

# **Energibesparelser i erhvervslivet**

**Dansk Energi Analyse A/S  
Weel & Sandvig ApS**

**April 2009**

# **Energibesparelser i erhvervslivet**

Udarbejdet af:

Mogens Johansson, Dansk Energi Analyse A/S

Mogens Weel Hansen, Weel & Sandvig ApS

Jens Mikkelsen, Weel & Sandvig ApS

Marts 2009

## Indhold

Sammenfatning .....	3
1. Energiforbrugets udvikling siden 1980 .....	4
2. Erhvervslivets energiforbrug 2007 .....	8
3. Varmeforbrug .....	11
3.1 Rumvarme.....	11
3.2 Inddampning .....	12
3.3 Tørring .....	13
3.4 Brænding/Sintring .....	14
3.5 Smeltning/støbning .....	15
3.6 Destillation.....	16
3.7 Opvarmning og kogning .....	16
3.8 Kedel- og nettab.....	17
3.9 Generelle eller ikke-anlægsspecifikke forslag .....	18
3.10 Sammenfatning vedr. varmfeforbrug.....	20
4. Elforbrug.....	21
4.1 Belysning .....	21
4.2 Pumpning.....	22
4.3 Køl/frys .....	23
4.4 Ventilation og blæsere .....	24
4.5 Trykluft.....	25
4.6 Øvrige elmotorer.....	26
4.7 Edb.....	28
4.8 Smeltning og øvrige procesvarme .....	28
4.9 Rumvarme.....	29
4.10 Sammenfatning vedr. elforbrug.....	30
5. Virkemidler.....	31
5.1 Økonomiske virkemidler .....	31
5.2 Informative .....	32
5.3 Normative.....	32
6. Referencer.....	33

## Sammenfatning

Ingeniørforeningen i Danmark, IDA, arbejder med en klimaplan for landet frem mod år 2050. I forbindelse med dette arbejde er indeværende rapport udarbejdet om energibesparelsesmulighederne i erhvervslivet.

Erhvervslivet står for 35% af Danmarks endelige energiforbrug eller 234 PJ i 2007. De største sektorer er fremstillingsvirksomheder, som tegner sig for 49% af erhvervslivets energiforbrug, samt privat service og landbrug. Af energiarterne udgør fossile brændsler 52% af energiforbruget, vedvarende energi 5%, fjernvarme 11% og el 32%.

Energiforbruget i produktionserhvervene har været ret konstant i de sidste tyve år, mens forbruget i handels- og servicevirksomheder er stegt ca. 1% årligt. Energiintensiteten, det er energiforbruget i forhold til bruttoværditilvæksten i faste kroner, er væsentlig lavere i dag end i 1990 i de fleste sektorer. En analyse af fremstillingsvirksomhedernes energiintensitet viser dog, at der siden 2000 har været en lille stigning i energiintensiteten for virksomhederne under ét, og en større stigning, hvis der tages hensyn til strukturudviklingen. Fremstillingsvirksomhedernes ti branchegrupper bruger således ca. 5% mere energi pr. krone værditilvækst i 2006 end i 2000, hvilket peger på, at energibesparelsesindsatsen har været knapt så kraftig op igennem dette årti.

Potentialet for energibesparelser i varmemeforbruget (forbruget af brændsel og fjernvarme) samt i elforbruget er vurderet på kort sigt (2015) og på lang sigt (2030) ved 2, 5 og 10 års tilbagebetalingstid. De benyttede energipriser er de priser, Energistyrelsen benytter ved samfundsøkonomiske analyser, tillagt de primo 2009 gældende afgifter. Ved vurderingen er varmemeforbruget opdelt på otte slutanvendelse og elforbruget på ni. Vurderingen er udført med en systematisk gennemgang af mulighederne og er baseret på forfatternes erfaringer med energieffektivisering i erhvervslivet samt på foreliggende rapporter og eksempler og herunder resultaterne i ref. 4 fra en mere omfattende undersøgelse, som Energistyrelsen og Dansk Energi har igangsat.

Besparelsespotentialet for erhvervslivets varmemeforbrug i 2015 vurderes til 8%, 21% og 38% ved henholdsvis 2, 5 og 10 års tilbagebetalingstid. Der er væsentlige besparelsesmuligheder inden for alle slutanvendelser og også ved procesintegration samt ved anvendelse af enzymer i produktionen. På lang sigt vurderes potentialet til 15%, 34% og 62%. Disse potentialer er vurderet for 2030, men udviklingen vil naturligvis fortsætte også efter 2030, og dermed må potentialerne forventes af blive nogle procentpoint større (fra ca. 3% ved 2 års tilbagebetalingstid til ca. 5% ved 10 års tilbagebetalingstid) i 2050 end i 2030. Op mod en femtedel af besparelserne opnås med varmepumper, der medfører et ekstra elforbrug på op til 2,3 PJ i 2015 og op til 3,4 PJ i 2030.

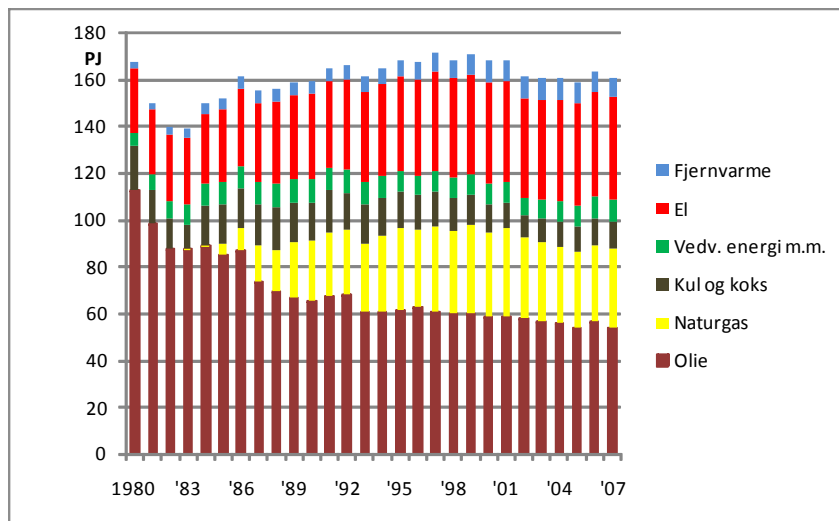
For elforbruget vurderes besparelsespotentialet til 15%, 23% og 40% i 2015. De største potentialer er vurderet for pumpning, ventilation og trykluft, og ved 10 års tilbagebetalingstid også for køl/frys og belysning. På lang sigt vurderes potentialet til 26%, 35% og 50%, og også her må det antages, at potentialet i 2050 er yderligere nogle procentpoint større.

Besparelsesmulighederne gennemføres kun delvist af virksomhederne selv i forbindelse med den løbende indsats for omkostningsreduktion og produktionsoptimering samt ved den naturlige udskiftning af udstyr og processer. Skal de store potentialer realiseres, er det nødvendigt med en palet af virkemidler, såvel økonomiske som informative og normative. Især en Industri-sparefond, der yder tilskud til og på anden vis fremmer energibesparende foranstaltninger, vil være et effektivt virkemiddel, idet en sådan fond med et budget på eksempelvis 800 mio. kr. årligt vil kunne skære 2-3 år af tilbagebetalingstiden for energibesparelserne og dermed vil medvirke til meget markante besparelser i erhvervslivets energiforbrug.

## 1. Energiforbrugets udvikling siden 1980

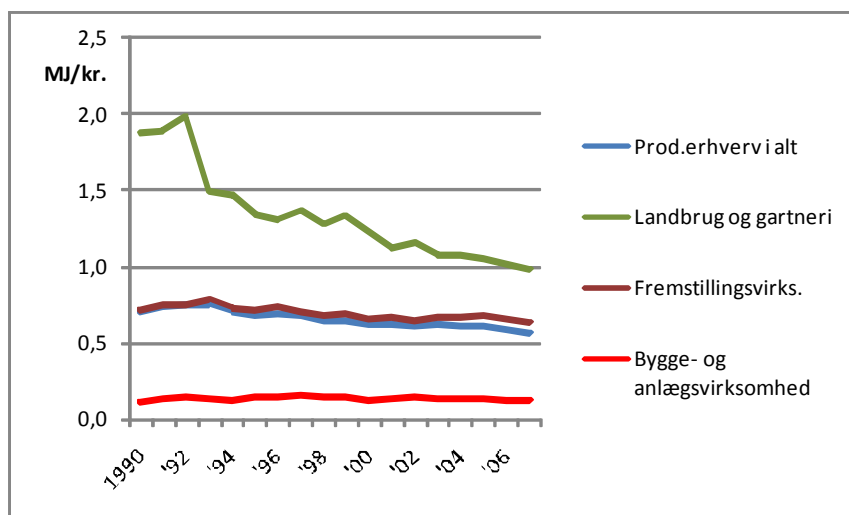
I dette afsnit beskrives udviklingen i erhvervslivets energiforbrug siden 1980, hvor Danmark oplevede "den anden oliekrise". Beskrivelsen er baseret på Energistyrelsens Energistatistik 2007 (ref. 1). Erhvervslivet omfatter produktionserhvervene - landbrug og skovbrug, gartneri, fiskeri, fremstillingsvirksomhed - samt bygge- og anlægsvirksomhed, handel og privat service.

Figur 1 viser udviklingen i produktionserhvervenes energiforbrug siden 1980. Som følge af oliekrisen faldt energiforbruget i nogle år, hvorefter det igen steg til et niveau omkring 160 PJ/år, hvor det med små udsving har holdt sig lige siden. Men sammensætningen af energiforbruget er ændret, idet naturgas har erstattet en stor del af olie- og kulforbruget, og idet el og fjernvarme udgør en stigende andel.



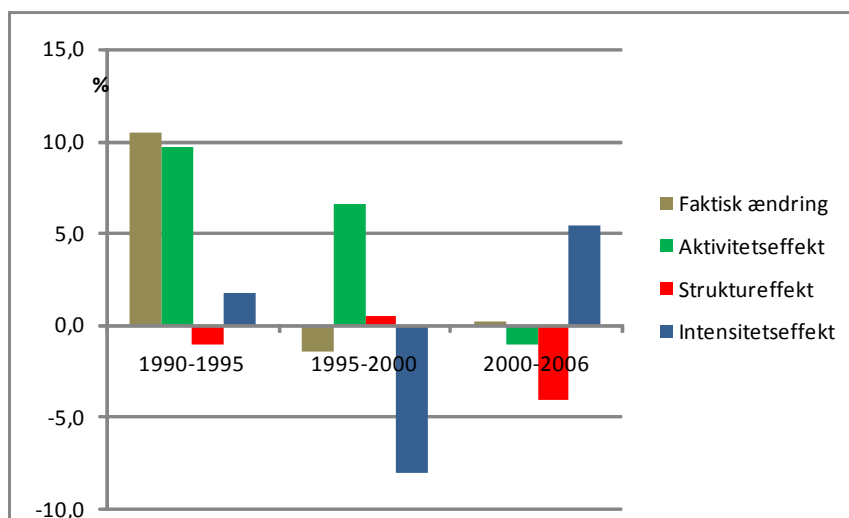
Figur 1. Energiforbrug i produktionserhverv 1980-2007, fordelt på energivarer (klimakorrigeret)

Udviklingen i forholdet mellem energiforbruget og værditilvæksten – den såkaldte energiintensitet – er vist i figur 2. Energiintensiteten er fra 1990 til 2007 faldet med 12% i fremstillingsvirksomheder og 48% i landbrug og gartneri, mens den er steget 6% i bygge- og anlægssektoren. For landbrug og gartneri er faldet på 48% resultatet af et fald i energiforbruget på 11% samtidig med, at der er sket en betydelig stigning i værditilvæksten (data for 2006 og 2007 er dog endnu ikke endelige fra Danmarks Statistik), og i fremstillingsvirksomhederne er energiforbruget steget 6% samtidig med, at værditilvæksten er steget 21%.



Figur 2. Energiintensitet 1990-2007 i produktionserhverv (kr. er bruttoværditilvæksten i faste 2000-priser)

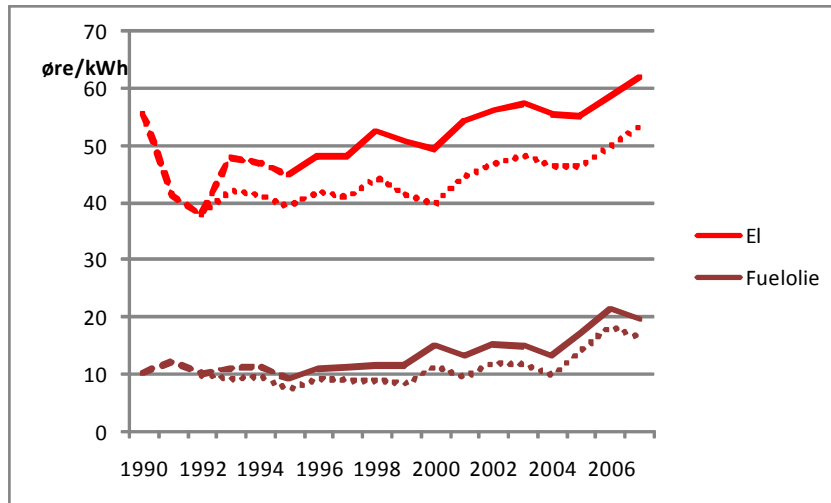
Når fremstillingsvirksomhedernes energiforbrug ikke er steget helt så meget som deres værditilvækst, skyldes det især strukturændringer, hvor energilette sektorer som bl. a. jern- og metalindustrien fra 1990 til 2006 er blevet relativt større end den øvrige industri. Intensitetseffekten, der kombinerer en lang række faktorer som på den ene side energibesparelser og substitution af brændsel med el og fjernvarme (som indebærer besparelser i konverteringstabene) og på den anden side øget mekanisering og automatisering, var derimod næsten den samme i 2006 som i 1990.



Figur 3. Dekomponering af udviklingen i fremstillingsvirksomhedernes energiforbrug 1990-2006

Figur 3 fra ref. 1 viser udviklingen i energiforbrug, aktivitetsniveau (værditilvækst), struktureffekt (ændringer imellem ti branchegrupper, som fremstillingsvirksomhederne her er opdelt på) og intensitetseffekt fra 1990 til 2006. I den første femårsperiode steg intensitetseffekten lidt (der blev således brugt lidt mere energi i 1995 end i 1990 på at producere for 1 kr. værditilvækst, opgjort i faste kr.). Fra 1995 til 2000 faldt intensitetseffekten 8%, hvilket bl. a.

kan skyldes stigende energipriser i den periode, se figur 4. Prisen på el steg således ca. 10%, mens prisen på fuelolie steg ca. 50%. (Prisstigninger af denne størrelse vil netop medføre et fald i energiforbruget på ca. 8% ved de i ref. 2 opgjorte priselasticiteter, som på kort sigt er opgjort til -0,19 for el og -0,23 for anden energi).

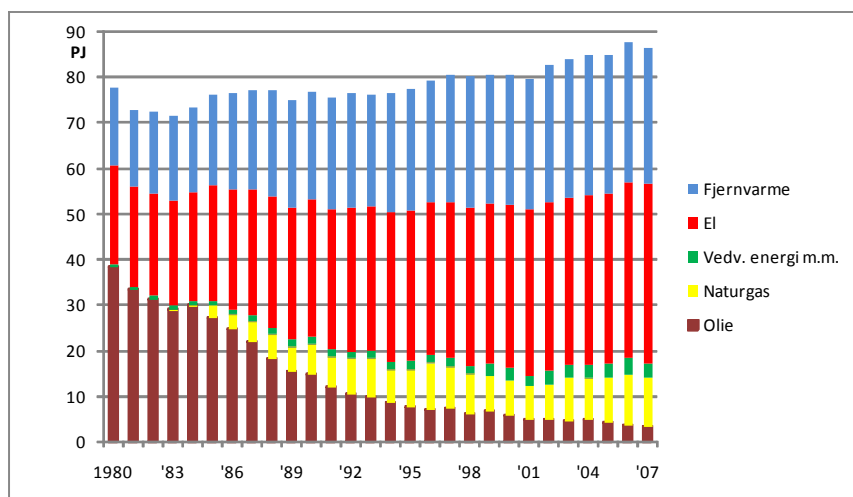


Figur 4. El- og fueloliepriser for let proces 1990-2006 i faste priser (indeks 2000 = 100, elforbrug 160 MWh/år). De prikkede kurver er prisen ekskl. afgifter

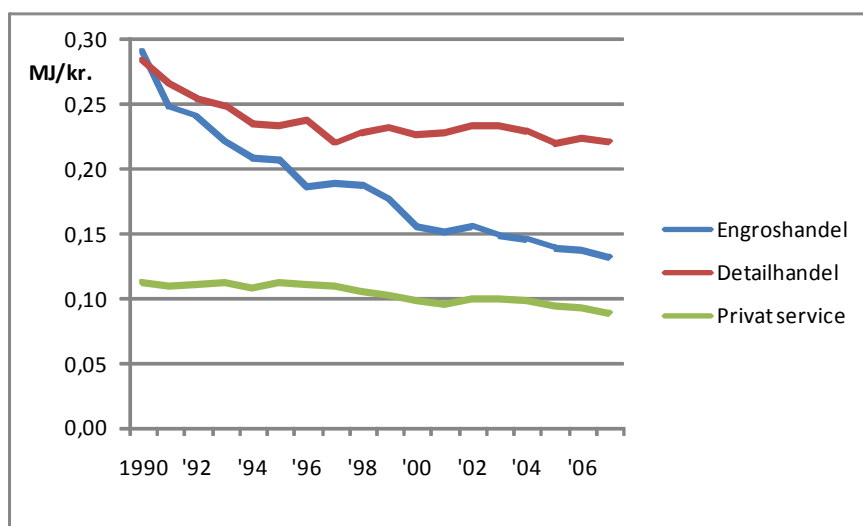
Fra 2000 til 2006 har der været prisstigninger af nogenlunde samme størrelse i procent, men intensitetseffekten er steget 5,4% og ikke faldet. Ud over priselasticiteten må der således have været en række andre faktorer, som har haft større betydning for energiforbruget. Det kan bl. a. have været:

- Ophøret af Energistyrelsens tilskudsordning til energibesparelser i 2001
- Energistyrelsens aftalekoncept (har været i kraft i hele perioden, men kan have haft varierende virkning på energiforbruget)
- energiselskabernes rådgivningsvirksomhed om energieffektivisering (samme kommentar som for aftalekonceptet)
- CO<sub>2</sub>-kvoteordningen (i kraft fra 2005)
- ændringer i virksomhedernes energiadfærd, bl. a. som følge af ændringer i den generelle miljø- og klimabevidsthed i virksomhederne

Af disse faktorer er det kun bortfaldet af Energistyrelsens tilskudsordning samt ændringer i virksomhedernes energiadfærd, der kan forklare stigningen i intensitetseffekten fra 2000 til 2006. Det tyder således på, at virksomhedernes indsats for energieffektivisering har været en del lavere i 2006 end i 2000.



Figur 5. Energiforbrug i handels- og servicevirksomheder 1980-2007, fordelt på energivarer (klimakorrigeret, inklusive offentlig service)



Figur 6. Energiintensitet 1990-2007 i handels- og serviceerhverv (kr. er bruttoværditilvæksten i faste 2000-priser)

Energiforbruget inden for handel og service er vist i figur 5. Forbruget faldt ligesom produktionserhvervenes energiforbrug først i 1980'erne, men er derefter steget med i gennemsnit 1% årligt. El og fjernvarme er de helt dominerende energikilder med 80% af energiforbruget i 2007 mod 58% i 1980. Af brændsler er naturgas dominerende, idet olie og vedvarende energi hver kun står for 3% af energiforbruget i 2007.

Udviklingen i energiintensitet er vist i figur 6. For engroshandel er energiintensiteten mere end halveret fra 1990 til 2007, mens den er faldet ca. 20% for detailhandel og privat service. Det store fald i engroshandelens energiintensitet skyldes formentlig en strukturændring imod energilet engroshandel. For alle tre sektorer spiller en øget andel af fjernvarme (som især erstatter olie, hvor der kan have været 20-30% tab ved konverteringen) formentlig også en rolle for faldet i energiintensitet.

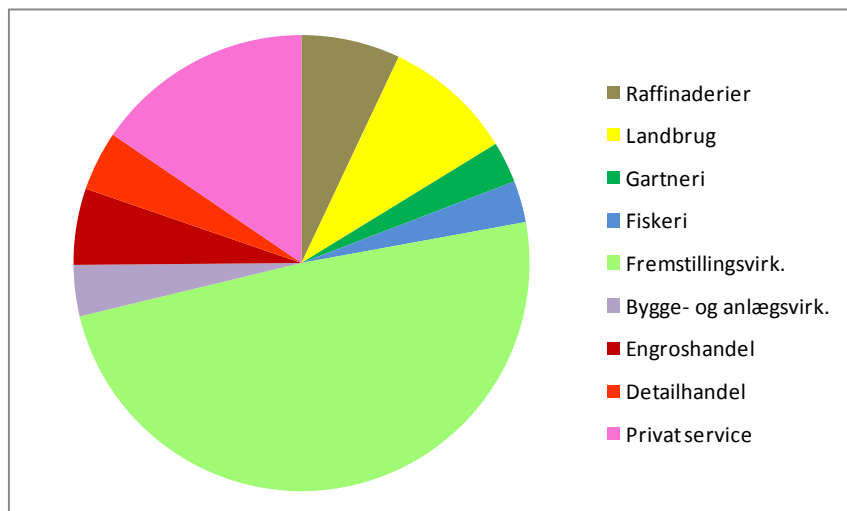


## 2. Erhvervslivets energiforbrug 2007

Erhvervslivets energiforbrug var i 2007 på 234 PJ svarende til 35% af Danmarks "endelige energiforbrug" (ref. 1). Tabel 1 og figur 7 viser energiforbrugets fordeling på sektorer, og tabel 1 viser yderligere fordelingen på energiarter. Af sektorerne står fremstillingsvirksomheder for 49% af energiforbruget, mens den næststørste energiforbruger er privat service med 15%. I det følgende beskrives fremstillingsvirksomheder og raffinaderierne samlet som industri (i ref. 1 er raffinaderierne opgjort separat). Industrien står for 56% af erhvervslivets energiforbrug.

	Fossile brændsler	VE	Fj.varme	El	I alt TJ	I alt %
Raffinaderier	14.918	-	360	1.127	16.406	7
Landbrug	13.029	2.652	-	5.868	21.549	9
Gartneri	3.854	60	1.985	951	6.850	3
Fiskeri	6.887	-	-	-	6.887	3
Fremstillingsvirk.	66.857	6.675	6.037	35.291	114.860	49
Bygge- og anlægsvirk.	7.025	-	-	1.463	8.488	4
Engroshandel	2.140	-	4.267	6.240	12.647	5
Detailhandel	1.074	-	2.443	6.391	9.908	4
Privat service	5.483	1.894	11.669	17.144	36.190	15
I alt TJ	121.267	11.281	26.761	74.475	233.785	100
I alt %	52	5	11	32	100	

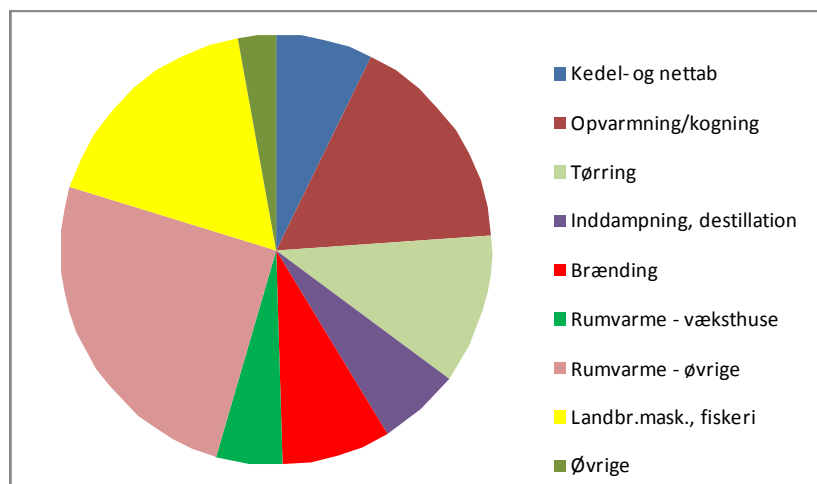
Tabel 1. Erhvervslivets energiforbrug i TJ 2007, fordelt på sektorer og energiarter



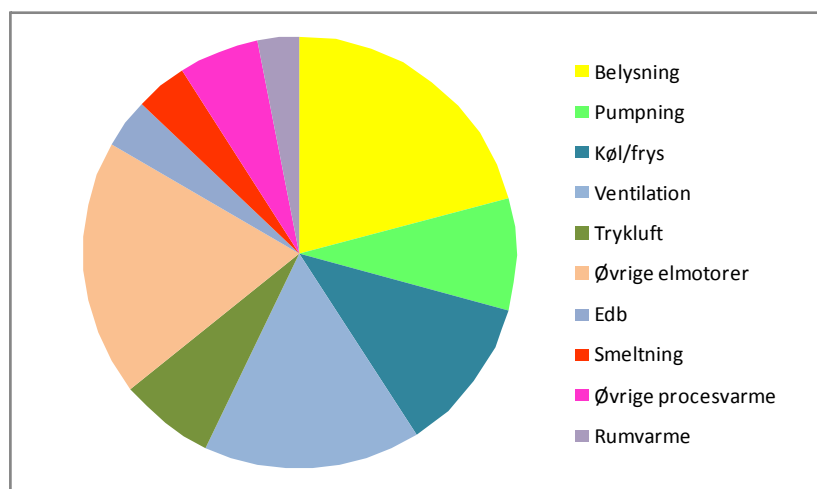
Figur 7. Erhvervslivets energiforbrug 2007, fordelt på sektorer

Overslagsmæssigt kan erhvervslivets energiomkostninger opgøres til 30 mia. kr./år i studie 2009. Det er baseret på en elpris på 70 øre/kWh og en brændsels- og fjernvarmepris på 25 øre/kWh til proces og 44 øre/kWh til rumvarme (svarende til 2,75 kr., hhv. 4,84 kr. pr. m<sup>3</sup> naturgas). Af de samlede energiomkostninger udgør el (under de anførte forudsætninger) 48%, mens procesvarme udgør 33% og rumvarme 19%.

Energiforbrugets fordeling på slutanvendelser er vist i figur 8 og 9 samt i tabel 2. Af brændsels- og fjernvarmeforbruget går 25% til rumvarme, mens arbejdskørsel (kørende landbrugsmaskiner samt fiskefartøjer) står for 17% af energiforbruget, samme procentdel som opvarmning og kogning står for. Den største slutanvendelse af elektricitet er belysning med 21%, efterfulgt af "øvrige elmotorer" (det er transportbånd, pakkemaskiner, værktøjsmaskiner, møller, omrørere osv.) med 19% og ventilation (inklusive blæsere) med 16%.



Figur 8. Brændsels- og fjernvarmeforbrugets fordeling på slutanvendelser



Figur 9. Elforbrugets fordeling på slutanvendelser

Det absolutte forbrug til de enkelte slutanvendelser er opgjort i tabel 2. Tabellen er baseret på ref. 3, der beskriver de enkelte slutanvendelsers procentvise andel af de samlede energiforbrug, samt på ref. 1 (og tabel 1), der angiver den absolutte størrelse af erhvervslivets energiforbrug i 2007.

Slutanvendelse	Brændsel og fjernvarme		El	
	Andel i %	PJ	Andel i %	PJ
Kedel- og nettab	7,3	11.630		
Opvarmning/kogning	16,7	26.605	2,5	1.862
Tørring	11,2	17.843	1,2	894
Inddampning	3,8	6.054		
Destillation	2,4	3.823		
Brænding/sintring	8,1	12.904		
Smeltning/støbning	1,8	2.868	3,8	2.830
Anden varme op til 150 °C	5,2	8.284	1,4	1.043
Anden varme over 150 °C	0,8	1.274	0,1	74
Arbejdskørsel	17,5	27.879		
Belysning			21,0	15.640
Pumpning			8,2	6.107
Køl/frys			11,7	8.714
ventilation og blæsere			16,3	12.139
Trykluft og procesluft			7,0	5.213
Øvrige elmotorer (inkl. findeling og omrøring)			19,4	14.448
Edb og elektronik			3,7	2.756
Anden elanvendelse			0,6	447
Rumvarme	25,2	40.146	3,1	2.309
I alt	100,0	159.310	100,0	74.475

Tabel 2. Erhvervslivets energiforbrug 2007, fordelt på slutanvendelser

I afsnit 3 beskrives besparelsesmulighederne i varmekonsumet, der er forbruget af brændsel og fjernvarme minus "arbejdskørsel". Varmeforbruget var i 2007 131.431 TJ. I afsnit 4 beskrives mulighederne inden for de større slutanvendelser af el.

### 3. Varmeforbrug

Området omfatter alle former for varmekonsum, der dækkes ved indirekte eller direkte fyring med brændsler eller med fjernvarme og el. Området omfatter derfor også rumvarme i erhvervslivet. Rumvarmen er specielt ved, at den normalt pålægges fuld energiforbrug, og således er væsentligt dyrere end anden varme. Ved udnyttelse af spildvarme fra processer til rumvarme er der særlige afgifter.

De vurderede besparelspotentialer er baseret på priser på brændsler som i "Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet" (ref. 5).

Ved indirekte opvarmning opvarmes mediet vha. varmevekslere. Ved direkte opvarmning vil mediet være direkte i kontakt med forbrændingsprodukterne, eller varmen overføres vha. strålevarme.

Ved vurderingen af varmekonsumet opdeles dette på operationer og basisprocesser. Det er udtryk for en "stand alone" betragtning, som har måttet vælges, da statistikkerne ikke indeholder oplysninger om, hvilke andre processer, der måtte indgå i kombination med de konkrete anlæg. De vurderede besparelsemuligheder afspejler derfor mulighederne, når den enkelte processtype (eksempelvis inddampning) betragtes som et isoleret område i procesanlægget og ikke tænkes integreret med andre typer processer (som eksempelvis destillation). Dette giver et lavere besparelspotentiale, end hvis der laves procesintegrationsanalyser af de samlede processer på de konkrete anlæg.

#### 3.1 Rumvarme

Erhvervslivets brændsels- og fjernvarmekonsum til rumvarme er opgjort i tabel 2 til 40,1 PJ i 2007. Det er 25 % af erhvervslivets samlede brændsels- og fjernvarmekonsum. En stor del af erhvervslivets energikonsum til rumvarme dækkes af fjernvarme. Fjernvarme er karakteriseret ved ret store faste omkostninger og relativt små variable energikonsum. På kortere sigt er økonomien i besparelserne ringere i fjernvarmeforsynede bygninger end i bygninger, der opvarmes med fossile brændsler. På lang sigt antages, at investeringer i fjernvarmesystemet tilpasses behovene, og at nettet eventuelt nedlægges, hvis varmekonsumet er blevet for lille.

Mulige tiltag til besparelser er:

1. Forbedret isolering og bedre ruder i bygninger med et højt specifikt varmekonsum.
2. Hensigtsmæssigt design ved nybyggeri. Anvendes store glasfacader (især mod nord, øst og vest), bør bygningen være indrettet således, at det ikke giver anledning til ekstraordinært varmebehov (og i øvrigt heller ikke til ekstraordinære ventilations- og kølebehov om sommeren).
3. Fleksibel indretning af bygninger og kontorlandskaber, så dele af bygninger let "kan tages ud af drift", hvis der i perioder ikke er behov for dem.
4. Øget varmegenvinding i forbindelse med ventilation og behovsstyret ventilation.
5. Passiv solvarme ved brug af bygningselementer, som er konstrueret til at lagre varme fra solindfald.
6. Anvendelse af industriel overskudsvarme
7. Anvendelse af solvarme.
8. Varmepumper.
9. Varmelagre – f. eks. i kombination med varmpumper og solvarme.
10. At kombinere kontorbyggeri hensigtsmæssigt med andre byggerier, så der kan skabes synergier bl.a. i relation til energi (eksempelvis supermarkeder, hvor spildvarme fra kondensatorer på køleanlæg kan udnyttes til varmeforsyning af kontorer).

I tabel 3 er vist vurderede potentialer for besparelser ved tre tilbagebetalingstider i 2015 og på lang sigt (2030).

Potentialerne ved den korte tilbagebetalingstid på 2 år kommer ved ændring af løsninger, som enten slet ikke er tidssvarende mht. teknologieffektivitet eller på anden måde er uhensigtsmæssige, f. eks. fordi behovet er ændret i forhold til designspecifikationerne. Et eksempel kan være en virksomhed, som skal skifte vinduer af andre grunde end varmetabet. De nye vinduer vil typisk kunne fås med flere forskellige typer glas, hvoraf nogle har en god isoleringsevne mod en beskedent merpris. Det er værdien af varmebesparelsen i forhold til merprisen for vinduerne, der indgår i tilbagebetalingstiden. Med den længere tilbagebetalingstid er der i tilfældet med udskiftning af vinduer mulighed for at vælge vinduer med en anden rammeteknologi, hvor kuldebroer er stærkt begrænsede, og glas med en betydelig højere isoleringsevne.

Forskellen i potentialer på kort sigt (2015) og lang sigt (2030) skyldes, at der forventes at ske en fortsat teknologisk udvikling i retning af mere energieffektive løsninger og en teknologimodning, som gør fremstillingsprisen gradvist billigere. Altså en forventning om, at det, der er dyrt og state-of-art i dag, bliver standardløsningen inden for en årrække, og da vil være noget nær den investeringsmæssigt billigste løsning.

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	5	20	30
2030	20	45	75

Tabel 3. Besparelspotentialer i procent af brændsels- og fjernvarmeforbruget til rumvarme.

### 3.2 Inddampning

Erhvervslivets brændselsforbrug til inddampning er opgjort til 6,1 PJ i 2007, svarende til 4% af erhvervslivets samlede brændselsforbrug.

Inddampningsanlæg består normalt af en række trin, hvor afdampet medie successivt anvendes til fordampning af medie ved lavere temperaturer og tryk. Der anvendes typisk 3-6 trin og afdampningen sker ved temperaturer mellem 50 og 150°C. Det betyder, at visse trin arbejder under tryk, medens andre trin arbejder under vakuum.

Inddampning bruges bl.a. til opkoncentrering ved fremstilling af sukker, salt, pektin samt ved spildevandsrensning. Vakuum-inddampere anvendes ofte til opkoncentrering af temperaturfølsomme produkter, som eksempelvis enzymer og proteinpulvere (fiskemel, mælkepulver, æggepulver m.m.) ved temperaturer under for eksempel 70°C.

Inddampere anvendes først og fremmest til fremstilling af:

- mælkepulver
- kartoffelmel
- sukker
- kød og benmel
- fiskemel
- salt
- vegetabiliske olier

- juice og frugtsaft
- farvestoffer
- diverse produkter i farmaceutisk og kemisk industri

Inddampere bruges desuden til opkoncentrering af industrielt spildevand.

Inddampere drives normalt med damp fra en virksomheds kedel- eller kraftvarmeanlæg. Dog drives inddampere i kød- og benmelsbranchen samt fiskemelsbranchen for en stor dels vedkommende med spildvarme fra fabrikkernes tørreprocesser, således at nettoforbruget af energi til inddampning er betydeligt lavere end ellers.

Mulige besparesestiltag er:

1. Bedre forvarmning og afkøling af strømme i inddampningsprocessen.
2. Inddampning i flere trin (antallet af inddampningstrin kan i visse tilfælde øges fra f.eks. 4 – 6 trin).
3. TVR (udnyttelse af tryk potentiale i damp til termisk rekompresion).
4. MVR (mekanisk rekompresion af damp).
5. Forbedret styring af inddampningsprocessen. F. eks. modelbaseret regulering, herunder også bedre måleparametre.
6. Inddampning erstattes af omvendt osmose (RO – reverse osmosis) etc. Bedre membraner (f. eks. aquaporiner) er under udvikling.
7. Mere optimal rensning ved fouling af hedeflader.
8. Anvendelse af antiscaling samt viskositetsreducerende stoffer. Forbedring af varmeoverføringsevnen.

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	10	23	57
2030	15	30	65

Tabel 4. Besparelspotentialer i procent af varmeforbruget til inddampning.

### 3.3 Tørring

Erhvervslivets brændselsforbrug til tørring er opgjort til 17,8 PJ i 2007 svarende til 11 % af erhvervslivets samlede brændselsforbrug.

Tørringsanlæg findes i mange udformninger. Fælles for dem er, at de fjerner vand eller opløsningsmidler ved fordampning fra produktet. Tørringen sker direkte eller indirekte. Ved den direkte metode bringes det våde produkt i kontakt med en strøm af varm luft, hvorved vandet afdunster fra overfladen af det våde produkt. Ved indirekte tørring tilføres der varme ved varmeledning, stråling eller mikrobølger, således at produktet, der skal tørres, opvarmes til kogepunktet (ca. 100 °C ved atmosfærisk tryk). En del af de produkter, som skal tørres, er varmfølsomme, så produkttemperaturen helst ikke må komme over en vis temperatur (f. eks. 60 °C). Det har naturligvis betydning for valget af tørringsteknologi.

Tørring bruges typisk i forbindelse med fremstilling af de i afsnit 3.2 nævnte produkter samt:

- cement
- papir og pap

Tørring bruges desuden i forbindelse med :

- korn- og foderstoffer samt maltfremstilling
- lakering inden for en række industrier
- træindustri
- vaskerier

Muligheder for energibesparelser:

1. Bedre mekanisk afvanding før tørringen.
2. Sikre lavest muligt vandindhold i slurry eller opløsning før inddampning.
3. Forvarmning af råvarer.
4. Tørring ved højst mulig temperatur (i luft).
5. Forvarmning af luft til tørring med spildvarme i afkast.
6. Recirkulering af tørreluft.
7. Indirekte tørring (hvis muligt).
8. Tørring i overhedet damp (f. eks. ved benyttelse af tryktørrer hvis muligt).
9. Varmepumper.

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	10	20	30
2030	15	25	35

*Tabel 5. Besparelspotentialer i procent af varmeforbruget til tørring*

### 3.4 Brænding/Sintring

Erhvervslivets brændselsforbrug til brænding/sintringer var 12,9 PJ i 2007 svarende til 8 % af erhvervslivets samlede brændselsforbrug.

Forbruget til brænding/sintering er domineret af fremstilling af cement, som forbruger godt 90 % af slutanvendelsens samlede brændselsforbrug.

Ved cementfremstilling skelnes mellem grå og hvid cement. Den grå cement er tilsat tør flyveaske, således at der - alt andet lige - kræves mindre energi til tørringen.

Det teoretiske forbrug til brænding/sintring til fremstilling af cement er ca. 1700 – 1800 kJ/kg. I praksis benyttes 2900 kJ - 6000 kJ/kg, afhængigt af råstof, materialernes beskaffenhed og teknologi. I Danmark anvendes semivåd processen og våd processen, som hører til de mest energikrævende, da vandet skal fordampes væk. Det nuværende bruttoenergiinput for produktionen i Danmark ligger på 4300 – 7000 kJ/kg med et gennemsnit på ca. 5000 kJ/kg cement. Til den grå cement anvendes gennemsnitligt 4500 kJ/kg, til den hvide 6900 kJ/kg.

Ålborg Portlands grønne regnskab for 2007 viser, at fjernvarmeproduktion (genvinding fra røggas) udgjorde ca. 1,78 PJ svarende til ca. 12 % af det indfyrede brændsel. Af brændslet udgjorde biobrændsler ca. 6,5 % i 2007.

Mulighederne for at reducere energiforbruget og CO<sub>2</sub>-udledningen består især i:

1. Mekanisk afvanding i filterpresser eller lign. før tørringen (kan fjerne ca. 2/3 af det vand, som er i råmaterialet)
2. Bedre isolering af ovne.
3. Tilsætning af additiver, som reducerer sintrings/brændingstemperaturen.
4. Øget intern varmegenvinding (flere cyklonforvarmere).

5. Separation af CO<sub>2</sub> fra røggassen fra cement. Der er et højt CO<sub>2</sub> indhold, og dermed kunne det være et alternativ til Nordjyllandsværkets planer.

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	5	10	25
2030	10	15	30

Tabel 6. Besparelspotentialer i procent af varmeforbruget til brænding/sintring

### 3.5 Smeltning/støbning

Erhvervslivets brændselsforbrug til smeltning/støbning er opgjort til 2,9 PJ i 2007. Det er 2 % af erhvervslivets samlede brændselsforbrug.

Smeltning/støbning er væsentligt i følgende brancher:

- Glasfremstilling
- Mineraluldsfremstilling (ca. 1.200 TJ)

Opvarmning og smeltning sker i ovne (kupolovne, glasovne etc) ved temperaturer på 1200 - 1500 °C ved kontakt med røggasprodukter fra forbrænding af koks, naturgas og lign. fossile brændsler. Pga. de meget høje temperaturer er der typisk et stor varmetab gennem væggene (de varmeste dele må køles) samt fra røggassen. I kupolovne bevæger materialet, der skal smeltes, sig i modstrøm med røggassen, hvorved røggassen bliver afkølet en del. Der er dog stadigvæk mulighed for at forvarme luft med spildvarmen. I glasovne forlader røggassen smeltebadet ved en meget høj temperatur (over 1200 °C). Det er normalt at anvende den varme røggas til en kraftig forvarmning af forbrændingsluften. Derved sikres en tilstrækkelig høj adiabatisk temperatur af forbrændingsproduktet til, at der finder en effektiv varmeoverførsel sted i ovnen. Pga. de høje temperaturer sker forvarmningen af luften i rekuperatorer (regeneratorer), som skiftevis anvendes til afkøling af røggas og forvarmning af luft. I praksis giver regeneratorer ikke mulighed for en ideel modstrømsvarmeveksling, idet regenereringseffektiviteten gradvist forringes under ”opladning” og ”afledning” indtil der skiftes om. Effektiviteten af ovnene ligger typisk på under 50 %.

Materialet, der skal smeltes, forvarmes ikke eller kun i begrænset omfang.

Mulige besparelser er:

1. Øget isolering.
2. Større rekuperator med hyppigere omskift for udnyttelse af mere spildvarme i røggas. Ca. 35 % af energiforbruget går tabt med røggassen
3. Øget forvarmning af råvarer til glasfremstilling.
4. Oxyfuel combustion med ”submerged” forbrænding.
5. Oxyfuel combustion med O<sub>2</sub> separation ved højtemperatur-membraner.
6. Udnyttelse af varme fra formningsprocessen (den efterfølgende udstøbnings- eller fiberspinningsproces).



Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	5	15	35
2030	10	20	40

Tabel 7. Besparelspotentialer i procent af varmekonsumet til smeltning

### 3.6 Destillation

Erhvervslivets brændselsforbrug til destillation var 3,8 PJ i 2007. Det er 2 % af erhvervslivets samlede brændselsforbrug.

Følgende brancher er dominerende mht. anvendelse af destillation:

- Petrokemisk industri (raffinaderier m.m.)
- Kemisk industri

Mulige tiltag til energibesparelser er:

1. Optimeret styring (f. eks. variabel reflux, modelbaseret regulering med snævre tolerancer)
2. Kaskadevis destillation (spildvarme fra en kolonne udnyttes til at drive den efterfølgende kolonne i kaskaden, som opererer ved successivt lavere tryk)
3. Flere bunde for reduktion af refluxforhold og dermed energitilførsel
4. Mere effektive kolonnebunde eller fyldmateriale
5. Anden separationsteknik (membraner)
6. Integration med varmepumpe (MVR)

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	5	15	35
2030	10	20	40

Tabel 8. Besparelspotentialer i procent af varmekonsumet til destillation

### 3.7 Opvarmning og kogning

Opvarmning og kogning udgør 26,6 PJ svarende til 17% af erhvervslivets varmekonsum i 2007.

Opvarmning af processer sker typisk i beholdere, hvis der er tale om batch (portionsvis) produktion, og ved gennemløb i varmevekslere, når der er tale om kontinuerede processer. Der kan dog godt arrangeres modstrømsvarmeveksling i batch produktion, og opvarmning i kontinuerede processer kan også godt ske.

Når opvarmningen foregår ved gennemløb i en varmeveksler, kan opvarmningen bedre foregå i modstrøm. Dermed bliver varmegenvindingspotentialet større, med mindre der udelukkende er tale om faseændring (f. eks. under kogning) på mindst en af strømmene.

Mindre varmekonsum kan opnås ved:

1. Trykkogning eller brug af lukkede kogekar.

2. Emfang og udnyttelse af kondensationsvarmen heri, f. eks. i forbindelse med en varmepumpe (evt. som MVR).
3. Bedre isolering af kogekar/ -beholdere.
4. Øget varmegenvinding under opvarmning/afkøling, bl.a. ved anvendelse af eksterne modstrømsvarmevekslere og en ekstra tank (i stedet for varmespiraler i kogekar og beholdere og ved batchdrift)
5. Mere præcis og behovsstyret kogning.

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	5	15	35
2030	10	25	55

Tabel 9. Besparelspotentialer i procent af varmeforbruget til opvarmning og kogning. Ved varmpumpning er der ikke kompenseret for et afledt øget elforbrug.

### 3.8 Kedel- og nettab

Produktion af varme sker typisk i kedler, hvor der produceres damp eller varmt vand, som distribueres og varmeveksles med de varmekrævende operationer. Typisk er det i kedlerne, at det største tab af exergi finder sted. Det er altså her, at den største del af brændslets arbejdspotentialer tabes.

I operationer, hvor der kræves meget høje temperaturer (> 250 °C) vil man typisk bruge olie som varmetransmissionsmedium eller benytte direkte fyring (fired heater) til overførsel af varmen.

Mulige tiltag for at opnå reduktioner i CO<sub>2</sub> udledningen er:

1. Omlægning til biobrændsler
2. Kraftvarmeproduktion, så exergitabet ved varmefremstillingen bliver mindre
3. Anvendelse af varmepumpe, hvis varmebehovet ligger ved moderat lave temperaturer.
4. Anvendelse af direkte fyring.
5. Omlægning af lavt belastede dampnet til anden varmforsyning (eksempelvis fjernvarme).
6. Kondenserende kedler.
7. Bedre brænderteknologi.
8. Optimeret lastfordeling mellem flere kedler.
9. Bedre processtyring og planlægning for mere optimal kedeldrift.

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	5	20	40
2030	7	25	50

Tabel 10. Reduktion i kedel- og nettab i forbindelse med produktion af varme. Indførsel af varmepumper og kraftvarmeproduktion er ikke inddraget i denne betragtning.

### 3.9 Generelle eller ikke-anlægsspecifikke forslag

#### 3.9.1 Procesintegration

Procesintegration omfatter en optimering af samspillet mellem produktionsudstyr med indstilling og regulering af operationer og reaktioner, som anvendes i en given produktion. Optimal procesintegration vil ofte kunne bidrage til store energibesparelser, men potentialet afhænger i betydelig grad af, hvor store ændringer virksomhederne accepterer. Begrænsninger kan være begrundet med krav om ”vandtætte skotter” mellem forskellige produktionsafsnit af hensyn til produktgodkendelser etc. En anden begrundelse kan være, at man vil undgå en stor indbyrdes afhængighed mellem forskellige typer af produktioner, som kan udvikle sig meget forskelligt.

Det antages, at procesintegration vil kunne bruges i processer, der repræsenterer 30 % af erhvervslivets procesenergiforbrug.

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	10	20	30
2030	10	25	45

*Tabel 11. Besparelspotentialer i procent af varmeforbruget ved procesintegration i de processer, som er egnet hertil (antaget at repræsentere 30% af erhvervslivets procesenergiforbrug)*

#### 3.9.2 Øget og nye anvendelsesområder for enzymer

Processer med reaktioner, der forløber vha. enzymer, er oftest lavtemperatur processer, da enzymer normalt virker bedst ved lavere temperaturer.

Den klassiske metode til fremstilling af vegetabiliske proteiner kan delvist erstattes af en lavtemperatur enzymatisk proces. Et andet eksempel på anvendelse af enzymer er fra produktionen af øl, hvor der kan spares energi ved at bruge enzymer, som gør det muligt at anvende byg direkte i stedet for malt (som kræver energi til tørring). Et tredje eksempel er tilsætning af enzymer til foder, hvorved grise fordøjer (udnytter) foderet bedre. Det reducerer behovet for foder og sparer dermed energi til produktion af foder, og det betyder samtidigt, at der ikke udvikles så mange tarmgasser i husdyr (især drøvtyggere), og det vil således reducere den direkte udledning af drivhusgasser (primært metan) fra dyrene.

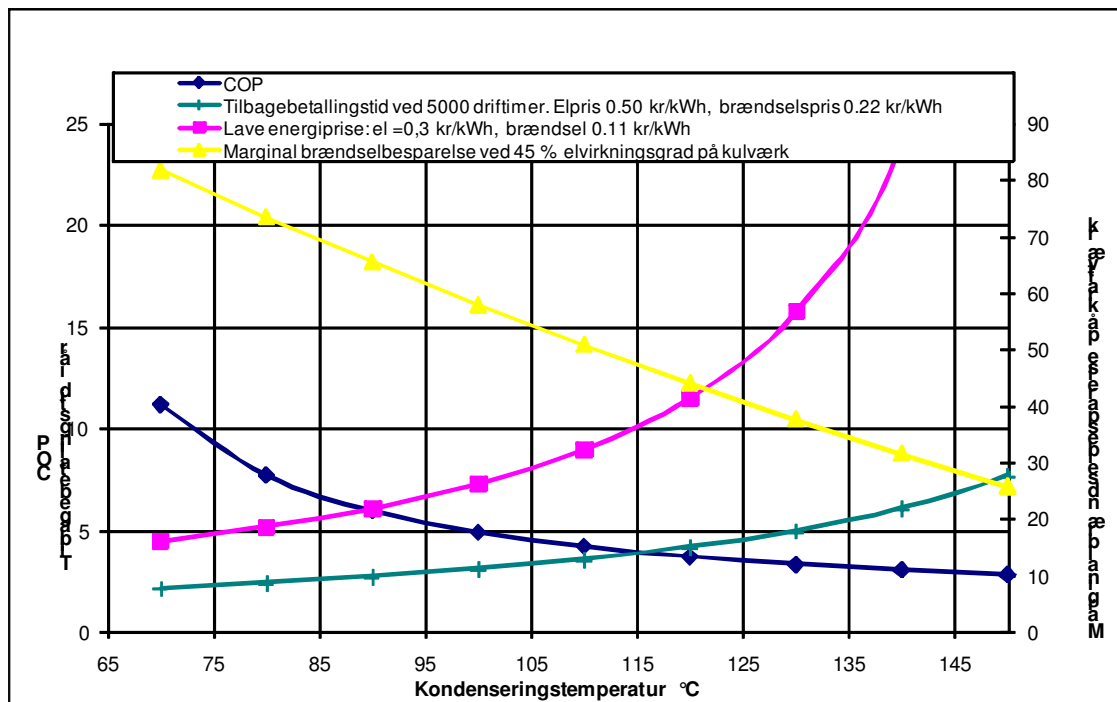
I fremtiden forventes det, at der vil blive udviklet nye enzymer, som yderligere vil kunne bidrage til en reduktion i energiforbruget.

Det antages, at enzymer vil kunne bruges i processer, som repræsenterer 5 % af erhvervslivets energiforbrug, og besparelspotentialerne gælder kun for disse processer.

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	10	20	30
2030	10	25	40

Tabel 12. Besparelspotentialer i procent af varmekonsumet ved anvendelse af enzymer i potentielle processer (antaget at repræsentere 5% af procesenergiforbruget).

### 3.9.3 Varmepumper til højere temperaturer



Figur 10. Virkningsgrad (Coefficient of performance, COP) for højtemperatur varmepumpe som funktion af kondenseringstemperaturen ved en fordampertemperatur på 50 °C og en Carnot-faktor på 0.65

I forbindelse med en forventet stigning i andelen af vedvarende energikilder til produktion af elektricitet i Danmark (vindmøller, biomasse, bølgekraft og på længere sigt evt. også solceller), vil det være fornuftigt at omlægge en del af fremstillingen af procesvarme i industrien til elbaseret varmepumpning. Derved kan varmeproduktionen ske effektivt – jævnfør virkningsgraderne på op til 1100% i figur 10 - og gerne i kombination med varmelagring.

I mange tilfælde kræves dog, at varmepumpen kan levere varme ved en lidt højere temperatur end de varmepumper, som almindeligvis bruges og er udviklet til rumvarme etc. Det er teknologisk muligt at fremstille varmepumper, som kan klare opgaven, men prisen er høj, fordi der stadigvæk er tale om skræddersyede specialløsninger.

### 3.10 Sammenfatning vedr. varmekonsum

Det samlede potentiale absolut og relativt er sammenfattet i tabel 13 på basis af de estimerede besparelsepotentiale for hvert enkelt område og for hver tidshorisont og tilbagebetalingstid.

Det samlede besparelsepotentiale for erhvervslivets brændsels- og fjernvarmekonsum til varmeforsyning er opgjort til 8%, 21% og 38% i år 2015 med en tilbagebetalingstid på 2 år, 5 år og 10 år henholdsvis. For år 2030 er potentialerne opgjort til 15, 34 og 62%. Hermed opnås en femtedel af besparelserne opnås med varmepumper, der – forudsat en COP på 5,0 – vil medføre et ekstra elforbrug på op til 2,3 PJ i 2015 og op til 3,4 PJ i 2030.

Slut anvendelse	Varmeforbrug PJ	Tilbagebetalingstid 2015			Tilbagebetalingstid 2030		
		2 år	5 år	10 år	2 år	5 år	10 år
Kedel- og nettab	11,6	5	20	40	7	25	50
Opvarmning/kogning	26,6	5	15	35	10	25	55
Tørring	17,8	10	20	30	15	25	35
Inddampning	6,1	10	23	57	15	30	65
Destillation	3,8	5	15	35	10	20	40
Brænding/sintring	12,9	5	10	25	10	15	30
Smeltning/støbning	2,9	5	15	35	10	20	40
Anden varme op til 150 °C	8,3						
Anden varme over 150 °C	1,3						
Rumvarme	40,1	5	20	30	20	45	75
Sum af varmekonsum	131,5						
Yderligere ved procesintegr.	27,4 <sup>1)</sup>	10	20	30	10	25	45
Yderligere ved enzymer	4,6 <sup>2)</sup>	10	20	30	10	25	40
I alt	131,5	8	21	38	15	34	62

Tabel 13. Sammenfatning af estimerede besparelsepotentiale i procent af erhvervslivets varmekonsum i 2007. (<sup>1)</sup> og <sup>2)</sup> er hhv. 30% og 5% af varmekonsumet ekskl. rumvarme)

## 4. Elforbrug

Ved vurderingen af besparelsesmulighederne er der benyttet en elpris an virksomhed på 519 kr./MWh i 2015 og 560 kr./MWh i 2030 (i bege tilfælde 2006-priser). Disse elpriser er Energistyrelsens fremskrivninger i ref. 5 og er ekskl. afgifter og moms. Afgifterne for el til proces omfatter CO<sub>2</sub>-afgift og eldistributionsbidrag, som vægtet for erhvervslivet er ca. 90 kr./MWh. Ved rumvarme bliver afgifterne i alt 685 kr./MWh (2009-priser). Elprisen 2015 regnes derfor i 2009-priser til 65 øre/kWh for el til proces og 124 øre/kWh for el til rumvarme. For 2030 regnes med henholdsvis 69 øre/kWh og 128 øre/kWh.

### 4.1 Belysning

Handel og privat service tegner sig for 70% af erhvervslivets elforbrug til belysning, mens industrien aftager 20% og landbrug samt gartneri 10%. Den dominerende lyskilde er lysstofrør med 69% af elforbruget. Af det resterende elforbrug står damplygter for 13%, glødelamper for 11%, halogenglødelamper for 6% og sparepærer for 1% (ref. 4).

Behovet for belysning kan reduceres ved at sikre gode dagslysforhold og lyse rumfarver i bygningerne. En differentieret belysning, der tilpasser belysningen til behovet med mest lys i arbejdsområdet og mindre i færdselsområder, vil også spare energi. Ellers består de tekniske muligheder i at skifte til de mest effektive lyskilder og armaturer samt at styre lyset efter dagslysfaldet og efter lokalernes benyttelse.

De tynde T5 lysstofrør med HF-forkobling er meget effektive til indendørs brug. Nye lysstofrørsanlæg anvender næsten udelukkende T5 rør, og monteres de i stedet for ældre rør med konventionel forkobling, kan der typisk spares 20-40%. Glødelamper og kviksløvlamper udfases i de kommende år ifølge et europæisk Eco-design direktiv (ref. 7). Erstatte glødelamperne med halogenglødelamper, spares typisk 60%, mens der med kompakt rør spares 70% og med sparepærer op til 80%. Metalhalogenlamper til brug i butikker og industri kan give elbesparelser på ca. 65%, set i forhold til halogenglødelamper. Lysdioder (LED) forventes at få et gennembrud inden 2015 og kan bl. a. bruges i gartnerier, butikker, kontorer, på gangarealer og i maskiner. De i dag bedste lysdioder er mere effektive end sparepærer, men knapt så effektive som lysstofrør.

Ved at skifte armaturer til nogle moderne, der passer til rummet, kan der spares 10-20% af elforbruget. Med direkte lysende armaturer i stedet for indirekte lysende, spares op til 50% af elforbruget.

Lysstyringer med kontinuert regulering af belysningen efter dagslysfaldet samt bevægelsesmeldere, der slukker lyset i et tomt lokale, giver yderligere væsentlige elbesparelser.

En god vedligeholdelsesstandard gør det muligt at begrænse den overdimensionering af lysanlæggene, som er nødvendig for altid at kunne overholde kravene til lysniveau. Da overdimensioneringen typisk er 50%, vil hyppig vedligehold kunne spare 10-20% af elforbruget. Adfærdsmæssigt er den største mulighed at slukke for lyset, når der ikke er brug for det. Med trådløse lampebetjening – som også kan udnyttes ved renovering af ældre anlæg – bliver det væsentligt nemmere.

De største besparelsesmuligheder består i en total udskiftning af belysningsanlæggene med anlæg bestående af effektive lyskilder og armaturer samt lysstyring og bevægelsesmeldere. Tilbagebetalingstiden er typisk 8 år. Stilles der krav om kortere tilbagebetalingstid, kan der skiftes lyskilder og/eller armaturer, benyttes bevægelsesmeldere og males i lyse rumfarver. På lang sigt vil nye lyskilder som LED åbne for yderligere besparelser, og nyanlæg vil også kunne etableres med meget høj effektivitet.

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	15	20	60
2030	25	35	70

*Tabel 14. Besparelspotentialer i procent for elforbruget til belysning*

## 4.2 Pumpning

Elforbruget til pumpning fordeler sig med ca. 70% i industrien, ca. 20% i landbrug og gartneri og 10% i handel og privat service.

En vurdering af behovet for pumpning kan afdække nogle af de største og mest økonomiske besparelsemuligheder. For kølevand kan besparelsen f. eks. bestå i at øge temperaturforskellen over det kølede emne og dermed reducere kølevandsflowet, og ved markvanding vil vanding om natten frem for om dagen betyde, at en større del af vandet nyttiggøres, så der ikke skal spredes så meget vand. Hvis det er muligt, bør pumpetrykket også reduceres, f. eks. ved at mindske det geometriske løft eller ved at benytte dyser, som sikrer en god spredning selv ved et lavt tryk.

Pumpen skal passe til opgaven, således at den er energieffektiv og ikke skal nedreguleres permanent ved drøvling eller omløb. Høj virkningsgrad har sparepumper og pumper, der er A-mærket af brancheforeningen Europumps. Virkningsgraden falder erfaringsmæssigt en del i pumpens første leveår, men en coating af de indre overflader vil kunne øge virkningsgraden med flere procent. Ud over pumpen og elmotoren er hele pumpesystemet afgørende for elforbruget, og det bør udføres med store rørdimensioner og bløde indløbsstykker m.v., så tryktabene holdes nede.

Varierer pumpebehovet, bør tilpasningen af pumpens ydelse til det aktuelle behov ske ved hastighedsregulering frem for ved drøvling eller omløb, hvor en stor del af energien spildes. Frekvensomformere er blevet relativt billigere og er i dag dominerende til hastighedsregulering af pumpemotorer, men en ny mulighed er frekvensregulerede permanent magnet synkronmotorer (PMSM), som har den fordel, at virkningsgraden er højere end for en tilsvarende asynkronmotor. For tomgående pumper kan reguleringen bestå i, at de stoppes eller kører kortvarigt med mellemrum, hvis der er risiko for, at systemet stopper til.

Virkningsgraden af en pumpe, der ikke vedligeholdes, kan falde 10-15% (ref. 6), og yderligere tab opstår, hvis filtre ikke renses, utætheder i rør og slanger ikke tætnes osv.

For eksisterende pumpesystemer består mulighederne for energieffektivisering frem til 2015 især i at tilpasse pumpeydelsen til behovet ved såvel permanente ændringer som ved løbende at nedregulere pumpehastigheden med f. eks. frekvensomformer. Også god vedligeholdelse bidrager med rentable besparelser. For nye pumpesystemer er der et stort besparelspotentiale i kraft af en grundig energioptimering (energibevidst projektering).

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	20	35	45
2030	35	45	60

*Tabel 15. Besparelspotentialer i procent for elforbruget til pumpning*

### 4.3 Køl/frys

Elforbruget til køl/frys er nogenlunde ligeligt fordelt på industrien og handel samt service, mens landbruget tegner sig for under 10%.

En vurdering af besparelsemulighederne bør starte med behovet for køling. Det kan reduceres ved f. eks. at udnytte kølig natteluft i stedet for aircondition-køling til nedkøling af lokaler og ved på sprøjtestøbeanlæg at opdele kølevandet i to kredse, hvoraf kun formkølevandet skal kompressorkøles, mens hydraulikkølevandet kan køles med udeluft (frikøling). Varmeudviklingen i de kølede rum kan desuden reduceres ved f. eks. at benytte LED-lys i fryserum, flytte krydsfelter ud af serverrum og solafskærme kølede lokaler. Temperaturen i lokalerne bør også holdes så høj, som det kan accepteres.

Kompressorkøling er den mest udbredte køleform, men alternativer som "naturlig køling" med grundvand, søvand o. lign., frikøling med udeluft og absorptionskøling (og herunder fjernkøling) bør udnyttes, hvor det er muligt. Disse alternativer har et elforbrug, der kun er nogle få procent af elforbruget til kompressorkøling.

Hvor kompressorkøling benyttes, kan elforbruget reduceres ved at vælge energieffektive komponenter som kompressor, motor, pumper, blæsere m.m. Vælges fordamper og kondensator store og rørene vide, så kuldatab og tryktab holdes nede, kan temperaturforskellen i systemet og dermed elforbruget holdes på et lavt niveau. Godt isolerede kølerum samt tætte og hurtigtlukkende porte og døre medvirker også til et energieffektivt anlæg.

I storkøkkener og kontorer består mulighederne også i at vælge de mest energieffektive køleskabe, flaskeautomater og fryserne, hvilket burde blive nemmere at gøre med en mærkningsordning, som der arbejdes med.

Kompressorernes effektivitet er dårlig i dellast, hvis de traditionelle metoder til regulering benyttes. Der kan spares energi med en hastighedsregulering med frekvensomformer, ikke blot til kompressoren, men også til blæserne. En anden mulighed for at spare er at lade kondensatortemperaturen følge udetemperaturen, så det kun er i sommerperioden, at der er de store temperaturforskelle.

Regelmæssig rengøring af kondensatoren og afrimning af fordamperen samt tætning af døre m.m. er nogle af de energibesparende punkter i vedligeholdelsen. Adfærdsmæssigt kan der opnås besparelser ved at undgå "overkøling", ved at stable varerne, så køleluften kan komme ordentligt rundt om dem, og ved at disponere kølerummene fornuftigt, så et kølerum ikke idriftsættes unødigt.

På kort sigt, stadie 2015, består mulighederne i energibevidst vedligehold og adfærd samt i at udnytte naturlig køling og frikøling (disse muligheder har ofte en tilbagebetalingstid på tre til fem år) og benytte energieffektiv kapacitetsregulering. På det længere sigt kan nye anlæg projekteres eller indkøbes energibevidst, hvilket indebærer en nøje vurdering af behovet for køling samt en udnyttelse af hele den accepterede tilbagebetalingstid.



Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	15	35	50
2030	30	40	55

Tabel 16. Besparelspotentialer i procent for elforbruget til køl/frys

#### 4.4 Ventilation og blæsere

Elforbruget til denne slutanvendelse fordeles sig med to trediedel til rumventilation af fabrikshaller, stalde, kontorlokaler, serverrum, laboratorier osv. og en trediedel til blæsere for transportluft, køleluft, røggasser m.m.

Rumventilation kan generelt effektiviseres betydeligt ved at begrænse behovet for ventilation – f. eks. ved at indkapsle forureningskilder, benytte renere teknologi og reducere varmeudviklingen med bl. a. solafskærmning – og ved at tilpasse luftskiftet til det aktuelle behov, som eksempelvis kan indikeres af en CO<sub>2</sub>-føler eller en tilstedeværelsesføler. Andre muligheder består i at tilpasse anlæggets drift til benyttelsen af lokalerne – det kan gøres simpelt med en urstyring eller lidt mere avanceret med tilstedeværelsesfølere eller kameraovervågning – og regulere ventilatoren på en energieffektiv måde. Det kan være med frekvensomformer og eventuelt yderligere med permanent magnet motor frem for med en motor med fast omdrejningstal, hvor ventilatorens ydelse reguleres med spjæld, der godt nok reducerer luftmængden og dermed varmekonsumet, men kun i mindre grad reducerer motorens elforbrug.

Elforbruget er direkte proportionalt med ventilationsanlæggets tryktab, hvorfor overflødige komponenter (det kan være spjæld, filtre, befugtere m.m.) bør fjernes, og anlæg bør udføres med bløde bøjninger og brede kanaler. Energieffektive motorer og transmissioner vil også medvirke til besparelser. Vigtigt er også anlæggets vedligeholdelse - herunder filterskift, justering af remtræk og kontrol af CO<sub>2</sub>- og fugtighedsmålere - og den daglige adfærd med slukning af ubenyttede anlæg.

For blæserne kan en nærmere analyse af behovet føre til store besparelsemuligheder, som eksempelvis kan bestå i at begrænse mængden af køleluft eller i at erstatte et lufttransportsystem med mekanisk transport i f. eks. et selvlukkende bånd eller redler. Ud over de muligheder, der er nævnt for rumventilationen, kan der også peges på vigtigheden af korrekt udformning af punktudsug, så svejserøg og støv m.m. fjernes effektivt og med mindst mulig luftmængde.

På kort sigt, stadie 2015, skal besparelserne opnås ved at sikre høj energieffektivitet af nyanlæg og især ved at forbedre de eksisterende anlæg. Besparelspotentialet vurderes til 20%, hhv. 25% og 35% ved 2, 5 og 10 års tilbagebetalingstid. Besparelserne omfatter alle de foran nævnte typer af tiltag med behovstilpasning som det største enkelttiltag. I opgørelsen af tilbagebetalingstiden indgår ikke blot elbesparelsen, men også varmebesparelsen for rumventilation. Den er opgjort i energienheder typisk dobbelt så stor som elbesparelsen.

På længere sigt, stadie 2030, vil hovedparten af dagens anlæg være afløst af nye anlæg, som kan energioptimeres ret billigt, idet der kun bliver tale om merinvesteringer i energieffektive løsninger. Vurderingen af potentialet er vist i tabel 17.

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	20	30	35
2030	30	40	50

Tabel 17. Besparelspotentialer i procent for elforbruget til ventilation og blæsere

### Behovsstyring og effektivisering af ventilationsanlæg

En møbelfabrik udsuger fra samtlige træbearbejdende maskiner i hele arbejdstiden for at fjerne støv og spåner fra arbejdspladsen. Et energisyn viser, at udsugningsanlægget kan effektiviseres betydeligt ved at udskifte ventilationskanaler og filtre, så tryktabet mindskes, og ved at skifte ventilatorerne til nogle mere energieffektive. Samtidig og ikke mindst kan udsugningen behovsstyres med brug af hastighedsregulerede ventilatorer og automatspjæld, som lukker, når der ikke er emner i maskinerne. Behovsstyringen betyder, at kanaler, filtre og ventilatorer kan dimensioneres til en lavere luftmængde end før.

Projektet er realiseret og gav en 80% besparelse i el- og varmekonsumet. Investeringen på 900.000 kr. var ved arbejde i to skift tjent hjem på godt 3 år.

### 4.5 Trykluft

Trykluft bruges især i industrien, hvor det anvendes til at bevæge udstyr og flytte materialer. Ved produktion af trykluft omdannes typisk 5-7% af elforbruget til arbejdsenergi i luften, mens resten bliver til varmetab (der kan nyttiggøres i virksomheden til rumopvarmning m.m.). Der kan derfor spares energi ved at bruge direkte eldrev, hvor det er muligt. Det kan f. eks. være elektriske aktuatorer til bevægelse af udstyr, transportbånd til flytning af materialer og ventilatorer til bortblæsning af urenheder. Der kan endvidere spares ved at sænke trykket til det netop nødvendige og eventuelt opdele trykluftsystemet i flere delsystemer med hver deres tryk. Produces luften ved 3 bar i stedet for 7 bar, spares således 40% af elforbruget.

Virkningsgraden for fulldastede trykluftkompressor er høj, hvorfor de store tekniske besparelsemuligheder skal søges ude i trykluftnettet i form af effektive dyser, mindre cylindre, bedre sendesystemer osv. Trykluftnettet bør også udformes, så tryktabet i nettet bliver lille, og så afsnit kan frakobles for at undgå lækagetab i ubenyttede net. I kompressorcentralen er der dog også nogle sparemuligheder ved at benytte de mest effektive kompressorer og køletørrere og ved at vælge oliefriske kompressorer, der ikke har oliecyklon og oliefiltere og dermed har lavere internt tryktab.

Kompressorer i delast taber en stor del energi ved aflastkørsel eller modulerende drift o. lign. Det kan begrænses med store beholdervolumener, og det kan undgås med hastighedsregulering af kompressoren, som er blevet mere almindeligt. Er der flere kompressorer, vil en overordnet styring muliggøre lavere trykniveau og dermed besparelser.

Vedligeholdelsen af selve kompressorcentralen ligger de fleste steder i faste rammer, så forsyningssvigt undgås. Men ude i nettet er der også brug for regelmæssig vedligeholdelse med udbedring af lækager. I et godt vedligeholdt net udgør lækagetabene 5-10% af luftproduktionen mod 30-50% i de værste tilfælde.

Besparelsesmulighederne i stadie 2015 er mange og omfatter substitution af trykluft, laver tryk, bedre udnyttelse af luften på forbrugsstederne, lækageudbedring osv. På det lange sigt er der yderligere muligheder for substitution og for anskaffelse af energieffektive kompressorer og en hensigtsmæssig opbygning af nettet.

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	25	35	60
2030	40	60	75

*Tabel 18. Besparelsespotentialer i procent for elforbruget til trykluft*

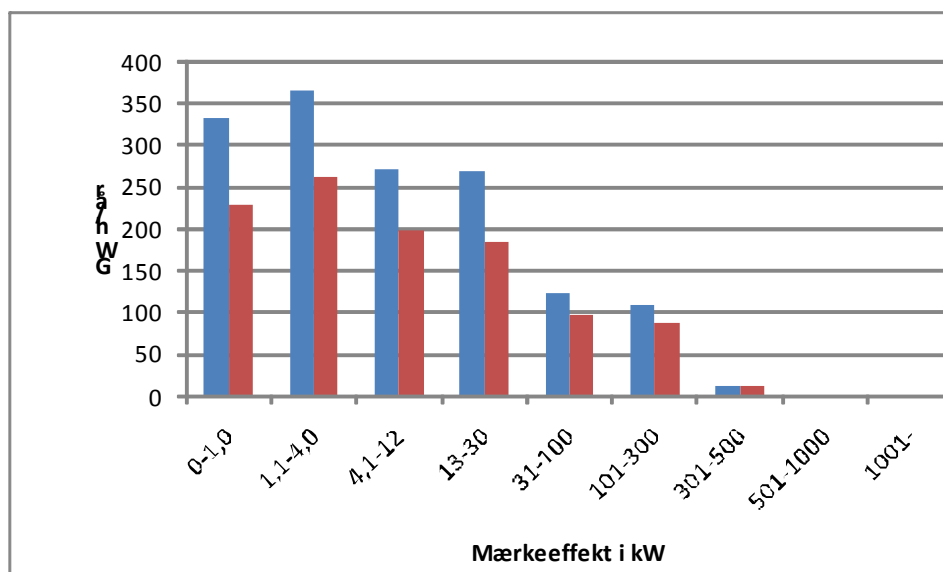
#### 4.6 Øvrige elmotorer

Slutanvendelsen omfatter mange meget forskellige apparater, som er drevet af elmotorer. Det er udstyr som centrifuger, møller, valser, save, pakkemaskiner, trykkerimaskiner, drejebænke, transportbånd, kraner osv.

Den mest grundliggende besparelse er en reduktion af behovet for energitjenesten. Ved intern transport kan behovet f. eks. reduceres ved at placere produktionsmaskiner og lagre hensigtsmæssigt i forhold til hinanden, og måske kan noget af produktionen afsættes uden yderligere forarbejdning i form af eksempelvis centrifugering. Behovstilpasning, så f. eks. foderblandinger ikke blandes mere end behovet tilsiger, er en anden grundliggende besparelsesmulighed, og en tredje er substitution med mere energilette tjenester som eksempelvis direkte eldrev i stedet for hydraulik.

I en del tilfælde findes der andre og mere energieffektive måder at producere på. I landbruget kan en skivemølle med lavt elforbrug og gode findelingsegenskaber erstatte en hammer-/slaglemølle, og i industrien kan en dekanter eller centrifuge måske erstattes med en energieffektiv hydrocyklon. Men også uden skift af udstyrstype kan der ligge en elbesparelse ved at anskaffe nyt udstyr, især hvis man efterspørger det mest energieffektive og bedst styrede udstyr. Gode styringer er også en mulig løsning på energispildet ved tomgangskørsel, hvor en anden mulighed er ændret tilrettelæggelse af arbejdet.

Tabene i erhvervslivets elmotorer og i transmissioner (gear, remtræk) udgør hhv. 12% og 6% af disse komponenters optagne energi (ref. 4). Der udvikles stadig mere energieffektive elmotorer, og kravene til energiklassificering strammes også, således at eff1, eff2 og eff3 nu er afløst af IE1, IE2 og IE3, hvor IE3 er den p.t. bedste og bedre end eff1. Besparelsespotentialet ved at udskifte alle erhvervslivets motorer med IE3-motorer er i ref. 4 opgjort til ca. 420 GWh/år eller 28% af motortabene, se også figur 11. Hertil kommer muligheder som anvendelse af nye, meget energieffektive motorer som synkronmotorer med permanente magneter (PMSM), som især er konkurrencedygtige til hastighedsregulerede apparater, der ofte belastes lavt, og udskiftning af meget lavt belastede motorer med nogle mindre, der eventuelt har softstarter.



Figur 11. Tab i erhvervslivets motorer. Venstre søjle er tabene i dagens motorer, højre er tabene, hvis alle motorer netop var af effektivitetsklasse IE3(ref. 4)

For transmissioner er der besparelsesmuligheder ved bl. a. at udskifte snækkegear med mere energieffektive løsninger som beskrevet i eksempel-boksen. Mange remtræk er lavt belastede og har betydelige tab. Her kan forbedringen bestå i at fjerne nogle remme og samtidig af starthensyn montere softstarter på motoren. Yderligere besparelser kan for remtræk opnås med remtyper som poly-V-remme, fladremme og skråskårne tandremme og ved brug af store remskiver.

Besparelsesmulighederne ved bedre vedligehold ligger bl. a. i at rense, smøre og justere udstyret, herunder oprette motorer og efterspænde remtræk. Adfærdsmæssigt kan der opnås besparelser ved at udstyr slukkes, så snart der ikke længere er brug for det, og ved at inddrage energihensyn i produktionsplanlægningen.

I modsætning til ventilatorer og pumper m.m. udgør energiudgifterne ved "øvrige elmotorer" kun en mindre del af livscyklus-udgifterne, hvilket begrænser besparelsespotentialt. I studie 2015 består mulighederne især i bedre vedligehold og adfærd og i mindre bearbejdning samt - ved en lang tilbagebetalingstid på 10 år - også i udskiftning af apparater og motorer med mere effektivt udstyr. På det lange sigt (og til dels i 2015) er der store besparelsesmuligheder i at energioptimere nyanlæg og anskaffe nyt udstyr, der er meget energieffektivt.

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	10	15	25
2030	20	25	30

Tabel 19. Besparelsespotentialer i procent for elforbruget til øvrige elmotorer

### **Energieffektivisering af transportbånd**

Et bryggeri har energieffektiviseret 35 transportbånd, der hver blev drevet af en 2,2 kW motor og et snekkegear med virkningsgrader på hhv. 74% og 55%. De energibesparende tiltag har bestået i at erstatte snekkegearet med et tandhjulsgear kombineret med en remtræksudveksling, samt i at hastighedsregulere motoren med frekvensomformer, således at transportbåndets hastighed løbende kan tilpasses mængden af flasker, der skal flyttes.

Den største energibesparelse er opnået ved, at tandhjulsgear plus remtræk tilsammen har en virkningsgrad på 96% mod de 55% for snekkegearet. Frekvensomformerer indebærer et tab på ca. 5%, men muliggør en besparelse, når der er få flasker på båndet, og når det kører i tomgang.

En teoretisk beregning viser en besparelse på 40%, når båndet kører med nominal hastighed. Elforbruget er målt før og efter renoveringen og viser en besparelse på 44% i kraft af ekstra store besparelser i dellast. I alt var investeringen på omkring 200.000 kr., som blev tjent hjem på ca. 2 år. Var motoren også blevet udskiftet med en sparemotor, ville besparelsen være blevet omkring 50%, og det samlede projekt havde haft en tilbagebetalingstid på godt 3 år.

### **4.7 Edb**

80% af elforbruget til edb og elektronik aftages inden for handel og privat service med store forbrugere i form af webhoteller, banker m.m.

Serverkonsolidering og anvendelse af blade servere vil kunne reducere elforbruget til servere betydeligt, idet opgaverne samles på færre servere og der anvendes en fælles og mere energieffektiv strømforsyning. Hos slutbrugerne kan der spares ved at indføre "sleep mode" på de enkelte PC'ere og benytte elspareskinner, så også printeren og hæve-sænkebordet afbrydes når PC'en slukkes. Tilsvarende vil der kunne spares på energien til kopimaskiner m.m. ved at slukke dem uden for brugstiden, eventuelt med en simpel urstyring.

For edb er 2015 "på lang sigt", og derfor kan der i såvel 2015 som 2030 spares ved de ovennævnte muligheder samt ved at indkøbe udstyr med lavt elforbrug i drift og ved standby.

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	10	15	25
2030	20	25	30

*Tabel 20. Besparelspotentialer i procent for elforbruget til edb og elektronik*

### **4.8 Smeltning og øvrige procesvarme**

Smeltning står for 4% erhvervslivets elforbrug og omfatter smeltning af jern og metaller, smeltning af plastmaterialer i bl. a. sprøjttestøbmaskiner og ekstrudere samt smeltning af glas. Øvrig procesvarme med 6% vedrører opvarmning, tørring, svejsning, varmelegemer i landbruget o. lign., hvoraf hovedparten er behandlet foran i varme-afsnittet.

Behovet for smeltning kan ændres ved at reducere materialeforbruget i de færdige produkter og gensmeltningen af materialer, sådan som det er gjort i et DTU-forskningsprojekt om

optimering af indløbssystemer til støbeforme i støberier (ref. 9). De tekniske besparelsesmuligheder består i at benytte effektive ovne og ekstrudere m.m., i om muligt at forvarme materialerne med tabsvarme samt – i jern- og metalindustrien – i at afkort varmholdningstiden. For de øvrige procesvarmeområder henvises til omtalen foran af opvarmning og tørring.

Besparelsesmulighederne frem til 2015 består især i at optimere materialeforbruget og minimere smeltningen samt i at afkorte varmholdningstiden/tomgangstiden. På lang sigt vil der yderligere kunne spares energi ved at anskaffe det mest energieffektive udstyr (herunder fuldelektriske sprøjttestøbemaskiner), når der købes nyt. For den øvrige procesvarme antages mulighederne at være nogenlunde de samme som for smeltning.

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	5	10	15
2030	15	20	30

*Tabel 21. Besparelsespotentialer i procent for elforbruget til smeltning og øvrige procesvarme*

#### 4.9 Rumvarme

Det er kun 5% af energiforbruget til rumvarme og varmt vand, der dækkes med el. Der er mest tale om mindre installationer, hvor lavere anlægsudgifter har vejet tungere end høje energiudgifter.

Besparelsesmulighederne består primært i at omlægge til vandbårne systemer. Substitution vil øge slutenergiforbruget pga. tabene i det interne distributionsnet, men energiudgifterne og CO<sub>2</sub>-belastningen vil gå ned. (Undtaget i tilfælde, hvor elvandvarmere benyttes for at undgå meget store distributionstab i varmenettet). Andre muligheder består i at optimere ventilationen, så varmetabene med ventilationsluften mindskes, i at efterisolere de opvarmede rum og anvende vandsparebrusere. Adfærdsmæssigt kan der spares ved at slukke for radiatorer i ubenyttede rum og ved at holde en lav temperatur i de andre rum.

Substitution af elvarme medtages ikke i besparelsespotentialet, da det ikke vil medføre lavere energiforbrug i virksomhederne. Potentialet omfatter derfor efterisolering, reduceret ventilation o. lign. Mulighederne er kun lidt større i 2030 end i 2015.

Stadie	Tilbagebetalingstid		
	2 år	5 år	10 år
2015	5	10	15
2030	15	20	30

*Tabel 22. Besparelsespotentialer i procent for elforbruget til rumvarme*

#### 4.10 Sammenfatning vedr. elforbrug

Tabel 23 sammenfatter potentialerne for besparelser i erhvervslivets elforbrug. I stadie 2015 vurderes potentialerne til 15, 23 og 40% ved hhv. 2, 5 og 10 års tilbagebetalingstid. Potentialerne i stadie 2030 vurderes at være på 26, 35 og 50%.

Slutanvendelse	Elforbrug PJ	Tilbagebetalingstid 2015			Tilbagebetalingstid 2030		
		2 år	5 år	10 år	2 år	5 år	10 år
Belysning	15,6	15	20	60	25	35	70
Pumpning	6,1	20	35	45	35	45	60
Køl/frys	8,7	15	35	50	30	40	55
Ventilation	12,1	20	30	35	30	40	50
Trykluft	5,2	25	35	60	40	60	75
Øvrige elmotorer	14,4	10	15	25	20	25	30
Edb	2,8	10	15	25	20	25	30
Smeltning m.m.	7,3	5	10	15	15	20	30
Anden elanvendelse	0,4						
Rumvarme	2,3	5	10	15	15	20	30
I alt	74,5	15	23	40	26	35	50

*Tabel 23. Sammenfatning af besparelspotentialerne i procent for elforbruget*

## 5. Virkemidler

Som beskrevet i de to foregående afsnit er der betydelige muligheder for varmebesparelser og elbesparelser i erhvervslivet. Selv om en realisering af potentialerne vil forbedre virksomhedernes økonomi og dermed deres konkurrenceevne, viser erfaringerne, at en sådan realisering ikke sker af sig selv. Nogle besparelser vil naturligvis blive realiseret i forbindelse med, at virksomhederne anskaffer nye maskiner og nye produktionsanlæg, ligesom der også gennemføres energibesparelser i forbindelse med den daglige drift. Men skal en væsentlig del af det store potentiale realiseres, er det nødvendigt at understøtte med virkemidler, og helst med en palet af virkemidler, idet synergieffekten er betydelig.

I det følgende beskrives en række økonomiske, informative og normative virkemidler, som vurderes at kunne bidrage væsentligt til energieffektiviseringen i erhvervslivet.

### 5.1 Økonomiske virkemidler

Ud af den brede vifte af mulige økonomiske virkemidler omtales afgifterne, der vil fordyre energien, og investeringstilskud, der vil billiggøre besparelserne. De kan således begge medvirke til at forbedrer økonomien i besparelserne (og de kan måske ligefrem udformes, så de understøtter hinanden). Andre muligheder er fremme af energitjenesteselskaber (ESCO), der kan lette finansieringen af besparelserne, og støtte til forskning og udvikling i bedre energiudnyttelse.

Erhvervslivet er allerede pålagt afgifter på energiforbruget, især rumvarmeforbruget, og øgede afgifter vil naturligvis – alt andet lige – betyde øget interesse i virksomhederne for at reducere energiforbruget. Afgifter og kvoteordninger som CO<sub>2</sub> kvoterne er redskaber, som er forholdsvis enkle at bringe i anvendelse, men som desværre har nogle alvorlige bivirkninger. Mens energiudgifterne i størstedelen af erhvervslivet kun er 0,5-2% af omsætningen, udgør de i energitunge virksomheder måske 10 %, og dermed får selv mindre procentvise stigninger i energiudgifterne stor betydning for disse virksomheders konkurrenceevne (med mindre konkurrenterne verden over pålægges tilsvarende stigninger).

Tilskud til energibesparende foranstaltninger forringer ikke konkurrenceevnen, men vil tværtimod forbedre den igennem at sænke omkostningsniveauet. IDA har tidligere (ref. 8) foreslået, at der oprettes en Industri-energispærefond med det formål at fremme og yde tilskud til energibesparende foranstaltninger i fremstillingsvirksomheder. Fondens budget skulle årligt udgøre 800 mio. kr. Da industriens energiudgifter er omkring 15 mia. kr. årligt, vil en fond af denne størrelse kunne forkorte tilbagebetalingstiden i de energibesparende tiltag med 2-3 år. (Hvis fonden hvert år bidrager til besparelser på 2% af energiforbruget eller 300 mio. kr., vil 800 mio. kr. kunne korte 2,7 år af tilbagebetalingstiden). Det vil være et meget væsentligt økonomisk incitament, som vil skabe stor interesse for energieffektivisering i virksomhederne og formentlig på en effektiv måde vil kunne vende de senere års uheldige udvikling i energiintensiteten, jævnfør figur 3. Det skal nævnes, at energiselskaberne i dag i et vist omfang "køber" energibesparelser af erhvervslivet. Betalingen ligger typisk på 100-250 kr./MWh svarende til, at det korter fra nogle måneder op til et år af tilbagebetalingstiden. En Industri-energispærefond vil således være et væsentligt stærkere virkemiddel.

En anden form for økonomisk virkemiddel kan være energitjenesteselskaber eller ESCO-virksomheder, der kan finansiere virksomhedernes besparelserprojekter, og bliver betalt via de opnåede energibesparelser. Udbredelsen af energitjenesteselskaber vil samtidig betyde, at der kommer nye aktører på banen, der har energieffektivisering som deres specialisopgave. Endelig bør forskning og udvikling inden for området opprioriteres kraftigt, idet der er langt



større samfundsmæssig gevinst her og nu ved at reducere forbruget af brændsler og el i erhvervslivet, end der er ved at omlægge forsyningen til vedvarende kilder.

## 5.2 Informativ

Gode værktøjer er vigtige for at overvinde barrierer som manglende viden, manglende ideer og for lidt tid. Værktøjerne skal være en hjælp i den løbende spareindsats, og på det lange sigt skal de gøre det lettere at agere energibevidst ved indkøb og projektering. I 1990'erne blev der udviklet en del værktøjer under Energistyrelsens tilskudsordninger, og de kan med fordel ajourføres, udbygges og gøres nemmere tilgængelige, ligesom de med fordel kan suppleres med gode driftsinstruktioner til energiforbrugende anlæg.

Ud over gode værktøjer er der brug for efteruddannelse af det personale, der projekterer, indkøber og betjener anlæggene. Men også af sælgerne, således at de kender til mulighederne for at reducere energiforbruget og forstår betydningen af energiomkostningerne, set i forhold til investeringen og de øvrige omkostninger af det udstyr, de sælger.

Andres erfaringer med energibesparelser vil være en god inspirator for virksomhederne til selv at gå i gang. Erfaringerne kan formidles med brochurer, artikler, åbent hus arrangementer og lignende. En særlig effektiv måde at formidle på vil være gennem ERFA-grupper, bestående af en kreds af ligesindede virksomheder, der ud fra en benchmarking af energiforbruget i virksomhederne drøfter gode og dårlige erfaringer med indsatsen og forpligter sig gensidigt til at tage nye initiativer og berette om resultaterne. Grupperne kan eksempelvis drøfte én slutanvendelse ad gangen, måske startende med pumpesystemer et år, næste år ventilationsanlæg osv.

## 5.3 Normative

Energimærkning har bidraget til en betydelig effektivisering af husholdningsapparater og kan også med fordel udnyttes i erhvervslivet til apparater, som sælges i stort antal. Energimærkning gør det nemt at vælge den energieffektive løsning og kræver ingen forkundskaber af indkøberen. I andre tilfælde, hvor udstyret ikke er så enkelt, kan der stilles krav om, at projekter altid gennemføres med energibevidst projektering, således at behovet for energitjenesten bliver vurderet, alternative løsninger bliver belyst og totaløkonomien opstilles.

For eksisterende anlæg i energitunge virksomheder kan energibesparelsesmulighederne blive grundigt undersøgt hvert femte til tiende år med deltagelse af personer, der er eksperter inden for den pågældende branche og de anvendte processer, således at energisynet kommer til at fokusere på de helt centrale og mest energiforbrugende processer frem for på hjælpeudstyret. I de mindre energitunge virksomheder kan en energigennemgang baseres på de gældende ordninger for energimærkning af bygninger og lovpligtigt ventilationseftersyn, som begge kunne udvides til også at omfatte produktionsbygninger, samtidig med at der indføres lovpligtige ordninger på flere områder som belysningsanlæg, køl/frys m.m.

Aftalekonceptet belønner de energitunge virksomheder, hvis de opfører sig energieffektivt. Der er dog konstateret "metaltræthed", så måske skal ordningen både ændres og gøres frivillig, så alle, der tilslutter sig, belønnes med afgiftsreduktion og/eller med investeringstilskud til energibesparelser. Kravet kunne være som i den hollandske ordning, at virksomhederne inden for få år skal ligge blandt de 10% bedste i verden ved en benchmarking.

## 6. Referencer

1. Energistatistik 2007. Energistyrelsen
2. Søren Arnberg. Energibesparelser i industrien: Efterspørgslen efter kapital, arbejdskraft og energi. AKF Nyt nr. 3, oktober 2004
3. Kortlægning af erhvervslivets energiforbrug. Dansk Energi Analyse og Viegand & Maagøe. November 2008
4. Energibesparelser i erhvervslivet. Delrapport 2. Dansk Energi Analyse og Viegand & Maagøe. April 2009
5. Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet. Energistyrelsen. Februar 2008
6. Study on Improving the Energy Efficiency of Pumps. European Commission. February 2001
7. Eco-design direktiv 2005/32/EU om udfasning af lyskilder
8. Ingeniørforeningens Energiplan 2030. Hovedrapport. Ingeniørforeningen i Danmark, IDA. December 2006
9. Reduceret energiforbrug til smeltning i støberier. Elforsk. PSO 2004.