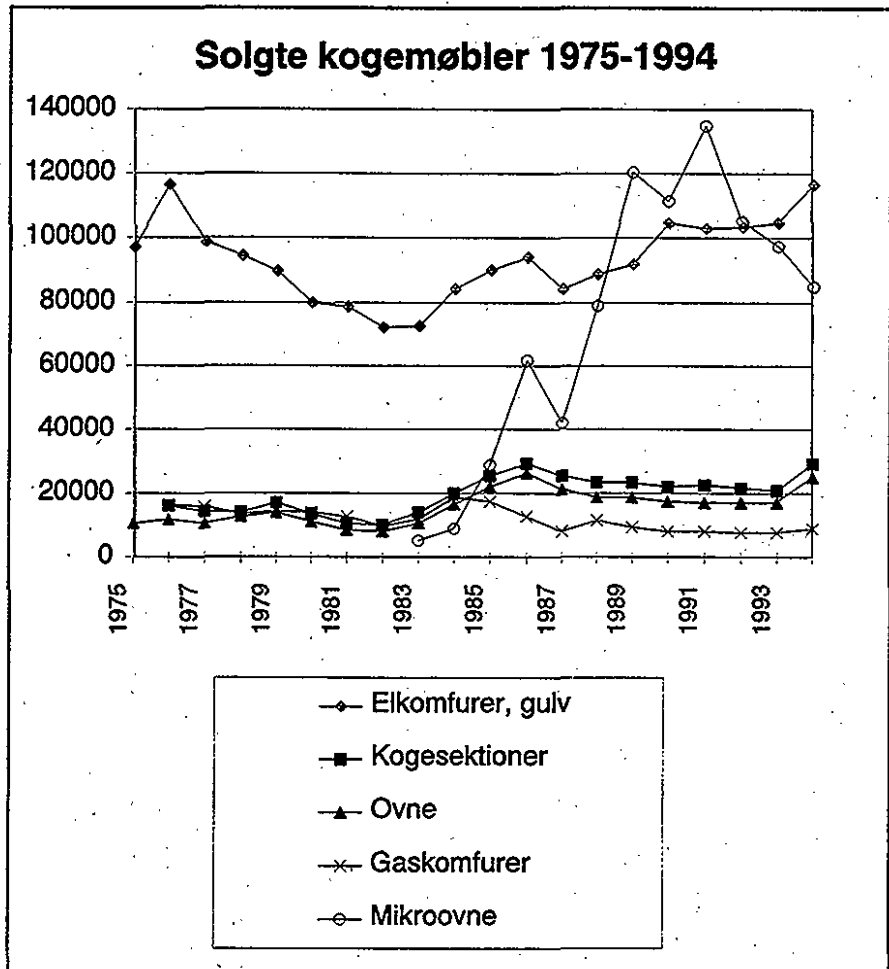
Som det fremgår af Tabel 1 og Figur 2, ligger hovedvægten af nyanskaffelserne traditionelt på el-komfurer. Variationen i antal solgte el-komfurer må antages at være konjunkturbestemt, men også den teknologiske udvikling kan spille en rolle i variationen.

I tyve-års perioden er det årlige salg af gaskomfurer blevet halveret fra ca. 16.000 til ca. 8000 komfurer om året. Det største antal gaskomfurer, der er solgt i et enkelt år (1984), er knap 19.000. Årsagen til det vigende salg skal snarere søges i den teknologiske udvikling (mere avancerede el-komfurer) end i svingende konjunkturer.

Salget af ovne og kogeplader til indbygning er steget i tyve-års perioden, men variationen fra år til år har været forholdsvis stor. Stigningen i salget

af både ovne og kogeplader fra 1993 til 1994 var 50%, hvilket er væsentligt mere end stigningen i salget af elkomfurer i den samme periode, der kun udgjorde 15%. En årsag til dette kan være, at hvor danskerne tidligere har "nøjes" med at købe et nyt komfur, anskaffer man sig i dag et helt nyt elementkøkken, der indrettes efter individuelle ønsker.

Salget af mikrobølgeovne har ikke været konjunkturbestemt, men afspejler snarere den teknologiske udvikling. Mikrobølgeovne blev introduceret på det danske marked i 1983, og i den forløbne periode er der solgt omkring 880.000 apparater. Salget toppede i 1991 med 135.000 apparater og er faldet jævnt i de sidste tre år til 85.000 i 1994.



Figur 2. Oversigt over antallet af solgte kogemøbler i Danmark 1975-1994.

2.1.1 Forholdet mellem keramiske plader og masseplader

Voss-Atlas (Kurt Kämpfner, pers. komm.) oplyser følgende tal for salget af keramiske kogeplader og masseplader i årene 1994 og 1995. Tallene i Tabel 2 bygger angiveligt på FEHA's opgørelse, der endnu ikke er publiceret.

Tabel 2. Fordelingen på masseplader og keramiske plader i Voss-Atlas' produktion i 1994 og 1995.

Kogepladetype	1994	1995
Masseplader	64.914	49.795
Keramiske plader	51.811	65.619
Total	116.725	115.414

Oversigten viser, at markedet orienteres kraftigt mod glaskeramiske plader på bekostning af massepladerne. Denne tendens afspejles dog ikke i Voss-Atlas' salg i den samme periode, idet Voss-Atlas' salg i begge år er ligeligt fordelt på masseplader og keramiske plader. Årsagen til dette kan være, at en stor del af indkøbet af virksomhedens produkter foretages af centrale indkøbere i boligselskaber o.l., og at disse indkøbere ikke kan finde plads til den merudgift, som indkøb af glaskeramiske plader medfører.

3 anbefalinger

Med en bred gennemgang af komfurers miljøbelastning gennem hele deres livsforløb, således som den findes i de efterfølgende kapitler, er det vanskeligt at pege på faktorer, der er entydigt positive i miljømæssig henseende.

Det kan slås fast, at teknologien i ovne og komfurer har udviklet sig i en gavnlig miljømæssig retning gennem de sidste mange år. Målet for udviklingsarbejdet har været at reducere energiforbruget i brugsfasen, og midlerne har været udvikling af ny teknologi (f.eks. induktionskogeplader) og forbedring af allerede eksisterende teknologi (isolering af ovne, forskellige former for temperaturregulering).

Den fortsatte udvikling vil have samme mål og formodentlig også samme midler. I de efterfølgende afsnit trækkes de væsentligste aspekter frem, idet de mest åbenlyse optimeringsmuligheder skitseres overordnet, hvorefter mulighederne for at nedsætte miljøbelastningen ses fra de to hovedaktørers (produktudvikleren og forbrugeren) vinkel.

3.1 Optimeringsmuligheder

I det følgende skitseres konsekvensen af at gennemføre en række optimeringsmuligheder i form af produktændringer eller tilføjelser. Mulighederne er opdelt i materialeoptimering, hvor udgangspunktet har været at lukke de to lækager i systemet, og energioptimering, hvor udgangspunktet har været at se på primærenergiforbruget og energirelaterede emissioner.

3.1.1 Materialeoptimering

Med hensyn til spild af materialer er der to væsentlige lækager, som bør lukkes i videst muligt omfang. Det drejer sig om uautoriseret bortskaffelse af komfurer og manglende oparbejdning af visse materialer efter autoriseret bortskaffelse.

Uautoriseret bortskaffelse

I gennemgangen af materialeforbruget til komfurer og ovne i Danmark er det antaget, at 20% af alle udtjente komfurer og ovne på et eller andet tidspunkt deponeres uhensigtsmæssigt, d.v.s. at de ikke indsamles og shreddes, men i stedet bortskaffes i hel tilstand til deponi. Det skal bemærkes, at det ikke er muligt at finde kilder, der kan bekræfte denne procentsats, som derfor i princippet lige så godt kan være 10 eller 30%. Efter forfatternes mening er der tale om en *worst-case* betragtning, ligesom det må antages, at den angivne andel vil blive mindre og mindre som følge af detailhandelens tilbud om at tage udtjente komfurer med retur, når et nyt installeres.

Antagelsen betyder, at der overslagsmæssigt deponeres ca. 25.000 komfurer årligt på denne måde. Fordelt på materialer bliver spildet således som illustreret i Tabel 3:

Tabel 3. Samlet spild ved direkte deponering af komfurer og ovne.

Materiale	I produkt (kg)	Samlet spild ved uautoriseret bortskaffelse (ton)
Total	49,270	1.232
Jern og stål	35,248	881
Aluminium	0,086	2
Kobber	0,171	4
Zink	0,170	4
Glas	6,000	150
Emalje	6,500	162
Mineraluld	0,990	25
Plast	0,106	3

Ialt deponeres der med denne antagelse omkring 1200 ton materiale, hvoraf langt den største del (ca. 900 ton) er jern og stål, som nemt kan genanvendes ved den bedste bortskaffelsesmetode. Kobber (ca. 4 ton) og aluminium (2 ton) vil også blive genanvendt efter denne metode, mens resten af materialerne vil blive deponeret på en kontrolleret losseplads.

Manglende oparbejdning

Som nævnt ovenfor oparbejdes en meget væsentlig del af materialerne i et komfur ved den bedste bortskaffelsesmetode. Glas, glaskeramik, emalje, mineraluld og plast er det dog ikke muligt at fraseparere ved shredderprocessen, og disse materialer deponeres derfor sammen med lignende materialer, der er til rest efter shreddning af andre stålprodukter.

På årsbasis estimeres det, at omkring 100.000 komfurer og ovne bliver bortskaffet ved shreddning. De samlede mængder, der deponeres efter shreddning, kan beregnes, jvf. Tabel 4.

Tabel 4. Samlet mængde materialer, der bortskaffes til kontrolleret losseplads efter shreddning.

	I produkt (kg)	Samlet til deponi (ton/år)
Total	13,60	1.359
Glas og glaskeramik	6,000	600
Emalje	6,500	650
Mineraluld	0,990	99
Plast	0,106	11

Ialt deponeres knap 1400 ton materiale årligt efter shreddning af komfurer. Af disse ville det med dagens teknologi være muligt at oparbejde og genanvende glasfraktionen (ca. 200 ton/år) og mineraluld (ca. 100 ton/år),

mens det ikke er praktisk muligt at genanvende emalje og plast. Med hensyn til glaskeramik er det ikke muligt at genanvende dette materiale efter nedknusning, så den eneste reelle mulighed er at udtage den glaskeramiske plade inden shreddning og genanvende den til andre formål. Der er dog ingen konkrete muligheder på nuværende tidspunkt.

Vurdering

Det største potentiale for minimering af materialespild findes ved den uautoriserede deponering. Denne vurdering dækker både den vægtmæssige besparelse, der kan opnås (ca. 900 ton), og det økonomiske potentiale, idet de metaller, der bortskaffes direkte til deponi, har en større værdi end de materialer, der deponeres efter shreddning. Der er ikke i projektet foretaget økonomiske beregninger af udgifter og indtægter ved forskellige indsamlings- og bortskaffelsesordninger. Det er i denne forbindelse væsentligt at pege på den usikkerhed, der har været ved opgørelsen. Et første skridt i politiske eller branchemæssige tiltag bør derfor være at kortlægge den uautoriserede deponering mere præcist.

Det eneste økonomiske incitament til at ændre shreddningsprocessen ses i forbindelse med genanvendelse af glaskeramiske plader. Dette er ikke realistisk idag, men bliver det måske om en årrække, hvis der kan findes anvendelsesområder for hele glaskeramiske plader. Genbrug til nye komfurer skønnes ikke at være muligt, idet alle glaskeramiske plader har en eller form for dekoration, som ikke kan fjernes. Endvidere er det tvivlsomt, om komfurproducenter og forbrugere vil acceptere anvendelse af glaskeramiske plader af ukendt kvalitet i nye produkter.

Med henblik på at øge genanvendelsen af komfurmaterialer må det derfor anbefales, at den eksisterende praksis med at tage udtjente komfurer og ovne retur og køre dem til shreddning forbedres, således at alle hvidevaresælgere anvender denne fremgangsmåde. En integreret del af denne proces bør være, at gøre forbrugerne opmærksomme på denne mulighed, således at de ikke står tilbage med både et nyt og et gammelt komfur, når montøren er kørt. Ligeledes bør det være en del af processen, at alle leverandører tilbyder at tage det udtjente komfur retur ved levering af et nyt.

3.1.2 Energioptimering

Mulighederne for energibesparelser som følge af teknologivalg er talrige i komfurer og ovne, og det er ikke realistisk at give en komplet oversigt. I det følgende skitseres et analyseværktøj, der kan anvendes til hurtig beregning af årlige besparelser i Danmark som følge af produktændringer.

Beregningsværktøj

Energiforbruget ved de primære elementer i madlavning er gengivet i Tabel 5. Der er anvendt de største værdier for forbrug fra rapportens øvrige afsnit. Opdelingen omfatter foruden forbruget til egentlig madlavning også forbruget til emhætter. Årsagen til dette er ønsket om at udvide fokus for potentielle besparelser ved at gøre produktudviklere og forbrugere opmærksomme på, at energiforbruget til brug af emhætte for eksempel svarer til halvdelen af forbruget til madlavning i ovnen.

Tabel 5. *Det årlige energiforbrug til madlavning, fordelt på forskellige opvarmningsmåder.*

Opvarmningsmåde	Forbrugerens energibehov	Samlet årligt forbrug i Danmark (2,2 mio husstande)
Ialt	755 kWh	1.661 GWh
Kogezoner	365 kWh	803 GWh
Ovn (traditionel og varmluft)	210 kWh	462 GWh
Mikrobølgeovn (incl. kombi)	80 kWh	176 GWh
Emhætte	100 kWh	220 GWh

Med dette udgangspunkt kan det beregnes, hvor meget en effektivitetsforøgelse på en procent i hver af de ovenstående kategorier betyder for den enkelte forbruger og for det samlede danske energiforbrug (Tabel 6). Udgangspunktet i denne tabel er NESA's estimering af energiforbruget til madlavning, i.e. kogeplader med en energieffektivitet på 50% og en "standardovn".

Tabel 6. *Den årlige besparelse hos den almindelige forbruger og samlet i Danmark som følge af en effektivitetsforøgelse på en procent.*

Opvarmningsmåde	Årlig besparelse som følge af en effektivitetsforøgelse på 1%	
	For forbrugeren	Samlet i Danmark
Kogezoner	3,65 kWh	8,03 GWh
Ovn (traditionel og varmluft)	2,1 kWh	4,62 GWh
Mikrobølgeovn (incl. kombi)	0,8 kWh	1,76 GWh
Emhætte	1 kWh	2,20 GWh

Det er i denne forbindelse vigtig at være opmærksom på udgangspunktet for beregningen. Sammensætningen af kogemøbler i Danmark kendes ikke, og der er derfor anvendt et meget groft overslag. Den ovenstående samlede årlige besparelse er baseret på, at alle komfurer og ovne udskiftes på samme tid, men i realiteten vil dette foregå over en periode på 15 år eller mere. Beregning af besparelser kræver endvidere, at man har kendskab til effektiviteten af både den gamle og den nye teknologi. Beregninger kan derfor først og fremmest foretages af komfurproducenter, der gennem mange år har arbejdet med energieffektivisering.

Tilsvarende kan besparelser i de energirelaterede emissioner estimeres (Tabel 7).

Tabel 7. Estimering af årlige besparelser ved en effektivitetsforøgelse på 1%.

Opvarmingsmåde	Samlet årlig besparelse som følge af en effektivitetsforøgelse på 1%		
	CO ₂	SO ₂	NO _x
Kogezoner	8.000 ton	29 ton	24 ton
Ovn (traditionel og varmluft)	4.600 ton	17 ton	14 ton
Mikrobølgeovn (incl. kombi)	1.800 ton	6 ton	5 ton
Emhætte	2.200 ton	8 ton	7 ton

Andre undersøgelser

Energistyrelsen er ved at udarbejde et katalog over energibesparelser i boligsektoren (Energistyrelsen (1995)). I kapitlet om madlavning vurderes en række teknologier med hensyn til den potentielle besparelse på kort og langt sigt.

Kogeplader

Udgangspunktet for nedenstående tabel har været den nuværende sammensætning af kogeplader i den danske husholdninger. Tabellen viser, at den største besparelse, cirka 30%, vil kunne forventes, hvis alle forbrugere går over til induktionskogeplader. Indførelse af teknologi til temperaturregulering vil over den samme tidshorisont kunne reducere forbruget med 18%. Ifølge rapporten vil en fortsat udvikling og anvendelse af glaskeramiske kogeplader kun reducere energiforbruget med ca. 7%.

Tabel 8. Potentielle elbesparelser som følge af teknologiændringer i kogeplader.

Elkogeplader Forbrug i kWh/år	Nuværende forbrug	Naturlig udvikling		Størst mulig udvikling	
		År 2005	År 2020	År 2005	År 2020
Teknologi					
Nuværende gennemsnit af apparater	365	360	350	350	340
Induktion				260	250
Temperaturregulering				310	300

Ovne

Energistyrelsen angiver, at den størst mulige reduktion i ovnes energiforbrug opnås ved at kombinere en effektiv "almindelig" ovn med en miniovn på 20-25 liter rumfang. Som udgangspunkt antages det, at miniovne kan anvendes til 80% af husholdningens madlavning i ovn, men det erkendes, at der vil være store variationer i besparelsen som følge af husholdningens størrelse og dens madvaner. I Tabel 9 vises de mulige besparelser i en række scenarier frem til år 2020.

Tabel 9. Elforbruget til madlavning i ovn som følge af naturlig udvikling og størst mulig teknologisk udvikling.

	Naturlig udvikling Elforbrug/husholdning (kWh/år)			Størst mulig udvikling Elforbrug/husholdning (kWh/år)		
	År 1995	År 2005	År 2020	År 1995	År 2005	År 2020
Traditionel ovn	150	140	130	105	60	60
Miniovn	70	70	70	70	50	30
Trad. ovn + miniovn	85	83	81	75	35	35
Mikrobølgeovn	50	50	50	50	45	45

3.1.3 Miljøoptimering - Økologisk råderum

Mulighederne for en optimering med hensyn til miljøbelastning er nært knyttet til energiforbruget, idet alle væsentlige bidrag til globale og regionale effekter stammer fra dette. I det følgende analyseres optimeringsmulighederne udfra et forholdsvis nyt begreb, det økologiske råderum.

Begrebet "økologisk råderum" dækker over hvor stort et bidrag, hvert individ kan give til en række miljøbelastninger uden at kompromittere den overordnede miljøpolitik og/eller miljøets globale, regionale, og lokale bæreevne. Dette bidrag kan sættes i relation til enkeltaktiviteter som madlavning.

I UMIP-projektet (Hauschild (1996)) er der blandt andet lavet opgørelser over, hvor stort et bidrag, hver dansker årligt giver til en række miljøeffekter som drivhuseffekten, nedbrydning af ozonlaget, dannelse af fotokemisk ozon m.v. Disse opgørelser, samt resultaterne fra dette projekt, kan bruges til at sætte miljøbelastningen fra madlavning i perspektiv med hensyn til drivhuseffekten og forsurening, som er to væsentlige miljøproblemer.

Drivhuseffekten

Bidrag til drivhuseffekten kg CO ₂ -ækvivalenter/år				
Bidrag fra familiens madlavning	Samlet bidrag fra familie	Politisk målsætning år 2000	Global bæreevne	Kommentar
655 kg	34.800 kg	28.000 kg	15.200 kg	Madlavning el-teknologi
137 kg	do	do	do	Madlavning gasteknologi

Tabellen viser, at en families madlavning ved brug af elteknologi bidrager med knap 2% af dens samlede bidrag til drivhuseffekten, mens bidragene ved brug af gasteknologi er væsentligt mindre, 0,5%. Der er kun sparsomme erfaringer med hensyn til at fordele en families samlede belastning på enkelte

aktiviteter, så det er umuligt at sige, om de angivne bidrag fra madlavning er vigtige eller ej i det samlede billede.

Den politiske målsætning er at nedsætte en families samlede bidrag til drivhuseffekten med ca. 20% ved år 2000. I reelle tal betyder dette, at bidraget pr. familie skal nedsættes fra 34.800 kg til 28.000 kg CO₂-ækvivalenter. I UMIP-rapporten angives det endvidere, at tærsklen for den globale bæreevne er 15.200 kg CO₂-ækvivalenter.

Disse tal giver et klart billede af, at det vil være nødvendigt med en reduktion over en bred front for at nå de opstillede mål. I relation til madlavning betyder dette, at det ikke alene er nødvendigt at forbedre effektiviteten af teknologien hos den enkelte forbruger, men også at emissionerne fra el-produktionen skal formindskes, for eksempel via bedre brændsler og mere effektiv konvertering.

Den skønnede udvikling i energiforbrug til madlavning i de kommende år tyder ikke på, at det vil være muligt at reducere bidraget med den ønskede procentsats til år 2000. Lidt lysere ser det ud på længere sigt (år 2020), hvor det kan forventes, at nye energibesparende tiltag vil være slået bredere igennem. Der vil dog under alle omstændigheder være langt igen, før vi når et niveau, hvor den globale bæreevne ikke er overskredet.

Forsuring

Bidrag til forsuring kg SO ₂ -ækvivalenter/år				
Bidrag fra familiens madlavning	Samlet bidrag fra familie	Politisk målsætning år 2000	Regional bæreevne	Kommentar
3,7 kg	496 kg	380 kg	48,4 kg	Madlavning el-teknologi
0,04 kg	do	do	do	Madlavning gasteknologi

Bidraget til forsuring fra en families madlavning udgør ifølge opgørelsen i dette projekt mindre end 1% af det samlede bidrag, hvis der anvendes el-teknologi, mens der stort set ikke ses bidrag til forsuring ved anvendelse af ren gasteknologi (gasbrændere + gaskomfur).

Den politiske målsætning er at nedbringe en families samlede bidrag til 380 kg/år i år 2000, svarende til en reduktion på knap 30%. I UMIP-rapporten angives det, at grænsen for den regionale bæreevne er knap 50 kg pr. familie pr. år, altså en reduktion på 90%.

Et middel til at opfylde disse mål kunne for madlavningens vedkommende være et skift til gasteknologi, idet denne ikke giver et væsentligt bidrag til forsuring. Man skal imidlertid være opmærksom på, at der i særligt udsatte grupper (børn i tættrafikerede områder, astmatikere) kan observeres en øget hyppighed af luftvejssygdomme ved brug af gasteknologi til madlavning. Effekten af at skifte ensidigt til gasteknologi vil derfor være en marginal

reduktion af forsureningsbidraget på bekostning af en forøget luftvejssygdomshed.

På denne baggrund må det konkluderes meget firkantet, at det ikke kan anbefales at skifte til gasteknologi for at opfylde de overordnede politiske mål, med mindre der sker en væsentlig forbedring af gasteknologien med hensyn til emission af NO_x i køkkener.

Andre miljøbelastninger

Foruden de to nævnte miljøbelastninger bidrager madlavning i større eller mindre grad til miljøbelastninger som fotokemisk ozondannelse, næringssaltbelastning, økotoksikologiske effekter og sundhedseffekter. Specielt de to sidstnævnte belastninger er interessante, men hverken projektets opgørelser eller referencegrundlaget er tilstrækkelige som diskussionsgrundlag. Som indikeret under afsnittet om forsurening er det af stor vigtighed, at der er fuld klarhed over hvilke mekanismer, der bliver aktiveret, når en overordnet målsætning skal opfyldes. Det er således ikke nok at vide, at den samlede NO_x -emission reduceres ved skift til gasteknologi; man skal også vide, at den emission, der finder sted ved gasteknologi, udgør en væsentligt større belastning fordi koncentrationen i indemiljøet bliver højere.

3.1.4 Sundhedsoptimering

De to teknologier, der er vurderet til at være mindst miljøbelastende, er også vurderet med hensyn til potentielle, specielle sundhedsbelastninger.

For induktionsteknologiens vedkommende eksponeres forbrugeren for ikke-ioniserende stråling. Denne form for sundhedsbelastning er først erkendt gennem de seneste år, og det er svært at drage faste konklusioner ud fra det foreliggende materiale. På nuværende tidspunkt må belastningen vurderes som ringe, men på grund af den stigende udbredelse af teknologien bør myndigheder, forskere, producenter og forbrugere alle være opmærksomme på nye oplysninger.

For gasteknologiens vedkommende vurderes det, at brug af gasbrændere i køkkener kan give anledning til forøget luftvejssygdomshed hos børn, som bor i boligen. Risikogruppen er børn, der bor i tættrafikerede områder (høj eksponering) og astmatikere, der har en høj følsomhed. Fremtidens udvikling indenfor gasteknologi bør derfor først og fremmest rettes mod at nedsætte emissionen af NO_2 fra brugen. Dette kan til en vis grad kun gennemføres ved at nedsætte gasteknologiens effektivitet, og der vil derfor skulle ske en afvejning og sammenligning af de miljø- og sundhedsmæssige belastninger som følge af forskellige løsningsmuligheder.

Samtidig må det nævnes, at brug af gasteknologi nedsætter sundhedsbelastningen af den almindelige befolkning fra elproduktion i form af SO_2 , NO_x og CO, svarende til de emissioner, der fortrænges.

3.2 Produktudviklerens rolle

Produktudvikleren, designeren og konstruktøren spiller en stor rolle i udviklingen af mere miljøvenlige produkter. Lidt teoretisk kan man sige, at det er produktudvikleren, der gennem valg af teknologi, materialer og design

disponerer produktets miljøbelastning i livscyklus.

I realiteten er det oftest sådan, at produktudvikleren kun har et begrænset antal frihedsgrader, idet først og fremmest økonomi er en meget væsentlig faktor i et udviklingsprojekt. Endvidere kan produktudvikleren ikke sikre, at alle muligheder for at reducere miljøbelastningen udnyttes af produktets slutbruger.

Inddragelse af miljøbetragtninger i udviklingen af et komfur kræver, at produktudvikleren anvender sine erfaringer vedrørende bl.a. brugeradfærd, samtidig med at han har et tilpasset sæt "miljøoplysninger" til sin rådighed.

I det følgende gives et bud på, hvordan en produktudvikler kan inddrage energiforbrug og materialevalg i udviklingsprocessen. Rådgivningen er baseret på den viden og de praktiske og politiske forhold, der er gældende idag, suppleret med et gæt på, hvad der bliver muligt i fremtiden.

3.2.1 Energiforbrug

Ved udvikling af et komfur viser gennemgangen af livscyklus, at langt den største miljøbelastning ligger i brugsfasen:

Det primære mål for udvikling af nye komfurer er derfor at forsøge på at minimere energiforbruget i brugsfasen.

I det følgende diskuteres dette mål fra to vinkler, der tildels er sammenfaldende.

Teknologivalg og -udvikling

Det mest miljøvenlige komfur er bygget op omkring den teknologi, der har den største effektivitet i udnyttelsen af energiråvaren. Med baggrund i de undersøgelser, der foreligger idag, må man derfor pege på gas- og induktionsteknologi til fremtidens komfurer.

Gasteknologi er den mest energieffektive teknologi, men da energikonverteringen finder sted hos forbrugeren, er den forbundet med en betydelig eksponering for nitrogenoxider og dermed også med en sundhedsmæssig belastning.

Induktionsteknologi kan på grund af anskaffelsesprisen ikke forventes at slå igennem på kortere sigt. Udviklingsarbejdet bør derfor indeholde mindst to aspekter, dels en optimering af teknologien med henblik på at opnå den største effektivitet, og dels en udvikling af produktionsprocessen med henblik på at nedsætte omkostningerne og dermed gøre teknologien tilgængelig for flere husholdninger.

Set ud fra et miljøsynspunkt er det bedre, at så mange husholdninger som muligt anvender den næstbedste teknologi (f.eks. "dagens induktionskomfur"), fremfor at et fåtal anskaffer og anvender fremtidens "superkomfur", f.eks. i form af et energioptimeret induktionskomfur. Udvikling af et miljøvenligt komfur skal derfor inddrage markedøkonomiske analyser, der viser, om der er tale om et generelt salgbart produkt.

Det skal dog med i billedet, at der er tale om en kontinuert udviklingsproces, hvor udviklingen ofte sker i spring, efterfulgt af en optimeringsfase, hvor

udviklingen i form af øget energieffektivitet sker langsommere. Ved introduktion af ny teknologi vil prisen være væsentligt højere end senere, når produktionsprocessen er blevet effektiviseret.

De overordnede retningslinier for denne del af udviklingsarbejdet er derfor

at sørge for, at den mest miljøvenlige (læs: energieffektive) teknologi bliver tilgængelig for så mange mennesker som muligt, og

at sørge for, at den mest miljøvenlige teknologi bliver bedre - eller erstattes af en anden teknologi med endnu større effektivitet.

Disse retningslinier gælder naturligvis for alle dele i et komfur. Kendskab til energibesparende foranstaltninger, f.eks. optimal isolering af ovnen, bør føre til implementering af denne teknologi, hvor det er muligt.

Den endelige afvejning af, hvad der er teknisk og økonomisk realisabelt ved udvikling af komfurer, foretages hos producenten. Der kan f.eks. udarbejdes en langsigtet strategi for, hvordan energibesparende foranstaltninger skal være synlige for forbrugeren, men der skal til stadighed være mulighed for at forbedre enkeltelementer, så snart muligheden viser sig.

Brugerens anvendelse

En anden mulighed for at nedsætte energiforbruget i brugsfasen ligger i konstruktion af et komfur, hvor besparelsesmulighederne er indbygget i komfurets funktion. Mange komfurer er idag forsynet med en teknologi, der muliggør energibesparelser, f.eks. automatisk stegetermometer, opkogningsautomatik o.l.

Det har ikke været muligt at kvantificere betydningen af hver enkelt mulighed på baggrund af det foreliggende datagrundlag. Præcise oplysninger kan formodentlig findes i den tekniske udviklingsafdeling hos de fleste komfurproducenter, og erfaringsmaterialet er således til rådighed for produktudvikleren.

Der kan imidlertid være væsentlig forskel på en teoretisk måling af energiforbruget og det udbytte, der kan observeres hos slutbrugeren. Dette skyldes to faktorer, dels at rigtig madlavning adskiller sig fra den teoretiske model, der anvendes i laboratoriet, og dels at brugeren ikke er i stand til at udnytte de teknologiske muligheder på grund af manglende forudsætninger.

I udviklingsarbejdet bør produktudvikleren anvende en beregningsmodel, der ligger så tæt på virkeligheden som muligt. For en del af komfurteknologien findes der målestandarder, f.eks. for kogepladers og ovnes effektivitet, og det er naturligvis vigtigt at tage hensyn til disse standarder. For andre teknologier findes der ikke tilsvarende standarder, og de potentielle energibesparelser bliver alene vurderet på teoretiske overvejelser. Et vigtigt element i fremtidens miljøarbejde kan derfor være at udvikle procedurer og beregningsmodeller for afprøvning af energibesparende foranstaltninger.

Samtidigt skal det sikres, at den teknologiske udvikling også kan udnyttes af brugeren. Nogle forbrugere, specielt den ældre del af befolkningen, kan have svært ved at udnytte højteknologiske løsninger, der er baseret på elektronik og EDB-programmering. Udvikling af sådanne løsninger bør følges op af afprøvninger på et bredt brugerniveau for at sikre en alment acceptabel

løsning. Et vigtigt element i dette er at udarbejde brugsanvisninger, der på en letfattelig måde forklarer, hvordan teknologien udnyttes bedst muligt.

De overordnede mål for denne del af udviklingsarbejdet er derfor

at sørge for, at energibesparende foranstaltninger også fungerer efter hensigten ved praktisk madlavning, og herunder

at sørge for, at der foreligger en letforståelig instruktion til brugerne.

3.2.2 Materialevalg

Rapporten viser, at materialevalg og -sammensætning er af sekundær vigtighed i forhold til minimering af energiforbruget. Groft sagt kan man sige, at det er "tilladt" at anvende stort set alle gængse materialer, når udbyttet er, at der spares energi i brugsfasen.

Samtidig skal det siges, at unødvendig materialeanvendelse bør undgås. En del af komfurerne vil enten blive kastet direkte på deponi efter endt brug, eller en del af materialerne vil blive deponeret efter en skrotningsproces. Den del af komfurmateriale, der deponeres, må regnes for at være tabt for efterfølgende generationer. Udviklingsarbejdet bør derfor tage sigte på at minimere dette tab.

I det følgende diskuteres de to "lækager" i dagens bortskaffelsessystem, nemlig uautoriseret deponering af udtjente komfurer og deponering af den fraktion, der bliver til rest efter skrotning.

Uautoriseret deponering

I rapportens opgørelse er det antaget, at 20% af alle komfurer deponeres/bortskaffes udenom de officielle kanaler. Størrelsen på dette tal er meget usikker, idet der ikke findes egentlige opgørelser. Man må dog regne med, at andelen af komfurer, der bortskaffes på uautoriseret måde, vil være faldende på grund af bedre oplysning og/eller lovgivning.

Produktudvikleren har kun få (eller ingen) muligheder for at ændre på den uautoriserede bortskaffelse. Råvaretabet vil naturligvis blive mindre, hvis komfuret indeholder færre materialer, men dette incitament må ikke være den drivende kraft i udviklingen af et miljøvenligt komfur.

For at minimere problemet er det nødvendigt, at producenter, myndigheder, forbrugerorganisationer og andre går ind i et forebyggende arbejde (f.eks. en oplysningskampagne), der giver forbrugeren en reel information om, at det er dårligt for miljøet at smide komfurer i naturen. En sådan oplysningskampagne, der sagtens kan udvides til at omfatte andre produktgrupper, skal også indeholde en anvisning på, hvor og hvordan forbrugeren kan komme af med det udtjente komfur på en forsvarlig måde.

Produktudviklerens opgave i denne henseende er

at sørge for at være aktiv deltager i den offentlige debat om muligheder for miljøforbedringer på komfuumrådet, herunder etablering af velfungerende tilbagetagningsordninger.

Deponering af restmaterialer

Når et komfur skrottes efter de metoder, der anvendes i dag (shredning), bliver der en restfraktion, der bortskaffes ved deponering på en kontrolleret losseplads. De materialer, der bliver bortskaffet på denne måde, er glas, glaskeramik, emalje, mineraluld, elektronik og plast.

Materialerne er nedknust og blandede, når de sendes til deponering, og det er overvejende sandsynligt, at materialerne ikke vil kunne udnyttes af fremtidige generationer. For hvert komfur, der bortskaffes via anerkendte skrotningsmetoder, er det samlede materialetab omkring 14 kg, først og fremmest glas, glaskeramik og emalje. Energiforbruget til fremstilling af disse materialer udgør i størrelsesordenen 1000 MJ.

Et sekundært mål for produktudvikleren er at sikre, at så få materialer som muligt ender på deponi

Med den eksisterende bortskaffelsesmetode er det i praksis umuligt at genvinde en større del af materialerne. På længere sigt kan det forventes, at der indføres en form for tilbagetagningspligt for komfurproducenter. Formålet med en tilbagetagningsordning er at skabe en mulighed for at demontere emner og materialer, inden skrotningsprocessen går videre.

En tilbagetagningsordning kan sagtens være en realitet, når de komfurer, der produceres idag, skal bortskaffes om 10-15 år. Det er derfor produktudviklerens opgave

at sørge for at konstruere et komfur, hvor det er muligt at demontere de materialer og komponenter, der idag deponeres på losseplads.

I det følgende diskuteres, hvordan de dele af komfuret, der idag deponeres, kan blive behandlet på en mere hensigtsmæssig måde. Hvordan det rent praktisk kan lade sig gøre, ligger udenfor dette projekts rammer.

Glaskeramiske overplader

Set ud fra et miljømæssigt synspunkt ligger den største potentielle forbedring i at genbruge eller genanvende den glaskeramiske plade. Baggrunden for dette er først og fremmest, at energiforbruget til fremstilling af pladen er relativt stort, omkring 400 MJ/plade. De råvarer, der anvendes, har alle en lang forsyningshorisont, over 300 år.

I princippet er det muligt at genanvende den glaskeramiske plade til samme formål, mens nedknusning og oparbejdning til ny glaskeramik ifølge producenten ikke er realistisk idag (H. Scheidler, Schott Glaswerke, pers. komm.).

På længere sigt kan det antages, at glaskeramik finder anvendelse indenfor mange nye områder, da materialet i færdigforarbejdet form besidder mange ønskede tekniske kvaliteter som hårdhed, brudstyrke, gennemsigtighed mm. Dette - i kombination med en høj fremstillingspris - kan måske motivere en teknologisk udvikling, der tager sigte på at anvende "brugt" glaskeramik til nye applikationer. Den mængde glaskeramiske plader, der potentielt kan udnyttes, vil om 25 år udgøre mellem 100 og 400 ton om året.

En anden mulighed for at nedsætte miljøbelastningen fra glaskeramik er ved at anvende et materiale, der ikke er så energikrævende at fremstille og/eller

er mere genånvendeligt.

Glasruder i ovne

Den samlede mængde glas i en ovn ligger mellem et og tre kilo, afhængigt af, hvor mange lag glas, der anvendes i den enkelte ovn. Energiforbruget ved fremstilling af glas til ovnruder kan anslås til at være ca. 20 MJ/kg. De råmaterialer, der anvendes til glasfremstilling, har alle en lang forsyningshorisont, over 300 år.

I princippet er det muligt at genbruge ovnglasset til samme formål, men en mere realistisk bortskaffelsesmåde vil være nedknusning og oparbejdning til sekundær råvare, således som det finder sted idag for mange andre glastyper.

Emalje

Der anvendes omkring 7 kilo emalje til et standardkomfur. Energiforbruget til fremstilling af denne emalje er i størrelsesordenen 200 MJ, og de råvarer, der anvendes, har en lang forsyningshorisont.

Emalje på overflader kan ikke genbruges eller genånvendes med dagens teknologi. Ved skrotningsprocessen bankes emaljen af og nedknuses og blandes med andre materialer. Det kan ikke forventes, at denne fremgangsmåde vil blive ændret væsentligt, ihvertfald ikke med henblik på at oparbejde emalje, der i praksis er værdiløs efter brugsfasen.

Mineraluld

Der anvendes ca. 1 kg mineraluld til isolering af en ovn. Energiforbruget til fremstilling af mineraluld ligger omkring 20 MJ/kg, og de råvarer, der anvendes, har alle en forsyningshorisont, der er længere end 300 år.

Genbrug af mineraluld til samme formål er ikke realistisk på kort eller længere sigt. Derimod er det muligt at tilsætte en del "brugte" mineraluldsfibre ved produktionen af ny råvare. Dette sker idag først og fremmest ved intern recirkulering på mineraluldsfabrikker, men i fremtiden vil der med stor sandsynlighed blive indsamlet og oparbejdet mineraluld, blandt andet fra byggeindustrien.

Plast

Der anvendes kun ringe mængder plast i dagens komfurer. I rapportens opgørelse er der kun regnet med plast til ledninger, men i realiteten vil der være mere plast i form af kontakter, betjeningsgreb o.l. Energiforbruget til fremstilling af plast udgør mellem 60 og 100 MJ/kg. Råvaren, som er naturgas og råolie, må betegnes som en knap ressource med en forsyningshorisont på mellem 40 og 60 år.

Genbrug af plastemner til samme formål som det oprindelige er i princippet muligt, men er i realiteten ikke realistisk på grund af teknologiske ændringer og almindeligt slid. Oparbejdning af brugte plastemner til ny råvare er en mulighed, som efterhånden findes for en del plasttyper. Plastindustrien arbejder med to grundlæggende metoder til genånvendelse, nemlig mekanisk nedknusning og oparbejdning til sekundært plastgranulat og kemisk/termisk nedbrydning til plastens grundbestanddele og efterfølgende oparbejdning til primær (højkvalitets) råvare.

Det kan forventes, at det vil være muligt at genånvende en lang række plasttyper om 10-15 år, når de komfurer, der sælges idag, skrottes. Hvis det genånvendte plastgranulat skal have en salgbar kvalitet, er det idag et krav, specielt ved mekaniske oparbejdning, at plasten er sorteret efter type. En sådan sortering er væsentligt nemmere, hvis alle plastkomponenter er mærket.

med plasttype, hvilket er forholdsvis simpelt ved ibrugtagning af nye plastformningsværktøjer. I fremtiden er det tænkeligt, at der udvikles processer, der i en arbejdsgang adskiller en lang række plasttyper i deres grundbestanddele (monomerer, naphtha, o.l.) med mulighed for en efterfølgende anvendelse som ny råvare (Zagouras et al.(1995)).

Elektronik

Elektronikmængden i komfurer er - på linie med mange andre husholdningsapparater - stadig stigende. Elektronikkomponenter består af en række materialer som ædelmetaller (guld og platin), giftige tungmetaller (f. eks. beryllium, cadmium, arsen, kviksølv, bly) og halogenerede forbindelser, der alle holdes sammen af en plastmatrix.

Genbrug af elektronik er ikke realistisk på grund af udviklingshastigheden på dette område. På grund af indholdsstoffernes giftighed er det uønsket, at stofferne spredes i miljøet på en ukontrolleret måde. Endvidere har mange af metallerne en kort forsyningshorisont, så indsamling og genanvendelse af elektronik har en høj prioritet for miljømyndighederne. Det er idag teknisk muligt at oparbejde en stor del af metallerne i elektronik, men økonomisk er det kun realistisk for ædelmetallernes vedkommende, så de mest miljøbelastende stoffer spredes stadig i miljøet (Stauning (1995)).

På længere sigt må det forventes, at der kommer en tilbagetagningsordning for elektronik (Lindegaard (1994)). Den nøjagtige udformning, herunder om ordningen også vil gælde for apparater som komfurer og ovne, og de økonomiske rammer er ikke fastlagt endnu. En mulig løsning er, at al elektronik pålægges en afgift, der kan financiere en miljømæssig forsvarlig oparbejdning af alle materialer.

Fremtidens bortskaffelse

En række af de materialer, der anvendes i et komfur, bortskaffes i dag ved deponering på kontrolleret losseplads. Den største mængde af materialerne udgør ikke et stort miljømæssigt problem, men elektroniskrot udgør en stor miljømæssig belastning.

En tilbagetagningsordning for komfurer kan nemt blive en realitet indenfor en årrække. Produktudvikleren kan inddrage dette i sit design ved at sørge for, at de materialer, der idag går til en losseplads, i fremtiden vil kunne tages ud af komfurerne og blive oparbejdet.

Materialernes skæbne i 1995 samt et realistisk bud på, hvordan de bortskaffes om 15 år kan ses i omstående tabel.

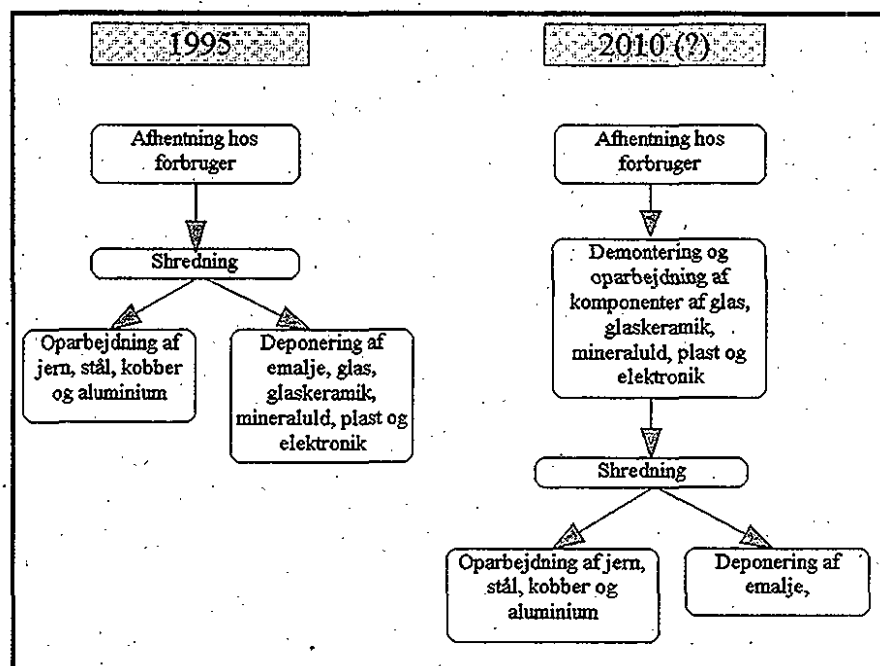
Tabel 10. Bortskaffelse af materialer i et komfur i 1995 og i år 2010.

Materiale/komponent	Bortskaffelse idag	Bortskaffelse i fremtiden
Jern og stål	Shredning - oparbejdning	Shredning - oparbejdning
Kobber	Shredning - oparbejdning	Shredning - oparbejdning
Aluminium	Shredning - oparbejdning	Shredning - oparbejdning
Zink	Forbliver på substrat-materiale - damper af ved oparbejdning af stål	Forbliver på substrat-materiale - damper af ved oparbejdning af stål
Glaskeramik	Knuses og deponeres	Indsamles og genbruges til andet formål
Glas	Knuses og deponeres	Indsamles og oparbejdes til ny råvare
Emalje	Knuses og deponeres	Knuses og deponeres
Mineraluld	Knuses og deponeres	Indsamles og oparbejdes til ny råvare
Plast	Knuses og deponeres	Indsamles i rene fraktioner og oparbejdes til primær eller sekundær råvare
Elektronik	Knuses og deponeres	Indsamles og oparbejdes (eller på specialdeponi)

Hvis en tilbagetagningsordning bliver en realitet, skal komfuret kunne skilles ad i så mange rene fraktioner som muligt. For glaskeramik, glas og mineraluld er det nemt at adskille og sortere i rene fraktioner. For plastens vedkommende vil det på nuværende tidspunkt være hensigtsmæssigt at mærke plastemner med typebetegnelse med henblik på en senere sortering. I denne forbindelse er det underordnet, om den fremtidige oparbejdning sker mekanisk eller termisk/kemisk, idet materialerne under alle omstændigheder bør holdes adskilt så længe som muligt i oparbejdningsprocessen. Elektroniske komponenter kan forventes at blive oparbejdet på samme måde, uanset funktion.

Restmaterialerne stål, jern, kobber, aluminium og emalje forventes at blive bortskaffet på samme måde som idag. Metallerne vil blive indsamlet og oparbejdet, mens emaljen stadig vil blive deponeret.

En overordnet illustration af bortskaffelse af et komfur i 1995 og et gæt på bortskaffelsen i år 2010 er vist i Figur 3.



Figur 3. Bortskaffelse af et komfur i 1995 samt et gæt på, hvordan det kan ske i år 2010.

3.3 Forhandlerens rolle

Forhandlerens rolle har ikke været i fokus i dette projekt. Der er dog identificeret to centrale områder, hvor forhandleren kan medvirke til at nedsætte miljøbelastningen.

1. Forhandlerens rådgivning ved komfurvalg og senere ibrugtagning spiller en rolle. Primært er det væsentligt, at forbrugeren køber et komfur, der tilfredsstiller hans behov med hensyn til design og funktion. I denne forbindelse er det vigtigt at give en detaljeret vejledning i at udnytte et komfurs energibesparende faciliteter. Forhandleren er ikke alene om dette ansvar, idet udgangspunktet må være en god brugervejledning fra producenten, men den personlige instruktion kan være af stor betydning for forståelsen.

2. Forhandleren skal tilbyde at tage det udtjente komfur med retur og sørge for, at det bliver viderebragt til en forsvarlig bortskaffelse. De store hvidevarekæder tilbyder allerede denne tjenesteydelse (gratis), men tilbuddet bør være standard for alle forhandlere, uanset størrelse og beliggenhed.

3.4 Forbrugerens rolle

Forbrugeren spiller en væsentlig rolle i arbejdet med at nedsætte miljøbelastningen fra madlavning, dels via sit valg af komfur og dels via sin adfærd i den daglige madlavning.

3.4.1 Forbrugerens valg af komfur

I mange tilfælde har den enkelte forbruger ikke et reelt valg, idet lejligheder skal være forsynet med et komfur ved indflytning. I sådanne tilfælde er det således boligejeren (boligselskabet), der via sine indkøb bestemmer, hvilket teknologisk niveau, der skal anvendes i mange år fremover. Da der ofte er tale om masseindkøb (flere hundrede komfurer), er det vigtigt at indkøberne inddrager miljøovervejelser i deres indkøb.

Som nævnt flere steder er der ikke entydige pejlemærker for de personer, der står overfor at skulle anskaffe nyt komfur. Af energimæssige årsager må der overordnet peges på gaskomfuret som det mest miljøvenlige idag, men på længere sigt vil induktionsteknologien opnå en effektivitet, der er næsten lige så god. Af sundhedsmæssige årsager kan der dog ikke peges på hverken gas- eller induktionsteknologi som den entydigt bedste.

Et pejlemærke, der især kan anvendes af storindkøbere (f. eks. statens indkøbere og indkøbere i boligforeninger), er om producenten har indført miljøstyring på sin virksomhed. Ved at indføre et miljøstyringssystem sikres det, at producenten kontinuerligt arbejder med at nedbringe miljøbelastningen fra sin produktion, ligesom producenten skal forholde sig til miljøforhold hos sine leverandører. På længere sigt vil arbejdet med miljøstyring kunne betyde, at optimering af brugs- og bortskaffelsesfasen i komfurers livscyklus bliver inddraget direkte i virksomhedens daglige arbejde, for eksempel som en del af den faste procedure ved produktudvikling. Sådanne elementer er en del af grundlaget for at kunne blive certificeret efter EU's EMAS-ordning (Environmental Management and Auditing Scheme).

Af økonomiske årsager vil det reelle valg i mange tilfælde stå mellem almindelig massepladeteknologi og glaskeramiske plader. De glaskeramiske plader medfører en mindre reduktion i energiforbruget i forhold til den mere gammeldags teknologi, men langt de fleste kogeplader, der gennem årene er blevet testet i forbrugerundersøgelser, får prædikatet "god energiøkonomi", hvilket vil sige at effektiviteten er over 50%. For at kunne skelne mellem de forskellige muligheder, er det således nødvendigt at udforme mere detaljerede kriterier for energiøkonomi, for eksempel i forbindelse med miljømærkning eller energimærkning af komfurer.

Med hensyn til valg af ovn ud fra miljømæssige hensyn er det også svært at pege på et teknologivalg, der er entydigt positivt.

Der er dog ingen tvivl om, at en god isolering nedsætter energiforbruget, men det har ikke været muligt at pege på en optimal isoleringstykkel.

En varmluftovn nedsætter energiforbruget både i form af et reduceret forbrug til opvarmning af ovnen og en kortere tilberedningstid som følge af en bedre varmfordeling i ovnen.

Ovnens rumfang spiller også en rolle, idet energiforbruget tilsyneladende er mindre i små ovne. Billedet er imidlertid ikke entydigt, idet nogle af de små ovne har et relativt højt energiforbrug til vedligeholdelse af varmen.

Andre teknologiske løsninger, der er relevante ved et ovnvalg, er grill, dampfunktion, indbygget mikrobølgeovn, indbygget stegetermometer med sluk-funktion, programmering af madlavning, med mere. De undersøgelser,

der har ligget til grund for den nærværende rapport, giver ikke mulighed for at vurdere, om disse faciliteter giver en reel energibesparelse. En forudsætning for, at de virker efter hensigten er, at betjening og brugsanvisningen er udarbejdet på en måde, så også forbrugere uden kendskab til avanceret teknik kan udnytte de indbyggede muligheder på en energiøkonomisk måde.

Det konkluderes, at forbrugere (og især storindkøbere) har mulighed for at vælge komfurteknologi ud fra miljømæssige overvejelser. Med i billedet hører dog, at de fleste komfurer og ovne, der sælges i Danmark i dag, lever op til eksisterende normer for god økonomi. Kun gaskomfurer og induktionskogeplader skiller sig ud fra de øvrige muligheder i kraft af et mindre forbrug af primærenergi. Med hensyn til gaskomfurer kan den lokale belastning med nitrogenoxider spille en rolle i valget, mens prisen på induktionsteknologi er relativt høj og vil afholde en del forbrugere fra at anvende denne mulighed.

3.4.2 Forbrugerens adfærd

Forbrugerens adfærd ved madlavning er af stor betydning i relation til nedsættelse af miljøbelastningen. Hvor stor betydningen er, kan ikke kvantificeres, idet der ikke findes standarder for madlavning. De gode råd, der er angivet i de to bokse indikerer imidlertid, at der kan være op til 50% forskel mellem den "gode" og den "dårlige" forbruger.

Nogle af rådene er velkendte og har almen gyldighed (f.eks. "Kog aldrig mere vand, end der er brug for"). Andre råd som "Brug kun gryder med plan bund" er blevet mere og mere aktuelle, efterhånden som de glaskeramiske plader vinder indpas.

Det er derfor på sin plads at konkretisere det sidstnævnte råd, idet gryders og panders bund bør være konkave, d.v.s. indadbøjede i midten og række nogle millimeter ud over kogezone's diameter. Når gryden bliver varm, udvider den sig og bliver helt plan. Hvis grydebunden er skæv, vil den optage varmen dårligt. Kogezonen bliver for varm, og overhedningssikringen slår fra i perioder for at forhindre at glaskeramikken bliver overophedet.

Gode råd ved madlavning på kogeplader

Kog aldrig mere vand, end der er behov for.

Kog altid i så lidt vand som muligt.

Brug en gryde, der passer til kogepladen. Hvis grydens bund er lidt større end pladen er virkningsgraden den bedste.

Brug kun gryder med plan bund.

Kog altid med tætsluttende låg. Uden låg bruges 30% mere energi.

Skrú ned for varmen, så snart gryden er i kog. Viderekog ved lavest mulige indstilling.

Brug kogepladens eftervarme.

Kilde: Kort og Godt fra Forbrugerstyrelsen.

Gode råd ved madlavning i ovne

Fyld ovnen op.

Sæt maden i en kold ovn og udnyt eftervarmen. Sluk 10-15 min før maden er færdig.

Kilde: Kort og Godt fra Forbrugerstyrelsen.

4 Miljøtemaer og kogemøbler

Miljøbelastningen fra kogemøbler analyseres ud fra en række miljøtemaer. Som det fremgår af den nedenstående tabel 11, er der ikke tale om en fuld livscyklusanalyse, idet en række elementer er udeladt. Årsagen til dette er, at en vurdering, der dækker alle elementer, vil være meget ressourcekrævende.

I stedet er der i projektet foretaget en prioritering, som efterfølgende har været diskuteret med følgegruppen for at sikre, at væsentlige elementer ikke er blevet udeladt. Blandt væsentlighedskriterierne ved udvælgelsen har været produktudviklerens og forbrugerens mulighed for at minimere miljøbelastningen i et komfurs levetid. Dette betyder for eksempel, at arbejdsmiljøbelastningen ved produktion af råvarer er prioriteret forholdsvis lavt, selvom sundhedsbelastningen i nogle brancher må anses for at være stor. Konsekvensen af dette er af mindre betydning, idet hverken produktudviklere eller forbrugere har en reel mulighed for at påvirke arbejdsmiljøet på nuværende tidspunkt. På længere sigt skal man dog ikke undlade at inddrage alle relevante muligheder for at minimere miljø- og sundhedsbelastninger, for eksempel via krav til materialeleverandører.

I Tabel 11 er givet en ekspertbaseret vurdering af sammenhængen mellem væsentlige miljøbelastninger og livscyklusfaser. I tabellen er der taget udgangspunkt i livscyklus for et almindeligt komfur. Denne livscyklus vil i al væsentlighed være den samme for andre kogemøbler (indbygningsovne og -kogeplader, emhætter, miniovne, mikrobølgeovne), men der vil være variationer mellem de forskellige muligheder med hensyn til mængder og -sammensætning, energiforbrug med videre. Disse forskelle vil blive afspejlet i den efterfølgende gennemgang.

Tabel 11. Sammenhæng mellem miljøbelastning og livscyklusfase for udvalgte miljøtemaer. "+++" angiver, at en stor belastning findes i denne fase, "+" angiver, at der sker en mindre belastning i fasen og "0" angiver, at miljøbelastningen i denne fase er uden praktisk betydning eller er umulig at måle.

	1. Produktion af råvarer	2. Færdigvareproduktion	3. Brug	4. Bortskaffelse
A. Råvareforbrug	+++	+	+	+++
B. Energiforbrug	+	+	+++	0
C. Miljøbelastning				
* Global	+	0	+++	0
* Regional	+	0	+++	+
* Lokal	+++	+	+	+
D. Sundhedsbelastning				
* Arbejdsmiljø	+	+	0	0
* Forbruger	+	0	+++	0
E. Risiko for uheld	0	0	+	0

I de følgende kapitler gennemgås de udvalgte miljøtemaer med henblik på at belyse, hvor i kogemøblers livscyklus den største belastning findes for de enkelte temaer, og hvilke muligheder, der er for at reducere denne belastning. Da et køkkens bestand af kogemøbler kan sammensættes på mange måder, er det valgt at diskutere de umiddelbart mest realistiske scenarier for forbedringsmuligheder, og listen kan således ikke anses for at være komplet.

Som supplement til gennemgangen af de enkelte miljøtemaer er der udarbejdet tre appendicer, der giver en bredere analyse af områderne energiforbrug, miljøbelastning i brugsfasen samt en sammenfatning af undersøgelser foretaget af Forbrugerstyrelsen og dens udenlandske søsterorganisationer.

Formålet med de to første appendicer er at give en grundig beskrivelse af, hvordan de nøgletal, der anvendes i rapporten, er fremkommet. Nøgletal for energiproduktion og relaterede emissioner er af største vigtighed i de fleste livscyklusanalyser, og de givne nøgletal vil derfor kunne finde anvendelse også uden for dette projekts rammer. Det tredje appendix er medtaget, fordi det giver en mulighed for at lave en oversigt over nogle sammenhænge mellem blandt andet teknologi, komfort, sikkerhed og miljøbelastning, som den øvrige disposition i rapporten ikke giver mulighed for.

5 Råvareforbrug

5.1 Produktion af råvarer

Den største miljøbelastning i form af råvareforbrug ligger meget naturligt i produktionen af råvarer. Vægtmæssigt udgøres det største forbrug af jern og stål, fulgt af råvarer til glas, emalje og mineraluld, mens plast og andre materialer kun udgør en lille del af materialerne i kogemøbler. Sammensætningen af materialer i et typisk komfur fremgår af Tabel 12.

Tabel 12. *Materialiesammensætningen i et Voss-Atlas glaskeramisk komfur, type ELK 621-1 (Efter (Müller et al. (1993))).*

Materiale	Indkøbt (kg)	Spild (%)	Spild (kg)	I produkt (kg)
Total	57,583		8,301	49,282
Coil ST 1403	7,933	20	1,587	6,346
El-Galv.	9,642	15	1,446	9,642
Præ-lak	12,493	10	1,249	11,244
RS	0,168	20	0,034	0,134
Spo Coil	12,437	25	3,109	9,328
Ialt Jern og stål	42,673		7,425	35,248
Aluminium	0,090	5	0,005	0,086
Kobber	0,180	5	0,009	0,171
Zink	0,200	15	0,030	0,170
Ialt andre metaller	0,470		0,044	0,427
Glas og glaskeramisk	6,000	0	0	6,000
Emalje ¹	7,222	10	0,722	6,500
Mineraluld	1,100	10	0,110	0,990
Plast til ledninger	0,118	0	0	0,118
Ialt andre materialer	14,450		0,950	13,608

¹: "Emalje" dækker over en sammensætning af produkter af aluminium, bentonit, borsyre, additiver, compounds, emalje, kvarts, ler og farve.

5.2 Materialiesammensætningen af salget i 1994

Det samlede materialeindhold i de komfurer, der blev solgt i 1994, kan beregnes på baggrund af informationer om materialerne i et repræsentativt komfur ((Müller et al. (1993)) samt en antagelse om, at alle solgte komfurer

og komfurelementer (ialt ca. 155.000) er ens med hensyn til vægt og materialesammensætning (Tabel 13).

Tabel 13. *Overslag over materialeindholdet i de komfurer og komfurelementer, der blev solgt i Danmark i 1994. Overslaget omfatter ikke salget af mikrobølgeovne.*

Materiale	I produkt (kg)	Årsbasis (1994) (ton)
Total	49,282	7.639
Jernmetaller	35,248	5.463
Aluminium	0,086	13
Kobber	0,171	27
Zink	0,170	26
Ialt andre metaller	0,427	66
Glas	6,000	930
Emalje	6,500	1.008
Mineraluld	0,990	153
Plast til ledninger	0,118	18
Ialt andre materialer	13,608	2.109

Usikkerheden på beregningerne som følge af de givne antagelser er forholdsvis stor. Blandt fejlmulighederne kan nævnes:

- * Opsplitning af et komfur i flere elementer kan medføre, at forbruget af stål til rammer og chassis øges.
- * Glaskeramik anvendes ikke til masseplader; derfor vil glas- og keramiskindholdet i disse produkter være væsentligt mindre.
- * Elektronikmængden er afhængigt af det teknologiske niveau for produktet. Et højteknologisk produkt vil derfor have en større andel af ikke-jernmetaller.

Det har ikke været muligt at analysere materialesammensætningen for de enkelte elementer i et komplet kogemøbelsortiment. I det følgende diskuteres nogle typiske muligheder, idet ændringer alene diskuteres ud fra vægt.

5.3 Analyse af forskellige muligheder for køkkenindretning

Hvidevaremarkedet er i dag præget af, at det er muligt at lave individuelle løsninger for, hvordan man ønsker at indrette sit køkken. Som oftest vil funktionalitet ("det skal være en fornøjelse at lave mad") være hovedtemaet, når der skabes en individuel løsning, men der vil ofte være praktiske problemer som pladsmangel og krav til udseende, der kan spille en rolle. I

nedenstående Tabel 14 ses en oversigt over de elementer, som indgår i et "komplet" sæt af køkkenmøbler samt deres minimums- og maksimumsvægt, således som elementerne findes på markedet idag.

Tabel 14. Minimum- og maksimumsvægt af komfurer, ovne, kogeplader og mikrobølgeovne, solgt i Danmark i 1994. Opgørelsen er baseret på produktkataloger fra en lang række producenter og opgørelser fra Forbrugerstyrelsen.

Produkt	Maksimumsvægt (kg)	Minimumsvægt (kg)
Elkomfurer (glaskeramiske plader, uden mikrobølgeovn)	68	40
Gaskomfurer	61	30
Indbygningsovne	53	35
Indbygningsskogeplader	14,5	10,2
Mikrobølgeovne	22	15
Bordovne	27	6
Minioovne	6,9	3,2

5.3.1 Valg af kogepladeteknologi

Kogeplader indgår i stort set alle køkkener i dag. Der findes idag mindst fem muligheder ved valg af den teknologi, der anvendes i kogeplader:

- * gas
- * masseplader
- * glødetræds-glaskeramik
- * halogen-glaskeramik
- * induktion-glaskeramik

Virkningsmåden af de forskellige teknologier er beskrevet under gennemgangen af energiforbruget i brugsfasen.

Materialeforbruget varierer både kvalitativt og kvantitativt mellem de forskellige teknologier. For gas' vedkommende indgår slanger og rør til at transportere gassen samt brændere og gitter til at stille gryder og pander på. For masseplader indgår glødetræde og støbejernsplader til at stille gryder og pander på. For glødetræds-glaskeramik indgår glødetræde samt en glaskeramisk plade til at stille gryder og pande på. I halogen-glaskeramik er glødetræden erstattet eller suppleret med en halogenlampe, mens varmelegemet i induktions-glaskeramik udgøres af en kobberspole. Begge de sidstnævnte teknologier anvender også en glaskeramisk plade til at stille kogegrejet på.

I de tre sidstnævnte former for teknologi anvendes glaskeramiske overplader. Disse er fremstillet af specialglas med blandt andet ekstra kvarts (SiO_2) (62-68%) og aluminiumoxid (Al_2O_3) (20-22%) samt lithiumoxid (Li_2O) og titandioxid (TiO_2), for at opnå så lille en udvidelseskoefficient som mulig. Den præcise sammensætning og fremstillingsmetode af glaskeramik er en

fabrikationshemmelighed, der kun kendes af to virksomheder. Det råvaremæssige indhold i glaskeramik må dog antages at bestå af mineraler med en relativ lang forsyningshorisont.

Forskellen mellem gasteknologi og konventionel elteknologi udmønter sig ikke i væsentlige forskelle i materialesammensætningen. Rør, brændere og gitter i et gaskomfur er, ligesom størstedelen af det øvrige apparat, fremstillet af jern og stål. Det samme gælder for masseplader, der er fremstillet af støbegods med indlagt glødetråd.

Induktionsteknologi adskiller sig materialemæssigt fra de øvrige teknologier ved at anvende kobber i stedet for jern i forbindelse med energikonvertering. Glødetrådene kræver et minimalt forbrug af (jern)materialer, mens kobberspolerne vejer omkring 0,5 kg stykket. Da kobber er et materiale med en relativ kort forsyningshorisont, er det vigtigt, at der sker en indsamling og oparbejdning af dette materiale til ny råvare.

5.3.2 Opdeling i ovn og kogeplader

I en individuel indretning af køkkenet vil opdeling i selvstændig ovn og kogeplade ofte være en nærliggende løsning. Ved at vælge denne løsning kan ovnen for eksempel flyttes til en søjle, hvor det er nemmere at se ind i ovnen, ligesom det bliver ergonomisk bedre at anvende ovnen.

En opdeling i ovn og kogeplader giver et lidt øget materialeforbrug i forhold til et almindeligt komfur med de samme faciliteter. Markedsundersøgelsen tyder på, at materialeforbruget forøges med omkring 10%, svarende til omkring 5 kg. Den væsentligste del af dette materialeforbrug sker i form af jernmetal til plader.

Man skal dog være opmærksom på, at vægten af et komfur og af ovn + kogeplader varierer mellem forskellige producenter. Denne variation er større end forskellen mellem et komfur og ovn + kogeplader fra den samme producent. Der er således muligt, at visse producenter kan reducere materialeforbruget i deres produkter, uden det går ud over kvaliteten. En nærmere analyse af dette kan foretages af den enkelte producent ved at sammenligne specifikationer, kvalitet og materialesammensætning/vægt med andre produkter.

5.3.3 Ovnrummets størrelse

Valg af ovnrummets størrelse afspejler til en vis grad forventningerne til den mængde mad, der i givet fald skal kunne tilberedes på samme tid. Familier med mange medlemmer eller mange gæster vil ofte anskaffe en stor ovn, mens små familier vil kunne nøjes med en mindre ovn.

En forøgelse af ovnrummets volumen vil alt andet lige betyde et øget materialeforbrug. En forøgelse af ovnrummets indre dimensioner fra 40x40x40 cm til 45x45x45 cm vil øge ovnrummets volumen med 42% fra 64 til 91 liter, mens overfladen (og dermed materialeforbruget) forøges med 25% fra 0,8 til 1,0 m². Med en godstykkelse på 0,75 mm og en vægtfylde på 7,86 giver dette en vægtforøgelse på 1,2 kg, svarende til ca. 2% af et komfurs samlede vægt.

I visse ovne er det muligt at opdele ovnrummet efter behov. Dette kan for

eksempel gøres ved at gøre det muligt at flytte varmelegemet i bunden af ovnen længere op. En sådan løsning vil sandsynligvis kræve en ekstra materialeindsats til indbygning af varmelegeme samt kontakter i ovnens bagvæg. Det har ikke været muligt at lave en detaljeret analyse af denne mulighed på baggrund af de indhentede informationer.

5.3.4 Ovn med varmluft og grill

I den basale ovnmodel er der kun mulighed for at bruge under- og overvarme. Mange moderne ovne er desuden udstyret med ekstra funktioner som varmluft og grill, hvilket øger muligheden for en mere varieret madlavning.

Ekstrafunktioner i ovnen vil generelt medføre et øget forbrug af råvarer. For eksempel kræver varmluft installation af en ventilator, hvilket medfører et øget forbrug af først og fremmest kobber og jern. Til gengæld reduceres ovnvolumen, fordi der skal være plads til ventilatoren bag ovnens bagvæg. Ekstraforbruget har ikke kunnet kvantificeres, men antages at være mindre end et kilo.

5.3.5 Sammenbygget ovn og mikrobølgeovn

En forholdsvis ny mulighed i køkkenløsninger er at indbygge mikrobølgeovn i den almindelige ovn. Dermed opnås mulighed for at tilberede dybfrosne råvarer til færdige retter i en enkelt arbejdsgang i den samme ovn.

Det har ikke været muligt at analysere konsekvenserne af en sammenbygget ovn for materialeforbruget. Umiddelbart må det antages, at materialeforbruget reduceres, idet der ikke er brug for chassis, plader og glas til en separat mikrobølgeovn, ligesom en del af elektronikken kan være fælles i den sammenbyggede ovn. Der vil dog stadig være behov for centrale elementer som mikrobølgegenerator og evt. drejeplade.

5.3.6 Sammenbygget emhætte og mikrobølgeovn

En anden ny mulighed i køkkenløsninger er en sammenbygget emhætte og mikrobølgeovn. Formålet med denne sammenbygning er at opnå pladsbesparelse og en central placering af mikrobølgeovnen.

Det har ikke været muligt at analysere betydningen af en sådan sammenbygning for materialeforbruget. På samme måde som for andre sammenbygninger må det antages, at materialeforbruget reduceres i mindre grad.

5.4 Færdigvareproduktion

Ved færdigvareproduktion sker der et råvareforbrug i form af vand samt emaljeprodukter. Råvareforbruget sker i forbindelse med lakering og emaljering af emner til kogemøblerne, og kan i princippet lige så godt finde sted et andet sted end hos komfurproducenten. En del af vandforbruget bruges til sanitet (vask, toiletbesøg), men størstedelen (2/3) udledes som spildevand fra processer. Af emaljeprodukterne ender langt størstedelen i det færdige produkt, men omkring 15 % bortskaffes som affald.

Ved færdigvareproduktionen sker der endvidere et råvaretab i form af produktionsspild. Spild af jernmaterialer (sort og galvaniseret) ligger omkring 20%, mens spildet af rustfrit stål og aluminium udgør omkring 10%. Spildet kan indsamles og genanvendes.

5.5 Brugsfasen

I brugsfasen sker der et råvareforbrug af rengøringsmidler. Som oftest vil der være tale om rengøring ved brug af for eksempel opvaskevand, men én gang imellem er det nødvendigt at bruge mere koncentrerede midler. På glaskeramik anvendes et specialprodukt, mens der på emaljerede overflader ofte anvendes et skånsomt skuremiddel. Forbruget af rengøringsmidler vurderes til at være beskedent, og der vil under alle omstændigheder kun være små kvalitative og kvantitative forskelle mellem rengøring af forskellige teknologier.

En speciel undtagelse gælder ovnen, hvor det er muligt at anvende specialemaaljer, der nedsætter eller fjerner behovet for anvendelse af specialmidler til rengøring. Der er ikke på nuværende tidspunkt fundet oplysninger om sammensætningen af katalyse- og pyrolyseemalje.

Energi som råvare behandles i det efterfølgende afsnit om energiforbrug.

5.6 Bortskaffelsesfasen

Når den miljømæssige belastning af råvareforbruget skal analyseres, er det vigtigt at huske, at produkterne skal bortskaffes, når de ikke længere opfylder forbrugernes krav til kvalitet, funktion eller udseende.

I Tyskland er der etableret en indsamlingsordning for udtjente husholdningsapparater, fjernsyn, elektronik, køleskabe mv. Efter indsamling transporteres apparaterne til et af seks anlæg, hvor apparaterne først neddeles i større dele, og miljøskadelige stoffer som CFC, olie og tungmetaller frasorteres og sendes til specialbehandling. Derefter findeles skrottet og sorteres i et antal fraktioner: forskellige identificerbare plasttyper, glas, jernmetaller og ikke-jernmetaller (fx. aluminium, kobber, zink), der alle sendes videre til oparbejdning, mens ikke-identificerbare plasttyper, metalcompounds og forurenede materialer sendes til deponi (Informationsmateriale fra Deutsche Aerospace: Entsorgung Elektro- und Elektronikverwertung). Det fremgår ikke af materialet, hvilke krav der stilles, for at de enkelte plasttyper og metaldele kan identificeres og frasorteres.

I Danmark indsamles komfurer typisk i forbindelse med køb af et nyt komfur, idet sælgeren tager det brugte komfur med og kører det til en jernhandler. Her gennemgår det en skrotningsproces, som oftest i en shredder (Se f.eks. (Müller et al. (1993))). Ved denne proces frasorteres metallerne jern, stål, kobber og aluminium næsten 100% og sendes videre til oparbejdning. Glas, keramik, emalje, glasuld og plast bliver knust og blandet i processen, hvilket umuliggør genanvendelse. Disse materialer køres til deponi.

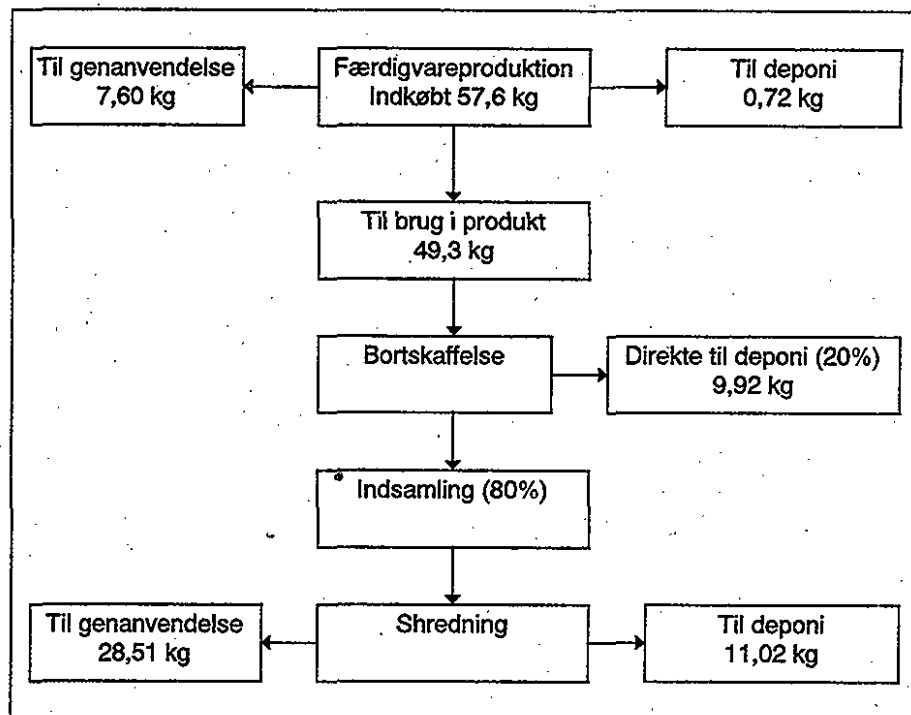
Der findes ikke præcise opgørelser over, hvor stor en del af komfurerne, der idag indsamles og oparbejdes til nyt materiale. I den følgende tabel er det antaget, at 80% indsamles, mens de resterende 20% smides direkte på losseplads. Det skal bemærkes, at dette kan regnes som et meget konservativt estimat ("worst case"), og at andelen, der deponeres direkte på losseplads under alle omstændigheder er faldende som følge af, at store dele af detailhandelen tilbyder at tage det udtjente komfur med retur til shreddning, når de leverer et nyt produkt. Udgangspunktet for tabellen er opgørelsen af materialeindholdet i et komfur. I kolonnen "Samlet til genanvendelse" summeres de mængder, der genanvendes enten efter produktionsfasen eller efter brugsfasen. I kolonnen "Samlet til deponi" summeres de mængder, der havner på deponi efter de to faser. Resultaterne i tabellen er vist skematisk i Figur 4.

Tabel 15. Gennemsnitlige mængder til oparbejdning og deponi i et dansk komfurs livscyklus. Beregningen er foretaget under en "worst case"-antagelse med hensyn til deponerede mængder, d.v.s. at 20% af alle komfurer deponeres uautoriseret.

	Materiemængde (kg)				
	Indkøbt	Produktionsspild (til genanvendelse)	I produkt	Samlet til genanvendelse	Samlet til deponi
Total	57,583	7,591	49,270	35,96	21,62
Jern og stål	42,673	7,425	35,248	35,62	7,05
Aluminium	0,090	0,005	0,086	0,07	0,02
Kobber	0,180	0,009	0,171	0,15	0,03
Zink	0,200	0,030	0,170	0	0,20
Glas	6,000	0,000	6,000	0	6,00
Emalje	7,222	0,722*	6,500	0	7,22
Mineraluld	1,100	0,110	0,990	0,11	0,99
Plast	0,118	0,012	0,106	0,01	0,11

*: Genanvendes ikke

Af tabellen kan desuden beregnes, hvor store mængder, der går tabt ved skrotningen. De største mængder udgøres af glas og emalje (godt 13,2 kg) og mineraluld (1 kg), mens zinkmængden kan anslås til 200 g, og plasmængden er ca. 120 g.



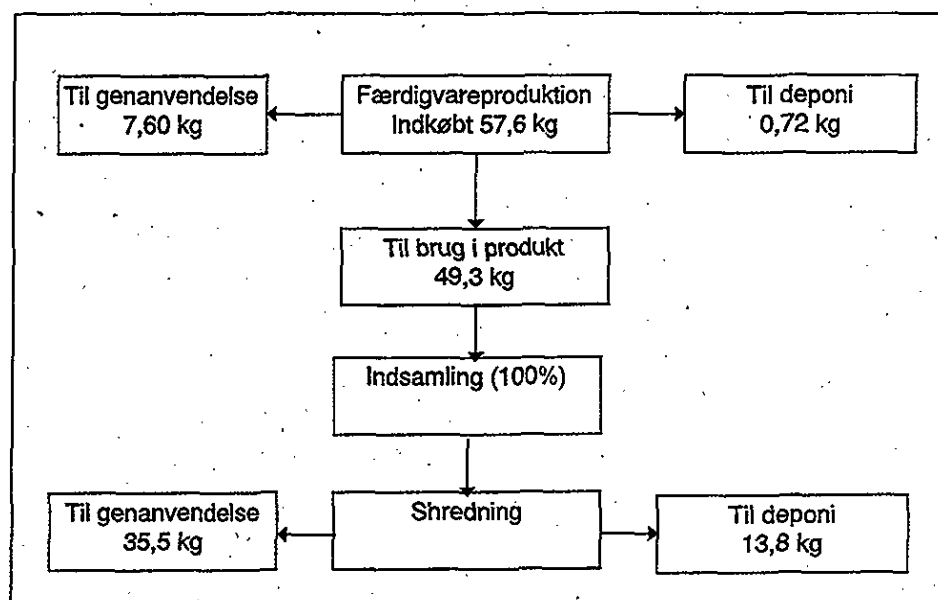
Figur 4. Skematisk fremstilling af materialeflowet i et "gennemsnitligt" komfurs livscyklus. Tallene er baseret på en "worst-case"-antagelse, d.v.s. at 20% af alle komfurer bortskaffes uautoriseret.

I tabel 16 er den tilsvarende beregning foretaget under "best case"-forudsætninger, d.v.s. at ingen komfurer bortskaffes direkte til deponi og at alle komfurer går igennem en shreddningsproces, som den kendes idag. Nøgletallene er præsenteret skematisk i Figur 5.

Tabel 16. Gennemsnitlige mængder til oparbejdning og deponi i et dansk komfurs livscyklus. Beregningen er foretaget under en "best case"-antagelse, d.v.s. at alle komfurer shreddes.

Materiemængde (kg)					
	Indkøbt	Produktionsspild (til genanvendelse)	I produkt	Samlet til genanvendelse	Samlet til deponi
Total	57,583	7,591	49,270	43,06	14,52
Jern og stål	42,67	7,43	35,25	42,67	0
Aluminium	0,090	0,005	0,086	0,09	0
Kobber	0,180	0,009	0,171	0,18	0
Zink	0,200	0,030	0,170	0	0,20
Glas	6,000	0,000	6,000	0	6,00
Emalje	7,222	0,722*	6,500	0	7,22
Mineraluld	1,100	0,110	0,990	0,11	0,99
Plast	0,118	0,012	0,106	0,01	0,11

*: Genanvendes ikke



Figur 5. Skematisk fremstilling af materialeflowet i et "gennemsnitligt" komfurs livscyklus. Tallene i denne figur er baseret på en "best-case"-antagelse, d.v.s. at alle komfurer shreds.

Tilstedeværelse af glas, keramik og mineraluld i jernskrot vil betyde, at de indgår i oparbejdningsprocessen på lige fod med jern. Dette kan skabe et problem, dels at materialerne skal varmes op og dermed kræver et energiforbrug, og dels at materialerne efter oparbejdningsprocessen indgår i slaggen, der skal deponeres på specialdeponi. I praksis vil materialerne være frasorteret til deponi, inden oparbejdningsprocessen begynder.

Zinken (200 g) vil enten forblive på substratmaterialet og dermed indgå i produktionen af skrotbaseret jern, eller blive banket af under skrotningsprocessen. Hvis zinken findes på substratmaterialet under den efterfølgende oparbejdningsproces, vil det dampe af. Uden en effektiv røggasrensning vil zinken spredes i det omgivende miljø og udgøre en miljømæssig belastning, da zink er giftigt overfor vandlevende organismer, specielt larver, på linie med andre tungmetaller.

For plasts vedkommende er situationen, at det stort set kun er muligt at anvende oparbejdet plast i sekundære produkter, hvor der ikke stilles så store krav til kvalitet. Årsagen til dette er, at det meste plast idag er modificeret på en eller anden måde, f.eks. ved tilsætning af fyldstoffer, UV-stabilisatorer, blødgørere, farvestoffer, flammehæmmere osv. I visse tilfælde (dog sjældent i komfurer) udgør sådanne tilsætningsstoffer op til 50% af produktets vægt. Mange af tilsætningsstofferne ændrer ved plastens tekniske specifikationer, og ved blanding af flere produkter vil det være meget svært at opnå en stabil og høj kvalitet i sin råvare.

Afsætningsmulighederne for jern-, aluminium- og kobberskrot er gode, idet der i øjeblikket er god økonomi i at oparbejde disse materialer til ny råvare. Ved oparbejdning af jern og stål er det vigtigt, at skrottet ikke er forurenet med andre metaller, idet disse kan påvirke materialets egenskaber. Specielt er kobber uønsket i jernskrot, idet det er meget svært at separere kobber og

jern, når de to materialer har været smeltet sammen. Dette kan betyde, at der på længere sigt vil ske en opkoncentrering af kobber i genbrugsjern og -stål, og disse materialer vil dermed være vanskelige at anvende til en række formål, hvor kobbers tilstedeværelse er uønsket.

5.7 Opsummering

Det samlede indkøb af råvarer til et standardkomfur udgør ca. 58 kg. Under færdigvareproduktion dannes godt 8 kg affald, hvoraf ca. 7 kg genanvendes. Af det færdige komfur (vægt 49 kg) genanvendes i gennemsnit godt 28 kg, først og fremmest jernmaterialer, mens 21 kg sendes til deponi. Heraf stammer ca. halvdelen fra de komfurer, der bortskaffes udenom genanvendelsessystemet. Med 100% indsamling af brugte komfurer vil den del, der genanvendes stige til 35 kg, og deponifractionen falde tilsvarende.

Miljøbelastningen i form af råvareforbrug kan ændres som følge af både produktudviklerens valg og forbrugerens valg. Produktudviklerens materialevalg og designarbejde kan medføre, at den samlede vægt af kogemøblerne nedsættes med op til 25%. Det er dog ikke muligt på baggrund af de indhentede informationer at vurdere, om dette medfører en ændring i produkternes kvalitet og evt. udseende. Med hensyn til teknologivalg kan der ikke peges på en teknologi, der entydigt er de andre miljømæssigt overlegne med hensyn til råvareforbrug. Under alle omstændigheder er det nødvendigt for at sikre en miljømæssig gavnlig udvikling af kogemøbler, at produktudvikleren "kender" sine materialer og ved, hvordan de opfører sig i bortskaffelsessituationen. Med denne viden kan der i designfasen tages hensyn til nuværende og fremtidige muligheder for at genanvende materialer fra et udtjent komfur.

Dette arbejde bør først og fremmest rettes mod fraktionen af glas og glaskeramik, der udgør ca. 6 kg. Ved nutidens bortskaffelsesteknologi knuses alt glas og glaskeramik, hvorefter det deponeres. I fremtiden kan det blive muligt at adskille glasfraktionen inden skrotning. Genbrug af komponenterne ovnglas og glaskeramisk plade er muligt, ligesom oparbejdning af knust glas også kan lade sig gøre. Oparbejdning af knust glaskeramik til nye plader er ifølge producenten ikke praktisk muligt (H. Scheidler, Schott Glaswerke, pers.komm.).

En anden mulighed er at udskifte den glaskeramiske plade med en plade af andre materialer, f.eks. beton med en overfladebelægning af et plastmateriale, der har egenskaber med hensyn til varmebestandighed og hårdhed som svarer til glaskeramik. En sådan plade vil heller ikke kunne genanvendes, og den miljømæssige fordel ved denne type overflade vil først og fremmest være relateret til et mindre energiforbrug ved fremstillingen. Det er ikke muligt at kvantificere en eventuel gevinst på nuværende tidspunkt.

En anden væsentlig forbedring, som kan opnås ved demontering før shreddning, er at elektronikkomponenter ikke havner i materialestrømmen til oparbejdning eller på deponi, hvor der kan være mulighed for mobilisering af de tungmetaller, der er en del af de fleste komponenter. Der gøres i nærværende rapport ikke noget forsøg på at kvantificere denne belastning. I stedet konstateres, at elektronik vil udgøre en stadig stigende andel af

affaldsstrømmen i Danmark og at denne strøm på nuværende tidspunkt regnes som så belastende, at der med stor sandsynlighed vil blive iværksat ordninger, der skal reducere miljøbelastningen.

Der tegner sig dermed tre overordnede muligheder for at nedsætte affaldsmængderne:

- * Ved at sørge for en generel nedsættelse af de materiale-mængder, der anvendes til et komfur. Denne løsning arbejdes der sandsynligvis med kontinuerligt hos alle komfurproducenter, idet der både er god økonomi og "godt miljø" i at reducere materialeforbruget.
- * Ved at sørge for at alle komfurer indsamles og sendes til skrotning. Denne løsning kræver, at komfurforhandlere tilbyder at tage det brugte komfur med ved installation af nyindkøb, eller at kommunerne tilbyder at modtage komfurer på genbrugspladser. Begge disse muligheder er tilstede i store dele af landet. Af måske større vigtighed er det at lære forbrugerne ikke at deponere udtjente komfurer og andre hvidevarer på ukontrollerede lossepladser.
- * Ved at "forbehandle" komfurerne før shreddning, d.v.s. demontere de dele, som der er mulighed for at genanvende, før de nedknuses. Denne mulighed kræver et økonomisk incitament, enten i form af en pantordning, eller ved at skabe et økonomisk rentabelt marked for genanvendte materialer. I denne forbindelse er glaskeramik i fokus på grund af materialets tekniske kvaliteter.

Forbrugerens valg knytter sig først og fremmest til overordnede ønsker om køkkenets indretning, teknologi og funktion. Ved at vælge køgemøbler med sammenbyggede funktioner er det muligt at reducere materialeforbruget med nogle få kilo.

6 Energiforbrug

Som udgangspunkt for analysen af energiforbruget er anvendt en statusrapport fra IPU (Müller et al. (1993)), hvor der er foretaget en beregning af energiforbruget for et typisk komfur med glaskeramiske kogeplader. I gennemgangen uddybes dette talmateriale med henblik på at analysere relevante scenarier med en større detaljeringsgrad. Analysen gennemføres alene ved hjælp af nøgletal for energiforbruget. Energirelaterede emissioner, der også spiller en væsentlig rolle i vurderingen af miljøbelastningen fra et komfur, vil blive diskuteret i afsnittet om miljøbelastninger.

6.1 Produktion af råvarer

Energiforbruget til produktion af råvarer opgøres af Müller *et al.* som vist i nedenstående Tabel 17:

Tabel 17. Energiforbruget ved fremstilling af materialer til et Voss-Atlas glaskeramisk komfur, type ELK 621-1. (Müller et al. (1993)).

	Materiemængde (kg)			Energiforbrug		
	Indkøbt	I produkt	Spild	MJ/kg	Til produkt MJ	Total MJ
Total	57,583	49,270	8,313		2047,1	2425,7
Coil ST 1403	7,933	6,346	1,587	46,8	297,0	371,3
El-Galv.	9,642	8,196	1,446	46,8	383,6	451,2
Præ-lak	12,493	11,244	1,249	46,8	526,2	584,7
RS	0,168	0,134	0,034	136,8	18,6	23,0
Spo Coil	12,437	9,328	3,109	46,8	436,5	582,1
Ialt Jern og stål	42,673	35,248	7,425		1661,7	2012,2
Aluminium	0,090	0,086	0,005	260	22,2	23,4
Kobber	0,180	0,171	0,009	93	15,9	16,7
Zink	0,200	0,170	0,030	68	11,6	13,6
Ialt andre metaller	0,470	0,427	0,044		49,7	53,7
Glas	6,000	6,000	0,000	20	120,0	120,0
Emalje ¹	7,222	6,500	0,722	29	188,5	209,4
Mineraluld	1,100	0,990	0,110	20	19,8	2,2
Plast til ledninger	0,118	0,106	0,012	70	7,4	8,3
Ialt andre materialer	14,440	13,596	0,844		335,7	339,9

¹: "Emalje" dækker over en sammensætning af produkter af aluminium, bentonit, borsyre, additiver, compounds, emalje, kvarts, ler og farve.

Som det fremgår af tabellen går den altovervejende del (ca. 80%) af energiforbruget i denne til produktion af jernmetaller, produktion af ikke-

metaller udgør det næststørste forbrug, mens produktion af ikke-jern-metaller kun udgør ca. 2% af det samlede energiforbrug. Præcisionen af de enkelte værdier for energiforbrug pr. kg er i denne forbindelse af mindre betydning, idet der skal store ændringer til, før det indbyrdes forhold mellem de tre materialekategorier forrykkes væsentligt.

IPU har i den afsluttende arbejdsrapport fra projektet "Ståls livscyklus i forskellige anvendelsessituationer" (Müller et al. (1995)) revideret tallet for energiforbrug til stålproduktion til 33 MJ/kg ved produktion ud fra malm, og angiver samtidig, at energiforbruget ved oparbejdning af skrot er 16 MJ/kg.

For glaskeramikkens vedkommende har producenten ikke ønsket at oplyse energiforbruget. Da der er tale om specialglas, der gennemgår energikrævende hærtningsprocesser, er energiforbruget formodentlig op imod 100 MJ/kg. Dette estimat anvendes i de fremtidige beregninger.

For aluminium og kobber anvendes i stedet for IPU's tal værdier på henholdsvis 171 MJ/kg og 118 MJ/kg (Habersatter (1991); Spindelbalker et al. (1990)).

Med en grov opdeling i materialegrupper fås følgende reviderede energiforbrug ved produktion af råvarer:

Tabel 18. *Energiforbrug til fremstilling af råvarer til et standardkomfur (produktionsspild er inkluderet).*

Materiale	Indkøbt (kg)	Energiforbrug (MJ/kg)	Samlet energiforbrug (MJ)
Total	57,583		2.297
Jernmetaller	42,673	33	1.408
Aluminium	0,090	171	15
Kobber	0,180	118	21
Zink	0,200	68	14
Glas	6,000	100	600
Emalje	7,222	29	209
Mineraluld	1,100	20	22
Plast til ledninger	0,118	70	8

Det samlede beregnede energiforbrug på 2297 MJ er ikke meget forskelligt fra de 2426 MJ, beregnet af IPU (Müller et al. (1993)). Man skal dog være opmærksom på, at den reviderede opgørelse også omfatter produktion af de materialer, der bortskaffes til genanvendelse som følge af færdigvareproduktion.

De samme muligheder, som blev analyseret med hensyn til råvareforbrug, kan nu analyseres med hensyn til energiforbruget til fremstilling af de samme råvarer.

6.1.1 Valg af kogepladeteknologi

Som beskrevet under råvareforbrug kan man skelne mellem fem forskellige kogepladeteknologier, der i materialeforbrug - og dermed også det relaterede energiforbrug - adskiller sig fra hinanden. I det følgende diskuteres de mest åbenlyse forskelle.

Energiforbruget ved produktion af gasteknologi og massepladeteknologi adskiller sig ikke væsentligt fra hinanden. De dominerende materialer i gasteknologi er jern, stål, mens der endvidere anvendes støbejern til maseplader. Selvom støbejern ikke kræver så megen produktionsenergi som rustfrit stål pr. kg, vil den maksimale forskel mellem gas- og massepladeteknologi maksimalt være i størrelsesordenen 100 MJ pr. kogepladesæt.

Forskellen mellem gas-/massepladeteknologi og glaskeramisk med hensyn til energiforbrug ved produktion af råvarer udgøres i al væsentlighed af forskellen mellem at producere en glaskeramisk overplade og en konventionel overplade på et komfur, incl. enten masseplader eller brændere med tilhørende rør. Denne forskel anslås til maksimalt at være af størrelsesordenen 300 MJ pr. komfur. Denne vurdering baseres på, at en glaskeramisk plade vejer omkring 4 kg, og at energiforbruget til fremstilling af pladen konservativt kan anslås til 100 MJ/kg.

Det har ikke været muligt at skaffe informationer om energiforbruget ved fremstilling af halogen-varmekilder til glaskeramiske kogeplader. Det kan derfor ikke vurderes, om der er specielle forhold knyttet til denne form for teknologi.

Induktionsteknologien adskiller sig fra de øvrige teknologier ved at anvende kobber i mængder omkring 2 kg. Med et energiforbrug omkring 100 MJ/kg for kobber betyder dette et ekstra forbrug på 200 MJ pr. komfur i forhold til glødetrådsteknologi.

Omkring valg af kogepladeteknologi kan det sammenfattende siges, at forskellen i energiforbrug ved produktion af råvarer til den "bedste" og "dårligste" teknologi kan anslås til at være i størrelsesordenen 300 MJ pr. komfur. Præcise tal for de enkelte teknologier kan udarbejdes via styklister, men det vurderes, at valg ud fra denne ene parameter ikke vil medføre signifikante forbedringer.

6.2 Færdigvareproduktion

Opgørelse af energiforbruget ved færdigvareproduktion kan foretages ud fra data om Voss Atlas' samlede energiforbrug og samlede produktion. Det er klart, at der vil være en stor usikkerhed forbundet med et sådant tal. Blandt spørgsmålene er

- * Skal forbrug til belysning, varme o.l medregnes, selvom det ikke indgår i egentlige produktionsprocesser?
- * Hvordan fordeles energiforbruget på produkter med forskellige processer og kompleksitet?

I den følgende opgørelse anvendes bruttoenergiforbruget, d.v.s. at alle forbrug er medregnet. Den primære begrundelse for dette er, at det ikke ville være muligt at producere komfurer uden belysning, varme administration osv. Endvidere er energiforbruget fordelt ligeligt på alle producerede enheder (komfurer, indbygningsovne og -kogeplader), uanset vægt. Da komfurer er den tungeste enhed, der produceres, vil resultatet underestimere forbruget for denne type produkter, mens forbruget vil blive overestimeret for indbygningskomponenter. Fejlen på analysen skønnes at udgøre 5-10%.

Energiforbrug pr. år:

* Liquid Petrol Gas (LPG): 62.000 kg, svarende til	2.771.400 MJ
* El: 5.000.000 kWh, svarende til	56.700.000 MJ
Samlet forbrug	59.441.400 MJ

I de ovenstående beregninger er antaget, at den øverste brændværdi for LPG er 44,7 MJ/kg, og at effektiviteten ved elproduktion er 0,32. I det sidste tal, som uddybes i det følgende afsnit om brugsfasen, er tabet ved udvinding af energikilder (kul, olie, og naturgas) medregnet.

Ved en samlet produktion på 100.000 enheder kan energiforbruget pr. produceret enhed derefter beregnes til at være 600 MJ.

Den største del (2/3) af energiforbruget på Voss Atlas går, ifølge IPU's rapport, til lys, varme o.l., mens resten går til produktionsprocesser. Ifølge Voss/Atlas' egne oplysninger anvendes 92% af elforbruget til produktionsprocesserne, mens kun 8% anvendes til lys o.l. Det fremgår ikke umiddelbart af den interne opgørelse, om forbruget også omfatter overhead i form af lys i administrationsafdelingen og varme på virksomheden.

Den del af energiforbruget, der går til selve produktionsprocesserne, anvendes først og fremmest til emaljeværk, pladeværk og trykluft. Ifølge Voss' egne oplysninger går ca. 40% til emaljeværket. Dette betyder, at hver emaljeret enhed kræver omkring 240 MJ til denne proces. Dette forbrug kan i teorien spares, hvis emaljering kan undgås, for eksempel ved anvendelse af rustfrit stål.

Sammenfattende kan det for fasen "Færdigvareproduktion" siges, at energiforbruget i denne fase udgør 0,5% af det samlede forbrug i livscyklus. Der er en teoretisk mulighed for at reducere dette forbrug med 40% ved at undlade emaljering. Dette kan lade sig gøre ved at fremstille enheder i rustfrit stål, der ikke behøver ekstra overfladebehandling. Energiforbruget til fremstilling af rustfrit stål er dog væsentligt større end forbruget ved fremstilling af almindelig ulegeret stål (coil), så i det samlede energiregnskab vil anvendelse af rustfrit stål være mere energikrævende end anvendelse af emaljeret jern og stål.

6.3 Brugsfasen

Brugsfasen er den fase i livscyklus, hvor det største energiforbrug finder sted, og denne fase er dermed et oplagt mål for optimering.

Der er grænser for, hvor lavt energiforbruget i brugsfasen kan blive, da det jo kræver en vis mængde energi at koge vand og tilberede mad. Virkningsgrader for energiforbrug belyser dette, idet en virkningsgrad på 1 (eller på 100%) afspejler den teoretiske situation, at alle energitab var lig nul.

Energiforbruget i brugsfasen kan estimeres ud fra oplysninger om det daglige/årliche forbrug samt levetiden af et komfur.

Opgørelse fra NESA

Det daglige energiforbrug opgøres af NESA på følgende måde (Gerda Rahbek, pers. komm.). Energiforbrug til kogeplader skønnes ud fra, at man hver dag skal kunne varme vand og mad svarende til følgende: koge havregrød, koge kartofler, stege frikadeller og koge æg samt bruge 100 Wh til "noget andet". Det samlede forbrug anslås til 1 kWh pr. dag = 365 kWh pr. år.

NESA skønner, at ovne (traditionelle - og varmluftsovne), opvarmet til 200 °C og derefter holdt ved konstant temperatur, bruges 3 til 4 timer om ugen, hvilket giver et energibehov på 175 - 245 kWh om året. Gennemsnitsværdien heraf er 210 kWh/år, hvilket bruges ved beregninger i nærværende projekt.

Mikroovne og kombioovne (med mikrobølgeeffekt) skønnes at blive brugt ca. 10 minutter om dagen. Det svarer til et årligt energiforbrug på 80 kWh/år.

En families energibehov til madlavning ser altså således ud efter NESA's skøn:

Tabel 19. Det årlige energiforbrug til madlavning, fordelt på forskellige opvarmningsmåder. Beregningen er foretaget på forbrugerens behov og på behovet for primærenergi, d.v.s. den energimængde, der skal udvindes for at opfylde forbrugerens behov.

Opvarmningsmåde	El-komfur	
	Forbrugerens energibehov	Primært energiforbrug
Kogezoner	365 kWh	1140 kWh
Ovn (traditionel og varmluft)	210 kWh	656 kWh
Mikrobølgeovn (incl. kombi)	80 kWh	250 kWh
Ialt i kWh	655 kWh	2046 kWh
Ialt i MJ	2360 MJ	7556 MJ
Ialt i MJ (15 år)	35400 MJ	113490 MJ

Energiressourcer, der endnu ligger uudnyttede i jorden, benævnes primærenergi. Fra primærenergien hentes op af jorden til den når frem til forbrugeren, sker der en række tab.

Ved omregning fra energiforbruget, målt hos forbrugeren, til primært energiforbrug er der regnet med et samlet tab ved anvendelse af el på 68%.

I appendix 1 er der gjort nærmere rede for energitab fra udvinding af energiressourcer til anvendelse hos forbrugeren.

Det samlede forbrug i komfurets brugsperiode er efter denne opgørelsesmåde væsentligt højere end angivet af IPU (1993). Årsagen til dette er først og fremmest, at der i den nærværende rapport er regnet med et større dagligt forbrug, der også inkluderer anvendelse af mikrobølgeovn, samt at levetiden for et komfur er sat til 15 år i nærværende beregning mod 10 år i IPU's. En sekundær årsag er, at der er regnet med en lavere effektivitet ved elproduktion (0,32 mod 0,37). Baggrunden for dette er, at tab ved udvinding af råvarer (kul, olie og gas) er medregnet i den nærværende opgørelse.

Projekt "Vejen til et lavere energiforbrug"

En række elskaber, Danmarks Naturfredningsforening og Fysisk Laboratorium III (DTU) har i en rapport (Viegand (1992)) målt elforbruget til madlavning hos tyve danske familier. Det målte forbrug omfattede kogeplader, ovn og el-gryder, mens mikrobølgeovne, elkogekander osv. ikke er medtaget. De væsentligste resultater, der er gengivet i Tabel 20 viser, at forbruget hos de tyve familier er noget lavere end de 575 kWh, som antages af NESA. Der er naturligt nok store variationer i tallene, blandt andet på grund af de enkelte husholdningers størrelse. Blandt årsagerne til den relativt store forskel kan følgende tænkes:

- * Familierne er deltagere i et elbesparelserprojekt og er dermed opmærksomme på det daglige forbrug.
- * Familierne er som led i projektet blevet forsynet med moderne kogemøbler (komfur/ovn, gryder, pander, elgryder). Betydningen af dette understreges af, at det gennemsnitlige elforbrug reduceres med 20% fra ca. 500 kWh/år til ca. 400 kWh/år med nye kogemøbler og gryder/pander.

Tabel 20. Årligt energiforbrug til madlavning i tyve danske familier. Efter (Viegand (1992)).

Målt elforbrug til madlavning (kWh/år)	Gennemsnit	Maksimum	Minimum
Husstand (før)	478	-	-
Husstand (efter)	392	723	206
Person (efter)	109	240	68

I det følgende diskuteres en række alternativer med hensyn til energiforbrug i brugsfasen. De fleste af de undersøgelser, der er lavet, sammenligner to eller flere typer af teknologi. Det er derfor valgt at give en introduktion til de enkelte teknologier, og derefter diskutere de sammenlignende undersøgelser under et.

6.3.1 Valg af kogepladeteknologi

Virkningsmåden for de mest almindelige teknologier er beskrevet nedenfor.

Gasblus

Gasblus brænder bygas eller naturgas af under gryden. Når varmen skal overføres fra komfur til mad sker der energitab på grund af varmestralingstab, røggastab og på grund af at grydens bund skal opvarmes udefra.

Massekogeplader

Massekogeplader - de "almindelige" elektriske kogeplader - er af støbejern og bliver opvarmet af en glødetråd, som ligger inde i pladen. Energitab ved opvarmningen opstår dels ved opvarmningen af selve kogepladen og dels ved opvarmningen af grydens bund udefra.

Glaskeramiske kogezone

Glaskeramiske kogezone bliver enten opvarmet af en glødetråd, der ligger under den glaskeramiske kogezone eller af halogenlys, hvor opvarmningen sker med infrarøde stråler fra kvartsllys med tungstenselementer. En kombination af glødetråd og halogenlys er også mulig. Energitab ved opvarmningen opstår, ligesom ved massekogeplader, ved opvarmning af kogezonens materiale, her glaskeramik og ved opvarmning af grydens bund.

Induktionskogezone

Induktionskogezone er en forholdsvis ny teknologi indenfor komfurer og her opvarmes gryden ved hjælp af induktionsstrøm. Induktionsstrøm bygger på det fænomen, at et magnetfelt danner en elektrisk strøm i en ledning, og at der omvendt også dannes et magnetfelt omkring en strømførende ledning. Når ledningen vikles op som en spole og tilsluttes vekselstrøm, dannes et elektromagnetisk felt med skiftende poler. Princippet bruges også i dynamoer, tændspoler i biler m.m.

I et induktionskomfur sidder der induktionsspoler under kogezoneerne. Den strøm, der leveres til spolerne, er først blevet omformet fra netfrekvensen på 50 Hz til en næsten 1000 gange større frekvens omkring 30 kHz. Omformningen sker i en resonanskonverter. Induktionsspolerne danner et elektromagnetisk felt, når komfuret tændes.

Når man anbringer en gryde med bund af elektrisk ledende og magnetisk ledende materiale over induktionsspolerens magnetfelt, vil der dannes et elektrisk og et magnetisk varmetab i grydens bund, hvorved gryden bliver opvarmet (hvirvelstrømstab og hysterestab, tilsammen benævnt jernstab).

Ved induktionskomfurer er der altså ikke nogen kogeplader eller kogezone, der skal opvarmes før gryden kan opvarmes. Varmen afsættes direkte i grydens bund. På den måde minder det lidt om en elektrisk kokekedel, hvor man har et varmelegeme direkte i det vand, der skal varmes op. En ekstra fordel ved induktionskogeplader er, at strømmen afbrydes, hvis gryde eller pande fjernes fra blusset, eller står skævt.

6.3.2 Supplerende teknologier

Nogle specielle faciliteter, der kan være af betydning for kogezoners virkningsgrad, er omtalt af Forbrugerstyrelsen i "Kort og godt". Bl.a. nævnes, at kogezone fås med trinregulering eller trinløs regulering. Med trinregulering er der hele tiden koblet samme effekt til. Med trinløs regulering kobler effekten til og fra med forskellige intervaller, afhængig af betjeningsknappens indstilling. Det må antages, at trinløs regulering må give den bedste mulighed for ikke at tilføre mere varme, end der er behov for og dermed give den bedste virkningsgrad i brugssituationen. Det har ikke været muligt at finde undersøgelser, der be- eller afkræfter denne antagelse.

Andre faciliteter som termostatplader, hurtigplader og opkogningsautomatik ses i mange komfurer og indbygningskogeplader. Ifølge Forbrugerstyrelsen er det ikke alle disse faciliteter, der i praksis fungerer tilfredsstillende efter hensigten og de har heller ikke alle en gunstig indflydelse på virkningsgraden. Hurtigplader er således omtalt af Forbrugerstyrelsen i Råd og Resultater 10/1992 som værende mindre energiøkonomiske end almindelige kogeplader.

6.3.3 Sammenlignende undersøgelser

En samlet oversigt over virkningsgrader for kogezone fundet ved forskellige undersøgelser er vist i nedenstående Tabel 21:

Tabel 21. Samlet oversigt over virkningsgrader for kogezone fundet ved forskellige undersøgelser.

Undersøgelse/kilde og målemetode ¹⁾	Induktion	Glaskeramik		Gas	Støbejernsplader	Andet
		Halogen	Glødetråd			
Råd og Resultater 8/1991. Opvarmning af Alu-klods.		62		58		
Dansk Gasteknisk Center, 1991.						(gas m. keramisk plade)
Opvarmning af 1 l vand		i.m. ²⁾	45	45	41	29
6,1 l vand		84	84	62	86	50
Blomberg brochure. Opvarmning af 1 l vand.	74	53	51	41	44	(mikrobølger) 46
SPL-Induction Cooktop brochure. Opvarmning af 1,5 l vand.	86		58	39	47	

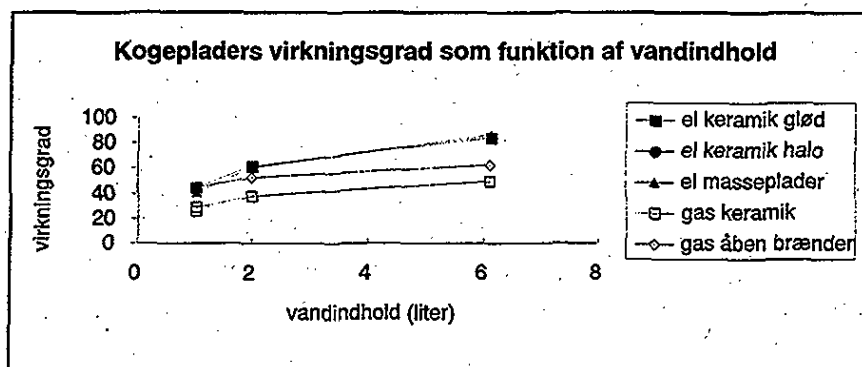
¹⁾ Målemetoder: Alu-klods: Opvarmning af aluminiumsklods anbragt på kogezone.

Vand: Opvarmning af vand i en standardgryde fra en given temperatur til en anden, f.eks. fra 20 til 95°C.

²⁾ i.m.: ikke målt med 1 l vand.

De tre af undersøgelserne har anvendt samme målemetode, nemlig opvarmning af vand, mens den fjerde har anvendt opvarmning af en aluminiumsklods.

Undersøgelsen foretaget af Dansk Gasteknisk Center viser, at ved opvarmning af vand, har vandmængden betydning for virkningsgradens størrelse. Der fås således en højere virkningsgrad ved opvarmning af en større mængde vand (ca. 6 l) end ved opvarmning af en mindre mængde (ca. 1 l) (Spiegelhauer et al. (1991)). Det kan hænge sammen med, at varmetabet til omgivelserne er forholdsmæssigt større, når en mindre vandmængde opvarmes, fordi vandmængdens overfladeareal (inklusive vandmængdens flade ud mod grydens side og bund) er større i forhold til rumfanget. Figur 6 er optegnet på baggrund af undersøgelsen og viser virkningsgrad som funktion af vandindhold.



Figur 6. Kogepladers virkningsgrad som funktion af vandindhold i gryder.

Når sammenlignelige vandmængder betragtes, ligger forskellen mellem de forskellige undersøgelser på 5-10% i virkningsgrad, svarende til 10-20% relativ forskel.

Metoden med opvarmning af vand er mindre reproducerbar end metoden med opvarmning af en aluminiumsklods (Jerry Grossman, Forbrugerstyrelsen, Pers. komm.). Ved opvarmning af vand kan forhold som bl.a. omrøring i gryden og om der benyttes en standardgryde være vigtige for udfaldet af virkningsgradsbestemmelsen, og det kan således også tænkes at have spillet ind på de her refererede resultater.

Overordnet kan man betragte tendensen indenfor hver undersøgelse. På den baggrund kan det siges, at induktionskogeplader generelt har den højeste virkningsgrad, at elektriske komfurer med glaskeramikplader har omtrent den samme virkningsgrad som den gammeldags type med masseplader ifølge en undersøgelse, mens en anden viser, at glaskeramiske har en 10 % højere virkningsgrad end masseplader.

Selvom afprøvning af virkningsgrader viser, at induktionskogeplader er mere energieffektive end de øvrige elektriske kogeplader, kan det i praksis godt vise sig, at de i praksis ikke lever op til forventningerne, det må tiden vise.

Hvis man vender tilbage og betragter den overordnede tendens indenfor de refererede undersøgelser ses det, at gasblus generelt har en virkningsgrad, der er lidt mindre end de elektriske masseplader. Det hænger sammen med, at ved brug af gasblus sker røggastab, strålingstab m.m. ude hos forbrugeren, hvor den slags energitab sker på kraftværkerne når man benytter elkomfurer.

For at få et mere korrekt billede af, hvor meget de enkelte teknologier belaster energibudgettet, er det nødvendigt at se på de primære energiresourcer (d.v.s. energi råstoffer), der er nødvendige til madlavning på de forskellige kogepladetyper.

6.3.4 Beregning af årligt primærenergiforbrug for forskellige teknologier

I Tabel 22 er anslået det årlige primærenergiforbrug til madlavning på et traditionelt elkomfur, som i sagens natur ikke kan beskrives nærmere.

For at analysere betydningen af anvendelse af forskellige teknologier anvendes følgende antagelser:

- * Elkomfuret, som NESAs har skønnet en husstands energibehov ud fra, er et traditionelt komfur med masseplader, der har en effektivitet på 50%. Dette betyder, at der med denne teknologi afsættes ca. 183 kWh i maden, og at der sker et energitab til omgivelserne på 183 kWh,
- * Glaskeramiske komfurer (glødetråd med eller uden halogen) har en effektivitet på 60%,
- * Glaskeramiske komfurer med induktionsteknologi har en effektivitet på 75%,
- * Gasblus har en effektivitet på 40%,
- * Konvertering af primær energi til el har en effektivitet på 32%, og
- * Distribution af gas til forbrugeren sker med en effektivitet på 92%.

Den samlede effektivitet af forskellige teknologier kan derefter sammenfattes i den følgende tabel:

Tabel 22. Den samlede effektivitet af forskellige kogepladeteknologier.

Teknologi	Effektivitet fra udvinding til forbruger	Effektivitet hos forbruger	Samlet effektivitet	Energiforbrug til afsætning af 183 kWh i mad	
				energi hos forbruger	primær-energi
Masseplader	0,32	0,50	0,16	365 kWh	1140 kWh
Glaskeramik	0,32	0,60	0,19	305 kWh	960 kWh
Induktion	0,32	0,75	0,24	244 kWh	760 kWh
Gas	0,93	0,40	0,37	460 kWh	490 kWh

Under hensyntagen til den usikkerhed, der ligger i undersøgelsen af de forskellige teknologier, kan det konkluderes, at med hensyn til primærenergiforbrug må gas anses for at være den mindst forbrugende teknologi, idet den kun kræver 45% af forbruget i et standard elkomfur. Induktionsteknologi, der stadig er under udvikling, kræver knap 70% af energiforbruget i et standardkomfur, mens "almindelig" glaskeramik kræver knap 90% af forbruget.

På årsbasis udgør forskellen mellem gasteknologi og massepladeteknologi ved de ovenstående antagelser 650 kWh primærenergi (svarende til 2300 MJ), hvilket er af samme størrelsesorden som det samlede primærenergiforbrug til produktion af råvarer til et komfur. Forskellen mellem massepladeteknologi og induktionsteknologi er 380 kWh (godt 1350 MJ) på årsbasis.

Med i denne diskussion hører, at der ved elproduktion samtidig sker en varmeproduktion, der nyttiggøres gennem for eksempel fjernvarme. I Dan-

mark har vi et veludbygget fjernvarmenet, hvor en stor del af restvarmen fra elproduktionen udnyttes. I appendix 1 diskuteres det, hvordan fjernvarmeproduktionen kan medtages i vurderingen af miljøbelastningen fra elproduktionen, men som det også er nævnt samme sted, er de gennemgående beregninger udført for elproduktion uden samtidig varmeproduktion.

Hvis fjernvarmeproduktionen blev godskrevet elproduktionen, ville effektiviteten fra udvinding til forbruger være på 0,48, jvf. diskussionen i appendix 1. Primærenergiforbruget til afsætning af 183 kWh i mad ville derefter kunne beregnes til 760 kWh, 635 kWh og 510 kWh for henholdsvis masseplader, glaskeramik og induktionskøgeplader. Hvis elproduktionen anskues på denne måde, er gaskomfuret stadig det mest energieffektive, men induktionsteknologien er tæt på at være lige så effektivt.

6.3.5 Opsummering kogeplader

På baggrund af den ovenstående gennemgang må det ud fra et energiøkonomisk synspunkt anbefales, at produkter baseret på gasteknologi udvikles og designes, så de er lige så attraktive for forbrugeren som produkter, der er baseret på elektricitet. I denne forbindelse kan det ikke umiddelbart anbefales at anvende glaskeramiske plader i forbindelse med gas, idet dette nedsætter effektiviteten væsentligt.

Induktionsteknologi ser ud til at have et stort potentiale for energibesparelser. Teknologien er endnu så ny på markedet, at det reelle potentiale ikke kan fastlægges, men producenterne håber på at kunne nå op på en effektivitet på omkring 85%. Endvidere tæller det som et plus for induktionspladerne, at strømmen afbrydes, når kogegrejet fjernes fra pladen. Der sker altså ikke noget ved at glemme at slukke for kogepladen. De forskellige former for reguleringsautomatik giver ikke nødvendigvis en bedre energiøkonomi. De fleste af disse funktioner giver brugeren større komfort i madlavningen, og vil alene af denne årsag være en del af fremtidens kogemøbler. I den udstrækning teknologien anvendes i kogeplader, må dette følges op af velgennemtænkte brugsvejledninger, der giver mulighed for at udnytte funktionerne på en energiøkonomisk optimal måde.

I den ovenstående analyse indgår ikke forbrugeradfærd. Specielt Forbrugerstyrelsen har i en række publikationer gjort opmærksom på, at forbrugerens adfærd med hensyn til indkøb og anvendelse af kogegrej kan være af lige så stor betydning som den teknologi, der anvendes. I de afsluttende konklusioner i denne rapport vil dette emne blive berørt i form af en række gode råd, som producenter, myndigheder og interesseorganisationer kan og bør formidle til forbrugeren ved enhver given lejlighed.

6.4 Ovne

Med hensyn til ovne eksisterer der to overordnede teknologier, der hver især kan suppleres med en række ekstra faciliteter.

gasforbrændingen varmer ovnrummets luft og maden op.

Elektriske ovne

Den basale eller traditionelle elektriske ovn består af et ovnrum med varmelegeme. Der ligger som regel et varmelegeme i bunden og et frit under ovnens loft. Temperaturen styres af en termostat.

I både gas- og elovne kan følgende faciliteter indbygges:

Varmluftfunktion

I varmluftsovne er der en ventilator, som skulle sørge for en bedre fordeling af den varme luft i ovnrummet. Der kan være placeret et varmelegeme omkring ventilatoren i ovnens bagvæg. Luft suges fra ovnen og ind omkring ventilator og varmelegeme, varmes op og føres tilbage til ovnrummet via huller i sidevægge og/eller bagvæggen.

Grill

Både traditionelle og varmluftovne kan være forsynet med grillfunktion.

Mikrobølger

Mikrobølger sætter madens molekyler i bevægelse, så der opstår varme i maden. Mikrobølger er især egnet til optøning og opvarmning af råvarer og færdiglavet mad. Da opvarmningen sker indefra og ud, kan man ikke få en brun eller branket overflade alene ved at anvende denne teknologi.

Damp

Der findes ovne med forskellige former for dampfunktion. Dampfunktionen holder angiveligt bedre på smagsstofferne i maden, ligesom overfladen på brød, der bages i dampovn, skulle få en professionel kvalitet.

6.4.1 Sammenligning af forskellige typer af ovne

Når ovnes energiforbrug skal vurderes, undersøges dels energiforbruget til opvarmning og dels energiforbruget til vedligehold af temperaturen i en time.

Der findes kun ganske få gasovne på det danske marked idag, og undersøgelser af energiforbruget i gasovne er sjældne. Forbrugerstyrelsen har i Råd og Resultater nr. 8/1991 analyseret energiforbruget i 8 ovne, hvoraf den ene var en gasovn. Resultaterne sammenfattet i Tabel 23. En anden undersøgelse, foretaget af Elektrolux Europa, sammenligner energiforbruget i 60 ovne, hvoraf en del findes på det danske marked. Gennemsnitstal for energiforbrug til opvarmning og vedligehold i en traditionel elovn og en varmluftovn er givet i Tabel 24.

Tabel 23. *Energiforbrug til opvarmning og vedligehold af ovne (Forbrugerstyrelsen, 1991).*

Ovntype	Energiforbrug til opvarmning (Wh)		Energiforbrug til vedligehold (Wh/h)	
	Gennemsnit	Standardafvigelse	Gennemsnit	Standardafvigelse
Traditionel elovn: til 200°C	587	83	704	104
Varmluft elovn: til 180°C	396	82	684	126
Traditionel gasovn: til 200°C ¹	420	0	920	0
Varmluft gasovn til 180°C ¹	510	0	1090	0

1) kun 1 ovn undersøgt.

Tabel 24. *Energiforbrug til opvarmning og vedligehold af ovne. (Efter Elektrolux Europa).*

Ovntype Elovn	Energiforbrug til opvarmning (Wh)		Energiforbrug til vedligehold (Wh/h)	
	Gennemsnit	Standardafvigelse	Gennemsnit	Standardafvigelse
Traditionel	424	95	609	130
Varmluft	329	73	626	90

Undersøgelserne viser, at varmluft nedsætter energiforbruget til opvarmning af ovnen i elovne. Energiforbruget til vedligehold af varmen i elovne er stort set det samme, uanset om der er indbygget varmluft. I den undersøgte gasovn var der et højere forbrug til opvarmning og til vedligehold af varmen, når der var installeret varmluft. Det skal i den forbindelse nævnes, at øget ventilation i gasovne kan være uhensigtsmæssigt, idet forbrændingsbetingelserne ændres, hvilket kan medføre en lavere flammetemperatur.

Et element, der ikke medtages i sådanne undersøgelser, er tilberedningstiden, der i en varmluftovn forkortes med 10-15% på grund af den bedre varmfordeling. Den energibesparende effekt af varmluft kan måske bedre forklares ved, at varmelegemet ved denne type teknologi befinder sig inde i ovnrummet, mens det i en konventionel ovn befinder sig under ovnens bundplade. Der vil dog under alle omstændigheder være et mindre energiforbrug i en ovn med varmluft end i en traditionel ovn, når den samme ret tilberedes.

For at belyse forskellen mellem el- og gasovne, betragtes primærenergiforbruget i tabel 25. Som det ses, er gasteknologien for ovne mere energibesparende end elteknologien, i lighed med hvad der viste sig for kogezone i det foregående afsnit.

Tabel 25. Primærenergiforbrug til opvarmning og vedligehold af ovne (Forbrugerstyrelsen, 1991).

Ovnstype	Energiforbrug til opvarmning (Wh)	Energiforbrug til vedligehold (Wh/h)
	Gennemsnit	Gennemsnit
Traditionel elovn: til 200°C	1834	2200
Varmluft elovn: til 180°C	1238	2138
Traditionel gasovn: til 200°C ¹	456	1000
Varmluft gasovn til 180°C ¹	554	1185

1) kun 1 ovn undersøgt.

6.4.2 Ovnvolumens indflydelse på energiforbruget

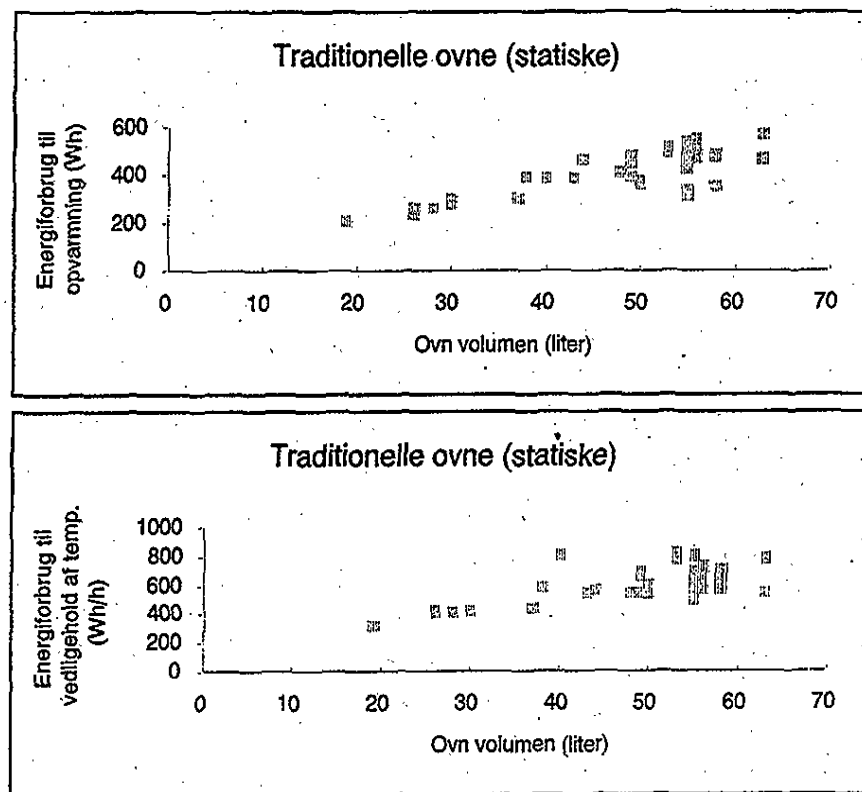
Opvarmningen af en ovn omfatter både opvarmning af det luftrum, der er inde i ovnen og af ovnens materiale. Endelig sker der også en varmeafgivelse til luften udenom ovnen som følge af at isoleringen ikke er fuldstændig. De følgende beregnede eksempler gælder for opvarmning fra 20 til 200°C.

Opvarmning af 50 l luft kræver 3 Wh og opvarmning af 100 l luft kræver 6 Wh. Dette er kun en brøkdel af ovnens faktiske energiforbrug som, ifølge den ovenstående opgørelse er på 400-600 Wh. Luftrumets volumen er altså stort set ligegyldigt for energiøkonomien.

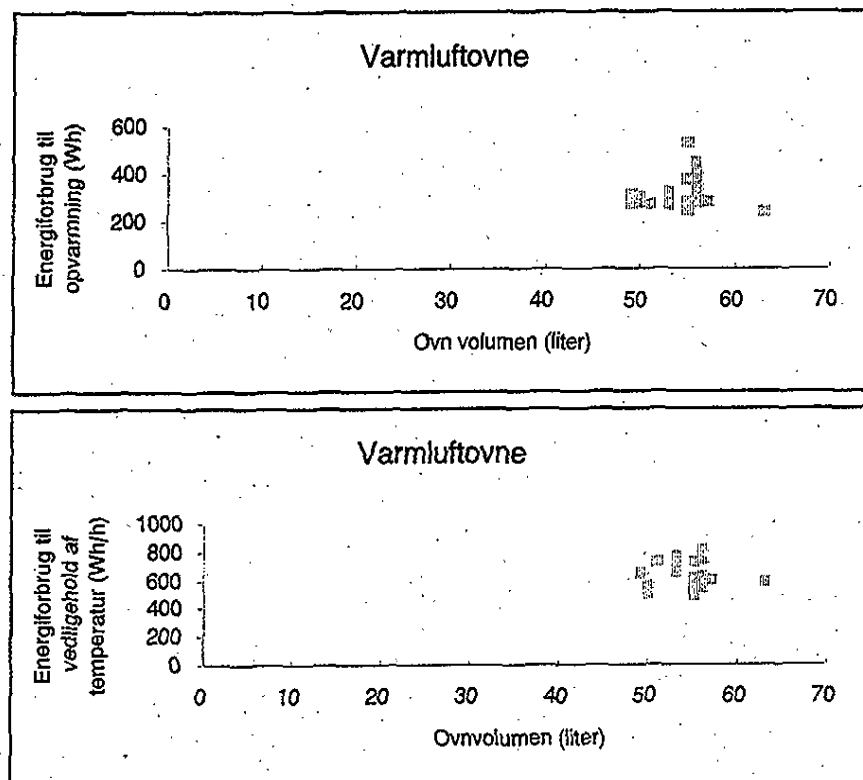
Opvarmning af 30 kg jern kræver 680 Wh og opvarmning af 60 kg kræver det dobbelte, 1380 Wh. Dette er mere end de faktiske energiforbrug. Opvarmning af en ovn medfører da heller ikke opvarmning af hele ovnens materiale til 200°C. Der er en faldende temperaturgradient fra ovnen og til komfurets overflade, ifølge Forbrugerstyrelsens undersøgelser er overfladetemperaturen af komfurer med tændt ovn typisk på 80°C. Det kan konkluderes, at opvarmningen af ovnens materiale (og dermed også isoleringen af ovnen) spiller en væsentlig større rolle end opvarmningen af den luft, der er indesluttet i ovnrumsfanget mht til energiøkonomien.

I Figur 7 og Figur 8 er der vist grafiske afbildninger af effektforbrug til henholdsvis opvarmning og vedligehold som funktion af ovnvolumen. Der ser ud til at være en sammenhæng for traditionelle ovne mellem ovnvolumen og energiforbrug til opvarmning. Der ses kun ringe sammenhæng mellem energiforbrug til vedligeholdelse af temperatur og ovnvolumen for traditionelle ovne med stort (> 40 liter) ovnvolumen, men det er værd at bemærke, at ovne med et volumen mellem 20 og 30 liter har et signifikant mindre energiforbrug end store ovne.

For varmluftovne ses ingen sammenhæng mellem ovnvolumen og energiforbrug, hverken til opvarmning eller vedligehold. Årsagen til dette er formentlig en bedre varmfordeling i ovnrummet. Der findes ingen målinger på ovne med et volumen, der er mindre end 47 liter, og der kan derfor ikke drages konklusioner med hensyn til "små" ovne med varmluft.



Figur 7. Energiforbrug til opvarmning (øverst) og vedligehold af temperaturen (nederst) i traditionelle ovne.



Figur 8. Energiforbrug til opvarmning (øverst) og vedligehold af temperaturen (nederst) i varmluftovne.

Grillfunktion

6.4.3 Supplerende teknologier

Grill er standardtilbehør i de fleste ovne. I nogle ovne findes intervalgrill, der er en kombination af grill og varmluft. En termostat styrer grillelementet og går i gang, hver gang temperaturen falder under det, termostaten er indstillet til. Når temperaturen igen er steget, slår grillfunktionen fra og varmluftblæseren starter.

Der findes ikke undersøgelser, der kan belyse energiforbruget ved denne stegemetode. Grillfunktionen er nødvendig for at opnå et godt resultat ved visse typer af madlavning, og funktionen vil derfor også være at finde i fremtidens komfurer. Producenterne kan - via rådgivning i ovnens brugsanvisning - styre forbrugerenes anvendelse af grillfunktionen, men det kan på nuværende tidspunkt ikke vurderes, om anvendelsen skal fremmes eller hæmmes af miljømæssige årsager.

Damp

Dampfunktionen i en ovn påvirker energiforbruget, idet fordampning af vand kræver relativt store energimængder. En stor del af energien går tabt ved åbning af ovndøren, idet der slipper damp ud. I professionelle ovne i bagerier har man vist (Buch *et al.*, 1993), at sådanne energitab bedst reduceres ved at styre luftskiftet ved døråbning, f.eks. ved at standse blæsermotoren. Relevansen af dette for almindelige husholdningsovne kan ikke vurderes.

Mikrobølger

Anvendelse af mikrobølger samtidig med f. eks. varmluft og grill nedsætter angiveligt tilberedningstiden. Dette sker på bekostning af det ekstra energiforbrug til mikrobølgeovnen. Der findes ingen offentliggjorte undersøgelser, der kan belyse dette forhold nærmere. Generelt kan det siges, at anvendelse af mikrobølger til optøning af dybfrossen mad bør undgås, idet optøning i et køleskab reducerer energiforbruget i køleskab og samtidig fjerner behovet for anvendelse af energi til mikrobølgeovnen.

Ovne med indbygget mikrobølgefunktion bør derfor være forsynet med en brugsanvisning, der gør det klart for forbrugeren, at der kan spares energi ved at undgå at bruge energi til optøning.

Med hensyn til at bruge mikrobølger til opvarmning af færdigretter findes der ikke undersøgelser, der analyser om dette medfører en reduktion af energiforbruget i forhold til at anvende en traditionel ovn eller en varmluftovn. Mikrobølgeovnen vil have en væsentlig fordel, idet den er forsynet med timer-funktion, der standser ovnen efter en fastsat periode. Der skal ikke anvendes energi til at opvarme ovnen, og forbrugeren glemmer ikke at sætte maden ind i ovnen, eller at slukke for ovnen, når den er varm. Denne fordel er ens for både selvstændige mikrobølgeovne og i kombination med en almindelig ovn.

Automatik

Automatik er kort berørt ovenfor. Et elektronisk ur, der på forhånd kan indstilles til at tænde og slukke ovnen på bestemte tidspunkter, vil ofte være energibesparende, idet ovnen ikke er i funktion i længere tid, end det skønnes nødvendigt på forhånd. Det kan dog ikke udelukkes, at man som forbruger skønner forkert og indstiller ovnen til at være tændt i længere tid end nødvendigt.

Andre former for automatik er stegetermometer og/eller stegeautomatik. Automatikken fungerer efter forskellige principper, men et fælles formål er

naturligvis at få kødet passende stegt. Det nyeste skud på stammen er forudprogrammerede opskrifter, hvor forbrugeren kun skal klargøre maden og stille den på det rigtige sted (kogeplader og ovn). Programmet sørger derefter for at tænde og slukke på de rigtige tidspunkter og med den rigtige temperaturindstilling, således at maden bliver færdig til det ønskede tidspunkt.

Der findes ikke undersøgelser, der kan belyse betydningen af forskellige former for automatik for energiforbruget. Hvis automatik og teknologi anvendes optimalt, vil der med stor sandsynlighed kunne spares energi. Man skal dog være opmærksom på, at det på nuværende tidspunkt kræver en del teknisk kunnen at udnytte de mest avancerede former for automatik. Med et øget kendskab til generel computerteknologi hos den almindelige forbruger vil det blive mere relevant at computerstyre madlavningen, ligesom de første erfaringer fra anvendelsen vil medføre bedre programmer.

6.4.4 Professionelle ovne i bagerier

Som et supplement til undersøgelser af ovne og komfurer til husholdningsbrug kan der peges på et branchehæfte "Energirådgivning - Bager" til bagerier, udgivet af Danske Elværkers Forening (Buch et al. (1993)). I denne rapport gennemgås forskellige optimeringsmuligheder for bageriovne med hensyn til energibesparelse og omkostninger. Selvom husholdnings- og bageriovne ikke er direkte sammenlignelige, kan resultaterne indikere, om der er tilsvarende muligheder for husholdningsovne.

Rapporten opererer med 8 områder, hvor der sker et energiforbrug, og udgangspunktet for vurderingen er en referenceovn. I referenceovnen fordeles energiforbruget sig på følgende måde på de områder, hvor der sker varmetab:

Samlet forbrug	35,6 kW
Varmetab	4,9 kW
Udtagning af brød	3,8 kW
Afdampning og damp til brød	10,0 kW
Opvarmning af ovn	5,9 kW
Blæsemotor	2,9 kW
Rotationsmotor	0,1 kW
Døråbninger og ventilation til bageri	3,4 kW
Plader og vogne	4,7 kW

For hvert af disse områder er det undersøgt, hvordan alternative løsninger påvirker varmetabet i forhold til en referenceovn. De undersøgte alternativer er

1. Dobbelt isolering
2. 10 cm isolering i bund
3. 2,5 cm luftmellemrum i bund
4. Ingen selektiv belægning på vindue
5. Termorude i vindue
6. Mindre blæsemotor
7. Mindre tab ved luftskifte (døråbninger mv)
8. Superovn (En kombination af 1, 3, 5, 6, 7)

I oversigtform kan resultaterne stilles op som i Tabel 26, nedenfor.

Tabel 26. Effekten af alternative designløsninger på energiforbruget i bageriovne.

	Referen- ceovn	Alternativ							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Samlet forbrug	35,6	34,5	34,6	35,2	36,3	35,4	34,6	34,6	31,9
Varmetab	4,9	3,8	3,8	4,5	5,6	4,7	4,9	4,9	3,1
Udtagning af brød	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Afdampning og damp til brød	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Opvarmning af ovn	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
Blæsemotor (el)	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	1,9	2,9	1,9
Rotationsmotor	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Døråbning og ventilation	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	2,3	2,3
Plader og vogne	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7

Tabel 26 viser overordnet, at det samlede energiforbrug i bageriovne kan nedsættes fra 35,6 kW til 31,9 kW ved en gennemgribende optimering. Hverken det samlede resultat (superovnen) eller de enkelte optimeringsmuligheder kan nødvendigvis overføres til husholdningsovne. Årsagen til dette er dels, at ovnene er forskellige i opbygning og funktion og dels, at nogle løsninger ikke kan gennemføres af økonomiske årsager. Den nedenstående tabel giver på stikordsform gode og mindre gode sider af de enkelte løsninger i relation til husholdningskomfurer.

Løsningsforslag	Godt	Mindre godt
Dobbelt isolering	Stor besparelse	Dyr løsning ved efterisolering Lang tilbagebetalingstid (5,7 år) Mindre ovnrum
10 cm bundisolering	Stor besparelse	Mindre relevant for husholdningsovne
2,5 cm luftmellerrum i bund	Billigt	Mindre relevant for husholdningsovne

Løsningsforslag	Godt	Mindre godt
Selektiv belægning på vindue	Stor besparelse Billig løsning Kort tilbagebetalingstid (0,6 år) Nem at implementere	
Termorude i vindue	Billig løsning Middel tilbagebetalingstid (2,6 år)	Relativ lille effekt
Mindre blæsemotor	Stor besparelse Billig løsning (gratis!)	
Mindre tab ved luftskifte	Stor besparelse Gratis løsning	Besparelse er primært relateret til dampfunktion

Oversigten viser, at belægning af ovnruden med tinoxid, tilpasning af blæsermotorens effekt og styring af luftskiftet ved åbning af ovnen er tre områder, hvor der med stor sandsynlighed kan hentes en energibesparelse uden at foretage de store investeringer.

6.4.5 Opsummering - ovne

Overordnet betragtet må gasovne anses for at være mere energiøkonomiske end el-ovne. Årsagen til dette er, at det samlede energitab, fra udvinding af energiråvare til maden er færdig, er mindre for gas end for el.

Anvendelse af varmluft nedsætter det samlede energiforbrug i både gas- og elovne. Der er tale om et marginalt øget forbrug til vedligehold af varmen, men dette kompenseres gennem et mindre forbrug til opvarmning af ovnen og en nedsat tilberedningstid. For alle ovntyper kan der indbygges en funktion, der afbryder varmeblæseren, når ovndøren åbnes. På denne måde reduceres varmetabet gennem ovndøren.

Ovnens ruder er tilsyneladende vigtige for energiforbruget, men dette har dog ikke kunnet bekræftes ud fra tilgængelige analyser af almindelige ovne til forbrugere. Varmetabet gennem glasset kan reduceres på to måder, enten ved en selektiv belægning af tinoxid på indersiden af glasset, eller ved at montere termoruder med tre eller fire lag glas.

En optimal isolering af ovnen giver også en nedsættelse af energiforbruget. Det er ikke været muligt at pege på den optimale isoleringstykkel på baggrund af de undersøgelser, der har været tilgængelige ved rapportens udarbejdelse.

Der synes at være en sammenhæng mellem ovnvolumen og energiforbrug i traditionelle ovne. For ovne med et volumen over 35 liter er der dog store variationer fra produkt til produkt. Der er kun undersøgt 5 ovne med et volumen under 35 liter, hvilket vanskeliggør en generalisering. For varmluftovne med et volumen over 47 liter synes der ikke at være en sammenhæng mellem ovnvolumen og energiforbrug, hvilket kan tilskrives den bedre varmefordeling i ovnen.

Kombinationsovne med mikrobølger kan nedsætte tilberedningstiden i forhold til madlavning i en almindelig ovn. Dette sker på bekostning af et energiforbrug til mikrobølgerne, hvilket ville kunne undgås ved en bedre planlægning af madlavningen, for eksempel ved at tage nedfrosne varer ud af fryseren dagen i forvejen.

De energiøkonomiske konsekvenser af dampfunktion i ovnen kan ikke vurderes på det foreliggende datagrundlag.

Forskellige former for automatik tager sigte på at optimere tilberedningstiden, enten ved at signalere til forbrugeren via et indbygget stegetermometer, at den ønskede temperatur er opnået, eller ved simpelthen at tænde og slukke for maden på forudbestemte tidspunkter. Begge metoder har en energigevinst til følge, hvis forbrugeren vel at mærke er i stand til at udnytte automatikken. Hvis automatikken ikke udnyttes eller anvendes forkert, vil der som mindstemål være tale om et ressourcespild til fremstilling af automatikken, idet en del af råvarerne vil gå tabt ved bortskaffelsen af udtjente komfur.

6.5 Emhætter

Ingen af de citerede undersøgelser vedrørende energiforbrug til madlavning har indbefattet elforbrug til emhætter. I det følgende diskuteres emhætters funktion, og der gives et estimat for det direkte og det indirekte energiforbrug.

Alle nye boliger skal ifølge Bygningsreglementet (BR 95) opfylde kravet om et samlet luftskifte på min. 0,5 gange/time. Herunder er det et krav, at der fra køkkener foregår en mekanisk udsugning af min. 20 l/s (72 m³/h) gennem en emhætte. I såvel etageboliger som parcelhuse kan der etableres emhætter, som kan have omstilling til forceret ventilation, først og fremmest til bortventilering af stegeos og vanddamp ved madlavning. Den maksimale forcerede ventilation herved er ca. 50 l/s (180 m³/h).

Udsugningen fra emhætte foregår i nyetablerede bygninger via et kanalsystem til afkast over taget. Generelt gælder der for de lovpligtige udsugningsanlæg med emhætter og udsugningsventiler, at de ikke må give et støjniveau på mere end 30 db(A).

Tilførsel af erstatningsluft skal tilvejebringes gennem åbninger direkte til det fri eller med mekanisk indblæsningsanlæg. Denne erstatningsluft skal tilføres trækfrit og skal derfor i varmesæsonen opvarmes til almindelig rumtemperatur.

Årsforbrug til opvarmning af erstatningsluft ved daglig anvendelse mellem kl. 17.00 - 18.00 udgør ca. 190 kWh (Anon (1990)). Det antages, at emhætten kun anvendes med forceret ventilation i 1/2 time om dagen, og det årlige energiforbrug er dermed 95 kWh.

Dertil skal tillægges det indbyggede lysarmaturforbrug typisk med 11 W lavenergipære. Benyttelsestid under hele madlavningen ca. 1 time og derved et samlet el-forbrug på årsbasis på 4 kWh til belysning. Endvidere anvendes el til drift af motoren. Dette antages at være af størrelsesordenen 5 kWh/år.

Det samlede, årlige energiforbrug til en emhætte i boliger, der opfylder BR 95 kan dermed estimeres til at være godt 100 kWh.

Boliger med opførelse før gyldigheden af BR 95 kan have naturlig ventilation eller mekanisk ventilation i relation til gældende udgave af Bygningsreglementet ved opførelsen. Det betyder, at der i disse boligers køkkener kan være en mangelfuld bortledning af vanddamp og stegeos. Til at eliminere disse gener kan der derfor installeres kommercielle emhætter af forskellig udformning og ydelse. Et særkende for de fleste emhætter er imidlertid, at de medfører en væsentlig øget støjbelastning i boligen. Støjniveauet overstiger de førnævnte 30 db(A) ganske betydeligt. Energiforbruget ved anvendelse af denne type emhætte antages at være det samme som for emhætter i nybygninger.

For anvendelse i køkkener, hvor afkastmuligheden til det fri er vanskelig, kan emhætter med recirkulation være et alternativ. En sådan emhætte er forsynet med filter til adsorption af fedtpartikler samt kulfilter til adsorption af lugtenheder. Ved recirkulation ledes luften tilbage til køkkenet igen. Da der ikke skal opvarmes friskluft ved denne type emhætte, er energiforbruget væsentligt mindre, omkring 4 kWh/år til lys og ca. 9 kWh/år til motorens drift, ialt 13 kWh.

6.6 Bortskaffelse af komfurer og ovne

IPU (Müller et al. (1993)) antager, at 80% af komfurerne i Danmark bortskaffes via indsamling og oparbejdning til nye råvarer, mens de resterende 20% antages at ende på lossepladsen, hvor materialerne går tabt.

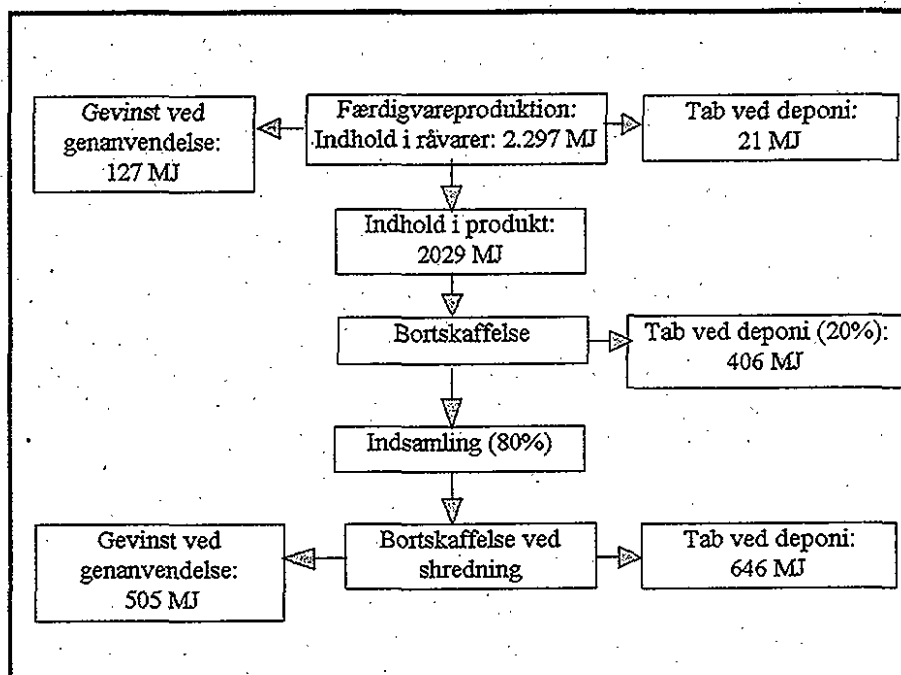
Bortskaffelse af komfurer og ovne sker typisk i et shredder anlæg, jævnfør beskrivelsen under råvareforbrug. IPU angiver energiforbruget ved behandling i shredder til at være 0,1 kWh/kg, svarende til 56 MJ for et komfur. Til dette tal skal lægges transport til anlægget og transport fra anlægget af materialer til genbrug og affald til deponering/forbrænding. Det samlede energiforbrug i forbindelse med skrotning kan estimeres til at udgøre omkring 100 MJ/komfur.

Efter shreddningen genvindes en del af materialerne, først og fremmest metallerne. Da det er mindre energikrævende at fremstille metaller fra skrot end fra nye råvarer, bliver der tale om en energigevinst. For de materialer, der sendes til deponi efter shreddningen, er der tale om et tab af energi. For det standardkomfur, som undersøgelsen tager udgangspunkt i, kan følgende samlede regnskab for energiforbrug til materialer opstilles med udgangspunkt i den materialebalance, der er udarbejdet under kapitlet om råvareforbrug.

Tabel 27. Gennemsnitlige materialemængder til oparbejdning og deponi samt den relaterede energigevinst og -tab i et dansk komfurs livscyklus.

Materiale	Materialemængde (kg)				Energigevinst ved oparbejdning	Energitab ved deponering
	Indkøbt	Samlet til genanvendelse	Samlet til deponi			
Total	57,583	35,96	21,62		633	1.091
Jern og stål	42,673	35,62	7,05		606	233
Aluminium	0,090	0,07	0,02		11	3
Kobber	0,180	0,15	0,03		15	4
Zink	0,200	0	0,20		0	14
Glas	6,000	0	6,00		0	600
Emalje	7,222	0	7,22		0	209
Mineraluld	1,100	0,11	0,99		1	20
Plast til ledninger	0,118	0,01	0,11		0	8

Ved den typiske bortskaffelse i Danmark i dag genudnyttes godt 600 MJ af den energimængde, ca. 2300 MJ, der blev brugt til at fremstille råvarerne til komfuret. Som følge af deponering af "hele" komfurer og affald fra shreddningsprocessen sker der et energitab på godt 1000 MJ. Dette er illustreret i Figur 9.



Figur 9. Energiforbrug og -tab ved produktion og bortskaffelse af materialer til et "gennemsnitligt" komfur. Tabellen er baseret på et konservativt estimat vedrørende deponering.

Energitalet kan minimeres ved at indsamle de 20% af komfurerne, som i dag antages at gå direkte til deponi. En større gevinst kunne opnås, hvis det var muligt at indsamle og genanvende glas og glaskeramik fra de komfurer,

der shreds. Denne mulighed kræver dog væsentlige ændringer i indsamlings- og/eller shredsprocessen.

6.7 Opsummering - energiforbrug

Energiforbruget i forskellige faser af livscyklus kan summeres på baggrund af den ovenstående gennemgang:

Tabel 28. *Energiforbruget i de fire faser af livscyklus.*

Fase i livscyklus	Energiforbrug (MJ)	Kommentar
Total	115.743	
Produktion af råvarer	2.293	Inkluderer produktionsspild.
Færdigvareproduktion	600	Inkluderer overhead til lys, opvarmning m.m.
Brug	113.490	Typisk el-komfur.
Bortskaffelse	- 640	80% af alle komfurer bliver genanvendt med dagens teknologi.

I forhold til udgangspunktet for opgørelsen er der en væsentlig forskel, specielt omkring energiforbruget i brugsfasen, som er næsten fire gange så stort som i IPU's undersøgelse. Årsagen til dette er den nærværende undersøgelses antagelser om levetid og dagligt energiforbrug til madlavning.

Med hensyn til energigevinsten ved bortskaffelse er denne mindre end oprindeligt antaget. Dette anses dog for at være af mindre betydning, idet de reviderede tal understreger, at brugsfasen er altafgørende med hensyn til energiforbruget og de afledte effekter som drivhuseffekt og forsuring. De afledte effekter belyses nærmere i det efterfølgende kapitel.

Det kan derfor konkluderes, at det fremtidige udviklingsarbejde med hensyn til reduktion af energiforbrug skal fokusere på brugsfasen, således som det traditionelt har været tilfældet.

Den største reduktion i forbruget af primærenergi kan opnås ved at udvikle gaskomfurer, der er lige så attraktive for forbrugeren som den moderne elteknologi. Anvendelse af gas til kogeblus såvel som gasovne medfører en signifikant nedsættelse af primærenergiforbruget, primært på grund af en mere effektiv distribution og konvertering, men også fordi den øgede effektivitet ved samproduktion af elektricitet og varme ikke godskrives elproduktionen, jvf. appendix 1.

Indenfor elteknologien ser induktionskogeplader ud til at have et stort potentiale for energibesparelser, men teknologien er endnu meget ny i Danmark, så det reelle besparelspotentiale kan ikke fastlægges.

Faciliteter som hurtigplader og opkogningsautomatik, der nedsætter tilberedningstiden, kan have en reducerende effekt på energiforbruget, men der findes ikke sammenlignende undersøgelser, der belyser disse teknologier.

Varmluftfunktionen i ovne nedsætter energiforbruget og bør være en naturlig del af fremtidens løsning. Betydningen af grill- og dampfunktion for energiforbruget har ikke kunnet belyses ud fra de indhentede informationer. På grund af disse funktioners relativt sjældne anvendelse i den daglige madlavning må de anses for mindre betydende i det samlede billede.

Ovnens volumen bør kunne justeres i forhold til den aktuelle madlavningsopgave, idet der tilsyneladende er et mindre energiforbrug i små ovne. Der er dog behov for sammenlignende undersøgelser, der inddrager et bredere spektrum af ovnstørrelser, herunder også selvstændige miniovne.

Højteknologiske løsninger som computerstyret madlavning kan ved rigtig anvendelse medføre en reduktion i energiforbruget. Teknologien er i en tidlig fase af udviklingsprocessen, og det kan ikke på nuværende tidspunkt vurderes, om der vil være en reel besparelse for den "almindelige" forbruger.

7 Miljøbelastning

I det følgende kapitel analyseres miljøbelastningen ved produktion af råvarer og fra brugsfasen af komfuret, idet det er i disse faser, at det største råvare- og energiforbrug finder sted. De øvrige faser i livscyklus har naturligvis også forskellige former for miljøbelastning, men ikke af samme størrelsesorden som i de to faser, der gennemgås detaljeret.

I komfurenes brugsfase påvirkes miljøet som nævnt af energiforbruget. Elektricitet og gas giver anledning til forskellige miljøbelastninger, så den følgende opgørelse inddeles efter el- og gasanvendelse.

7.1 Miljøbelastning ved produktion af råvarer

I projektet er det valgt ikke at gennemføre en detaljeret, kvantitativ kortlægning af de miljøbelastninger, som udvinding af råvarer til et komfur medfører. I stedet er det valgt at give et kort overblik over forsyningshorisonten for de anvendte råvarer, et nøgletal for energiforbruget i udvindingsprocessen, og en overordnet beskrivelse af de væsentligste lokale miljøbelastninger.

Vurderingen er baseret på oplysninger fra Schmidt *et al.* (1994) samt en sammenstilling af information fra en række litteraturkilder (Tillmann *et al.* (1991), Pommer *et al.* (1993), U.S. Bureau of Mines (1993), Attinger *et al.* (1994), Ripley *et al.* (1982), Habersatter (1991), Spindelbælker (1990)) og producenter.

7.1.1 Jern og stål

Primært jern og stål fremstilles ud fra jernmalm, der er en ikke-fornyelig ressource med en forsyningshorisont på mere end 150 år. Sekundært jern og stål fremstilles ud fra skrot, der tilsættes omkring 15% nyt råjern.

Energiforbruget til fremstilling af jern og stål afhænger af legering og andel af skrot. For ulegerede eller lavtlegerede ståls vedkommende er energiforbruget 33 MJ/kg, når det fremstilles ud fra jernmalm, og 16 MJ/kg når det fremstilles ud fra skrot. Højtlegerede stål kræver et væsentligt større energiforbrug, måske op til over 100 MJ/kg for specialstål.

Produktion af primært jern og stål medfører store lokale miljøbelastninger, bl.a. i form af

- * intensiv skovhugst for at skaffe trækul til energiproduktion
- * affald - op til 90% af jernmalmen bliver deponeret på åbent land eller i søer nær minen, og
- * surt spildevand (acid drainage), der udledes i forbindelse med minedrift.

Derudover emitteres en lang række miljø- og sundhedsskadelige stoffer til luft og vand. I en miljø- og sundhedsmæssig sammenhæng er svovlforbindelser, hydrocarboner, polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAH) samt

tungmetallforbindelser de mest belastende, idet disse ofte er bioakkumulerende, persistente samt både akut og kronisk toksiske for mennesker, dyr og økosystemer. Med en stigende anvendelse af skrot reduceres emissionen af svovlforbindelser, hydrocarboner og PAH, mens der generelt vil ses en stigning i emissionen af tungmetaller på grund af skrottets indhold af disse.

7.1.2 Emalje

Den præcise sammensætning af komfuremalje kendes ikke, og det er derfor umuligt at give en dækkende vurdering af miljøbelastningen fra produktion af emalje.

De råvarer, der anvendes, er først og fremmest mineralbaserede, og ud fra tilgængelige oplysninger vurderes forsyningshorisonten til at være forholdsvis lang for de fleste råvarer. Bor (til borsyre) har dog en forsyningshorisont på kun godt 100 år, og forsyningshorisonten for bentonit, additiver og compounds kendes ikke.

Beregning af energiforbruget til fremstilling af emalje kræver dels et præcist kendskab til sammensætningen af emaljen og dels et kendskab til energiforbruget ved fremstilling af de enkelte komponenter. Ingen af disse oplysninger har været tilgængelige i dette projekt.

På grund af manglende oplysninger er det ikke muligt at give en vurdering af den lokale miljøbelastning ved produktion af emalje.

7.1.3 Glas

De vigtigste råvarer til glasproduktion er sand, kalk og soda. Det vurderes, at forsyningshorisonten for de nævnte materialer er over 1000 år.

Energiforbruget til fremstilling af glas afhænger blandt andet af glassets kvalitet og hvor stor en skårandel, der kan benyttes. Til almindeligt flaskeglas ligger energiforbruget omkring 11 MJ/kg, men til fremstilling af ovnglas skal der formodentlig anvendes mere energi, måske op til 20 MJ/kg.

Den væsentligste lokale miljøbelastning er knyttet til landskabsændringer i form af grus- og kridtgrave.

7.1.4 Glaskeramik

De råvarer, der anvendes til fremstilling af glaskeramik (LiO_2 , Al_2O_3 , SiO_2) er alle ikke-fornyelige, men har en forsyningshorisont, der er relativt lang, mere end 300 år.

Producenten (Schött Glaswerke) har ikke ønsket at oplyse energiforbruget til fremstilling af glaskeramik. Der er tale om en langvarig produktionsproces ved høje temperaturer, og energiforbruget må derfor antages at være stort. I rapporten er det anslået til 100 MJ/kg.

Udvinding af råvarer medfører landskabsændringer (grusgrave, miner), og eventuelt lokale miljøbelastninger (surt spildevand, tungmetaller) i forbindelse med minedrift. Ved færdigvareproduktion er den største miljøbelastning generelt knyttet til de hjælpestoffer, der anvendes. Det præcise

procesforløb er ikke kendt.

Der foreligger ingen oplysninger om, hvilke stoffer, der emitteres i de enkelte procestrin ved produktion af glaskeramik.

De fleste stoffer, der anvendes i avancerede keramiske materialer, har kun begrænset akut toksicitet, og flere af dem regnes for biologisk inerte. Den væsentligste effekt ved eksponering for støv af keramiske materialer er risikoen for udvikling af støvlunger, som i nogle tilfælde kan medføre kraftig nedsat lungefunktion (lungefibrose). Det er dog af væsentlig betydning, at der for flere af stofferne ikke - eller næsten ikke - findes dokumentation for manglende biologiske effekter.

7.1.5 Kobber

Kobber fremstilles ud fra kobberholdigt malm, der er en ikke-fornyelig ressource. Forsyningshorisonten for kobber er relativt kort, omkring 40 år, hvilket blandt andet giver sig udtryk i faldende lødighed af malmen og dermed stigende omkostninger ved udvinding.

Energiforbruget ved fremstilling af primær kobber fra kobbermalm er omkring 131 MJ/kg, mens energiforbruget ved oparbejdning af kobberskrot til ny råvare er 19 MJ/kg. På grund af den faldende lødighed af kobbermalm, der anvendes til produktion af primær råvare, kan det forventes at energiforbruget vil være stigende.

Ved produktion af primær kobber emitteres en lang række miljø- og sundhedsskadelige stoffer til luft og vand. I en miljø- og sundhedsmæssig sammenhæng er svovlforbindelser, hydrocarboner, polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAH) samt tungmetallforbindelser de mest belastende, idet disse ofte er bioakkumulerende, persistente samt både akut og kronisk toksiske for mennesker, dyr og økosystemer. Med en stigende genanvendelse af kobberskrot reduceres emissionen af svovlforbindelser, hydrocarboner og PAH; mens der generelt vil ses en stigning i emissionen af tungmetaller på grund af skrottets indhold af disse. Afbrænding af PVC-kabler for at bruge kobberledningen kan medføre dannelse af dioxin og andre miljøbelastende chlorforbindelser.

7.1.6 Aluminium

De vigtigste råvarer ved aluminiumsproduktion er bauxit (40-60 % aluminiumoxid), natriumhydroxid, kalk og fluorider. Af disse råvarer har fluoriderne (indeholdt i forskellige mineraler) den korteste forsyningshorisont, mindre end 70 år, mens der på nuværende tidspunkt er bauxitforekomster nok til at dække forbruget i omkring 200 år.

Forbruget af primærenergi til fremstilling af primær aluminium vurderes til at ligge omkring 171 MJ/kg. Aluminiumsproduktion placeres ofte på steder, hvor der sker en stor produktion af energi, f.eks. i form af vand- eller kernekraft. Der er derfor ofte en lang transportvej mellem det sted, hvor råvaren udvindes, og det sted, hvor produktionen foregår. Fremstilling af sekundært aluminium kræver væsentligt mindre primærenergi, omkring 20 MJ/kg.

Den største potentielle miljøbelastning ved aluminiumsproduktion er knyttet til råvarefasen, hvor der ved produktion af aluminiumsoxid udfra bauxit dannes store mængder metalholdigt affald (rødslam), der deponeres med en efterfølgende risiko for nedsivning af toksiske forbindelser til grundvandet. Et andet potentielt problem er luftbårne emissioner af fluorider og PAH (polycykliske aromatiske hydrocarboner) fra fremstillingsprocessen. Da der er tale om store produktionsmængder på de enkelte aluminiumssmelterier, vil der ofte kunne observeres en reel miljøbelastning i omegnen af sådanne virksomheder.

7.1.7 Plast

De vigtigste råvarer ved produktion af stort set alle plasttyper er råolie og naturgas, der har en kort forsyningshorisont, 35-50 år. For PVC og PVDC's vedkommende anvendes op til 50% chlor som råvare, mens konstruktionsplasterne ofte indeholder andre typer af kemiske forbindelser, f.eks. svovlforbindelser. Disse råvareelementer har en længere forsyningshorisont end råolie og naturgas.

Energiforbruget ved fremstilling af plast varierer fra ca. 67 MJ/kg for PVC til mere end 100 MJ/kg for forskellige styren-baserede polymerer og PET (polyethylenterephthalat). I disse tal er der ikke taget højde for en eventuel modificering af plasten. For teknisk konstruktionsplast (f.eks. PPS, PES, PI) findes der ingen oplysninger, men det må antages at energiforbruget er væsentligt højere end for volumenplasterne, måske helt op til 200 MJ/kg.

Belastning af det lokale miljø som følge af plastproduktion er først og fremmest relateret til emissioner fra udvinding af råolie og naturgas samt en potentiel emission af udgangsmonomerer, f.eks. vinylchlorid (PVC), ethylen (PE, LDPE, HDPE) og styren (PS, HIPS) fra produktion af plastgranulat. Disse stoffer kan have en eller flere uønskede egenskaber, f.eks. akut toksicitet, bioakkumulerbarhed og persistens, ligesom nogle af stofferne indgår i fotokemiske reaktioner med efterfølgende smog-dannelse. En detailvurdering er nødvendig for at kunne skelne mellem de enkelte plasttyper.

7.2 Miljøbelastning ved brug af elkomfurer

For at vurdere miljøbelastningen fra brugen af elkomfurer, er det nødvendigt at se på elproduktionen. Der er taget udgangspunkt i den danske elproduktion, idet der fokuseres på komfurer til det danske marked.

I appendix 1 er energiens vej fra ressource til forbruger beskrevet som oparbejdning af ressourcer, konvertering af energiressourcer til el og distribution af el til forbruger. Det fremgår, at det største energitab sker ved konverteringen. I det følgende diskuteres miljøbelastningen ved konverteringen, mens miljøbelastningen ved oparbejdning af ressourcer og ved distribution omtales kort.

Emissionsfaktorer for den samlede danske elektricitetsproduktion præsenteres i de følgende tabeller. Værdierne stammer dels fra elværkernes opgørelser og dels fra en række beregninger, som kan findes i appendix 2.

De emissioner, der er betragtet, er CO_2 , CO, SO_2 og NO_x samt partikler og spormetaller. Der emitteres også andre forureningsstoffer ved energiomsætningen, men de nævnte betragtes ofte ved miljøvurderinger, da CO_2 bidrager til drivhuseffekten, CO kan være tegn på dårlig forbrænding og udledning af skadelige organiske forureninger, SO_2 og NO_x bidrager til forureningen og partikler samt spormetaller kan have forskellige sundhedsbelastende virkninger. Der præsenteres desuden værdier for fast affald og restprodukter fra elproduktionen. Disse parametre er relevante i den udstrækning de skal deponeres.

For direkte at kunne sætte tal på miljøbelastningen fra brugen af komfurer, er emissionsfaktorerne for de enkelte brændsler omregnet til emissioner pr. leveret energienhed hos forbrugeren i tabel 29.

I modsætning til mange andre lande, har vi i Danmark et veludbygget fjernvarmenet, der tillader udnyttelse af en del af restvarmen fra elektricitetsproduktionen (kraftproduktionen). El produceres derfor i vid udstrækning ved samproduktion med fjernvarme på kraftvarmeværker. Derudover findes der værker, der alene producerer el og værker, der udelukkende producerer fjernvarme.

Dette komplicerer billedet af miljøbelastningen ved elproduktionen, fordi det kan diskuteres, om miljøfordelen ved samproduktionen skal tilskrives elproduktionen eller varmeproduktionen. Som anført i appendix 1 er det i denne rapport valgt at tillægge fjernvarmen hele miljøfordelen ved samproduktionen.

Hvis man istedet havde valgt den anden yderlighed, at tillægge kraftproduktionen hele miljøfordelen, ville emissionsfaktorerne, som præsenteres i det følgende, blive ca. 30% lavere, på grund af den højere virkningsgrad for samproduktionen. I appendix 1 er det diskuteret i detaljer, hvordan man på en rimelig måde kan godskrive elproduktionen, at der foregår en samproduktion af varme.

I korte træk er der anlagt den betragtning, at hvis fjernvarmen fra kraftvarmeværkerne istedet blev produceret på fjernvarmeanlæg, så ville der gå en vis mængde brændsel til det. Hvis denne mængde brændsel trækkes ud af kraftvarmeværkernes energiregnskab, repræsenterer resten af brændselsmængden det energiforbrug, der gik til at producere el på kraftvarmeværkerne.

Herved fås en fiktiv virkningsgrad for el produceret på kraft/varmeværkerne, som er på 0,49 istedet for 0,35, altså en ca. 30% højere virkningsgrad.

Endelig er der gjort nogle mere specifikke antagelser om elproduktionen og de anlægstyper og brændsler, der anvendes hertil. Der henvises til de førnævnte appendix for nærmere information.

Tabel 29. Emissionsfaktorer for den samlede danske elproduktion. Emissionsfaktorerne er i forhold til leveret energi til forbrugeren.

Emission	Pr. leveret PJ		Pr. leveret kWh	
CO ₂ fra udvinding af ressourcer	6000	t/PJ	22	g/kWh
CO ₂ fra konvertering til el	272000	t/PJ	978	g/kWh
Samlet CO ₂	278000	t/PJ	1000	g/kWh
CO	152	t/PJ	1,0	g/kWh
SO ₂	975	t/PJ	3,6	g/kWh
NO _x	828	t/PJ	3,0	g/kWh
Partikler	50	t/PJ	0,2	g/kWh
As	6	kg/PJ	0,02	mg/kWh
Cd	0,4	kg/PJ	0,002	mg/kWh
Cr	6	kg/PJ	0,02	mg/kWh
Cu	17	kg/PJ	0,06	mg/kWh
Hg	3	kg/PJ	0,01	mg/kWh
Ni	34	kg/PJ	0,1	mg/kWh
Pb	12	kg/PJ	0,05	mg/kWh
Se	65	kg/PJ	0,2	mg/kWh
V	115	kg/PJ	0,4	mg/kWh
Zn	94	kg/PJ	0,3	mg/kWh

For de centrale værker er mængden af faste affaldsprodukter i form af flyveaske og slagge opgjort for 1993 (Andersen et al. (1995)). En del af affaldsprodukterne nyttiggøres, det fremgår af nedenstående oversigt.

Tabel 30. Nyttiggørelse af affald fra elproduktion i Danmark.

Flyveaske og slagge	Producerede mængder	Produceret i forhold til indfyret energi	Produceret i forhold til leveret energi	
	(tusind tons)	(tons/PJ(t))	(tons/PJ(e))	(g/kWh(e))
Produceret	1417	4600	14000	50
Deponeret	498	1600	5000	20
Nyttiggjort	919	3000	9000	30

(t) står for termisk energi, altså indfyret energi og (e) står for elektrisk energi.

Fra værkernes forureningsbegrænsende anlæg kommer desuden nogle restprodukter, som Dansk Elforsyning ligeledes har opgjort (Andersen et al. (1995)), se Tabel 31.

Tabel 31. Restprodukter fra forureningsbegrænsende anlæg.

Restprodukter fra forureningsbegrænsende anlæg	Producerede mængder	Produceret i forhold til indfyret energi	Produceret i forhold til leveret energi	
	(tusind tons)	(tons/PJ(t))	(tons/PJ(e))	(g/kWh(e))
Produceret TASP	120	390	1200	4
Produceret svovlsyre	21	70	200	0,8
Produceret gips	137	450	1400	5

(t) står for termisk energi, altså indfyret energi og (e) står for elektrisk energi.
TASP står for tørt afsøvlingsprodukt.

Lidt over halvdelen af TASP, nemlig 68000 tons, blev nyttiggjort i 1993 og resten blev deponeret. Hele den producerede mængde af svovlsyre og af gips blev nyttiggjort i 1993.

7.3 Miljøbelastning ved brug af gaskomfurer.

Komfurer til bygas vil sandsynligvis blive fortrængt på markedet af komfurer til naturgas, efterhånden som naturgassen føres frem til flere husstande. Selvom bygassen nok ikke vil forsvinde helt, tages der udgangspunkt i naturgasanvendelse i det følgende.

Naturgas er et renere brændsel end kul og olie, derfor er de brændselsrelaterede emissioner fra afbrænding af naturgas mindre end ved afbrænding af de andre fossile brændsler. Således er indholdet af aske, svovl og spormetaller negligerbart i naturgas, hvorfor emissionen af partikler, SO₂ og spormetaller praktisk taget er nul. Emissionen af CO₂ er ikke nul, men lavere end fra kul og olie. NO_x og CO er to forureningsstoffer, som kan dannes ved forbrænding af alle brændsler, inklusiv naturgas, afhængig af hvordan forbrændingsbetingelserne er.

I Tabel 32 er emissioner fra afbrænding af naturgas i et komfur henregnet til primær energi, således at energitab ved udvinding og distribution af naturgassen er medregnet. Tabellen er baseret på talmateriale fra appendix 2.

Tabel 32. Emissioner fra afbrænding af naturgas.

	Moschandreass et al.		DGC			
	Trad. gaskomfur naturgas eller bygas ?		Trad. gaskomfur naturgas		Keramisk gaskomfur naturgas	
	størst	mindst	størst	mindst	størst	mindst
NO _x (t/PJ)	37	32	38	22	4	2
CO (t/PJ)	243	40	171	60	150 *)	3,6
CO ₂ fra udvinding af naturgas (t/PJ)				5000		
CO ₂ fra forbrænding af natur- gas (t/PJ)				56000		
Samlet CO ₂ (t/PJ)				61000		

*) værdi stammer fra brænder ved halv effekt. Halv effekt gav langt større emissioner end fuld effekt. 3,6 t/PJ blev fundet ved fuld effekt.

7.4 Sammenligning af miljøbelastning fra el og gas

Miljøbelastningen ved anvendelse af 1 kWh el eller gas er sammenlignet i tabel 33. Værdierne kan bruges til beregning af miljøbelastningen ved madlavning på forskellige komfurtyper, hvis virkningsgraden for komfurerne er kendt. I tabel 34 gives eksempler på miljøbelastningen ved brug af et traditionelt elkomfur med masseplader og et gaskomfur.

Tabel 33. Miljøbelastning ved anvendelse af 1 kWh el eller gas

	El g/kWh leveret til forbruger	Gas
CO ₂	1000	220
CO	1	0,5
SO ₂	3,5	0
NO _x	3,0	0,1
Partikler	0,2	0
Fast affald produceret ^a	50	0
Fast affald deponeret ^a	20	0
Spormetaller	se tabel 29	0

^a Sum af slagge, flyveaske og tørt afsvovlingsprodukt

En husstands årlige energiforbrug er på 655 kWh til madlavning, ifølge afsnittet om energi. Det vil belaste miljøet med de i tabel 34 beregnede

mængder, idet beregningen er foretaget for brug af et traditionelt elkomfur med masseplader og elovn og for et traditionelt gaskomfur med gasovn. Man skal i denne forbindelse være opmærksom på, at de fleste gaskomfurer er forsynet med el-ovn, hvilket nedsætter forskellen mellem el-komfur og et gaskomfur væsentligt.

Tilsvarende er hele Danmarks miljøbelastning beregnet under antagelse af, at alle bruger henholdsvis el- eller gaskomfur. Der er regnet med, at der er 2.205.000 husstande i Danmark.

Tabel 34. En families årlige miljøbelastning fra madlavning ved brug af elkomfur (traditionelle masseplader og elovn) og gaskomfur (traditionelt gasblus og gasovn) og hele Danmarks miljøbelastning, hvis alle anvendte henholdsvis elkomfur eller gaskomfur.

	En families miljøbelastning		Danmarks miljøbelastning	
	Elkomfur	Gaskomfur	Elkomfurer	Gaskomfurer
CO ₂	655 kg	144 kg	1.400.000 t	300.000 t
CO	0,6 kg	0,3 kg	1.300 t	660 t
SO ₂	2,3 kg	0 kg	5.100 t	0 t
NO _x	2,0 kg	0,06 kg	4.400 t	130 t
Partikler	0,1 kg	0 kg	200 t	0 t
Fast affald produceret ^a	32 kg	0 kg	71.000 t	0 t
Fast affald deponeret ^a	13 kg	0 kg	29.000 t	0 t
Spormetaller, f.eks. Pb	30 mg	0 mg	66 kg	0 t

^a Sum af slagge, flyveaske og tørt afsvovlingsprodukt

Når ny teknologi udvikles indenfor komfurer, tager det en årrække, før teknologien vinder indpas hos forbrugerne, fordi levetiden af et komfur typisk er omkring 15 år. Den samlede miljøbelastning fra hele levetiden af et el- og et gaskomfur er beregnet i næste tabel. I tabellen er tillige beregnet den samlede miljøbelastning der ville opstå, hvis alle i Danmark brugte elkomfurer hhv. gaskomfurer i 15 år. Den samlede besparelse i miljøbelastning, man ville kunne opnå ved f.eks. 10% besparelse af energiforbruget, ville da være 10% af denne samlede belastning.

Tabel 35. Miljøbelastning for et komfurs hele levetid (her sat til 15 år) for et enkelt komfur og for hele Danmarks anvendelse af den ene eller den anden komfurtype.

	Miljøbelastning fra hele levetiden (15 år) af et komfur		Danmarks miljøbelastning fra 15 års brug af komfurer	
	Elkomfur	Gaskomfur	Elkomfurer	Gaskomfurer
CO ₂	9825 kg	2160 kg	21.000.000 t	4.500.000 t
CO	9 kg	5 kg	19.500 t	9.900 t
SO ₂	35 kg	0 kg	76.000 t	0 t
NO _x	30 kg	0,9 kg	66.000 t	1.900 t
Partikler	3,5 kg	0 kg	3000 t	0 t
Fast affald produceret ^a	480 kg	0 kg	1.065.000 t	0 t
Fast affald deponeret ^a	195 kg	0 kg	435.000 t	0 t
Spormetaller, f.eks. Pb	450 mg	0 mg	990 kg	0 t

^a Sum af slagge, flyveaske og tørt afsvovlingsprodukt

7.4.1 Globale og regional miljøbelastninger

I livscyklusvurderinger beregnes traditionelt bidraget til globale effekter (drivhuseffekten) og regionale effekter (forsuring og eutrofiering). I den ovenstående stofliste er det kun CO₂, der bidrager til drivhuseffekten, og det kan derfor umiddelbart aflæses, at med de givne antagelser bidrager et elkomfur næsten fem gange så meget som et gaskomfur. Methans bidrag til drivhuseffekten er medtaget under CO₂ i ovenstående stofliste, idet methane-emissionerne fra udvinding til forbruger er behandlet og omregnet til CO₂-ækvivalenter og lagt til CO₂-emissionerne fra konvertering. Omregningerne kan ses i appendix 2.

Med hensyn til forsuring er denne miljøbelastning relateret til emission af både SO₂ og NO_x. Bidraget beregnes normalt i SO₂-ækvivalenter, idet potensen af NO_x regnes for at være 70% af SO₂'s forsurende virkning. Igen giver den ovenstående stofliste et entydigt billede, idet det samlede bidrag til forsuring er ca. 8.100 ton SO₂-ækvivalenter/år, hvis der anvendes elkomfurer, men kun ca. 100 ton/år, hvis der anvendes gaskomfurer.

Bidraget til eutrofiering regnes normalt i fosfat-ækvivalenter, og i den ovenstående stofliste er det kun NO_x, der bidrager til denne effekt. NO_x har et eutrofieringspotentiale på 0,13 i forhold til fosfat, og det kan således beregnes, at elkomfuret bidrager med knap 600 ton fosfat-ækvivalenter, mens gaskomfuret bidrager med 17 ton.

7.4.2 Et tænkt eksempel

Under afsnittet om energiforbrug er det omtalt, at man kan diskutere, om den samtidige fjernvarmeproduktion, der sker på en stor del af de danske

elværker, kan godskrives elproduktionen. Som det er nævnt samme sted, er det besluttet ikke at gøre det i denne rapport, men hvis man havde gjort det, ville emissionerne fra brug af el være små 30% lavere end de her viste.

Hvis man samtidig forestillede sig, at alle komfurer i Danmark anvendte induktionskogeplader, ville emissionerne fra elkomfurer mindske til et niveau, der nærmer sig emissionerne fra gaskomfurer. Det gælder dog ikke for SO₂, partikler og spormetaller, samt fast affald, som jo er negligerbare størrelser for gasanvendelse, men ikke for elanvendelse.

I tabel 36 er miljøbelastningen beregnet for brug af induktionskomfur og med miljøfordelen ved samproduktion af el og fjernvarme tillagt elektriciteten.

Tabel 36. *En families årlige miljøbelastning, hvis elproduktionen i Danmark tillægges miljøfordelen ved den samtidige fjernvarmeproduktion og hvis familien bruger et induktionskomfur.*

Et tænkt eksempel:	
En families miljøbelastning når elproduktion er tillagt fordel ved samtidig fjernvarmeproduktion.	
CO ₂	370 kg
CO	0,2 kg
SO ₂	1,3 kg
NO _x	1,1 kg
Partikler	0,07 kg
Fast affald produceret ^a	18 kg
Fast affald deponeret ^a	7 kg
Spormetaller, f.eks. Pb	17 mg

^a Sum af slagge, flyveaske og tørt afsvovlingsprodukt

8 Sundhedsbelastning

I analysen af sundhedsbelastningen i komfurers livscyklus er hovedvægten lagt på brugsfasen, hvorimod de øvrige faser i livscyklus kun beskrives kortfattet. Vurderingen er rettet mod de to teknologier, der i de foregående afsnit er blevet identificeret som mindst miljøbelastende, nemlig induktions- og gasteknologi. Den nedenstående gennemgang er derfor langt fra udtømmende.

Hovedargumentet for det foretagne valg er, at det er i brugsfasen, de fleste personer kan blive eksponeret. I de øvrige faser er det specielt i arbejdsmiljøet, der er en høj sundhedsbelastning, og disse potentielle problemer beskrives derfor overordnet.

8.1 Produktion af råvarer

Der kan ikke gives en entydig vurdering af de potentielle problemer, der er knyttet til produktion af de enkelte råvarer. I stedet gives en meget overordnet vurdering af de vægtnæssigt mest betydende råvarer.

8.1.1 Stål og kobber

Ved produktionen af stål og kobber emitteres en lang række miljø- og sundhedsskadelige stoffer til luft og vand. I en miljø- og sundhedsmæssig sammenhæng er svovlforbindelser, hydrocarboner, polycycliske aromatiske hydrocarboner (PAH) samt tungmetallforbindelser de mest belastende, idet disse ofte er bioakkumulerende, persistente samt både akut og kronisk toksiske for mennesker, dyr og økosystemer. Med en stigende anvendelse af skrot reduceres emissionen af svovlforbindelser, hydrocarboner og PAH, mens der generelt vil ses en stigning i emissionen af tungmetaller på grund af skrottets indhold af disse.

8.1.2 Aluminium

Både nærmiljøet og arbejdsmiljøet ved aluminiumsproduktion er belastet af luftbårne emissioner af PAH, som er kræftfremkaldende og fluorider, der kan have en række forskellige sundhedseffekter, afhængigt af den dosis, der indtages. På trods af foranstaltninger til reduktion af disse emissioner må der regnes med, at eksponeringen er signifikant.

8.1.3 Glas og glaskeramik

Ved fremstillingen af glas og keramiske materialer vil den vigtigste sundhedsfare være eksponering for luftbåret støv. Der vil især være eksponeringsrisiko under transport, dosering og blanding af tørre keramiske pulvere. Brugen af finkornede pulvere forøger tillige risikoen for inhalation. Det vil dog ved brug af forholdvis simple, men effektive foranstaltninger (f.eks. indkapsling og/eller lokaludsugning) være muligt at minimere støveksposeringen.

Ved produktion af glas er det specielt kvartsholdigt støv, som udgør den største potentielle belastning, idet dette materiale er optaget på Arbejdstilsynets liste over kræftfremkaldende stoffer.

De fleste stoffer, der anvendes i avancerede keramiske materialer, har kun begrænset akut toksicitet, og flere af dem regnes for biologisk inerte. Den væsentligste effekt ved eksponering for støv af keramiske materialer er risikoen for udvikling af støvlunger, som i nogle tilfælde kan medføre kraftig nedsat lungefunktion (lungefibrose). Det er dog af væsentlig betydning, at der for flere af stofferne ikke - eller næsten ikke - findes dokumentation for manglende biologiske effekter.

8.1.4 Plast

Belastning af sundheden og det lokale miljø som følge af plastproduktion er først og fremmest relateret til en potentiel emission af udgangsmonomerer, f.eks. vinylchlorid (PVC), ethylen (PE, LDPE, HDPE) og styren (PS, HIPS). Disse stoffer kan have en eller flere uønskede egenskaber, f.eks. akut toksicitet, bioakkumulerbarhed og persistens, ligesom nogle af stofferne indgår i fotokemiske reaktioner med efterfølgende smog-dannelse. En detailvurdering er nødvendig for at kunne skelne mellem de enkelte plasttyper.

8.1.5 Emalje

Den sundhedsmæssige belastning ved produktion af råvarer til emalje er tæt knyttet til emaljens enkelte bestanddele. De oplysninger, der har været tilgængelige i nærværende rapport, giver ikke mulighed for at foretage en nærmere vurdering af belastningens størrelse eller potentielle effekter.

8.2 Færdigvareproduktion

Ved færdigvareproduktion vurderes det overordnet, at det største potentiale for sundhedsmæssige belastninger observeres i forbindelse med affedtnings- og overfladebehandling af jern- og stålkomponenter i komfuret.

Udviklingen indenfor overfladebehandling har fokuseret på at nedsætte eksponeringen for opløsningsmidler, idet disse både kan have sundhedsmæssige effekter og miljømæssige effekter (smog-dannelse, nedbrydning af ozonlaget). Resultatet af udviklingen er, at det i dag er muligt at opnå en ensartet, høj, kvalitet af overfladebehandlede emner uden brug af opløsningsmidler, og at det derfor bør være en standardløsning at undgå disse stoffer.

Ved anvendelse af affedtnings- og overfladebehandlingsprocesser, der ikke er baseret på opløsningsmidler, vil den største potentielle belastning formodentlig være støv fra emalje eller pulverlak. Emissionen af disse stoffer er betydeligt nemmere at kontrollere end dampe fra organiske opløsningsmidler, og den sundhedsmæssige belastning må derfor anses som beskeden.

8.3 Brugsfasen

Analysen af brugsfasen koncentrerer sig om den sundhedsmæssige belastning fra to teknologiske løsninger, nemlig induktionsteknologi til kogeplader (eksponering fra ikke-ioniserende stråling) og gasteknologi til kogeplader og ovne (eksponering for nitrogenoxider). Den sundhedsmæssige belastning fra elproduktion er ikke vurderet, men det kan konstateres, at den sundhedsmæssige belastning i strømforbrugende apparater er stort set lineært relateret til elforbruget.

8.3.1 Induktionsteknologi (Ikke-ioniserende stråling)

I de sidste årtier er brugen af apparater, der udsender elektromagnetiske felter, steget væsentligt. Dette har medført en stigende bekymring om mulige sundhedseffekter som følge af eksponering for disse felter.

Når et menneske opholder sig i elektromagnetiske felter i radiofrekvensområdet (300 Hz - 300 GHz), vil felterne blive delvis reflekteret fra kroppen og delvis trænge ind i kroppen. I kroppen absorberes en del af energien, der dermed omdannes til varme. Dette princip er kendt fra mikrobølgeovne, omend der er langt større effektæthed i en mikrobølgeovn.

Foruden en direkte termisk påvirkning findes der også en række uspecifikke reaktioner ved påvirkning af biologisk materiale. Disse påvirkninger er i store træk lige til dem, der observeres ved eksponering for varm luft, vand og sol.

Et fælles træk ved vurdering af påvirkningerne fra radiofrekvent stråling er, at det dels er svært at kontrollere eksponeringen og dels, at de opstillede hypoteser med hensyn til de gjorte fund hviler på en spinkel årsagsmæssig forståelse.

Eksponering for ikke-ioniserende stråling

Ikke-ioniserende stråling måles i forskellige enheder, afhængig af omstændighederne. I den nedenstående tabel er vist en række omregningsfaktorer mellem de enheder, der anvendes. Der gøres opmærksom på, at omregningen er relateret til elektromagnetisk stråling i et fjernfelt og ikke vil være generelt gældende i for eksempel lukkede rum, hvor der kan være en betydelig resonans.

Tabel 37. Omregningsfaktorer mellem forskellige enheder, der anvendes til at beskrive eksponeringen for elektromagnetisk stråling i frie felter (Efter (WHO (1993))).

W/m ²	mW/cm ²	μW/cm ²	V/m	A/m
10 ⁻²	10 ⁻³	1	2	5·10 ⁻³
10 ⁻¹	10 ⁻²	10	6	1,5·10 ⁻²
1	10 ⁻¹	10 ²	20	5·10 ⁻²
10	1	10 ³	60	1,5·10 ⁻¹
10 ²	10	10 ⁴	2·10 ²	5·10 ⁻¹
10 ³	10 ²	10 ⁵	6·10 ²	1.5

Der eksisterer (mindst) to muligheder for at blive eksponeret for ikke-ioniserende stråling i forbindelse med madlavning, nemlig via stråling fra induktionskogeplader og fra mikrobølgeovne.

Stråling fra induktionskogeplader

Funktionen af en induktionskogeplade er beskrevet andetsteds i rapporten. Blomberg angiver, at den maksimale feltstyrke på overfladen af en induktionskogeplade med en frekvens på 25 kHz er 500 A/m, når gryden ikke står på midten af kogepladen. I en afstand af 10 cm fra kogepladen er feltstyrken 10 A/m, og i stående stilling (ca. 60 cm afstand) fra kogepladen er feltstyrken 0,5 A/m.

Der er ikke fastsat grænseværdier for det frekvensområde, som er relevant i induktionskogeplader. Hvis der anvendes den samme værdi som for et frekvensområde, der er 2,5 til 40 gange højere (0,1-1 MHz), kan grænseværdien for feltstyrken fra en kogeplade med en frekvens på 25 kHz beregnes (Tabel 38) til 0,23/0,025^{0.5} A/m, svarende til 0,46 A/m. Med disse forudsætninger vil eksponeringen dermed ligge lige omkring den foreslåede grænseværdi.

Stråling fra en mikrobølgeovn

En mikrobølgeovn består i princippet af en metalkasse med en låge, der er forsynet med metalnet. Mikrobølgeeffekten (500-2000 W) frembringes af en magnetron, og normalt anvendes frekvensen 2450 MHz. Ovnen skal være konstrueret, således at mikrobølgegeneratoren ikke kan aktiveres, hvis lågen er åben. Den skal være forsynet med mindst to uafhængige spærreindretninger, som automatisk afbryder generatoren, hvis lågen søges åbnet under drift. Stærkstrømsreglementet foreskriver bl.a., at mikrobølgeovne skal være konstrueret, så udstrålingen er under 5 mW/cm² overalt i en afstand på 5 cm fra ovnen.

I en rapport fra Sundhedsstyrelsens SEISS-udvalg (SEISS-udvalget (1994)) refereres en række undersøgelser af udstrålingen fra mikrobølgeovne i storkøkkener. Undersøgelserne viser, at udstrålingen typisk er nogle få tiendedele mW/cm² eller derunder (i 5 cm's afstand), men en lækage på over 5 mW/cm² kan forekomme på grund af slid, misligholdelse eller ved ovne af ældre konstruktion. Det anslås, at sådanne lækager findes i 1,5% af ovnene.

Den personlige eksponering ved arbejde og ophold i nærheden af en mikrobølgeovn vil foruden ovnens lækkeegenskaber afhænge af afstanden og retningen til ovnen. I 1 m's afstand fra en ovn, hvor lækagen i 5 cm's afstand måles til 5 mW/cm², kan effekttheden typisk være aftaget til omkring 0,05 mW/cm², som er af størrelsesordenen 100 gange under den almindeligt anvendte grænseværdi for personlig eksponering (tabel 38). Ved en ovn med høj lækstråling f.eks. over 5 mW/cm² vil det være muligt at overskride grænseværdien for personlig eksponering, hvis man er få cm fra ovnen eller læner sig over ovnen i flere minutter, mens ovnen er i drift (SEISS Rapport No. 3).

Grænseværdier

IRPA/INIRC (International Non-ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association) anbefaler følgende foreløbige grænseværdier for den almindelige befolkning:

Tabel 38. Grænseværdier for eksponering for radiofrekvent stråling som foreslået af IRPA. (Efter WHO, 1993).

Frekvensområde (MHz)	Uforstyrret rms elektrisk feltstyrke (V/m)	Uforstyrret rms magnetisk feltstyrke (A/m)	Ækvivalent plan-bølge krafttæthed	
			(W/m ²) ^b	(mW/cm ²) ^b
0,1-1	87	$0,23/f^{0,5}$	-	-
> 1-10	$87/f^{0,5}$	$0,23/f^{0,5}$	-	-
10-400	27,5	0,073	2	0,2
400-2000	$1,375f^{0,5}$	$0,0037f^{0,5}$	$f/200$	$f/2000$
> 2000-300.000	61	0.16	10	1

f = frekvens i MHz

Sundhedsbelastning af ikke-ioniserende stråling

De potentielle sundhedseffekter som følge af ikke-ioniserende stråling er ikke kortlagt i detaljer, men man er især opmærksom på følgende effekter (WHO, 1993, SEISS, 1993):

- * Opvarmning af væv med påvirkning af bl.a. varmeregulering, hjerterytme og hormonbalance. Denne type af effekter kræver en opvarmning af kroppen på omkring en grad Celcius.
- * Chok og forbrændinger som følge af kontakt med elektrisk ladede genstande. Denne type af eksponering skal forebygges ved at eliminere eller indkapsle ledende genstande i stærke RF-felter, eller ved at begrænse den fysiske adgang til kontakt.
- * Interaktion med elektriske strømme i nervesystemet, for eksempel i form af nerveimpulser. Tærskelværdien for stimulation af nerve- og muskelvæv afhænger i høj grad af frekvensen, fra 0,1-1 A/m ved 300 Hz til 10-100 A/m ved 100 kHz.
- * En kræftfremkaldende effekt på cellulært niveau. Radiofrekvente felter kan ikke betragtes som en initiator (d.v.s. en faktor der i sig selv kan igangsætte den proces, der fremkalder kræftsygdomme), men er måske en promotor af kræftsygdomme (d.v.s. at de forstærker effekten af andre kræftfremkaldende påvirkninger).

I relation til stråling fra induktionskogeplader og mikrobølgeovne må den kræftfremkaldende effekt anses for at være den mest alvorlige. Mange undersøgelser viser ifølge WHO, at RF-felter ikke er mutagene og dermed ikke initierer kræft. Andre undersøgelser viser, at langtidseksponering af mus for 2-8 W/kg fremmede udviklingen af spontant opståede brysttumorer og hudtumorer i dyr, der samtidig blev eksponeret via huden for kemiske carcinogener. *In vitro* - undersøgelser har vist forøget hastighed i celletransformationen efter eksponering for RF-felter på 4,4 W/kg. WHO konkluderer på baggrund af de forhåndenværende undersøgelser, at der er et klart behov for flere undersøgelser af RF-strålings betydning for kræft.

Der er kun få epidemiologiske undersøgelser af eksponering for RF-stråling (WHO, 1993). En enkelt undersøgelse viser en forøget hyppighed af kræftdødsfald, men eksponering for kemiske stoffer kan have været en medvirkende årsag. I de øvrige undersøgelser var der ikke nogen sammenhæng mellem eksponering og forkortelse af levetiden eller en forøget forekomst af specielle dødsårsager. Enkelte undersøgelser har indikeret en sammenhæng mellem eksponering og for tidlig fødsel eller misdannelser af fostre. Disse undersøgelser er angiveligt karakteriseret ved en mangelfuld vurdering af eksponering og andre risikofaktorer.

I SEIIS-rapporten konkluderes det, at undersøgelserne peger på, at RF-felter muligvis kan være en medvirkende faktor ved udviklingen af kræftsygdomme hos dyr. Det foreslås, at tilstedeværelse eller fravær af effekt ved RF-felter ved kræftsygdom hos mennesker bør vurderes ved epidemiologiske undersøgelser af større persongrupper med særlig erhvervsmæssig udsættelse (SEIIS Rapport No. 3, 1994).

I SEIIS-rapporten anføres endvidere, at der er set en række termiske effekter ved eksponering for RF-felter, men at disse effekter generelt ikke vil være irreversible eller skadelige, undtagen for fostre eller særligt følsomme organer. Ved anvendelse af de internationalt fastsatte normer for anvendelsen af kilder i det radiofrekvente område er der ikke evidens for, at radiofrekvente felter er sundhedsskadelige for mennesker.

Pacemakerpatienter

Mennesker, der på grund af utilstrækkelig impulsgenerering i hjertemusklen har fået indopereret en pacemaker, udgør en særlig risikogruppe i forbindelse med magnetfelter. Årsagen til dette er, at en pacemaker er fremstillet af magnetiserbart materiale og derfor kan påvirkes af eksterne magnetfelter.

Blomberg beskriver i tilsendt materiale følgende risici for forskellige typer af pacemakere:

- * Dipol pacemaker: Ingen risiko
- * Unipolær pacemaker: Funktionsforstyrrelser er mulige, hvis gryden fjernes halvt fra pladen og man samtidig læner sig - eller nærmere ligger - henover pladen.
- * Frekvensstyrede pacemakere (3. generation): Der kan optræde mindre funktionsforstyrrelser (nedsættelse af hjerterefrekvensen), hvis bæreren opholder sig i en afstand af 20-50 cm fra en let forskubbet gryde.

Pacemakerpatienter bør derfor kontakte deres læge for at få afklaret, om deres pacemaker kan påvirkes af RF-stråling.

Sukkersygepatienter

Sukkersygepatienter kan i visse tilfælde få indopereret en insulinpumpe til at styre doseringen. Det vides ikke, om der kan optræde funktionsforstyrrelser i sådanne pumper som følge af eksponering for ikke-ioniserende stråling.

Opsummering - ikke-ioniserende stråling

Sundhedsbelastningen ved ikke-ioniserende stråling er kun dårligt belyst, og det samme gør sig gældende for den potentielle eksponering ved brug af induktionskogeplader og - i mindre grad - mikrobølgeovne. I sine konklusioner peger SEIIS-gruppen derfor først og fremmest på behovet for flere

dyreforsøg og epidemiologiske undersøgelser af erhvervsmæssigt eksponerede erhvervsgrupper. Behovet skal ses både på baggrund af de alvorlige potentielle effekter og på baggrund af den stigende private og erhvervsmæssige anvendelse af kilder til radiofrekvent stråling. Med en formodet øget anvendelse af induktionsteknologi til madlavning bør dette område inddrages i fremtidige vurderinger.

8.3.2 Gasteknologi (Nitrogenoxider)

Beskrivelse af nitrogenoxider

NO_x (nitrose gasser) er en samlebetegnelse for nitrogenoxider, hvoraf N_2O , NO og NO_2 er de vigtigste. Førstnævnte dinitrogenoxid ("kvælstofforilte") produceres naturligt af mikroorganismer i jord og vand, mens de to andre nitrogenoxider dannes ved forbrændingsprocesser udfra luftens indhold af oxygen og nitrogen eller udfra nitrogenforbindelser i brændslet. Forholdet mellem oxiderne afhænger bl.a. af forbrændingsbetingelserne. Dannelsen af nitrogendioxid ("kvælstofforilte, kvælstofdioxid") favoriseres af høj temperatur. Nitrogenoxid ("kvælstofilte, kvælstofoxid") i udeluften omdannes efterhånden af sollys, ozon eller oxygen til nitrogendioxid.

Dinitrogenoxid (lattergas) benyttes som bedøvelsesmiddel, og det er ikke sundhedsskadeligt i de koncentrationer, der forekommer i miljøet. Ved anvendelse som bedøvelsesmiddel, hvor der bruges meget høje koncentrationer, kan der være en mulig risiko for gravide mht. fosterskader. Nitrogenoxid er ligeledes mindre farligt, mens nitrogendioxid selv i meget små koncentrationer kan påvirke lungefunktionen hos dyr og mennesker. Nitrogendioxid er derfor det kritiske stof sundhedsmæssigt.

Fysisk-kemiske egenskaber

Formel	Mol-vægt	Frysepunkt °C	Kogepunkt °C	CAS nr.	Omregnings-faktor (25°C, 1 atm)
N_2O	44,01	-91	-88	10024-97-2	1 ppm = 1,80 mg/m ³
NO	30,01	-164	-152	10102-43-9	1 ppm = 1,23 mg/m ³
NO_2	46,01	-11	21	10102-44-0	1 ppm = 1,88 mg/m ³

Luftforurening med nitrogenoxider

I midten af 70'erne var månedsgennemsnitskoncentrationen af NO_x i Københavnsområdet omkring 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ med flere døgnmiddelværdier mellem 200 og 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Erik Iversen, Miljøstyrelsen, pers. med.)

I 1982 var ½-times middelværdier af NO_2 og NO_x i danske provinsbyer henholdsvis 25-31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og 48-119 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mens værdierne henholdsvis var 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og 96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i Glostrup og 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og 118 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på H.C. Andersens Boulevard. I myldertiderne stammede hovedparten af nitrogenoxiderne fra trafikken (Christensen et al. 1985). 98%-fraktilen for NO_x i København var 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og max. værdi 380 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (MST, 1985).

Den totale årlige NO_x -emission i Danmark er i 1982 estimeret til 250.000

Sundhedseffekter af nitrogendioxid

tons, heraf 116.000 tons fra høje kilder. 35 % kom fra bilerne (Dalager 1983 fra Christensen et al. 1985).

Ved indånding af nitrogendioxid optages 80-90% i lungerne ved hvile og mere end 90% under hård fysisk aktivitet. Hos astmatikere er optagelsen mindre i hvile (73%). Stoffet omdannes (hydrolyseres) og transporteres rundt i kroppen som nitrat og nitrit (Berglund et al. 1993).

Nitrogendioxid kan virke vævsskadende ved tre hovedmekanismer:

- * Vandsugende effekt på slimhinder under dannelse af ætsende syrer (salpetersyre),
- * oxidation af umættede fedtstoffer og nedbrydning af cellemembraner (lipid peroxidation), eller
- * omdannelse til nitrit (methæmoglobinæmi) eller nitrosamin (kræft).

Reaktiviteten betyder, at lokale effekter på luftvejene er vigtigst. Få minutters indånding af omkring 450 mg NO_2/m^3 (250 ppm) er dødelig for mennesker. De almindelige forgiftningssymptomer er krampagtige smerter i brystet, hoste, svær åndenød, mathed og cyanose. Fataalt lungeødem kan udvikle sig efter flere dages næsten symptomfri latensperiode. Hos forsøgspersoner kan brystsmerter konstateres allerede efter en kortvarig (15 min.) udsættelse for 2-5 ppm NO_2 , og en begyndende nedbrydning af lungevævet er konstateret hos arbejdere udsat for 0,4-2,7 ppm NO_2 over længere tid (Grenquist-Nordén, 1983).

Der er foretaget utallige inhalationsundersøgelser af nitrogendioxids påvirkning af forsøgsdyr. Nedsættelse af lungefunktionen hos mus blev observeret ved et års udsættelse for 0,2 ppm ($380 \mu\text{g}/\text{m}^3$) NO_2 med daglige spidsværdier på 0,8 ppm. I langtidsforsøg med rotter udsat for 0,4-0,5 ppm NO_2 er der konstateret synlige skader på lungevævet og en øget modtagelighed overfor lungeinfektioner. Ved koncentrationer fra 0,04-0,4 ppm NO_2 blev induceret lipid peroxidation. Tilførsel af vitamin C og/eller vitamin E har en beskyttende virkning mod lungeskader forårsaget af nitrogendioxid. Samtidig tilstedeværelse af andre luftforureninger såsom svovldioxid og ozon kan øge virkningen af nitrogenoxider (Berglund et al. 1993).

Normale forsøgspersoner udsat nogle timer i inhalationskammer får nedsat deres lungefunktion ved NO_2 -koncentrationer på over 2 mg/ m^3 . Patienter med bronkitis eller astma er mere følsomme og kan påvirkes af koncentrationer fra $190 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ (0,1 ppm) (Berglund et al. 1993). I en dansk klimakammerundersøgelse kunne dette ikke bekræftes, idet det ikke var muligt at påvise akutte effekter på raske og astmatikere efter 2 timers udsættelse for 0,8 ppm NO_2 (Miljøstyrelsen 1990).

Nitrogendioxid er mutagen i Ames-Testen med Salmonella bakterier samt i flere andre testsystemer. I dyreforsøg kan stoffet virke forstærkende på kræftudvikling forårsaget af andre kræftfarlige udsættelser. Det er desuden vist, at nitrosaminer kan dannes i kroppen efter indånding af NO_2 , men betydningen heraf kendes ikke (Berglund et al. 1993).

*Grænseværdier og
luftkvalitetsstandarder*

Formel	GV, AT 1994	Massestrømsgrænse, emissionsgrænse, B-værdi, MST 1990	WHO, 1987	Lugtgrænse
N ₂ O	50 ppm, 90 mg/m ³			
NO	25 ppm, 30 mg/m ³			
NO ₂	3 ppm, 5 ppm L 5,6 mg/m ³	5000 g/h 500 mg/Nm ³ 0,125 mg/m ³	0,150 mg/m ³ (døgnmiddel)	0,12-0,4 ppm

Der er i 1985 vedtaget en bindende EU luftkvalitetsværdi for NO₂ på 200 µg/m³ og vejledende på 135 µg/m³ beregnet som 98%-fraktil af 1-times værdier (Miljøstyrelsen, 1985).

US EPA har i 1984 fastsat et luftkvalitetsstandard på 100 µg NO₂/m³ beregnet som årsmiddel (Lindvall, 1985).

I Canada er anbefalet NO₂ luftkvalitetsstandarder på 0,4 ppm (750 µg/m³) for 1 time, 0,25 ppm (470 µg/m³) for 1 døgn og 0,05 ppm (100 µg/m³) for 1 år (Ferris, 1982).

En WHO arbejdsgruppe foreslog i 1977 for NO₂ en max. 1-times middelværdi på 190-320 µg/m³ (0,10-0,17 ppm), der højst måtte overskrides 1 gang pr. måned (IPCS, 1977). I 1987 hævede WHO 1-times grænseværdien til 400 µg/m³ og foreslog en døgnmiddelgrænseværdi på 150 µg/m³ (Nielsen & Grandjean, 1988).

I Sverige er luftkvalitetsstandarden for NO₂ på 50 µg/m³ middelværdi for vinterhalvåret. 1-times og døgnmiddelværdistandarder er henholdsvis 110 µg/m³ og 75 µg/m³ beregnet som 98%-fraktil i vinterhalvåret (Berglund et al. 1993). Det er anslået, at 3% (300.000) af den svenske befolkning ofte er udsat for nitrogendioxid over grænseværdien. Det er især beboere i de større byer.

*Emission af nitrogenoxider
fra gaskomfurer*

Uheldigvis er andelen af dannet nitrogendioxid særlig stor ved afbrænding af natur- og bygas, som foregår ved en relativ høj temperatur. NO_x (niveauer af NO og NO₂ stort set ens) emissionens størrelse afhænger af: Apparatype, brændsel, lufttal, ydre køling af flamme, indfyret effekt, fugtighed i rum og tid/opvarmningsforløb. Det vil derfor være yderst vanskeligt at forudberegne NO_x emissionen for et givent komfur, alene fordi konstruktive detaljer spiller en så væsentlig rolle (Byggestyrelsen, 1986).

Byggestyrelsen (1986) anslår NO₂-emissionsværdier på henholdsvis 38 mg/time og 110 mg/time ved 1kW og 2,5 kW komfureffekt og bruger disse data til at beregne køkkenkoncentrationer. Uden ventilation kan NO₂-koncentrationen i et 36 m² stort køkken i løbet af 2½ time ifølge beregningerne nå op på henholdsvis 800 og 2.300 ppb. Med en emhætte med 80%

effektivitet når koncentrationerne kun ned på 10-30 ppb. Hertil skal lægges baggrunds niveauer i ude- og indeluften på 10-20 ppb.

I en amerikansk undersøgelse af tre gaskomfurer var "emissionshastigheden" af NO 15-17 $\mu\text{g/kJ}$, af NO₂ 9-13 $\mu\text{g/kJ}$ og af NO_x 32-37 $\mu\text{g/kJ}$ (Moschandreas et al. 1986). På basis af disse amerikanske undersøgelser kan emissionen af NO₂ beregnes til 85-180 mg/h og koncentrationen i rummet beregnes til 1-2 mg NO₂/m³ ($\approx 0,5-1,0$ ppm).

I en dansk undersøgelse af emissionen fra gaskomfurer var koncentrationen af NO_x i røggassen 51-86 ppm (80-135 mg/kWh) fra et traditionelt gaskomfur og 5-10 ppm (8-16 mg/kWh) for et keramisk gaskomfur (Dansk Gasteknisk Center, 1991).

Den danske og amerikanske undersøgelse giver stort set ens resultater, hvis tallene angives i samme enheder.

Nitrogendioxid i indeluften

En dansk undersøgelse af nitrogenoxider i danske køkkener med gaskomfurer fandt 1-times middelværdier af NO_x på næsten 1 mg/m³, hvad der var 4-5 gange det man fandt i tæt trafikeret bymiljø (Kjærgaard & Jacobsen, 1987).

Andre undersøgelser i USA og England har påvist høje niveauer af nitrogenoxid i indeluften i sammenhæng med brug af gaskomfur/brændere og petroleumsovne i boliger (Melia et al. 1982; Sprengler et al. 1983; Leaderer et al. 1986; Melia et al. 1990).

I den tidlige engelske undersøgelse (Melia et al. 1982) fandt man et ugegennemsnit på 112 ppb NO₂ i køkkener med gaskomfur. Desuden fandt man 43 ppb og 31 ppb NO₂ henholdsvis i dagligstue og soveværelse. I den senere engelske undersøgelse af 29 hjem fandt man NO₂-koncentrationer (ugegennemsnit) på 21 ppb i køkkener uden gaskomfur (og i udeluften!) og 37 ppb i køkkener med gaskomfur (Melia et al. 1990). I sidstnævnte tilfælde var der også forhøjede NO₂-koncentrationer i dagligstuer og soveværelser.

Sprengler et al. (1983) undersøgte nitrogendioxid koncentrationen i udeluften og i indeluften i 137 boliger i et landområde i Wisconsin. Årsmiddelværdien i udeluften var 10-15 $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ (5-8 ppb). I 112 køkkener, der brugte enten naturgas eller flaskegas, var gennemsnitskoncentration fem gange højere (65 $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3/36$ ppb), mens koncentrationen af NO₂ i køkkener, der brugte el, var lavere end i udeluften. I soveværelser var koncentrationen næsten det halve af køkkenkoncentrationen (37 $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3/20$ ppb). I omkring 10% af boligerne med gasbrændere (opvarmning + madlavning) var gennemsnitskoncentrationen af nitrogendioxid højere end 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (53 ppb).

I 12 amerikanske dagligstuer i gasfyrede huse bestemte Harlos et al. (1987) middelniveauer af NO₂ til mellem 24 og 82 ppb.

Forskel i anvendelsegrad af ildsteder, gasblus, gasbrændertype, ventilation, årstid og størrelse af køkken har betydning for NO₂-koncentrationen i indeluften. Leaderer et al. (1987) har anslået, at hvert ildsted i boligen bidrager med 3-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

For den sene engelske og den amerikanske undersøgelse er der god

overenstemmelse mellem resultaterne.

Nitrogendioxid i indeluften - relation til luftvejssymptomer

I en svensk oversigtsartikel opregnes, at der siden slutningen af 70'erne er udført mere end 15 undersøgelser af luftvejssygdom (bronkitis, astma, lungebetændelse) hos børn, der boede i boliger med gasfyring (Berglund et al. 1993). De gennemsnitslige NO₂-koncentrationer var fra omkring 40 til 80 µg/m³ (21-42 ppb) med korttids-topværdier i køkkener på op til 1000 µg/m³ (530 ppb). Undersøgelserne var ikke helt entydige, men tendensen er klar, og sammenlagt er der en 20% forøget sygelighed blandt børn, der i længere tid har været udsat for 30 µg NO₂/m³ (16 ppb) ekstra fra f.eks. gasfyring, i forhold til andre børn.

I en anden undersøgelse fra England, der ikke var inkluderet i den svenske oversigt, blev det påvist, at en øget hyppighed af luftvejssygdom hos 6500 skolebørn, der boede i indre byområder, havde sammenhæng med en kombineret brug af gaskomfur/brændere og petroleumsovn (Melia et al. 1988).

Opsummering - nitrogenoxider

Gaskomfurer udsender i modsætning til elkomfurer nitrogenoxider til indeluften. Størrelsesordenen af emissionen vil afhænge af mange forhold, bl.a. komfurtypen og hvor meget det bruges. Emissionen vil give anledning til en forhøjet NO₂-koncentration i køkkenet og i mindre omfang i andre dele af boligen. Kvaliteten af indeluften vil afhænge af størrelse og ventilationsforhold. I utilstrækkeligt ventilerede køkkener er målt mere end 5 gange forøgede NO₂-koncentrationer i forhold til udeluften. Alt i alt kan det konkluderes, at der er erfaring for at brug af gasbrændere i køkkener kan give anledning til en 20% forøget luftvejssygelighed hos børn, som bor i boligen. Risikogruppen er børn med bolig i større tættrafikkerede byer (høj eksponering) og astmatikere (høj følsomhed).

Ved en dybtgående vurdering af effekten af NO₂ fra gaskomfurer i køkkener skal inddrages muligheden for samvirken med andre stoffer, der udsendes ved gasforbrændingen og ved tilberedning af maden, fx: NO, CO, PAH og steges. Som følge af bl.a. emissioner fra madlavning er der i Bygningsreglementet (BR95) nedfældet en bestemmelse om, at der skal etableres emhætte med en mekanisk udsugning på minimum 72 m³ luft per time. Udsugningen foregår via et kanalsystem til afkast over tag. Med en udsugning af denne størrelse må der regnes med en væsentlig reduktion i forureningsniveauerne i forhold til uden mekanisk ventilation. Som tidligere nævnt vil dette i bedste fald nedbringe komfurets bidrag til NO₂-koncentrationer i køkkener til 10-30 ppb. Hertil skal lægges baggrundniveauer i ude- og indeluften på omkring 10-20 ppb. Herved nås koncentrationer svarende til i undersøgelser, hvor der er konstateret effekter på følsomme børn.

8.4 Bortskaffelsesfasen

Der knytter sig ingen specielle problemer til bortskaffelse af komfurer. De væsentligste sundhedsmæssige belastninger formodes at være relateret til fysiske faktorer såsom tunge løft og støj. Endvidere emitteres en del støv fra shredder anlæg. Den samlede sundhedsmæssige belastning vurderes til at være uden praktisk betydning.

9 Risiko for uheld

Risikoen for uheld medtages generelt ikke i "almindelige" livscyklusanalyser og -vurderinger. I rapporten fra Det materialeteknologiske Udviklingsprogram (Schmidt et al. (1994)) er skitseret en vurderingsmodel, der hovedsageligt er rettet mod uheld på produktionsvirksomheder, men denne metodik er ikke operationel i vurdering af komfurteknologi.

I dette projekt er det valgt at udelade en analyse og vurdering af risikoen for uheld ved produktion af råvarer, færdigvareproduktion og bortskaffelse. Der foretages altså ikke en vurdering af for eksempel risikoen for eksplosioner i gasbeholdere eller risikoen for naturkatastrofer som følge af olieudslip fra tankskibe eller rørledninger.

For brugsfasens vedkommende er der lagt på to specifikke områder, nemlig eksplosionsfare ved brug af gasteknologi, og den generelle risiko for forbrændinger under madlavning. Begge områder beskrives yderst kortfattet, idet der er behov for metodeudvikling på området.

9.1 Risiko for eksplosioner

Udstrømmende gas fra utætheder i rørsystemet kan i teorien samles i større mængder og antændes af gnister eller en gasflamme fra komfuret. Der findes ingen statistik på, hvor ofte dette er forekommet, men Voss-Atlas (Kurt Kämpfner, pers. komm.) oplyser, at der har været tale om yderst få tilfælde.

Andre typer af uheld/ulykker har medført, at der i dagens gasteknologiske løsninger (gasfyr, gasvandvarmere, komfurer) skal tages højde for denne risiko. Dette gøres ved at montere særlige anordninger, der lukker for gas tilførslen til apparatet, hvis gastrykket falder eller vågebluset går ud. På denne måde forebygges det, at der - når gastrykket vender tilbage - sker en udstrømning af gas. Risikoen for denne type uheld må derfor anses for at være minimal med moderne teknologi.

9.2 Risiko for forbrænding

Risikoen for forbrænding er især knyttet til børns ophold i nærheden af komfurer. Det norske forbrugerblad, F-Rapporten 1/92, citerer en undersøgelse, hvoraf det fremgår, at mellem 88 og 245 norske børn under 10 år blev forbrændt i 1990. Hovedårsagen til forbrændingerne var varme kogeplader, men også varme ovndøre og gryder gav anledning til skader på børnene. Undersøgelsen peger på følgende faktorer i komfurdesign, som kan nedsætte uheldshyppigheden:

- * bedre varmeisolering i ovndøre,
- * beskyttelsesgitter og beskyttelseskærm til montering på komfuret,
- * børnesikring af ovndøren,
- * bedre placering af ventilationsåbning,
- * sikring mod at komfuret tipper.

Appendix 1 - Energiopgørelse fra primær energi til forbruger

For at forbrugere kan udnytte energi i form af elektricitet eller naturgas er det nødvendigt med en række processer. I det følgende beskrives, hvordan elektricitet og gas når frem til forbrugeren, hvilke tilstandsformer (energiniveauer) der eksisterer undervejs, og hvilke tab der forekommer i de enkelte hovedprocesser.

Energiniveauer

Følgende niveauer anvendes til at beskrive tilstandsformen af energi i forskellige faser af dens "livscyklus":

Niveau	Tilstandsform	Proces
Niveau 0	Energiressourcen er endnu ikke udnyttet	
		Udvinding af kul, råolie, naturgas, transport til land, raffinering
Niveau 1	Energien foreligger på en form, der kan konverteres	
		Konvertering, f.eks. elproduktion og varmeproduktion
Niveau 2	Energien foreligger på formniveau, f.eks. elektricitet og varme, eller kan distribueres som gas	
		Distribution
Niveau 3	Energien er brugsklar i en anvendelig form hos forbrugeren	
		Tab ved forbrugers anvendelse
Niveau 4	Nyttiggjort energi	

Ved hver af de processer, der ligger mellem de enkelte niveauer, sker der et tab af energi. I det følgende beskrives disse tab for henholdsvis elektricitet (produceret udfra kul, olie og naturgas) og gas, leveret til forbrugerne.

Tab fra niveau 0 til niveau 1

Udvinding af energiråvarer

Udvinding af kul, olie og naturgas medfører et energiforbrug til udvindingsprocesserne og også et vist tab af brændsel i form af støv eller fordampning til omgivelser og, for gassens vedkommende, afbrænding uden nyttiggørelse.

Kul

I rapporten fra Det materialeteknologiske Udviklingsprogram (Schmidt et al. (1994)) anføres et udvindingstab for kul på 2%. Det antages, at en gennemsnitlig transportdistance fra producentland til Danmark er indregnet i værdien.

Olie og gas

En undersøgelse, foretaget af den europæiske plastsammenslutning (APME) angiver produktionstab for naturgas til at være ca. 7 % af den udvundne energi (Boustead (1993)). Schmidt et al. (1994) anfører desuden et udvindingstab på 15 % for olie. For at belyse, om det også gælder for dansk produktion af olie og gas, er danske opgørelser undersøgt. De omtales i det følgende og omfatter 1) tab på platforme og 2) tab ved transport til land, gasbehandling og raffinering.

1) Tab på platforme: Ved udvinding af naturgas fra undergrunden er der et egetforbrug af energi på platformene til pumper, belysning o.s.v.. Noget af den udvundne gas afbrændes på stedet uden at blive nyttiggjort. Dette gælder bl.a. for gas med højt svovlbrinteindhold, der på grund af sin giftighed er problematisk at udnytte. Endelig pumpes en del af den producerede gas tilbage i undergrunden.

De danske forhold er omtalt i en publikation fra Energistyrelsen (Energistyrelsen (1995)). Heraf fremgår det, idet værdierne er omregnet til energienheder¹, at 384 PJ olie og 244 PJ naturgas blev hentet op af undergrunden. 56 PJ gas blev pumpet tilbage i jorden, således at den producerede gasmængde var $(244 - 56) = 188$ PJ.

Af denne mængde blev 168 PJ leveret til Dansk Naturgas A/S. Af resten (19,1 PJ) blev 7,6 PJ afbrændt uden nyttiggørelse og 11,6 PJ anvendt som energiforsyning til den samlede produktion af olie og gas. Hvis olie- og gasproduktion antages at være lige energikrævende, kan

* 4,5 PJ tilskrives egetforbrug til naturgasproduktionen og

* 7,1 PJ tilskrives egetforbrug til olieproduktionen.

¹Anvendte (nedre) brændværdier til omregning til energienheder: Naturgas: 39 MJ/Nm³. Olie: 42,1 GJ/t. Massefylde for olie: 0,85 t/m³.

2) Tab ved transport til land, gasbehandling og raffinering

Gas

Dansk Olie og Naturgas A/S har i miljøregørelsen (1994) for virksomheden opgjort egetforbrug og energitab i forbindelse med transmissionen og gasbehandlingen af den danske naturgas fra platformene til distributionsnettet. Følgende forbrug og tab i forhold til den transporterede mængde fremgår heraf:

Egetforbrug, gas:	0,36 %
Egetforbrug, el:	0,03 %
Afblæsning af gas:	0,006 %
Ialt:	ca. 0,4 %
svarende til	ca. 0,75 PJ

Afblæsning af gas foregår i forbindelse med reparationer af rør.

Olie

Til transport med skib anvendes 0,0007 PJ/PJ (Boustead, 1993). Ved transport af 384 PJ olie giver dette et energiforbrug på 0,27 PJ.

Tab ved raffinering udgjorde ca. 8,7 % af den i 1993 raffinerede mængde (Energistyrelsen (1994)). For olieproduktionen i 1994 svarer det til 33,6 PJ

1) og 2) Samlet tab ved udvinding og transport af olie og naturgas

Den relative andel af de producerede mængder, der kan leveres videre, udgør således for de danske forhold:

Naturgasproduktion	188 PJ
Samlet tab fra produktionsted til land	12,85 PJ
Tab udgøres af:	
- afbrænding uden nyttiggørelse	7,6 PJ
- egetforbrug på platform	4,5 PJ
- egetforbrug + afblæsning ved transport til land	0,75 PJ
Tab i % af produktion	6,8 %
Videre levering i % af produktion	93,2 %
 Olieproduktion	 384 PJ
Samlet tab fra produktionssted til ab raffinaderi på land	42 PJ
Tab udgøres af:	
- egetforbrug på platform	7,1 PJ
- transport med skib	0,27 PJ
- raffinering	33,6 PJ
Tab i % af produktion	10,7 %
Viderelevering i % af produktion	89,3 %

Som det ses, stemmer de danske forhold ganske godt overens med de i APME-undersøgelsen refererede forhold. Den største forskel ses for olie, idet de samlede tab er fundet til små 11 % for de danske forhold, mens den hollandske undersøgelse angiver tab på 15 %.

Et tab på 11 % for olie er benyttet ved de efterfølgende beregninger.

Konverteringstab fra niveau 1 til niveau 2

Elektricitet

Konverteringstab opstår, når en energikilde omsættes til el, varme eller bevægelsesenergi.

Elproduktionen i Danmark sker primært ved forbrænding af fossile brændsler, med kul som den dominerende brændselstype. I mindre udstrækning produceres el ved forbrænding af fornyelige brændsler og endelig ved anvendelse af vedvarende energikilder som sol og vind.

På kraftværkerne sker der røggastab og andre former for tab af energi i forbindelse med selve konverteringen fra kul, olie, gas og andre brændsler, idet kun ca. 35% af energiindholdet i de indfyrede brændsler bliver til elektricitet, jvf. tabel 1.

	Energiforbrug til elproduktion (PJ)					Elproduktion	
	Olie	N-gas	Kul & Koks	Vedv. energi m.m.	Samlet forbrug	El produceret	Gennemsnitlig el-virkningsgrad
Kraftværker	10,7	10,8	279,9	2,5	303,9	107,2	0,35
Industriel kraft/varme	4,2	5,9	3,3	5,4	18,8	7,1	0,38
i alt	14,9	16,7	283,2	7,9	322,7	114,3	0,35
% af samlet forbrug	4,6	5,2	87,8	2,4			

Tabel 1. Energiforbrug til elproduktion og gennemsnitlig virkningsgrad for elproduktion i Danmark. Talmaterialet er for 1993 og stammer fra Energistyrelsen (1994).

Vedvarende energi, herunder vindkraft, dækker en væsentlig del af energiforbruget hos de industrielle kraftvarmeproducenter. Det forklarer det forholdsvis høje eludbytte fra disse producenter.

I Danmark har vi et veludbygget fjernvarmenet, hvor en stor del af restvarmen fra elproduktionen udnyttes. Det kræver mindre energi at producere el og fjernvarme sammen end hvis de tilsvarende mængder skulle være produceret hver for sig, men det er vanskeligt at afgøre, om denne energigevinst skal tilskrives elproduktionen eller fjernvarmeproduktionen. I det følgende diskuteres forskellige måder at fordele belastningen på.

For de centrale kraftværkers vedkommende, kan el betragtes som det vigtigste produkt, mens fjernvarmen er et sekundært produkt. Udfra denne

synsvinkel ville det være rimeligt at tillægge elektriciteten hele miljøbelastningen, for elektriciteten skal jo produceres under alle omstændigheder, mens fjernvarmen kunne betragtes som en sidegevinst, der reducerer behovet for selvstændig varmeproduktion.

For de decentrale værkers vedkommende, er de typisk anlagt på basis af et varmebehov og har elektricitetsproduktionen med som en ekstra indtægtskilde. Efterhånden som de decentrale kraft/varmeanlæg vinder indpas, kan der blive tale om overproduktion af el og om at de centrale værker må reducere elproduktionen på nogle anlæg. Udfra denne synsvinkel ville det være rimeligt at tillægge fjernvarmen en del af miljøbelastningen ved energikonverteringen.

I denne rapport, hvor komfurers miljøbelastning behandles, kan man anlægge følgende marginalbetragtning: Hvis en given elbesparelse kunne opnås på den ene eller den anden måde, ved at anvendelsen af komfurer ændredes, så ville det først og fremmest være kraftproducerende anlæg, der blev taget ud af drift for at matche det faldende elforbrug, fremfor kraft- og varmeproducerende anlæg. Det taler for at tillægge elektricitetsproduktionen hele miljøbelastningen.

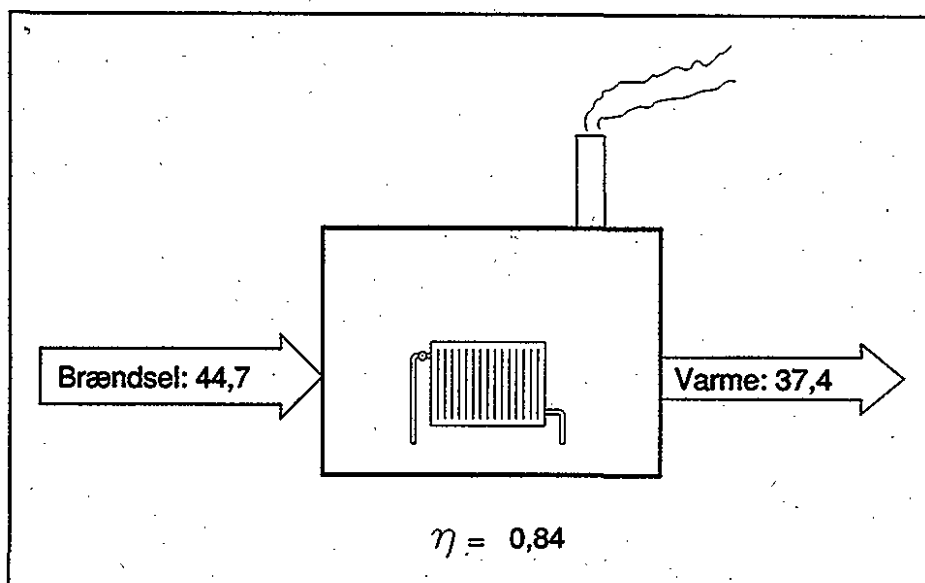
For ikke at skulle operere med alt for mange talsæt, vil de gennemgående beregninger af miljøbelastningen blive foretaget ved at tillægge hele belastningen til elproduktionen, men for at skitsere betydningen af at tillægge noget af belastningen til fjernvarmen, diskuteres det, på hvilken måde, dette kunne gøres.

En metode, som benyttes af de danske elværker, til at indregne fjernvarmen, er at summere de producerede elmængder med varmemængderne og sætte disse i forhold til det samlede brændselsforbrug. Gøres det, bliver den samlede energiudnyttelse - på landsplan - af brændslerne på små 55%, beregnet på basis af 1993-tal fra Energistyrelsen (Energistyrelsen (1994)). Den producerede varme kan imidlertid ikke erstatte elektriciteten, idet det kræver højere entalpi at lave el. Det er derfor principielt forkert at summere el og varme.

En anden metode, som nok giver et mere korrekt billede, omtales i det følgende, idet der stadig anvendes 1993-tal fra Energistyrelsen. Ved metoden beregnes en fiktiv elvirkningsgrad, som udtrykker den producerede elmængde i forhold til den del af brændslet, der er medgået til elproduktionen - d.v.s. den totale brændselsmængde til kraft/varmeproduktion fratrukket den del af brændslet, der er medgået til varmeproduktionen. For at få et udtryk for, hvor meget af brændslet, der er medgået til varmeproduktionen, beregnes først:

- a) en gennemsnitlig virkningsgrad for fjernvarme produceret på fjernvarmeværker uden samtidig elproduktion:

Et udtryk herfor fås ved at betragte den samlede produktion af fjernvarme i Danmark i 1993 og sætte den producerede varme i forhold til den anvendte brændselsmængde, jvf. figur 1.1. Virkningsgraden, η , for varmeproduktion alene beregnes således til $37,4 \text{ PJ}/44,7 \text{ PJ} = 0,84$.



Figur 1.1 Alle tal er i PJ (10^{15} J). Virkningsgrad for den samlede fjernvarmeproduktion i Danmark i 1993. Bemærk, at der er tale om fjernvarmeproduktion uden samtidig elproduktion.

Dernæst beregnes

- b) hvor meget brændsel, den på kraftvarmeværkerne producerede fjernvarme ville have krævet, hvis den var produceret uden samtidig elproduktion

På kraftvarmeværkerne og ved industriel kraftvarmeproduktion blev der i 1993 produceret 74,2 PJ fjernvarme. Hvis denne fjernvarme skulle være produceret uden samtidig elproduktion, ville det have krævet $74,2/0,84 = 88,3$ PJ brændsel.

Endelig

- c) trækkes denne brændselsmængde ud af regnskabet for kraftvarmeproduktionen. Herefter kan der beregnes en fiktiv virkningsgrad for el-andelen fra kraftvarmeproduktionen.

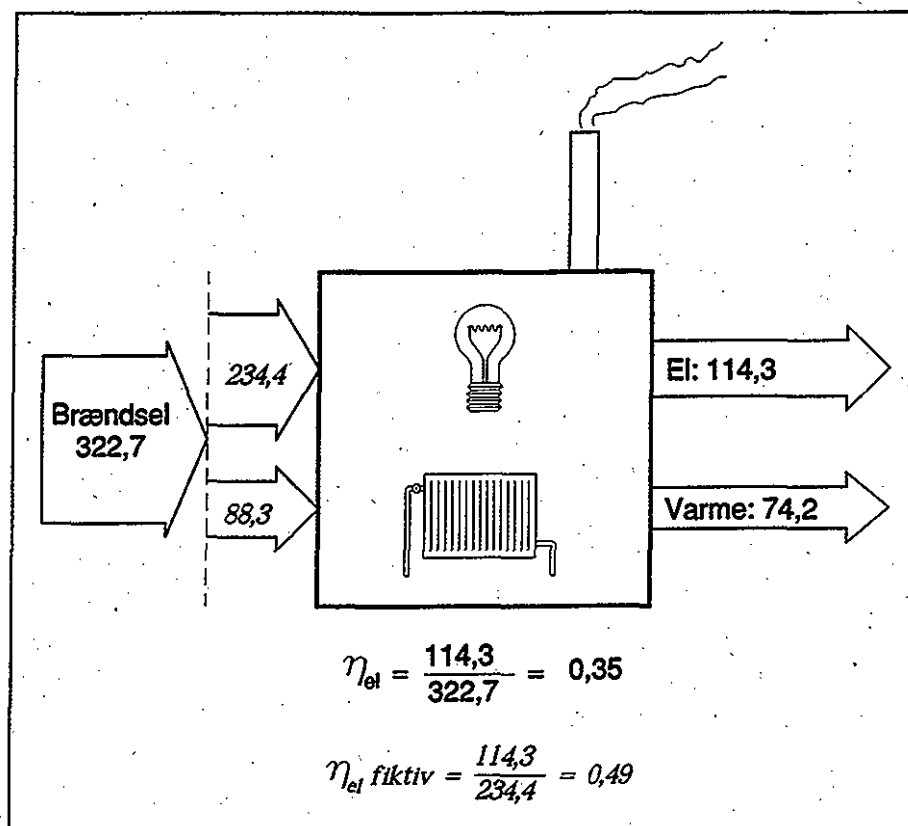
Brændselsforbruget til produktion af el og varme på kraft- og kraftvarmeværkerne var i 1993 på 322,7 PJ. De 88,3 PJ brændsel, som fjernvarmeproduktionen ville have krævet, fratrækkes og tilbage er brændselsforbruget til el-delen af kraftvarmeproduktionen: $322,7 - 88,3 = 234,4$ PJ.

Herefter beregnes den fiktive virkningsgrad for el-delen af kraftvarmeproduktionen til:

$$114,3/234,4 = 0,49.$$

Til illustration af beregningerne er figur 1.2 optegnet. På figuren er de tal, der stammer fra Energistyrelsen skrevet med almindelig skrift, mens de beregnede, fiktive tal, er med kursiv. Den faktisk anvendte brændsels-

mængde er efter den stiplede linie således delt op i en del til fjernvarmeproduktionen (for neden) og en del til elproduktionen (for oven).



Figur 1.2. Alle tal er i PJ (10^{15} J). For samproduktion af el og varme vises "almindelig" elvirkningsgrad og fiktiv elvirkningsgrad. Tal vedrørende fiktiv elvirkningsgrad er i kursiv.

Miljøbelastningen for el-delen af kraftvarmeproduktionen kan nu beregnes ved hjælp af emissionsfaktorer for brændslerne.

Som tidligere nævnt, vil det primært være miljøbelastningen ved el produceret uden samtidig fjernvarmeproduktion, som vil indgå i beregningerne her i rapporten. Til det formål vil virkningsgraden på 0,35 altså blive benyttet, mens virkningsgraden på 0,49 kun vil blive benyttet for eksemplets skyld til belysning af, hvor meget det gavner at have en samtidig fjernvarmeproduktion.

Gas.

Den største del af den naturgas, der anvendes i Danmark, bliver ikke konverteret til el eller varme før den når forbrugeren. Den del, der konverteres til el i de centrale og decentrale værker, er medtaget under afsnittet om elproduktion. Konverteringstab sættes derfor til 0 for naturgas til brug i gasinstallationer hos forbrugeren. I stedet optræder konverteringstab hos forbrugeren, i dette tilfælde som en del af tabet ved brug af gas-komfur.

Distributionstab fra niveau 2 til niveau 3*Elektricitet.*

Distributionstab for elektricitet er ca. 6 % ifølge Energistyrelsen (1994).

Gas.

Distributionstab for naturgas opstår p.g.a. egetforbrug til bl.a. pumpning og belysning, kontrollerede udslip ved tømning af gasledninger før reparation og ukontrollerede udslip gennem lækager på rørføringen. Lækagetabene er reduceret i de sidste år og vil blive reduceret yderligere, fordi en del af de gamle bygasforsyningsledninger er eller bliver udskiftet, ifølge Dansk Gasteknisk Center (Jensen, 1993). Energistyrelsen opgiver distributionstab til 0,1 PJ, svarende til 0,1 % af den distribuerede mængde.

Samlet tab fra udvinding til forbruger

Før energitab i forbrugerens apparater betragtes, vises en oversigt over de samlede tab fra udvinding af energiressourcer til elektriciteten og naturgassen er distribueret ud til forbruger.

Energiniiveau	Elektricitet	Naturgas
0: Energi på ressourceform	100	100
1: Energi på råvareniveau	98	93
2: Energi konverteret	34	93
3: Energi an forbruger	32	93
4: Anvendelse	Afhænger af komfur	Afhænger af komfur

Tabel 2. Procentvis andel af energiressourcer, der når frem til de forskellige energiniveauer ved hhv. elektricitet og naturgasanvendelse.

Der sker ikke nogen konvertering af naturgassen før den når forbruger.

Hvis en forbruger skal bruge 1 MJ energi, skal der altså udvindes 3,1 MJ energiressourcer, hvis forbruger anvender elektricitet og 1,1 MJ, hvis forbruger anvender naturgas.

Appendix 2 - Opgørelse af energirelateret miljøbelastning

I dette appendix opgøres miljøbelastningen fra brug af elektricitet og gas.

Udvinding af energiresourcer

Ved udvinding af fossile brændsler emitteres der en række forureningsstoffer til luft, vand og jord og der produceres affald. Sammenlignet med de forureninger, der kommer fra konverteringen af energiresourcerne til elektricitet, varme eller bevægelsesenergi, er emissionerne fra udvindingen generelt små.

Et af de stoffer, der emitteres, er metan - det er den væsentligste del af naturgas og det findes ofte i tilknytning til forekomsterne af olie og kul. Emissionen af metan er af en vis relevans, også set i forhold til emissionerne fra konvertering, fordi methans bidrag til drivhuseffekten set i et tidsperspektiv på 100 år er ca. 25 gange større end CO₂'s bidrag, regnet på vægtbasis (Hauschild (1996)).

Det er derfor forsøgt at opgøre, hvor stort bidraget til drivhuseffekten er som følge af udvindingen af energiresourcer.

Boustead (1993) opgør værdier for CO₂ og metan-emissioner, som er tilknyttet produktionen af hhv. 1 kg gas og 1 kg olie. Værdierne er gennemsnitsværdier for Nordsø produktionen. Omregnet til CO₂-ækvivalenter, giver naturgas anledning til emission af ca. 5000 tons CO₂-ækvivalenter pr. PJ og olie til ca. 6000 tons pr. PJ.

Christensen (1991) angiver, på baggrund af en opgørelse fra Nordisk Gasteknisk Center, at bidraget for naturgas, olie og kul er henholdsvis 11000, 18000 og 14000 tons CO₂-ækvivalenter pr. PJ. Disse tal indikerer, at emissionerne fra kuludvinding ligger på niveau med emissionerne fra olie- og naturgasudvinding.

Da Bousteads værdier er af nyere dato end Christensens værdier, tages der udgangspunkt i disse. Boustead angiver ikke nogen værdi for kuludvinding, men det antages, ifølge Christensen, at værdien ligger på niveau med olie- og gasudvinding. En værdi på 6000 t/PJ anvendes således for kul.

For det brændselsmix, der blev anvendt til fremstilling af el og varme i Danmark i 1993, kan CO₂-emissionen fra udvindingen af brændsler beregnes til 5980 t/PJ, hvilket afrundes til 6000 t/PJ.

For naturgas til anvendelse hos forbrugeren anvendes værdien på 5000 t/PJ.

Elektricitet

Emissionsfaktorerne er ved beregningen delt op i emissioner fra centrale kraft- og kraftvarmeværker, ejet af elselskaberne, og i decentrale værker, som producerer kraft eller kraft og varme. De decentrale kan være såvel offentligt ejede anlæg som private og industrielle anlæg.

Opdelingen er foretaget, fordi der er store forskelle på anlægstyperne og de anvendte energityper i de to grupper. De centrale værker er typisk meget store i forhold til de decentrale og de har bedre økonomisk kapacitet til at indføre ny og mere miljøvenlig teknologi end de decentrale. Til gengæld fyres der i overvejende grad med kul på de centrale anlæg. Kulfyring giver generelt større miljøpåvirkninger end andre fossile brændsler og kræver derfor også større investeringer i udstyr til miljøforbedringer.

Emissionsfaktorerne for CO₂, SO₂ og NO_x fra de centrale værker er beregnet ved at sætte de totale emissioner fra værkernes egen opgørelse for 1993, som er indberettet til Energistyrelsen, i forhold til de forbrugte brændselsmængder, som ligeledes kan læses hos Energistyrelsen (Energistyrelsen (1994)). Værdier for fast affald (flyveaske og slagge) samt restprodukter fra værkernes forureningsbegrænsende anlæg (TASP, svovlsyre og gips) er beregnet på samme måde. Der er ikke lavet lignende opgørelser over fast affald og restprodukter for de decentrale værker.

Emissionsfaktorer for de øvrige parametre fra de centrale værker og for alle parametrene fra de decentrale værker er beregnet ud fra emissionsfaktorer for de enkelte brændsels- og anlægstyper (Christensen (1991)) og derefter regnet sammen til de aktuelt anvendte brændselsmix i 1993.

Der er således lavet beregninger i denne rapport til den samlede opgørelse af emissionsfaktorer for

- * spormetaller fra centrale værker, baseret på målinger på tre moderne anlæg med udstyr til begrænsning af partikelemission og emission af sure gasser. Målinger efter partikelbegrænsning repræsenterer værker med partikelbegrænsning men uden afsuring (69 % af kraftværkskapaciteten i Danmark) og målinger efter partikelrensning og afsuring repræsenterer anlæg med afsuring og partikelrensning (31 % af kapaciteten). Det bemærkes her, at selvom kraftværkskapaciteten fordeler sig som nævnt, med 31% af anlæggene forsynet med afsuring og 69% uden, så er det ikke givet, at 31% af den faktisk producerede elmængde er fremstillet på anlæg med afsuring og 69% på anlæg uden. Det giver en usikkerhed på værdierne for spormetaller.
- * emissioner fra vedvarende energi, der anvendes til elproduktion, d.v.s. fiskeolie, træ og halm. Der findes også enkelte kraftproducerende affaldsforbrændingsanlæg i Danmark, men deres bidrag til den samlede elproduktion er så lille, at det ikke optræder i Energistirelsens statistik, Energistyrelsen (1994). I fremtiden må bidraget herfra forventes at blive større, da myndighederne, via afgiftsreguleringer, gør det mere attraktivt at nye affaldsforbrændingsanlæg producerer el.

Det er antaget, at energi fra sol, vind, vand, jord og biogas ikke giver anledning til emissioner. Det er ikke korrekt for biogassens vedkommende, men da bidraget til elproduktionen herfra er så lille, er der ikke gjort forsøg på at klarlægge emissionerne herfra.

I det følgende præsenteres emissionsfaktorer fra elværkernes opgørelser sammen med beregnede emissionsfaktorer for de enkelte brændsels- og anlægstyper. Vægtede gennemsnit for den samlede elproduktion præsenteres også. De er vægtet efter hvor stor del af den samlede energiproduktion, der dækkes af det enkelte brændsel eller den enkelte anlægstype.

Tabel 1. Emissionsfaktorer for konvertering på centrale værker.

Emission pr. indfyret energimængde Centrale kraft- og kraftvarmeverker							
	Olie **	N-gas	Kul støvfilter *	Kul, støv- filter+ afsur	Vedv. *	Værdier fra saml- emis.opgør.	Sum el. gns.
Energifor- brug PJ	10,7	10,8	193,131	86,769	2,5		303,9 (sum)
CO ₂ t/PJ						92000	
CO t/PJ	5	100	50	50			50
SO ₂ t/PJ						330	
NO _x t/PJ						280	
As kg/PJ	1,25	0,00003	3,1	0,32	1		2,11
Cd kg/PJ	0,45	0,04	0,1	0,03	2		0,11
Cr kg/PJ	0,9	0,003	2,2	1,2	10		1,85
Cu kg/PJ	5,5	0,0003	8		21		5,45
Hg kg/PJ	0,075	0,004	1,3	0,85	0		1,07
Ni kg/PJ	200,5	0,001	2,5	1,22	0		9,00
Pb kg/PJ	14	0,006	3,1	2,05	41		3,39
Se kg/PJ	1,35	0,0005	34	2,26	0		22,30
V kg/PJ	651	0,0003	12		21		30,72

* Værdierne for Cu, V og Sn fra kulfyrtning med støvfilter og værdierne fra træfyrtning stammer fra ældre målinger på fjernvarmeverker. Træfyrtning indgår i vedvarende energi. Anlæg udstyret med bedre filtre vil emitte mindre mængder end de her viste.

** Emissionsfaktorer for olie er gennemsnit af emissionsfaktorer for gasolie og fuelolie, idet det antages, at kraftværkernes forbrug af de to olietyper er nogenlunde ligeligt fordelt. Fuelolie bruges primært ved opstart af kulstøvbrændere og gasolie ved stop af samme brændere for at rense dysen.

Tabel 2. Emissionsfaktorer for konvertering på decentrale værker.

Emission pr. indfyret energimængde Decentrale og industrielle kraftvarmeværker.					
	Olie **	N-gas	Kul støvfilter *	Vedvarende energi *	Sum el. gns.
Energiforbrug PJ	4,2	5,9	3,3	5,4	18,8
CO ₂ t/PJ	77500	56000	96000	0	51739
CO t/PJ	5	100	50	50	56
SO ₂ t/PJ	305	0	650	27	189,99
NO _x t/PJ	140	100	500	47	163,93
As kg/PJ	1,25	0,00003	3,1	1	1,11
Cd kg/PJ	0,45	0,04	0,1	2	0,71
Cr kg/PJ	0,9	0,003	2,2	10	3,46
Cu kg/PJ	5,5	0,0003	8	21	8,66
Hg kg/PJ	0,075	0,004	1,3	0	0,25
Ni kg/PJ	200,5	0,001	2,5	0	45,23
Pb kg/PJ	14	0,006	3,1	41	15,45
Se kg/PJ	1,35	0,0005	34	0	6,27

* Værdierne for Cu, V og Sn fra kulfyring med støvfilter og værdierne fra træfyring stammer fra ældre målinger på fjernvarmeværker. Træfyring indgår i vedvarende energi. Anlæg udstyret med bedre filtre vil emitte mindre mængder end de her viste.

** Emissionsfaktorer for olie er gennemsnit af emissionsfaktorer for gasolie og fuelolie, idet det antages, at kraftværkernes forbrug af de to olietyper er nogenlunde ligeligt fordelt. Fuelolie bruges primært ved opstart af kulstøvbrændere og gasolie ved stop af samme brændere for at rense dyser.

Tabel 3. Emissionsfaktorer for de kategorier af vedvarende energi, der ifølge Energistyrelsen, bidrog med elektricitetsproduktion i 1993.

Emission pr. "indfyret" energimængde Vedvarende energikilder						
	Enhed	Fiskeolie	Træ u. filter	Halm	Andet *	Sum el. gns.
Energiforbrug	PJ	0,8	1,6	1,6	3,8	7,8
CO ₂	t/PJ	0	0	0	0	0
SO ₂	"	1	30	100	0	27
NO _x	"	-	100	130	0	47
Partikler	t/PJ	0	45	20	0	13
As	kg/PJ	-	5	-	0	1
Cd	"	-	10	-	0	2
Cr	"	-	50	-	0	10
Cu	"	-	100	0,01	0	21
Hg	"	-	1	0,002	0	0
Ni	"	-	-	-	0	0
Pb	"	-	200	1	0	41
Se	"	-	-	-	0	0
V	"	-	100	-	0	21
Zn	"	-	1200	0,01	0	246

* Sol, vind, vand, jord, biogas

** De viste emissionsfaktorer gælder træfyring uden filter. I praksis vil der ofte være installeret filter, således at emissionsfaktorerne vil være mindre end de her viste.

Tabel 4. Emissionsfaktorer for den samlede danske elproduktion. Emissionsfaktorerne er i forhold til indfyret energi i anlæggene.

	Centrale anlæg	Decentrale anlæg	I alt
Energiforbrug PJ	303,9	18,8	322,7
CO ₂ t/PJ	92000	51739	89654
CO t/PJ	50	56	50
SO ₂ t/PJ	330	190	322
NO _x t/PJ	280	164	273
Partikler t/PJ	9	133	17
As kg/PJ	2,11	1,11	2,06
Cd kg/PJ	0,11	0,71	0,14
Cr kg/PJ	1,85	3,46	1,95
Cu kg/PJ	5,45	8,66	5,64
Hg kg/PJ	1,07	0,25	1,02
Ni kg/PJ	9,00	45,23	11,11
Pb kg/PJ	3,39	15,45	4,09
Se kg/PJ	22,30	6,27	21,37
V kg/PJ	30,72	153,57	37,88
Zn kg/PJ	27,83	80,14	30,88

Anvendelse af tallene

For direkte at kunne sætte tal på miljøbelastningen fra brugen af komfurere, omregnes emissionsfaktorerne til emissioner pr. leveret energienhed hos forbrugeren i tabel 5. Omregningen er foretaget ved at lægge miljøbelastningen fra udvinding af ressourcer til miljøbelastningen fra konvertering. Her udtrykkes miljøbelastningen ved konvertering som belastning pr. leveret energienhed ved at miljøbelastning pr. indfyret energienhed divideres med virkningsgraden for konvertering, (som er 0,35) jvf. Appendix 1.

Som det tidligere er omtalt, er det udelukkende den del af miljøbelastningen fra oparbejdning af ressourcer, som giver anledning til drivhuseffekt, der er i fokus i denne rapport. Som det også er nævnt, er de øvrige miljøbelastninger ved oparbejdning af ressourcer meget små i forhold til miljøbelastningen fra konvertering.

Tabel 5. Emissionsfaktorer for den samlede danske elproduktion. Emissionsfaktorerne er i forhold til leveret energi til forbrugeren.

Emission	Pr. leveret PJ	Pr. leveret kWh
CO ₂ fra udvinding af ressourcer	6000 t/PJ	22 g/kWh
CO ₂ fra konvertering til el	272000 t/PJ	978 g/kWh
Samlet CO ₂	278000 t/PJ	1000 g/kWh
CO	152 t/PJ	1,0 g/kWh
SO ₂	975 t/PJ	3,6 g/kWh
NO _x	828 t/PJ	3,0 g/kWh
Partikler	50 t/PJ	0,2 g/kWh
As	6 kg/PJ	0,02 mg/kWh
Cd	0,4 kg/PJ	0,002 mg/kWh
Cr	6 kg/PJ	0,02 mg/kWh
Cu	17 kg/PJ	0,06 mg/kWh
Hg	3 kg/PJ	0,01 mg/kWh
Ni	34 kg/PJ	0,1 mg/kWh
Pb	12 kg/PJ	0,05 mg/kWh
Se	65 kg/PJ	0,2 mg/kWh
V	115 kg/PJ	0,4 mg/kWh
Zn	94 kg/PJ	0,3 mg/kWh

For de centrale værker er mængden af faste affaldsprodukter i form af flyveaske og slagge opgjort for 1993 (Andersen et al. (1995)). En del af affaldsprodukterne nyttiggøres, det fremgår af nedenstående oversigt.

Tabel 6. Fast affald fra centrale værker i form af flyveaske og slagge. Mængderne er angivet i såvel absolutte mængder som mængder i forhold til indfyret energi og i forhold til leveret energi til forbrugeren.

Flyveaske og slagge	Producerede mængder	Produceret i forhold til indfyret energi	Produceret i forhold til leveret energi	
	(tusind tons)	(tons/PJ(t))	(tons/PJ(e))	(g/kWh(e))
Produceret	1417	4600	14000	50
Deponeret	498	1600	5000	20
Nyttiggjort	919	3000	9000	30

(t) står for termisk energi, altså indfyret energi og (e) står for elektrisk energi.

Fra værkernes forureningsbegrænsende anlæg kommer desuden nogle restprodukter, som ligeledes er opgjort i (Andersen et al. (1995)) og fremgår af tabel 7.

Tabel 7. Fast affald og restprodukter fra centrale værkers afsuringsanlæg. Mængderne angives såvel i absolutte mængder som i forhold til indfyret energi og i forhold til leveret energi til forbruger.

Restprodukter fra forureningsbegrænsende anlæg	Producerede mængder	Produceret i forhold til indfyret energi	Produceret i forhold til leveret energi	
	(tusind tons)	(tons/PJ(t))	(tons/PJ(e))	(g/kWh(e))
Produceret TASP	120	390	1200	4
Produceret svovlsyre	21	70	200	0,8
Produceret gips	137	450	1400	5

(t) står for termisk energi, altså indfyret energi og (e) står for elektrisk energi.
TASP står for tørt afsvovlingsprodukt.

Lidt over halvdelen af TASP, nemlig 68000 tons, blev nyttiggjort i 1993 og resten blev deponeret. Hele den producerede mængde af svovlsyre og af gips blev nyttiggjort i 1993.

Gas

Naturgas er et renere brændsel end kul og olie, derfor er de brændselsrelaterede emissioner fra afbrænding af naturgas mindre end ved afbrænding af de andre fossile brændsler. Således er indholdet af aske, svovl og spormetaller negligerbart i naturgas, hvorfor emissionen af partikler, SO₂ og spormetaller

praktisk taget er nul. Emissionen af CO₂ er ikke nul, men lavere end fra kul og olie.

NO_x og CO er to forureningsstoffer, som kan dannes ved forbrænding af alle brændsler, afhængig af hvordan forbrændingsbetingelserne er. Flammetemperatur og lufttilførsel er vigtige parametre i den sammenhæng. En amerikansk undersøgelse (Moschandreas et al. (1986)) viste, at når gasflammen var blå, var CO-emissionerne væsentlig lavere (op til 10 gange lavere) end når gasflammen var gul. Til gengæld var NO-emissionerne en smule lavere, når gasflammen var gul, mens NO₂-emissionerne var en smule højere, således at den samlede NO_x-emission var stort set uændret. Læs mere om NO, NO₂ og NO_x i kapitlet om sundhedsbelastningen ved brug af gaskomfur.

Normalt indstilles gaskomfurer til blå flamme. Gul flamme kan dog også forekomme ved normalt brug, f.eks. hvis kogegrejets bund er kold eller våd, men det vil da kun være i korte tidsrum. Det må derfor antages, at emissionerne fra blå flamme er de mest repræsentative, og disse værdier er da også anvendt i afsnittet om sundhedsbelastning ved brug af gaskomfurer.

I tabel 8 er værdierne fra den amerikanske undersøgelse refereret sammen med resultaterne fra en dansk undersøgelse. De viste emissionsfaktorer er målt med ét tændt blus med gryde. Emissionsfaktoren for CO₂ afhænger alene af brændslets sammensætning og gælder generelt for dansk naturgas.

Tabel 8. Emissionsfaktorer (t/PJ) for gaskomfurer fundet ved 2 forskellige undersøgelser. Emissionsfaktorerne er i forhold til indfyret energi i komfurerne. Indfyret energi svarer til energi leveret til forbruger, når det gælder gaskomfurer.

	Moschandreas et al.		DGC			
	Trad. gaskomfur naturgas eller bygas ?		Trad. gaskomfur naturgas		Keramisk gaskomfur naturgas	
	størst	mindst	størst	mindst	størst	mindst
NO _x (t/PJ)	37	32	38	22	4	2
CO (t/PJ)	243	40	171	60	150 *)	3,6
CO ₂ fra udvinding af naturgas (t/PJ)	5000					
CO ₂ fra forbrænding af naturgas (t/PJ)	56000					
Samlet CO ₂ (t/PJ)	61000					

*) værdi stammer fra brænder ved halv effekt. Halv effekt gav langt større emissioner end fuld effekt. 3,6 t/PJ blev fundet ved fuld effekt. •

I de videre beregninger i rapporten er der regnet med følgende værdier for gaskomfurer:

NO _x :	35 t/PJ,
CO:	150 t/PJ og
CO ₂ :	61000 t/PJ.

Appendix 3 - Forbrugerundersøgelser

Danske undersøgelser

Forbrugerstyrelsen har i tidsskriftet *Råd og Resultater* publiceret undersøgelser af komfurer og ovne. I det følgende præsenteres hovedkonklusionerne fra disse undersøgelser. Aspekter vedrørende energiforbruget behandles dog mere detaljeret andetsteds i rapporten.

I *Råd og Resultater* (8/91) sammenlignes 6 elkomfurer med glaskeramisk overplade (heraf et komfur med halogenlys) og to gaskomfurer til enten flaskegas eller naturgas. Blandt konklusioner og gode råd i artiklen kan nævnes:

- * på glaskeramiske plader opnås den bedste eludnyttelse, når grydebunden er helt plan og dækker hele kogezoneen,
- * på gasblus må flammerne ikke slikke op ad siderne på gryden,
- * hvis der er to ovne, bør den mindste (og dermed mest økonomiske) placeres øverst, da denne placering er nemmest at anvende. Man skal dog være opmærksom på, at der kan være problemer med at tage store ting ud af en lavtplaceret ovn,
- * varmfordelingen i ovne med varmluft kan være dårlig,
- * kondensvand, der løber ud på gulvet under stegning, kan være et problem,
- * ventilationsåbningen bør placeres bagtil i keramikoverpladen for at undgå skoldning,
- * tippesikring og børnesikring af ovnlågen bør være obligatorisk.

Råd og Resultater (10/91) refererer en svensk undersøgelse fra Konsumentverket af mikrobølgeovne, hvoraf den ene var indbygget i en kombinationsovn. Artiklen indeholder følgende hovedkonklusioner, der primært er rettet mod ovnenes funktion og madens kvalitet:

- * en standard mikrobølgeovn kan være et godt supplement til en konventionel ovn, men ikke erstatte denne,
- * finger-touch knapper giver en nøjagtig indstilling,
- * tilberedning af store portioner tager længere tid i en mikrobølgeovn end i en gryde,
- * maden tilberedes hurtigere i en kombinationsovn end i en konventionel

ovn, men optøning og opvarmning af mad klares bedst med mikrobølger alene,

- * varmfordelingen er bedst i ovne med roterende tallerken.

I *Råd og Resultater* (10/92) er undersøgt 13 komfurer med forskellige kombinationer af ovne og kogeplader. Artiklen, der er et supplement til *Råd og Resultater* 8/91, peger på følgende relevante aspekter:

- * jo flere funktioner (varmluft, varmluft + grill (intervalgrill), grill og mikrobølger), der er indbygget i ovnen, jo hurtigere kan maden laves. Det kræver dog et grundigt studium af brugsanvisningen og en hel del øvelse,
- * virkningsgraden var acceptabel for samtlige kogeplader,
- * man kan ikke både få god økonomi og hurtig opvarmning,
- * opvarmning er hurtigst og billigt (mest økonomisk) med varmluft,
- * virkningsgraden af en mikrobølger i en kombinationsovn er mindre end i en "ren" mikrobølgeovn. Samtidig blev energifordelingen bedømt som dårlig,
- * ovnlågen på mange komfurer bliver op til 80°C ved den højeste ovntemperatur,
- * indikatorlampen for restvarme må ikke slukke ved temperaturer, hvor man kan brænde sig

Udenlandske undersøgelser

Kogemøbler behandles med stor opmærksomhed i mange landes forbrugerliteratur (svarende til Forbrugerstyrelsens Råd og Resultater). Undersøgelser af kogemøbler fokuserer på en række emner som energiforbrug, betjeningsvenlighed, madens kvalitet og børnesikkerhed, men ikke alle emner behandles nødvendigvis i de enkelte rapporter.

I det følgende gennemgås en del af de udenlandske tests, der er foretaget i perioden fra 1992 til 1994. Nogle af de udenlandske undersøgelser er behandlet i detaljer med hensyn til energiforbrug andetsteds i rapporten. Gennemgangen på dette sted inddrager andre aspekter af kogemøblernes funktion, men konklusioner med hensyn til energiforbrug af forskellige typer kogemøbler er refereret.

Sverige

Råd och Rön (1/92) konkluderer på baggrund af en undersøgelse af 11 komfurer, at

- * glaskeramiske kogeplader er ikke mere effektive end almindelige

kogeplader af støbejern, men er lette at rengøre,

- * temperaturindikatorerne på glaskeramikken slukker for tidligt (ved 70°C),
- * en lille ovn sparer energi,
- * varmluftovne bager ujævnt,
- * ovnlågerne bliver alt for varme (90°C ved ovntemperaturer omkring 240°C)

Råd och Rön (12/92) konkluderer på baggrund af en undersøgelse af 15 indbygningsovne, at

- * prisen ikke har noget at gøre med, hvor godt ovnen fungerer, men er relateret til antallet af indbyggede funktioner,
- * en kombinationsovn med indbygget mikrobølgeovn nedsætter tilberedningstiden, men kræver også, at man sætter sig grundigt ind i brugsanvisningen,
- * ovne med flere funktioner end de konventionelle støjer mere, fordi elektronikken i ovnene skal ventilationskøles,
- * over/undervarme-funktionen fordeler varmen bedre end varmluft og grillvarme,
- * nogle ovne har skarpe kanter, runde betjeningsgreb og dårlig aflæsning af indstillingen, hvilket vanskeliggør en nem betjening,
- * pyrolyseemalje letter rengøringen, men koster i energiforbrug,
- * katalyseemalje letter også rengøringen, men tåler ikke, at der skræbes på den.

Råd och Rön (8/93) refererer en undersøgelse af temperaturstyrede kogeplader (T-plader). Ved anvendelse af T-plader vælges den ønskede temperatur, og efter en opvarmningstid på 6-8 min bibeholdes denne temperatur ved hjælp af en varmeføler i kogepladen. Der kræves mindre pasning, og maden brænder ikke så let på.

I det samme nummer refereres en undersøgelse af dampfunktionen i tre ovne. Det konkluderes, at

- * dampkogning er let
- * maden koger ikke over,
- * dampkogning giver et godt resultat, også ved tilberedning af stykker af forskellig størrelse,

- * smagen bevares godt i en dampovn
- * når der tilberedes mindre end cirka tre kilo, bruges der mere energi i en dampovn end ved kogning på kogeplader

England

I *Which?* (August 1992) er der præsenteret en undersøgelse af 13 gaskomfurer og tre komfurer med gasbrænder og elektrisk ovn og grill. Nogle af konklusionerne er specielt relateret til det engelske marked, men medtages alligevel her for at give et fyldigt overblik over designmuligheder og -variationer:

- * et grillelement i overbygningen på komfuret gør det nemt at både grille og stege på samme tid. Samtidig er det muligt at inspicere maden uden besvær,
- * gaskomfurer fordeler varmen ujævnt. Dette er en fordel, hvis forskellige retter skal stege på samme tid, men er en ulempe, hvis der laves flere portioner af den samme ret på samme tid,
- * ventilation (varmluft) giver en mere ensartet fordeling af varmen og nedsætter i visse tilfælde også tilberedningstiden og/eller temperaturen,
- * små og glatte betjeningsgreb er svære at anvende med fedtede hænder,
- * kolde ovndøre er muligt.

I det efterfølgende nummer af *Which?* (september 1992) præsenteres en gennemgang af syv el-komfurer med dobbelt ovn og otte komfurer med enkeltovn. Blandt konklusionerne kan følgende fremhæves:

- * aftagelige håndtag medfører, at de ikke bliver varme under grillning,
- * en "halv-grill"-funktion, der tillader brug af en begrænset del af grillen, sparer energi,
- * spiralplader er vanskelige at rengøre,
- * Keramiske og halogenkogeplader er nemme at rengøre, men kræver specielle rengøringsmidler,
- * gasbrændere er nemmere at anvende end alle former for el-plader,
- * det er muligt at fremstille komfurer, der ikke bliver unødvendigt varme på de områder, som man ofte berører i forbindelse med madlavning.

New Zealand

Consumer (marts 1994) fandt på baggrund af en undersøgelse af 4 varmluftovne og to konventionelle ovne (med enten glaskeramiske kogeplader,

masseplader eller spiralelementer), at

- * varmluftovne fordelte varmen bedre end konventionelle ovne,
- * importerede komfurer brugte mere energi end New Zealandske,
- * masseplader var hurtigst i opvarmning, fulgt af spiralelementer og glaskeramik,
- * spiralelementer var mest energieffektive, fulgt af glaskeramik og masseplader,
- * glaskeramik var nemmest at rengøre, fulgt af masseplader og spiralelementer.

Norge

F-rapporten (1/92) lagde i en kommentar til en markedsoversigt vægt på børnesikring og rengøring. Undersøgelsen peger på, at antallet af forbrændte børn under 10 år i 1990 lå mellem 88 og 245. Hovedårsagen til forbrændingerne var varme kogeplader, men også varme ovndøre og gryder gav anledning til skader på børnene. Undersøgelsen peger på følgende faktorer i komfurdesign, som kan nedsætte uheldshyppigheden:

- * bedre varmeisolering i ovndøre,
- * beskyttelsesgitter til montering på ovnen,
- * beskyttelsesskærm foran kogeplader,
- * børnesikring af ovndøren,
- * bedre placering af ventilationsåbning,
- * sikring mod at komfuret tipper.

Med hensyn til rengøring fandt undersøgelsen, at

- * glaskeramiske kogeplader ikke kan rumme så meget spild (overkog) som andre kogepladetyper og kræver specielle rengøringsmidler,
- * pyrolyseemalje fjerner en del fedtspild, men ikke sukkerrester. Den manuelle rengøring er sværere, samtidig med at energiforbruget øges.

Sammenfatning og kommentarer til forbrugerundersøgelser

I Tabel 1 er resultatet af de danske og udenlandske undersøgelser i forbrugerblade samlet på oversigtsform. Undersøgelserne er delt op i tre hovedområder: ovne, kogeplader og udvendigt design, der hver især vurderes i forhold til deres indvirkning på madkvalitet, energiforbrug, materialeforbrug, sikkerhed og komfort.

Det er således de elementer, der skønnes at være af vigtighed i fremtidigt udviklingsarbejde, der er medtaget. For de fleste elementers vedkommende er det i de citerede undersøgelser ikke vurderet, hvordan et element påvirker alle fem kategorier i skemaet. Der er i disse tilfælde foretaget en vurdering af forfatterne.

I det følgende diskuteres resultaterne kort.

Tabel 1. Oversigt over forskellige elementer i komfurers opbygning og deres indflydelse på madens kvalitet, energiforbrug, materialeforbrug, sikkerhed og komfort. "+" angiver en positiv indflydelse, "-" en negativ indflydelse, "0" angiver ingen indflydelse, "()" angiver marginal indflydelse eller modstridende vurderinger.

Virkning på Element	Madkvalitet	Energiforbrug	Materialeforbrug	Sikkerhed	Komfort
Ovne					
Varmeluft	+/-	+	(-)	0	0
Lille ovnrum	(-)	+	+	0	0
Over/undervarme	+	0	0	0	0
Dampfunktion	(+)	(+)	(0)?	0	0
Halv-grill	0	+	0	0	0
Placering af to ovne	0	(+)	0	0	+
Mikrobølger i kombinationsovn	(+)	+/-	+	0	(+)
Gasovn	+/-	+	0?	-	(-)
Pyrolyseemalje	0	-	(-)?	0	+
Katalyseemalje	0	0	-	-	+
Kogeplader					
Glaskeramiske kogeplader	0	(0)	-	(+)	+
Masseplader	0	(0)	0	0	0
Spiralplader	0	(+)	0	0	-
T-plader	+	+	0	(+)	+
Udvendigt design					
Runde kanter	0	0	0	(+)	+
Gode betjeningsgreb	0	0	0	(+)	+
Beskyttelseskærm	0	0	(+)	+	0
Placering af ventilation-såbning	0	0	0	+	+
Tippesikring	0	0	0	+	0
Ovnisolering	0	+	-	+	0
Sikring af ovnlågen	0	0	0	+	(-)
Sænkning af overflade-temperatur	0	0	-	+	+
Tilpasning af gryder	0	+	0	0	0

Ovne

Varmluft

Indbygning af varmluft i en konventionel ovn er blevet mere almindeligt gennem det sidste årti. Formålet med at sætte en ventilator i ovnen er at fordele varmen bedre i ovnrummet, men forbrugerundersøgelserne viser, at der er uenighed om, hvorvidt dette reelt er tilfældet. Til gengæld er der enighed om, at stege/bagetid og temperatur bliver nedsat med varmluft indbygget, og der er dermed også et nedsat energiforbrug. Ventilatoren kræver et øget forbrug af materialer til elektromotorer og rotorblade. Vægtmæssigt skønnes dette at være minimalt i forhold til det øvrige materialeforbrug, men elektromotorens indhold af kobber har en negativ indflydelse på genanvendelsesmuligheden for jern og stål, og det bør derfor være simpelt at adskille motoren fra resten af komfuret.

Over- og undervarme

Over- og undervarme anvendes for at øge madens kvalitet, f.eks. kan undervarme benyttes hvis man ikke ønsker, at overflade skal brunes. Over- og undervarme er standard i de fleste ovne i dag, og kan derfor ikke siges at have en effekt på hverken energi- eller materialeforbrug.

Grill

Grill anvendes til at give maden en sprød eller blanket overflade og er standard i de fleste ovne. I mere avancerede ovne er grill-funktionen udvidet med roterende grillspyd. Dette kræver, at der skal monteres en elektromotor til at dreje grillspyddet. Denne motor vil kræve et ekstra energi- og materialeforbrug.

Nogle ovne har halv grill, hvilket vil sige, at der kun er grill i halvdelen af ovntoppen (eller at det er muligt kun at tilkoble halvdelen af en stor grill). Denne mulighed vil nedsætte energiforbruget i den udstrækning, den kan udnyttes i den daglige husholdning.

Dampfunktion

Nogle ovne er forsynet med dampfunktion, der angiveligt skulle betyde at madens smagsstoffer bevares bedre, ligesom det er nemmere at tilberede ulige store stykker med et godt resultat. Endelig får bagværk en mere professionel overflade. Dampfunktionen kan have forskellig udformning, men bør under alle omstændigheder forsynes med en aftapningsanordning for tiloversblevet vand. Anvendelse af dampfunktionen medfører et øget energiforbrug, specielt hvis der tilberedes store portioner.

Ovnrummets størrelse

Der findes ikke en standard for ovnrummets størrelse, idet dette generalt er betinget af de ydre dimensioner på komfuret. Det er klart, at et lille ovnrum kræver et mindre materialeforbrug, og dermed bliver energiforbruget til opvarmning og vedligehold af varmen også mindre. Et lille ovnrum vil i visse tilfælde have en negativ indflydelse på madens kvalitet, idet maden må placeres tæt på varmekilden.

To ovne

Nogle komfurer er udstyret med to ovne af forskellig størrelse. Dette muliggør, at man vælger et ovnrum af passende størrelse til den givne opgave. Som nævnt ovenfor kræver en lille ovn et mindre energiforbrug end en stor ovn, og det vil derfor være muligt at optimere det daglige forbrug. Hvorvidt den lille ovn skal placeres øverst eller nederst er en individuel vurdering, der må baseres på det aktuelle behov. Den oftest benyttede ovn bør placeres øverst af ergonomiske årsager.

Kombinationsovn med mikrobølgeovn

I stedet for at anskaffe en (konventionel) ovn og en mikrobølgeovn hver for sig, er det muligt at anskaffe en kombinationsovn, hvor alle funktioner er samlet i et ovnhus. Dette giver et bredere spekter af muligheder for at tilberede maden, specielt dybfrosne retter, der skal tøs op før den egentlige tilberedning begynder. En sådan arbejdsgang kan gennemføres uden afbrydelser i en kombinationsovn, men kræver et grundigt studium af brugsanvisningen. Nogle producenter leverer færdigprogrammerede opskrifter af samme grund, men dette kræver yderligere installation af en computer.

En kombinationsovn vil således i princippet være energibesparende, men undersøgelser tyder på, at energieffektiviteten af en mikrobølgeovn reduceres, hvis den er indbygget i en konventionel ovn. Der kan dog ikke peges på en årsag til dette. På materialesiden vil en kombinationsovn være mindre krævende, idet der kun kræves et ovnrum, ligesom en del af det elektroniske udstyr vil være fælles i en kombinationsovn.

Pyrolyse- og katalyseemalje

Indvendig belægning af ovne med pyrolyse- eller katalyseemalje skal lette rengøring af spild, først og fremmest fastbrændt fedt, men i praksis er lettelsen begrænset. Katalyseemalje er mere porøs og sart end almindelig emalje, og rengøring må derfor ske med varmt vand og håndkraft. Pyrolyseemalje kan tåle temperaturer op til 500°C, og fastbrændte madrester i ovnen forbrændes ved denne temperatur. I dagligdagen skal grove madrester og flydende fedt fjernes, før ovnen sættes i gang på pyrolyseprogrammet, så en grundlæggende rengøring er nødvendig under alle omstændigheder. Samtidig kræver opvarmning til så høj en temperatur et væsentligt energiforbrug, ligesom komfurets ydre bliver meget varmt under processen.

Gasovne

Gasovne adskiller sig væsentligst fra elovne ved at benytte en anden energikilde. Gasovne må ikke være helt tætte, da de skal have tilførsel af ilt til forbrændingen, og der vil derfor være et varmetab. Alligevel bruger gasovnen mindre primærenergi, jævnfør Appendix 1.

I øvrigt kan en gasovn forsynes med de fleste af de andre funktioner, som findes i elovne (varmluft, grill, over/undervarme). Disse funktioner vil være el-drevne, og der gælder de samme forhold, som beskrevet ovenfor for elovne.

Kogeplader

Med hensyn til kogeplader er det kun termostattyrede kogeplader, der i de citerede undersøgelser giver en entydig positiv effekt. Induktionskogeplader har ikke været medtaget i de citerede undersøgelser, mens der har været uenighed om, hvorvidt det er masseplader, spiralplader eller glaskeramiske plader, der er mest energieffektive.

Et element, der går igen i mange undersøgelser, er vigtigheden af at have gryder, der passer til komfuret. Især på glaskeramiske plader, men også på masseplader, er det vigtigt at have gryder med plan bund og en diameter, der er mindst lige så stor som kogepladen.

Design

Af tabellen fremgår det, at det synlige design tilsyneladende kun har ringe indflydelse på alle andre områder end sikkerheden.

Man skal imidlertid være opmærksom på, at det ved hjælp af design måske er muligt at få den daglige bruger til at udnytte energibesparende muligheder optimalt. En metode til dette, kaldet miljø-QFD (Quality Function Deployment), er pt. i en meget tidlig udviklingsfase for en anden type af industriprodukt. Det vil være nærliggende at anvende positive erfaringer fra dette pilotprojekt i forbindelse med fremtidige udviklingsopgaver indenfor hvidevarebranchen, herunder producenter af komfurer og ovne.

Referencer

- Andersen, V., Rasmussen, K., Kring, J. et al. Statistik 1994. Danske Elværkers Forening, 1995.
- Anon. Energistyringshåndbogen. Foreningen for Energistyring, Søborg, 1990.
- Attinger, N., Baumann, T., Doka, G. et al. In: Frischknecht, R., Hofstetter, P., Knoepfel, I., Ménard, M., Dones, R., and Zollinger, E. (editors) Ökoinventare für Energiesysteme. Bundesamt für Energiewirtschaft, Zürich, 1994.
- Berglund M, Boström C-E, Bylin G, Ewertz L, Gustafsson L, Moldeus P, Norberg S, Pershagen G, Victorin K. Health risk evaluation of nitrogenoxides. Scand J Work Environ Health 1993;19:suppl. 2 (72 pp).
- Boustead, I. Eco-profiles of the European Plastics industry. Report 2: Olefin feedstock sources. PWMI, Brussels, 1993.
- Buch, K., Christensen, B., Ahlborn, T. et al. Energirådgivning Bager. Danske Elværkers Forening, Frederiksberg, 1993.
- Byggestyrelsen. Kvælstofilters emission, forekomst og sundhedsmæssige betydning i boliger ved anvendelse af gas i apparater uden aftræk. Rapport fra Byggestyrelsen, 1986.
- Christensen, B.H. Energi og Miljø i Norden. Nordisk Gasteknisk Center/dk-TEKNIK, Hørsholm, 1991.
- Christensen N, Fenger J, Mortensen L, Ro-Poulsen H, Nielsen PA. Luftforurening med kvælstofoxider i Danmark. Miljøprojekt nr. 62. Miljøstyrelsen, 1985.
- Dansk Gasteknisk Center. Sammenligning af El- og gaskomfurer. Teknisk note nr. 3/1991. Hørsholm, oktober, 1991.
- Edling C. Nordiska expertgruppen för gränsvärdesdokumentation. 24. Lustgas. Arbete och Hälsa, 1982:20.
- Energistyrelsen. Energistatistik 1993. Energistyrelsen, København, 1994.
- Energistyrelsen. Teknologikatalog - energibesparelser i boligsektoren. Udkast september 1995. Energistyrelsen, København, 1995.
- Energistyrelsen. Danmarks olie og gasproduktion 1994. Energistyrelsen, København, 1995.
- Ferris BG. Nitrogen dioxide. 83-EHD-86. Ottawa: Health and Welfare Canada, 1982.

Grenquist-Nordén B. Nordiska expertgruppen för gränsvärdesdokumentation. 45. Nitrosa gaser. Arbete och Hälsa, 1983:28.

Habersatter, K. Ökobilanz von Packstoffen Stand 1990. Schriftenreihe Umwelt. Nr. 132. BUWAL, Bern, 1991.

Harlos DP, Marbury M, Samet J, Spengler JD. Relating indoor NO₂ levels to infant personal exposures. Atmospheric Environment 1987;21:369-376.

Hauschild M (ed.). Baggrund for miljøvurdering af produkter. Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen og Dansk Industri. København 1996.

Jensen, J. The Nordic Methane Project. Dansk Gasteknisk Center, December 1993.

Kjærgaard S, Jacobsen P. Kvælstofilter i indeklimaet ved brug af gaskomfur. Ugeskr Læger 1987;149/20:1366.

Leaderer BP, Zagranski RT, Berwick M, Stolwijk JAJ. Predicting NO₂ levels in residences based upon sources and source use: A multivariate model. Atmospheric Environment 1987;21:361-368.

Lindegaard, E. Elapparater skal være miljøvenlige. El & Energi 9:13-4, 1994.

Lindvall T. Health effects of nitrogen dioxide and oxidants. Scand J Work Environ Health 1985;11 (suppl. 3): 10-28.

Melia RJW, Chinn S, Rona RJ. Indoor levels of NO₂ associated with gas cookers and kerosene heaters in inner city areas of England. Atmospheric Environment 1990;24B:177-180.

Melia RJW, Florey C du V, Morris RW, Goldstein BD, Clark D, John HH. Childhood respiratory illness and the home environment. Int J Epidemiol 1982;11:155-163.

Moschandreas D, Relwani S, Johnson D, Billick I. Emission rates from unvented gas appliances. Environ Int 1986;12:247-253.

Müller, M. and Gregersen, J.C. Livscyklusanalyse af stål i forskellige anvendelsessituationer. Statusrapport for fase 3: Identifikation af problemområder. IPU, Lyngby, 1993.

Müller, M. and Gregersen, J.G. Ståls livscyklus i forskellige anvendelsessituationer. Arbejdsrap. nr. 14. Miljøstyrelsen, København, 1995.

Nielsen JB, Grandjean P. Sundhedsmæssig vurdering af udstødningsgasser fra motorkøretøjer. Afd. Miljømedicin, Odense Universitet, 1988.

Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 2, 1985. Luftforurening fra motorkøretøjer.

Pommer, K. and Suhr, M. Delrapport 1: Miljømæssig kortlægning af genpåfyldelig glasflaske til øl. Rendan A/S, København, 1993 (draft).

Rasmussen TR, Kjærgaard SK, Pedersen OF, Harving H. Humaneksperimentel undersøgelse af astmatikeres og raske personers reaktioner på nitrogenoxid. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 20/1990.

Ripley, E.A., Redmann, R.E., and Maxwell, J. Environmental impact of mining in Canada. Queen's University, Ontario, 1982.

Schmidt, A., Drabæk, I., Lange, M. et al. In: Schmidt, A., Christiansen, K., and Pommer, K. (editors) Metoder, vurderingsgrundlag og fremgangsmåde. Livscyklusvurdering af nye materialer, dk-TEKNIK, Søborg, 1994.

SEISS-udvalget. Sundhedsmæssige risici ved eksponering for elektromagnetiske felter i radiofrekvensområdet. SEISS Rapport no. 3. Sundhedsstyrelsen, København, 1994.

Spengler JD, Duffy CP, Letz R, Tibbitts TW, Ferris BG Jr. Nitrogen dioxide inside and outside 137 homes and implications for ambient air quality standards and health effect research. Environ Sci Technol 1983;17:164-168.

Spiegelhauer, B. and Schweitzer, J. Sammenligning af el- og gaskomfurer. Teknisk Note nr. 3/1991. Dansk Gasteknisk Center, Hørsholm, 1991.

Spindelbalker, C., Riss, A., Hackl, J. et al. Montanwerke Brixlegg. Wirkungen auf die Umwelt. Umweltsbundesamt, Wien, 1990.

Stauning, I. . Den gamle computers endeligt. Løke 1:8-19, 1995.

Tillmann, A., Baumann, H., Eriksson, E. et al. Livscykelanalyser för förpackningsmaterial. SOU 1991:77. Miljödepartementet, Stockholm, 1991.

U.S.Bureau of Mines. Mineral commodities summaries 1993. U.S. Bureau of Mines, Washington, 1993.

Viegand, J. Vejen til et lavere elforbrug. Fysisk Laboratorium III, Lyngby, 1992.

WHO. Electromagnetic Fields (300 Hz to 300 GHz). Environmental Health Criteria 137. WHO, Geneva, 1993.

WHO. Environmental Health Criteria 4. Oxides of nitrogen. Geneva: WHO, 1977.

Zagouras, N.G. and Koutinas, A.A. . Processing scheme based on selective dissolution to recycle food packaging and other polymeric wastes and its economic analysis. Waste Management & Research 13:325-33, 1995.

REGISTRERINGSBLAD

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K

Serietitel, nr.: Miljøprojekt, 338

Udgivelsesår: 1996

Titel:

Miljøvenlige komfurer og ovne

Undertitel:

Forfatter(e):

Schmidt, Anders; Christensen, Birgitte Holm; Jensen, Allan
Astrup

Udførende institution(er):

Miljøstyrelsen. Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende
teknologi (spons); dk-TEKNIK

Resumé:

Over 150000 danske familier skifter hvert år deres komfur ud med
et nyt. Samtidig skal de gamle komfurer bortskaffes. Dette giver
en affaldsmængde på 7500 tons, hvoraf hovedparten bliver
genanvendt. Den største miljøbelastning ved madlavning vurderes
til at være brugen af komfurerne, idet hver familie bruger
400-600 kWh om året hertil. Dette energiforbrug kræver
afbrænding af fossile brændsler, hvilket igen medfører bidrag
til globale, regionale og lokale miljø- og sundhedsbelastninger.

Emneord:

komfurer; livscyklusvurdering; energi; forbrug;
husholdninger

Md./år for redaktionens afslutning: august 1996

Sideantal: 133

Format: A4

ISBN: 87-7810-659-1

ISSN: 0105-3094

Oplag: 500

Andre oplysninger:

Tryk: Notex - Tryk & Design a-s, Søborg

Pris (inkl. moms): 175 kr.

Kan købes hos: Miljøbutikken, tlf. 33379292 - telefax 33927690

Trykt på 100% genbrugspapir Cyclus

Miljøprojekt

- Nr. 293: Fiskenes krav til vandløbenes fysiske forhold
- Nr. 294: Miljøøkonomi for papir- og papkredsløb
- Nr. 295: Renere teknologi i det kommunale miljøarbejde
- Nr. 296: Projekt Planteværnsgrupper 1991-92
- Nr. 297: Landbrugspolitik og miljøregulering - 1. delrapport
- Nr. 298: Guidance Document for Risk Assessment of Industrial Waste Water
- Nr. 299: Kunstig infiltration af overfladevand
- Nr. 300: Polyurethane Foam without Ozone Depleting Substances
- Nr. 301: Going towards Natural Refrigerants
- Nr. 302: Ozonlagsnedbrydende stoffer og HFC - forbrug i 1994
- Nr. 303: Udnyttelse af sekundavand i hovedstadsregionen
- Nr. 304: Brancheanalyse beton - renere teknologi ved betonfremstilling
- Nr. 305: Renere teknologi i renseribranchen
- Nr. 306: Environmental Exposure Assessment of Chemicals
- Nr. 307: Evaluation of the SimpleBox Model for Danish Conditions
- Nr. 308: Fate Model for Organic Chemicals in Sewage Treatment Plants
- Nr. 309: Implementation of Model for Atmospheric Transport of Chemicals
- Nr. 310: Modelling of Leaching of Pesticides - PESTLA and MACRO
- Nr. 311: Surface Water Model for Pesticides - SLOOTBOX
- Nr. 312: Going towards Natural Fire Extinguishants
- Nr. 313: Environmental Aspects of PVC
- Nr. 314: Bathing Water - Microbiological Control
- Nr. 315: Kvalstofbalance og -tab ved uendørs sohold
- Nr. 316: *Bacillus thuringiensis*
- Nr. 317: Oversigt over renere teknologi i fiskeindustrien
- Nr. 318: Massestrømsanalyse for nikkel
- Nr. 319: Retningslinier for udvikling af bæredygtig elektronik
- Nr. 320: Massestrømsanalyse for phthalater
- Nr. 321: Landbrugspolitik og miljøregulering - 2. delrapport
- Nr. 322: Impact of Regulation on the Development of Biotechnology
- Nr. 323: Massestrømsanalyse for kobber
- Nr. 324: Genoverførsel mellem bakterier
- Nr. 325: Miljøfremmede stoffer i spildevand og slam
- Nr. 326: Miljøstyret bygningsdrift i boligselskaber
- Nr. 327: Massestrømsanalyse for bly
- Nr. 328: Anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål
- Nr. 329: Arsenudslivning fra træ behandlet med træbeskyttelsesmidler
- Nr. 330: Chlorerede opløsningsmidler i den mættede zone
- Nr. 331: Integration af renere teknologi i miljøsagsbehandlingen
- Nr. 332: Værktøj til evaluering af virksomheders miljøpræstation
- Nr. 333: Erfaringer fra formidlingsprojektet "Entreprenørens Miljøguide"
- Nr. 334: Status for produktion og disponering af restprodukter og jord
- Nr. 335: Multigeneration Growth Inhibition Test on the Ciliate *Tetrahymena*
- Nr. 336: Methods for Screening Anaerobic Biodegradability and Toxicity of Organic Chemicals
- Nr. 337: Activated Sludge Biodegradability Simulation Test
- Nr. 338: Miljøvenlige komfurer og ovne

Miljøvenlige komfurer og ovne

Over 150000 danske familier skifter hvert år deres komfur ud med et nyt. Samtidig skal de gamle komfurer bortskaffes. Dette giver en affaldsmængde på 7500 tons, hvoraf hovedparten bliver genanvendt. Den største miljøbelastning ved madlavning vurderes til at være brugen af komfurerne, idet hver familie bruger 400-600 kWh om året hertil. Dette energiforbrug kræver afbrænding af fossile brændsler, hvilket igen medfører bidrag til globale, regionale og lokale miljø- og sundhedsbelastninger.

Pris kr. 175,- (inkl. 25% moms)

ISSN nr. 0105-3094

ISBN nr. 87-7810-659-1

Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**
Strandgade 29 · 1401 København K · Telefon 32 66 01 00