



Energistyrelsen

Bilagsrapport B

Slutanvendelsesnotater

22. august 2022

Viegand
Maagøe

Rapport: Samlede slutanvendelsesnotater

Dato: 29.08.2022

Projektnr: 2467

Version: Final

Udarbejdet af: Søren Draborg, Teknologisk Institut
Kurt Mortensen, Byggeri og Teknik
Brian Elmegaard, DTU
Jeppe Rosendal Carstensen, Viegand Maagøe
Peter Maagøe Petersen, Viegand Maagøe

Udarbejdet for: Energistyrelsen

Kvalitetssikret af: Christian Jensen, Viegand Maagøe

Godkendt af: Peter Maagøe Petersen, Viegand Maagøe

Resumé

I det følgende er vedlagt notater som beskriver energieffektiviseringspotentialer for hver af følgende 21 slutanvendelser:

1. Konverterings- og nettab
2. Opvarmning/kogning
3. Tørring
4. Inddampning
5. Destillation
6. Brænding/sintring
7. Smeltning/støbning
8. Anden procesvarme
9. Arbejdskørsel, intern transport
10. Rumvarme
11. Rumkøling
12. Belysning
13. Pumpning
14. Køl/frys (ekskl. rumkøling)
15. Rumventilation
16. Blæsere
17. Trykluft
18. Hydraulik
19. Øvrige elmotorer
20. IT og anden elektronik
21. Anden elanvendelse

Af disse slutanvendelser er 1-10 først og fremmest termiske slutanvendelser, medens 11-21 anvender elektricitet.

Indhold

1	Slutanvendelse konverterings- og nettab	4
2	Slutanvendelse opvarmning og kogning.....	10
3	Slutanvendelse tørring	17
4	Slutanvendelse inddampning.....	25
5	Slutanvendelse destillation	33
6	Slutanvendelse brænding & sintring	40
7	Slutanvendelse smeltning & støbning.....	47
8	Slutanvendelse anden procesvarme	53
9	Slutanvendelse arbejdskørsel.....	59
10	Slutanvendelse rumvarme.....	64
11	Slutanvendelse rumkøling.....	70
12	Slutanvendelse belysning	76
13	Slutanvendelse pumpning.....	83
14	Slutanvendelse køl/frys	90
15	Slutanvendelse rumventilation	97
16	Slutanvendelse blæsere	104
17	Slutanvendelse trykluft.....	109
18	Slutanvendelse hydraulik	115
19	Slutanvendelse øvrige elmotorer.....	120
20	Slutanvendelse It og anden elektronik	125
21	Slutanvendelse anden elanvendelse	132

1 Slut anvendelse konverterings- og nettab

Slut anvendelsen dækker over det tab, der er internt i virksomheden. Tabene opstår som følge af veksling af temperaturer via varmevekslere, forbrændings- og strålingstab fra kedelanlæg, samt varmetab fra varmetransmissionsledninger rundt i virksomhederne.

Der er betydelige branchemæssige forskelle mellem størrelse af konverterings- og nettabene, hvilket især kan tilskrives forskelle i kedeltyper og deres udnyttelsesgrader.

1.1 Teknologianvendelse

Konverterings- og net tabene kan henføres til flere teknologiområder.

- Varmeveksling fra primær til sekundær varme, såfremt den ikke fortrænger et reguleret varmeforbrug
- Termisk røggas tab i kedelanlæg, med og uden economizer.
- Tab fra ufuldstændig forbrænding i kedelanlæg
- Strålingstab fra kedelanlæg, såfremt det ikke fortrænger et reguleret varmeforbrug
- Tab fra distributionsledninger rundt i virksomheder.

Af de foranstående elementer vurderes termisk røggastab og tab fra ufuldstændig forbrænding sammen med tab fra distributionsledninger, til at udgøre den største del af konverterings- og nettabene.

De energimæssigt væsentligste brancher for slut anvendelsen konverterings- og net tab er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov i produktionserhverv (%)	Primære energiart
1 Landbrug	1.726	26,6%	52,8% gas-/dieselolie
16 Træindustri	585	9,0%	88,5% træaffald og brænde
22 Fremst. Af Maling Og Sæbe Mv.	522	8,0%	77,9% ledningsgas
9 Mejerier	390	6,0%	90,1% ledningsgas
7 Slagterier	340	5,2%	87,8% ledningsgas
2 Gartneri	291	4,5%	57,5% ledningsgas
6 Indvinding Af Grus Og Sten	245	3,8%	39,7% gas-/dieselolie
8 Fiskeindustri	234	3,6%	60,8% ledningsgas
13 Øvrige Anden Fødevarerindustri	215	3,3%	43,1% ledningsgas
36 Fremst. Af Andre Maskiner	186	2,9%	30,1% træpiller
Øvrige	1.764	27,1%	

Tabel 1. Brancher med størst andel af energiforbrug til konverterings- og net tab.

Det ses, at landbruget repræsenterer suverænt den største del af slut anvendelsens forbrug. Det skal primært tilskrives 2 forhold:

- Dels at der er mange relativt små kedelanlæg, hvor kedelpasningen ikke er sat i system og allokeret til nogen bestemt person og
- dels, at der er relativt mange portions- og pausefyrende kedelanlæg med biobrændsel som energikilde.

1.2 Energisparepotentialer

Besparelsespotentialerne indenfor konverterings- og nettab skal opdeles i:

- Isolering / efterisolering
- Adfærd og vedligehold
- Udskiftning af kedelanlæg og vekslere

1.2.1 Behovsreduktion

Behovsreduktion i relation til konverterings- og net tab kan ses som en sænkning af temperaturen, de steder hvor tabene opstår. Jo mindre temperaturforskel mellem medie og omgivelser, des lavere tab.

Men temperaturen er ofte defineret af de processer som mediet opvarmer, hvorfor dette kun i begrænset omfang kan ses som en mulighed for reduktion.

1.2.2 Adfærd og vedligehold

Net- og konverteringstab er relativt teknologi baseret. Dog kan vedligehold spille en betydende rolle i forhold til reduktion af tabet. Det kan ske ved:

- Udbedring af skader på isolering af rørstrækninger, varmevekslere og kedelanlægskomponenter. Ofte undervurderes betydningen heraf med henvisning til at det kommer rummet til gode, men da der er tale om ureguleret varme, skal det betragtes som et tab.
- Renholdelse af røgtrækket på kedelanlæg. Betydningen heraf er ofte overset, især i biomasse fyrede kedler, hvor der kan aflejres betydelige mængder sod og aske i røgtrækket på kedelanlægget.
- Udskiftning af forbrændingsdyser

Det vurderes at net- og konverteringstabet generelt kan reduceres med 3 – 5 % ved systematisk renholdelse udbedring af skader på isolering.

Under adfærd og vedligehold kan nævnes rensning og udsyring af vekslere for at forøge varmeovergangen. Det kan være systematisk manuel rensning af røgtræk i kedel anlæg i det omfang det ikke foregår automatisk.

1.2.2.1 Case: Hyppigere rensning af kedelanlæg

Branche	Landbrug
Procesanlæg	Portionsfyret biomasse kedel anlæg
Energiforbrug /-tab	432 GJ sv. t. 30 tons halm pr. år.
Løsning	½ times ekstra arbejde ugentlig til kedelrensning, a´ 300 kr. / time
Energibesparelse	96 GJ sv. t. 6,7 %
Investering	7.800 kr.
Tilbagebetalingstid	1,0 år
Levetid af besparelse	1 år
Omkostningseffektivitet	81 kr./GJ/år

Tabel 1: Besparelse ved hyppigere manuel rensning af portionsfyret halmkedel

Generelt vurderes det, at potentialet ved forbedret adfærd og vedligehold kan estimeres til 2 % af slutanvendelsen, hvilket er lavere end i casen. Årsagen hertil er, at eksemplet stammer fra landbrug, hvor dette fænomen er særligt udtalt, på grund af fyring med halm i portionsfyrede kedler, hvor der ikke i alle kedler er automatisk røgrørsrensning installeret. Omkostningsniveauet vurderes til at være det samme som i casen.

1.2.3 Styring og driftsoptimering

Tabet i forsyningsledninger er baseret på forskellen mellem medietemperatur og omgivelsestemperatur. Derfor kan tabet begrænses ved reduktion af fremløbstemperatur i forsyningsrør ved udetemperatur kompensering af fremløbstemperaturen, såfremt processen der forsynes, kan acceptere dette.

Efterisolering af rørstrækninger kan medvirke til reduktion af rumtemperaturen, såfremt omfanget den afgivne varmemængde er større end rummets behov.

1.2.3.1 Case: Isolering / efterisolering af kedelanlæg og forsyningsrør

Branche	Landbrug
Procesanlæg	Rørstrækning, uisolert / dårligt isoleret, 100 m.
Energiforbrug /-tab	52 GJ sv. t. 1.460 l. fyringsolie pr. år.
Løsning	Isolering / efterisolering af rørstræk. Investering 200 kr. / m. rør
Energibesparelse	31,6 GJ sv. t. 57 % sv.t 7.242kr. fyringsolie
Investering	10.000 kr.
Tilbagebetalingstid	1,4 år
Levetid af besparelse	8 år
Omkostningseffektivitet	632 kr./GJ/år

Tabel 2: Omkostningseffektivitet ved efterisolering af rør fra 9 mm til 35 mm isolering på 100 m. 35 mm rør, hvor medie er opvarmet med oliekedel.

Det vurderes, at potentialet for reduktion af net- og konverteringstab ved efterisolering af rørstrækninger, vekslere, kedelanlæg m.v. udgør op til 6 % af slutanvendelsen, hvilket er betydeligt lavere end i casen. Det skyldes, at meget af varmetabet allerede er reduceret ved effektiv isolering af rør, vekslere m.v.

1.2.4 Anlægsoptimeringer

I en del tilfælde kan der hentes store besparelser ved udskiftning af kedelanlæg og vekslere. Det primære argument for at dette alligevel ikke altid sker er, at man ikke finder, at det bestående anlæg er udtjent, kombineret med manglende indblik i størrelsen af tabet som ældre anlæg kan afstedkomme.

Ved udskiftning af gamle kedler til nye, reduceres tabene både som følge af bedre forbrændingsteknologi, bedre termisk isolering af kedlerne, men også ved forbedret selvrensende evne, især ved biomasse fyrede kedel anlæg.

1.2.4.1 Case: Udskiftning af ældre oliefyret kedelanlæg til nyt kondenserende kedelanlæg

Branche	Gartneri
Procesanlæg	Ældre oliefyret kedelanlæg
Energiforbrug /-tab	5.652 GJ, svarende til 159 m ³ fyringsolie
Løsning	Udskiftning af kedel anlæg. Investering anslået 750.000 kr.
Energibesparelse	2.261 GJ, svarende til 63,63 m ³ fyringsolie
Investering	Anslået 750.000 kr.
Tilbagebetalingstid	1,4 år
Levetid af besparelse	15 år
Omkostningseffektivitet	332 kr./GJ/år

Tabel 3: Omkostningseffektivitet ved udskiftning af gammel oliefyret kedel til ny kondenserende kedel. I skrivende stund vil overvejelserne primært gå mod brændselskonvertering i forbindelse med kedeludskiftning – hvis muligt en ren varmepumpe løsning, alternativt en hybrid løsning bestående af varmepumpe i kombination med et biomasse fyret kedel anlæg, beroende på temperatur kravene i den proces der skal forsynes. Besparelsen er beregnet med baggrund i en oliepris på 8,5 kr./l.

I casen er der tale om en stor procentuel besparelse, idet der er tale om en meget gammel kedel. Derfor skal casen alene ikke lægges til grund for den samlede vurdering af potentialet ved kedeludskiftning. Det vurderes derfor, at der spares op til 5 % af net- og konverteringstab ved skift af disse kedler, men ved et omkostningsniveau på 700 kr. / GJ.

Det er vanskeligt at vurdere, hvor mange ældre olie- og gasfyrede kedelanlæg der er i drift, men erfaringer fra energiscreeninger indikerer, at de stadig findes i et vist antal.

1.2.4.2 Case: Udskiftning af pausefyrende biomassefyret kedelanlæg til start-stop anlæg

Branche	Landbrug
Procesanlæg	Pausefyrende træpillefyret kedel anlæg
Energiforbrug /-tab	1.235 GJ, svarende til 40 tons træpiller
Løsning	Udskiftning af kedel anlæg. Investering anslået 400.000 kr.
Energibesparelse	608 GJ, svarende til 34,7 tons træpiller, eller
Investering	Anslået 400.000 kr.
Tilbagebetalingstid	1,8 år
Levetid af besparelse	15 år
Omkostningseffektivitet	657 kr./GJ/år

Tabel 4: Udskiftning af pausefyrende kedel anlæg til start-stop kedel giver en betydelig besparelse, når udgangspunktet er, at forbruget har en graddageafhængighed.

Ud over gevinsten ved at kedelanlægget stopper i stedet for at pausefyre, når forbruget er lavt, er kedlen også selvrensende, hvilket i ret stort omfang eliminerer det øgede forbrug der ellers måtte være som følge af manglende manuel rensning af kedlens røgtræk. Generelt er der et ret stort potentiale for reduktion af konverteringstab ved udskiftning af disse kedler, potentialet anslås til at kunne reducere tabet med 15 % i udvalgte sektorer. For hele slutanvendelsen vurderes potentialet til at være 4 %

Forklaringen på, at potentialet generelt vurderes lavere end i casen er, biomasse som brændsel ikke fylder så meget i slutanvendelse som gas- og diesel olie og at eksemplet tager udgangspunkt i et relativt lille forbrug.

1.2.5 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set væsentlige potentialer for at reducere energiforbruget til opvarmning/kogning:

- Op til 2% kan spares ved et investeringsniveau på 81 kr./GJ/år

- Yderligere 6% kan spares ved et investeringsniveau på 632 kr./GJ/år
- Yderligere 4% kan spares ved et investeringsniveau på 700 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 2% kan spares ved et investeringsniveau på 81 kr./GJ/år
- Op til 8% kan spares ved et investeringsniveau på 632 kr./GJ/år.
- Op til 12% kan spares ved et investeringsniveau på 700 kr./GJ/år

Disse erfaringsdata fører til nedenstående tabel.

Kr./ GJ	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
81	2	1
632	6	8
700	4	15

Tabel 5. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen opvarmning og kogning.

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format:

Kr./GJ	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	4	4	4
560	2	6	8
975	9	15	12
1400	5	20	15

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen opvarmning og kogning i Energistyrelsens format

1.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

De foranstående beregningseksempler er genereret med baggrund i eksempler fra energirådgivningen til primært landbrugs- og gartnerisektoren.

De temperaturforudsætninger der ligger til grund for beregningerne kan derfor være anderledes i andre brancher, hvilket kan på virke beregningsresultaterne – dog ikke i retning af en ringere omkostningseffektivitet.

Eksemplerne er også udtryk for, at der i netop de valgte virksomheder er potentialer som er værd at realisere. De korte tilbagebetalingstider er dog frembragt at de for øjeblikket værende relativt høje brændselspriser, hvilket kan være en forklaring på, at potentialerne ikke allerede er realiseret, da disse prisstigninger er kommet pludseligt.

Hvis brændslet er billigt, er der mindre opmærksomhed på betydningen af god vedligeholdelsesadfærd. Ligeledes er der et mindre incitament til at konvertere til f.eks. varmepumper, hvis det brændsel man anvender, er billigt, uanfægtet at net- og konverteringstab er stort.

Generelt vurderes der således at være relativt store forskelle fra branche til branche, hvorfor der i bilag A er indsat simple korrektionsfaktorer, som for hver branche korrigerer energisparepotentialer for tørreanlæg ift. de generaliserede niveauer ovenfor.

1.4 Potentialer fordelt på temperaturniveau

Idet de største net- og konverteringstab i absolutte tal findes i landbrug og træindustri, og disse branchers temperaturniveauer i al væsentlig hed er < 100 °C, vurderes det, at det væsentligste potentiale findes i dette temperaturniveau. En mindre del af potentialet findes fra 100 – 200 °C, primært i slagteri- og mejeri brancherne, samt fremstilling af maling og sæbe m.v.

1.5 Fremskrivning af energisparepotentialer

Reduktion af net- og konverteringstab er, som tidligere beskrevet, drevet af økonomien i af foretage tiltag. De for øjeblikket værende relativt høje brændselspriser stimulerer tiltag til reduktioner. Hvorvidt disse prisscenarier vil være gældende fremadrettet, er vanskeligt at forudsige. Men den vurderes realistisk at de i afsnit 2.4 beskrevne potentialer vil kunne indfries.

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 7 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	5	4
560	8	8
975	17	12
1400	23	15

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen konverterings- og nettab i Energistyrelsens format

2 Slutanvendelse opvarmning og kogning

Opvarmning og kogning er en bred slutanvendelse der, som navnet antyder, har til formål enten at opvarme eller koge et produkt. Opvarmning foretages med mange forskellige teknologier, ved både direkte og indirekte form og ved stort set alle temperaturniveauer. Kogning sker oftest i fødevarerindustrien og typisk ved 100°C.

Både opvarmning og kogning er meget alsidige og anvende typisk sammen med andre procestrin i en større produktionssammenhæng, men kan også stå alene.

Opvarmningsprocesser er i mange brancher ofte en del af varmegenvindingsprocesser. Enten som kilde, aftager, eller begge dele.

Slutanvendelsen indeholder udover opvarmning og kogning også pasteurisering, blanchering, ekstraktion, sterilisering, rengøringsvand til produktionsanlæg, vask af råvarer, varmholdelse af tanke og rør.

2.1 Teknologianvendelse

Opvarmning udgør langt den største del af slutanvendelsen og spænder fra -20°C til 900°C, hvor det er fremstillingen af cement der står for den høje del af temperaturskalaen. Det er opvarmning af alle råvare til kalcineringsprocessen der er den største energiforbruger. For de andre brancher finder størstedelen af energien anvendelse under 100°C.

Opvarmning sker både som et trin i en større proces, men også som selve formålet i sig selv ved for eksempel pasteurisering og sterilisering. Anvendelse af vaskevand til rengøring er også en signifikant del af slutforbruget.

Kogning sker i fødevarerindustrien ved for eksempel produktion af fiskemel og foderblandinger.

De energimæssigt væsentligste brancher for slutanvendelsen opvarmning/kogning er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov i produktionserhverv (%)	Primære energiart
26 Fremstilling Af Cement	4.697	35,9%	60,9% petroleumskoks
9 Mejerier	1.712	13,1%	93,1% ledningsgas
8 Fiskeindustri	706	5,4%	67,6% ledningsgas
7 Slagterier	701	5,4%	87,8% ledningsgas
1 Landbrug	697	5,3%	96,3% el i alt
22 Fremst. Af Maling Og Sæbe Mv.	653	5,0%	78,0% ledningsgas
14 Drikkevareindustri	602	4,6%	92,9% ledningsgas
13 Øvrige Anden Fødevarerindustri	546	4,2%	79,9% ledningsgas
11 Fremstilling Af Foderblandinger	462	3,5%	83,1% ledningsgas
12 Fremstilling Af Sukker	327	2,5%	48,4% fuelolie
Øvrige	1.974	15,1%	

Tabel 1. De energimæssigt største brancher med slutanvendelsen "opvarmning-kogning":

Fremstilling af cement er langt den største andel af energiforbruget da alle råvare der indgår i produktet opvarmes til 900°C som en del af processen og der er ved direkte fyring med primært petroleumskoks. De andre brancher anvender alle nogen lunde lige meget energi til opvarmning og kogning og det er primært indirekte fyret med ledningsgas.

2.2 Energisparepotentialer

Besparelsespotentialerne indenfor opvarmning og kogning er forskellige fra branche til branche og produktion til produktion, men der er dog visse fællestræk. Grundlæggende er besparelser tæt sammenhængende med varmegenvinding da selve opvarmningsbehovet sjældent kan elimineres.

De erfaringsmæssigt mest oplagte potentialer er beskrevet i det følgende med udgangspunkt i "Iøgdigrammet" beskrevet i de indledende afsnit om erhvervskortlægningen.

2.2.1 Behovsreduktion

Opvarmning er oftest en kritisk parameter for fremstillingsprocesserne og kan sjældent ændres. Enten er der lovkrav ved pasteurisering, eller et temperaturkrav for at en proces finder sted. Anvendelsen af varmt vaskevand kan til tider diskuteres, men rengøring i fødevarerbranchen er af enorm betydning.

Eksempler på reduktion af behov for opvarmning og kogning:

- Koncentrering af ingredienser inden opvarmning for at sænke den samlede strøm der opvarmes. Det samme gælder for minimering af kogevand.
- Ved rengøringsprocesser kan der anvendes mere koldt vand. Det er ikke nemt at måle hvornår der er gjort tilstrækkeligt rent hvilken har en tendens til at give et højt forbrug af varmt vaskevand. Der kan også arbejdes på anvendelse af sæbe og kemikalier til reduktion af varmtvandsforbruget.
- Pasteurisering anvendes hyppigt for at sikre kvaliteten og nogle produkter kan være pasteuriseret op til 3 gange inden de forlader fabrikken. I produktionsplanlægningen kan noget af dette somme tider minimeres.

Det vurderes generelt at det ikke er nogle procedurer eller processer som virksomhederne ønsker at arbejde videre med da der også har været fokus på disse de seneste år.

2.2.2 Adfærd og vedligehold

Energiforbruget til opvarmning og kogning bliver påvirket af adfærd og vedligehold og det er vigtigt med et vedvarende fokus for at energiforbruget ikke skal stige til mere end hvad er nødvendigt. Flere tiltag i de andre slutanvendelser påvirker også dette forbrug direkte. Eksempler på tiltag:

- Sikre at strømme ikke opvarmes mere end højst nødvendigt og at proceskrav udfordres og argumenteres.
- Er isolering intakt og isoleringspuder korrekt monteret. Efter vedligehold og reparationer kan isolering have brug for reparation og isoleringspuder behov for korrekt montering eller reparation af knapper og snore. Der ses også stadig potentialer ved isolering af tanke og rør.
- Renholdelse af varmeplader for produktrester, påbrænding, skidt, støv, biofilm, kalk, etc. Der kan være behov for både faste rengøringsrutiner som en del af den daglige produktionsgang, men også større operationer hvor varmevekslere skilles ad eller afrenses med specialværker.
- Kontrollere om eksisterende varmegenvinding virker efter hensigten og sikre tilstrækkelig energioverførsel. I nogle processer er det operatørerne der styrer mængden af varmegenvinding.

- Anvendes den korrekte energikilde. I nogle tilfælde kan strømme opvarmes med forskellig grad med forskellige energikilder, hvor den ved lavest temperatur kan være produceret med højest virkningsgrad.
- Minimer opholdstiden hvorved en strøm eller stillestående medie er varm, hvorved varmetabet vil reduceres.
- Sikre at alle rengøringsprocesser er beskrevet i Standard Operation Procedures, eller lignende for at undgå overforbrug.

Det vurderes at sådanne fokuspunkter i sin mest simple form (adfærd og vedligehold) på tværs af brancher typisk kan spare op til 2-4% (i middel 3%) af energiforbrug til opvarmning og kogning med kun få andre investeringer end mandtimeforbrug, småreparationer og eventuelt ekspertbistand og måleassistance.

Typisk vil disse omkostninger være tjent hjem mellem 0 og 2 år.

2.2.2.1 Case: Efterisolering af tanke

Branche	28. Fremstilling af asfalt og tagpap
Procesanlæg	Tanke
Energiforbrug	432 GJ/år (el)
Løsning	Isolering af tanke
Energibesparelse	180 GJ/år
Investering	150.000 kr.
Tilbagebetalingstid	4,3 år
Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	833,33 kr/GJ/år

Tabel 2. Eksempel på simpelt "adfærds- og vedligeholdsprojekt" på tankanlæg. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris (proces) på ca. 0,534 kr./kWh.

Casen med "adfærd og vedligehold" anses for at være nogenlunde retvisende for isoleringsprojekter, hvor det kan diskuteres om der er tale om adfærd og vedligehold eller anlægsoptimeringer. Isoleringsprojekter har dog for kategorien en lang levetid og vil også finde anvendelse såfremt procesudstyret skifter anvendelse.

Omkostningsniveauet for potentialet på 3% angivet i afsnit 2.2 forventes at være noget lavere end i casen da der oftest ikke kræves investeringer i udstyr eller materialer. Det vil være omkring 200 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

2.2.3 Styring og driftsoptimering

For større opvarmning og kogning vil der være potentialer forbundet med at anvende mere avancerede styringer og automatisere nogle af de optimeringsmuligheder, som er nævnt under "adfærd og vedligehold" ovenfor.

Dette kan for eksempel være:

- Optimal produktionsplanlægning det gør varmegenvinding mellem processer mere optimal grundet samtidighed.
- Indføring af mere variable set punkter for de energiforbrugs determinerende variable hvilket sikre optimal temperatur, opholdstid, opvarmningsform osv.

- Minimering af udsving og usikkerhed i styringer kan sikres vis mere avancerede styringsalgoritmer. Nogle gange er set punktet for en styring en proces + variationen af styringen. Med bedre styring kommer lavere set punkt.
- Nedbringelse af mængder der opvarmes med bedre regulering af strømme i forhold til procesbehov. Nogle gange ved bedre udnyttelse af eksisterende frekvensomformere.
- Løbende overvågning af virkningsgrader for nøgleudstyr for at kunne se langtidsudviklingen heri.

Det vurderes at sådanne fokuspunkter på tværs af brancher typisk kan spare yderligere op til 3-5% (i middel 4%) ud over besparelespotentialerne ved bedre adfærd og vedligehold, men at der skal investeres en del penge i måleudstyr og instrumentering for at realisere potentialerne – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 4 år.

2.2.3.1 Case: Reguleret afsug fra kogekar

Branche	13. Øvrige anden Fødevarerindustri
Procesanlæg	Kogekar
Energiforbrug	349 GJ/år (EI)
Løsning	Frekvensstyring på motor
Energibesparelse	114 GJ/år eller 32,7%
Investering	36.500 kr.
Tilbagebetalingstid	2,15 år
Levetid af besparelse	7 år
Omkostningseffektivitet	320,2 kr./GJ/år

Tabel 3. Eksempel på simpelt "styrings- og driftsoptimeringsprojekt" på et kogekar. Driftsbesparselsen er beregnet med en elpris på ca. 0,534 kr./kWh.

I et kogekar opvarmes et produkt i to timer, hvilket generer en masse damp. Dampen fjernes ved hjælp af et ventilationssystem som er drevet af en 15 kW motor. Karret og motoren er i drift 5720 timer om året og motoren kører med fuld last i alle timerne. Dampmængden fra produktet er størst i den første halve time af kogeprocessen hvorefter den falder, hvilket også betyder at behovet for afsugning falder.

Projektet går ud på at udskifte den nuværende motor med en der har højere virkningsgrad og som samtidig kan frekvensstyres. Besparelsen er baseret på at motoren kører 100% de første 30 minutter og herefter styres ned til 75%. For de sidste 60 minutter af kogeprocessen styres motoren yderligere ned til 50%.

Casen viser at der med relative simple indgreb kan opnås en betragtelig besparelse på energiforbruget ved at drifte ens komponenter mest optimalt i forhold til hvad der er krævet.

Ift. potentialet på op til 4% forventes dette således at have omkostningsniveauer som ligger lidt højere, det vil sige op mod 400 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

2.2.4 Anlægsoptimeringer

De største potentialer for energieffektivisering ved opvarmning og kogning ligger investeringer i anlægsoptimeringer eller decideret udskiftning af udstyr. Store besparelser ses også i ændringen af forsyningen til varmekorbrugerne, men dette er beskrevet under elektrificering da det oftest vil være et skift til varmt vand produceret på en varmepumpe.

Dette kan for eksempel være:

- Optimering af eller etablering af intern direkte varmegenvinding på processer. Ved pasteuriseringsprocesser er der oftest god varmegenvinding, men kan denne for eksempel forbedres. Andre processer har også muligheder for direkte eller indirekte varmegenvinding.
- Etablering af større varmegenvindingssystemer hvor flere forskellige kilder og aftager kobles sammen i et samlet system. Det kan enten være i direkte balance eller der kan være tidsforskydning via buffertanke.
- Udskiftning af udstyr til bedre virkningsgrader eller lavere temperaturdifferencer.
- Større isoleringsprojekter af procesudstyr.
- Genanvendelse af varme spildstrømme til andre formål som vaskevand eller forskyld. Dette kan kræve mere eller mindre rensning.

Det vurderes at sådanne løsninger kan reducere energiforbruget til opvarmning og kogning med i bedste tilfælde op til 70%, men i mange andre tilfælde vil ligge i niveauet 10-15% (i middel 10%) med tilbagebetalingstider i intervallet 4-10 år – ud over potentialerne beskrevet i afsnittene ovenfor. Disse potentialer er uden effekten af varmt vand produceret på varmepumper.

2.2.4.1 Case: varmegenvinding på indkogning

Branche	14. Drikkevareindustri
Procesanlæg	Indkogning af urt
Energiforbrug	14.173 GJ/år (Naturgas)
Løsning	Implementering af pfduko
Energibesparelse	7.084 GJ/år eller 50%
Investering	6,54 mio. kr.
Tilbagebetalingstid	14,6 år ekskl. tilskud – 13 år inkl. tilskud.
Levetid af besparelse	- år
Omkostningseffektivitet	923 kr./GJ/år

Tabel 4. Eksempel på "anlægsoptimering" for en koger. Driftsbesparelsen er beregnet med en lav naturgaspris (proces) på ca. 0,30 kr./kWh.

På et bryggeri sker der en indkogning af en urt, som er en blanding af procesvand og ingredienser. Når denne koges, vil mellem 4 – 8% af urten fordampe ved en krævet temperatur på ca. 103°C, hvorved den afdampede urt er mellem 100°C og 103°C varm. På det pågældende bryggeri udnyttes til afkogte vand til at varme vand i en buffertank op til 98°C, der forvarmer den næste urt inden denne føres ind i kogerens. Ligeledes vil buffertanken, når der er overskud af energi, levere energi til bryggeriets varmtvandsystem som bruges til procesopvarmning og CIP. Denne varme blev inden produceret ved brug af naturgas. Urten er tidligere blevet opvarmet ved hjælp af damp.

Formålet med at implementere pfdukoen er at udnytte den faseskifteenergi ved indkogning af urt, som ellers ville blive ledt ud i det fri. Pfdukoen udnytter dermed den kondenseringsenergi i den mængde af bryggen der afdampes under kogning. Den førhen tabte energi bruges nu til at forvarme urten og dermed reducere processens dampforbrug, samtidig med at den leder den ekstra energi over i buffertanken. I forbindelse med implementering er der installeret yderligere pumper til at drive varmtvandsystemet, der vil skabe et merforbrug af el i det tidsrum hvor pfdukoen er i drift og genere en dampbesparelse.

Ift. potentialet på i gennemsnit op til 10% forventes dette således at have omkostningsniveauer som ligger lidt lavere, det vil sige omkring 800 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

2.2.5 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set væsentlige potentialer for at reducere energiforbruget til opvarmning/kogning:

- Op til 3% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Yderligere 4% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Yderligere 10% kan spares ved et investeringsniveau på 800 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 3% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Op til 7% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Op til 17% kan spares ved et investeringsniveau på 800 kr./GJ/år

Disse erfaringsdata fører til nedenstående tabel.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
200	3	3
400	4	5
800	10	8

Tabel 5. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen opvarmning og kogning.

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format:

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	4	4	3
560	6	10	7
975	10	20	10
1400	10	30	12

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen opvarmning og kogning i Energistyrelsens format

Det må således forventes, at den sidste del af besparelspotentialet er relativt meget dyrere at realisere, da man nærmer sig visse fysiske grænser for hvad der kan realiseres på eksisterende anlæg.

Ved meget høje investeringer forventes det at der kan realiseres meget høje besparelser, hvilket primært vil komme fra større varmegenvindingsnetværk.

2.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

Ovenstående cases er ikke dækkende for det samlede potentiale i virksomhederne da der enorme udsving fra proces til proces. Således vil også forhold som driftstider, anlægsstørrelser, produktmæssige forhold typisk spille ind.

Generelt vurderes der derfor at være relativt store forskelle i energisparepotentialerne fra branche til branche, hvorfor der i bilag A er indsat simple korrektionsfaktorer, som for hver branche korrigerer energisparepotentialer for opvarmnings- og kogeanlæg ift. de generaliserede niveauer ovenfor.

De største potentialer ses i større komplekse og ofte nye forsyningssystemer i virksomhederne, som ikke nemt sammenlignes på tværs. En væsentlig årsag til succes er en grundig analyse af de specifikke forhold og herudfra

opbygning af site tilpasset system. Blot få graders ændringer i designet kan være afgørende for om der kan skabes en solid business case eller ej.

Implementering af et nyt forsyningssystem på en virksomhed er ikke noget lille beslutning og det kræver meget forarbejde at få udviklet en solid business case som samtidig sikrer en robust og stabil drift. Dette har en rimelig indløbstid ved virksomhederne.

Der opstår et mindre dilemma i at virksomhederne ønsker at se gode cases samtidig med at de alle har behov for individuelle løsninger. En hver case de kan se, vil ofte alligevel være forskellig fra deres egen ideelle løsning. Der skal derfor et vist mod og entreprenørånd til for at realiserer de store potentialer.

Ændring af opvarmning og kogning vil ofte være kritiske driftsparametre i en proces, og risikoen for at ændre noget der virker, er nogle gange nok til ikke at gå videre med et projekt.

Større varmegenvindingssystemer er afhængige af gode energi- og temperaturløsningsbalance der igen afhænger det aktuelle produktionssetup og hvilke recepter der produceres efter. Ved hver ændring i produktionsmængder eller sammensætning, ændres balancerne i varmegenvindingssystemet også. Dette kan oftest håndteres ved et ordentligt design, men der er flere begrænsninger og bindinger end ved simple isolerede damp- og kølesystemer.

2.4 Potentialer fordelt på temperaturniveau

For større effektiviseringer vil varmegenvindingsløsninger udgøre en central del af potentialet, hvilket først og fremmest vil ligge under 100°C. derudover ligger flere af de andre tiltag også i dette niveau.

Enkelte potentialer vil ses over 100°C, men at det er lavt skyldes mest at forbruget til opvarmning over denne temperatur også er lavt.

2.5 Fremskrivning af energisparepotentialer 2050

En fremskrivning af potentialerne for at effektivisere opvarmning og kogning frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne – fremskrivningen angår dog ikke det forhold at der vil ske en vis naturlig udskiftning af produktionsudstyr eller at en del af potentialet vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Overordnet kan man sige at besparelspotentialet frem mod 2050 ikke vil blive påvirket signifikant af teknologiudvikling. Men det forventes er større erfaringer med komplekse varmegenvindingsprojekter vil kunne bringe prisen på disse en smule ned.

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 7 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	4	3
560	12	7
975	24	10
1400	36	12

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen opvarmning og kogning i Energistyrelsens format

3 Slut anvendelse tørring

Tørreprocesser anvendes til at afvande et produkt, som regel frem til et relativt lavt vandindhold. Det sker ved opvarmning til en temperatur, hvor vandet i produktet fordampes og kan bortføres med den luft som omgiver produktet. Fordampningen sker typisk ved atmosfærisk tryk og således ved en temperatur på 100°C.

Tørreprocesser anvendes ofte i serie med en række andre energiforbrugende enhedsoperationer som for eksempel:

- inddampning og filtrering (for eksempel fødevarerindustrien)
- brænding (for eksempel i cement- og teglværksindustrien)

Man ser i en række brancher, at spildevarmevarme fra en tørreproces anvendes til at opvarme øvrige processer, for eksempel inddamperanlæg.

Men tørreprocesser kan også være enkeltstående processer, for eksempel batchprocesser til tørring af træ, bageovne m.m.

3.1 Teknologianvendelse

Samlet set er teknologiområdet tørring meget bredt og tørreanlæg finder således anvendelse i en lang række brancher, for eksempel:

- Udvinning af grus og ler
- Tørring af græs og landbrugsprodukter
- Fremstilling af byggematerialer, gipsplader m.m.
- Fremstilling af mælkepulver, kartoffelmel, sukker, salt m.m.
- Fremstilling kød og benmel samt fiskemel
- Fremstilling af vegetabiliske olier, juice og frugtsaft
- Fremstilling af farvestoffer
- Diverse opgaver i farmaceutisk og kemisk industri
- Møbelindustri, træindustri
- M.m.

Der anvendes til tørring en lang række forskellige teknologier som for eksempel:

- Spraytørring – typisk inden for fødevarer- og ingrediensindustri
- Fluidbedtørring – typisk inden for fødevarer- og ingrediensindustri
- Tromletørring – typisk inden for sukker, græs, grus og lerindustri
- Skivetørrere – typisk inden for fiskemel og benmelsindustrien
- Tunneltørringsanlæg – typisk inden for gipspladeproduktion og i bageriindustri
- IR-tørring – for eksempel inden for papirindustri
- Frysetørring – typisk inden for fødevarer- og ingrediensindustri
- Kammertørring – typisk inden for træindustri og konfekturfremstilling

De største energiforbrugende processer (for eksempel spraytørre- og tromletørringsanlæg) er kontinuerte, medens der i en række brancher som for eksempel træindustrien anvendes batchprocesser, dvs. processer som kører en afgrænset periode med en vis produktmængde, hvorefter tørrekammeret tømmes og genfyldes med nye produkter og gennemløber en ny tørrecyklus.

De energimæssigt væsentligste brancher for slut anvendelsen tørring er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov i produktionserhverv (%)	Primære energiart
16 Træindustri	2.450	15,6%	91,6% træaffald og brænde
10 Bagerier, Brødfabrikker Mv.	1.445	9,2%	90,7% ledningsgas
17 Papirindustri	1.147	7,3%	74,0% ledningsgas
26 Fremstilling Af Cement	1.118	7,1%	60,9% petroleumskoks
9 Mejerier	968	6,2%	69,5% ledningsgas
1 Landbrug	809	5,2%	33,8% gas-/dieselolie
6 Indvinding Af Grus Og Sten	753	4,8%	43,0% gas-/dieselolie
42 Bygge- Og Anlægsvirksomhed	745	4,8%	96,3% gas-/dieselolie
8 Fiskeindustri	717	4,6%	83,7% ledningsgas
30 Øvrig Betonindustri Og Teglværker	640	4,1%	94,1% ledningsgas
Øvrige	4.868	31,1%	

Tabel 1. De energimæssigt største brancher med slutanvendelsen "tørring":

Det ses, at træindustrien udgør den langt største branche med anvendelse af tørring efterfulgt af bagerier, papirindustri og cement. Træindustrien er primært opvarmet med træaffald, medens de øvrige virksomheder er opvarmet med ledningsgas, petroleumskoks og gas-/dieselolie.

3.2 Energisparepotentialer

Besparelspotentialerne indenfor tørring er som udgangspunkt meget afhængige af tørreformålet og de anvendte teknologier, foruden tørreanlæg kan have forskellige driftsformer afhængigt af den branche hvori de anvendes.

De erfaringsmæssigt mest oplagte potentialer er beskrevet i det følgende med udgangspunkt i "løgdiagrammet" beskrevet i de indledende afsnit om erhvervskortlægningen.

3.2.1 Behovsreduktion

Det er som udgangspunkt essentielt, at et givet produkt afvandes mest muligt før det føres til selve tørreprocessen, altså at behovet for tørring minimeres mest muligt.

Dette kan ske på flere måder:

- Ved overdækning af råmaterialer – for eksempel grus og molerprodukter – før de tørres, således at der ikke optages vand fra regnvej
- Ved naturlig tørring – for eksempel under solpåvirkning – før produktet tørres under tilførsel af energi
- Ved mekanisk at afvande et produkt før tørring – for eksempel i presser eller filterløsninger

Det vurderes generelt at sådanne løsninger ofte er relativt omkostningstunge at etablere ift. de opnåelige energibesparelser, hvorfor andre fordele skal kunne opnås, for eksempel øget produktionskapacitet eller øget eller mere ensartet produktkvalitet. Som sådan rummer emnet begrænsede energisparepotentialer medmindre løsningerne indarbejdes i større procesomlægninger som beskrevet i afsnit 2.4 nedenfor.

3.2.2 Adfærd og vedligehold

Tørreprocessers energiforbrug er følsomme overfor en præcis drift af anlæggene, hvorfor korrekt adfærd og vedligehold er en vigtig forudsætning for opnåelse af energieffektivitet.

Dette kan bestå i:

- At sikre at et tørrekammer/en tørreproces ikke er utæt og suger falsk luft ind i tørrekammeret/processen
- At sikre at et givet produkt ikke tørres mere end højst nødvendigt ("overtørring")
- At sikre at en mekanisk afvanding fungerer efter hensigten, for eksempel ved presning af råvarer eller ved produktets passage af filterpresser
- At sikre at inddamperanlæg i kombination med tørreanlæg inddamper mest muligt før tørringen, da inddampningen er en mere energieffektiv måde at fjerne vand på.
- At sikre at spjæld for regulering af recirkulation og frisklufttilførsel fungerer efter hensigten og i øvrigt indstilles korrekt efter varierende omgivelsesforhold og skiftende råvarekvaliteter og hen gennem processen
- At sikre at lufttilførsel er korrekt og at iltindhold i afkast fra direkte indfyring af brændsel i selve tørreprocessen ikke er for højt.
- Sikre optimal fyldning af transportbånd eller snegle som tilfører materialer til en (kontinueret) tørreproces
- At sikre at varmegenvindingsanlæg påbygget en givet tørreproces virker efter hensigten (rengøres) og ikke tilsmudses af eventuelle produktrester i afkastluften fra processen.
- Etablere eller udbedre manglende isolering på varme overflader og rørføringer

Det vurderes at sådanne fokuspunkter i sin mest simple form (adfærd og vedligehold) på tværs af brancher typisk kan spare op til 3-5% (i middel 4%) af tørreprocessernes energiforbrug med kun få andre investeringer end mandtimeforbrug, småreparationer og eventuelt ekspertbistand og måleassistance. Typisk vil disse omkostninger være tjent hjem mellem 0 og 2 år.

3.2.2.1 Case: minimering af falsk luft på tørreanlæg

Branche	6. Indvinding af grus og sten
Procesanlæg	Roterovn
Energiforbrug	99.000 GJ/år (naturgas) svarende til ca. 2½ mio. m ³ år
Løsning	Minimering af falsk luft ved direkte afbrænding af naturgas i proces
Energibesparelse	2.400 GJ/år eller svarende til 2,5%
Investering	100.000 kr. til nye manifolder m.m.
Tilbagebetalingstid	0,6 år
Levetid af besparelse	3 år
Omkostningseffektivitet	41,67 kr./GJ/år

Tabel 2. Eksempel på simpelt "adfærds- og vedligeholdsprojekt" på tørreovn. Driftsbesparelsen er beregnet med en lav naturgaspris (proces) på ca. 0,30 kr./kWh.

Casen med "adfærd og vedligehold" af en større tørreovn ovenfor viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at sikre at tørreovne køre mest muligt effektivt, men økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den meget attraktive ende.

Ift. potentialet på op til 4% angivet i afsnit 2.2 forventes dette således at have omkostningsniveauer som ligger noget højere, det vil sige op mod 200 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

3.2.3 Styring og driftsoptimering

For større tørreprocesser vil der være potentialer forbundet med at anvende mere avancerede styringer og automatisere nogle af de optimeringsmuligheder, som er nævnt under "adfærd og vedligehold" ovenfor.

Dette kan for eksempel være:

- Etablering af NIR-målere i produktløb fra tørreprocessen, som måler restfugt i produkt og sikre energioptimal drift ved forskellige omgivelsesforhold (skiftende temperatur og fugt i tørreluft) og med forskellige råvarekvaliteter
- Automatisere spjældstyringer for tilførsel af friskluft hhv. recirkulation af tørreluft efter skiftende omgivelsesforhold eller gennem et varierende tørreforløb (batch-tørring, hvor produkt skifter kondition fra start til slut af tørreforløb)
- Optimal samkøring med inddamperanlæg, som typisk er det forudgående procestrin i en række brancher (fødevarer, ingredienser)
- Styring af blæsere efter skiftende konditioner i et tørreanlæg og/eller ved forskellige omgivelsesforhold og råvarer

Det vurderes at sådanne fokuspunkter på tværs af brancher typisk kan spare yderligere op til 3-5% (i middel 4%) ud over besparelspotentialerne ved bedre adfærd og vedligehold, men at der skal investeres en del penge i måleudstyr og instrumentering for at realisere potentialerne – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 4 år.

3.2.3.1 Case: automatiseret NIR-måling på tørret produkt

Branche	1. Landbrug
Procesanlæg	Tunneltørreanlæg
Energiforbrug	30.000 GJ/år (naturgas)
Løsning	NIR-måling på tørret produkt
Energibesparelse	1.350 GJ/år eller 4,5%
Investering	300.000 kr.
Tilbagebetalingstid	2,7 år
Levetid af besparelse	7 år
Omkostningseffektivitet	222,2 kr./GJ/år

Tabel 3. Eksempel på simpelt "styrings- og driftsoptimeringsprojekt" på tørreovn. Driftsbesparelsen er beregnet med en lav naturgaspris (proces) på ca. 0,30 kr./kWh.

Casen med "Styrings- og driftsoptimering" af en større tørreovn ovenfor viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at sikre at tørreovne køre mest muligt effektivt, men økonomien i casen ligger med en tilbagebetalingstid også i den attraktive ende, hvilket skyldes at der opnås en relativ høj besparelse på 4,5% af anlæggets energiforbrug.

Ift. potentialet på op til 4% forventes dette således at have omkostningsniveauer som ligger noget højere, det vil sige op mod 400 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

3.2.4 Anlægsoptimeringer

Muligheden for at investere i større effektiviseringsprojekter for tørreprocesser kan for eksempel omfatte:

- Etablering af varmegenvindingsløsninger hvor disse ikke findes, altså hvor varm afkastluft bruges til at forvarme kold fødeluft til processerne
- Etablering af nye og mere effektive blæsere til intern cirkulation af luft i tørreanlæggene
- Etablering af bedre forstøvere i spraytørringsanlæg inkl. ombygning af tilførringskanaler for luft m.m.
- Etablering af recirkulation på tromletørrere eller lign.
- Etablering af adsorptionstørreanlæg til affugtning af fødeluft til tørreanlæg

Det vurderes at sådanne løsninger kan reducere energiforbruget til tørreprocesser med i bedste tilfælde op til 50%, men i mange andre tilfælde vil ligge i niveauet 20-30% med tilbagebetalingstider i intervallet 4-10 år – ud over potentialerne beskrevet i afsnittene ovenfor

Mange tørreanlæg er i danske produktionserhverv er af gammel dato, og totaludskiftninger med nye teknologier vil i mange tilfælde kunne realisere ret betydelige besparelser, men vil også være omkostningstunge at foretage:

- Mikrobølger- og højfrekvensanlæg kan anvendes til at assistere en tørreproces, for eksempel hvis produkter har vand bundet dybt i materialet og derfor har lange opholdstider for at opnå at vand trænger ud ved konventionel konvektiv varmeovergang.

Dette er anvendt ved fremstilling af MDF-plader og forsøges aktuelt ved fremstilling af tegl, hvor lange tørretider er forbundet med væsentlige energitab

- Tørring i overhedet damp anses i mange tilfælde at kunne effektivisere processer betydeligt pga. højere temperaturer og bedre varmeovergang – dog kræves adgang til højtryksdamp (>10 bar), hvilket kun få har.

Desuden kan damptørreanlæg i visse tilfælde integreres i virksomhedens anlæg således at spildvarme fra processen kan genbruges til øvrige opvarmningsformål på processen

Sukkerfabrikkerne på Falster har etableret et sådant anlæg med så vidt vides god succes.

- Anvendelse af MVR-anlæg (Mechanical Vapour Recompression) til at drive opvarmning af processen via spildvarme fra processen selv (eks. ved tørring i overhedet damp) – kræver koncentreret vanddamp.
- Løsninger til for-førtørring og eller afvanding af et produkt, som skal tørres, vil ligeledes kunne opnå store gevinster. Det kan for eksempel bestå i at anvende spildvarme til for-tørring ved lavere temperaturer

Anvendelse af varmepumper til "boostning" af varmegenvindingsprojekter beskrives i afsnit 3.1 nedenfor, altså som en "elektrificeringsløsning". Potentialer for "varmegenvinding" ovenfor hhv. "elektrificering med varmepumper" nedenfor kan ikke summeres.

3.2.4.1 Case: varmegenvinding på spraytørringsanlæg

Branche	21. Øvrige basiskemikalier
Procesanlæg	Spraytørringsanlæg
Energiforbrug	32.400 GJ/år (naturgas)
Løsning	Varmegenvinding på afkastluft (til fødeluft)
Energibesparelse	10.000 GJ/år eller 31%
Investering	4.500.000 kr.
Tilbagebetalingstid	6 år
Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	450 kr./GJ/år

Tabel 4. Eksempel på "anlægsoptimering" for en tørreovn. Driftsbesparelsen er beregnet med en lav naturgaspris (proces) på ca. 0,30 kr./kWh.

Casen med "anlægsoptimering" af et spraytørringsanlæg viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at sikre, at tørreovne kører mest muligt effektivt, men økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den attraktive ende.

Ift. potentialet på i gennemsnit op til 15% forventes dette således at have omkostningsniveauer som ligger noget højere, det vil sige op mod 700 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

3.2.5 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set væsentlige potentialer for at reducere energiforbruget i tørreprocesser:

- Op til 4% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Yderligere 4% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Yderligere 15% kan spares ved et investeringsniveau på 700 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 4% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Op til 8% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Op til 23% kan spares ved et investeringsniveau på 700 kr./GJ/år

Samlet fører disse erfaringsdata frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
200	4	3
400	8	7
700	23	10

Tabel 5. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen tørring.

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format:

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	5	5	3
560	5	10	7
975	15	25	10
1400	5	30	12

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen tørring i Energistyrelsens format

Det må således forventes, at den sidste del af besparelspotentialer er relativt meget dyrere at realisere, da man nærmer sig visse fysiske grænser for hvad der kan realiseres på eksisterende anlæg.

Det ses således, at der samlet set kan forventes meget høje besparelser på op mod 35% for tørreanlæg ved meget høje investeringsniveauer, hvilket dog vil forudsætte en komplet udskiftning af disse med løsninger i retning af Best Available Technology (BAT). For disse investeringsniveauer er der dog også angivet lange levetider på op til 15 år, som typisk forventes ved komplet nyetablering af centrale produktions- og procesanlæg.

3.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

Ovenstående cases er alle hentet fra energisyn eller energigennemgange i Energistyrelsens "aftaleordning" (PSO-ordningen) og er valgt fordi de er nogenlunde repræsentative for potentialer som ses bredt i produktionserhvervene.

Samtidigt er casene dog også udtryk for, at der i netop de valgte virksomheder er potentialer som er værd at realisere, hvorfor de ikke umiddelbart er repræsentative for produktionserhvervene bredt. Således vil forhold som driftstider, anlægsstørrelser, produktmæssige forhold typisk spille ind.

Generelt vurderes der således at være relativt store forskelle fra branche til branche, hvorfor der i bilag A er indsat simple korrektionsfaktorer, som for hver branche korrigerer energisparepotentialer for tørreanlæg ift. de generaliserede niveauer ovenfor.

Således er det %-besparelspotentialer angivet i tabel 6 ovenfor, som påtrykkes for eksempel en faktor 0,7, hvis der i den pågældende branche vurderes at være 30% lavere potentialer angivet i tabel 6 ovenfor.

Det samlede potentialer for energieffektivisering af tørreprocesser i produktionserhverv er således ikke udtrykt ved tabel 6 ovenfor, men ved at summere de korrigerede potentialer for hver branche med udgangspunkt i tabellen i bilag A.

Et væsentligt forhold omkring tørreprocesser er at disse ofte udgør en nøgleproces i virksomhedernes fremstilling af et produkt, hvorfor væsentlige ændringer af processens opbygning af virksomhederne kan anses for at være risikable. Dette vurderes at være en væsentlig barriere ift. specielt større omlægninger af tørreanlæggene, for eksempel ved etablering af varmegenvinding.

I andre tilfælde er tørreanlæg som nævnt ovenfor stærkt integreret med andre anlæg, hvilket kan vanskeliggøre en omlægning eller effektivisering. For eksempel udnyttes overskudsvarme fra visse tørreprocesser i dag i andre processer, hvor den samlede balance er kritisk følsom overfor ændringer. I andre tilfælde er tørringen en integreret del af en brændeprocess, hvilket gør det vanskeligt at optimere selve tørringen.

Desuden er mange tørreprocesser, som kører mere eller mindre kontinuert året rundt, hvilket gør det vanskeligt at foretage ombygninger.

Generelt har man i mange brancher den udfordring at varmegenvinding (som udgør en stor del af potentialer) ofte er udfordret af støv/restprodukt i afkastluften. Dette indebærer en risiko for at varmevekslere tilsmudsnes eller tilstoppes, hvorfor der skal etableres omfattende filterløsninger for at muliggøre varmegenvindingen. Dette er dyrt og/eller teknisk kompliceret, foruden det i visse brancher anses for at udgøre en risikofaktor, da filtre kan ødelægges ved restfugt i afkastet eller udgøre en eksplosionsfare.

3.4 Potentialer fordelt på temperaturniveau

Potentialerne angivet ovenfor vurderes for de meget omkostningseffektive løsninger (løsninger med kort tilbagebetalingstid) at ligge nogenlunde svarende til de opgørelser af tørreprocessernes temperaturbehov angivet i kortlægningsrapporten.

For større effektiviseringer vil varmegenvindingsløsninger udgøre en central del af potentialet, hvilket først og fremmest vil ligge under 100°C.

3.5 Fremskrivning af energisparepotentialer 2050

En fremskrivning af potentialerne for at effektivisere tørreanlæg frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne – fremskrivningen angår dog ikke det forhold at der vil ske en vis naturlig udskiftning af tørreanlæg eller at en del af potentialet vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Overordnet kan man sige at besparelspotentialet frem mod 2050 vil kunne blive påvirket af flere forhold, for eksempel:

- tørring i overhedet damp finder nye anvendelsesområder
- kombination af tørre teknologi med mikrobølger og andre løsninger vil kunne finde bredere anvendelse
- måletekniske løsninger og avanceret dataanvendelse bliver stadig billigere til overvågningsformål
- M.m.

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 7 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	6	3
560	28	7
975	35	10
1400	40	12

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen tørring i Energistyrelsens format

4 Slut anvendelse inddampning

Inddampningsprocesser anvendes til at koncentrere et produkt, som regel frem til en efterfølgende tørreproces. Inddampningen sker ved opvarmning til en temperatur, hvor vandet i produktet fordamper og dermed efterlader et produkt opkoncentreret/med et lavere vandindhold.

Inddampningsprocesser anvendes som nævnt ofte i forbindelse med tørring, for eksempel:

- Ved fremstilling af mælkepulver, hvor mælk koncentrerer før tørring
- Ved fremstilling af salt, hvor saltbrine koncentrerer før tørring og krystallisation
- Ved fremstilling af sukker, hvor der koncentrerer før tørring og krystallisation

I visse brancher kan inddampere være drevet med spildvarme fra andre processer, for eksempel tørreanlæg eller destillationskolonner.

4.1 Teknologianvendelse

Inddampningsanlæg består normalt af en række trin, hvor afdampet medie successivt anvendes til fordampning af medie ved lavere temperaturer og tryk.

Der anvendes typisk 2-6 inddampningstrin og afdampningen sker her ved temperaturer mellem 50 og 150 °C, hvilket betyder, at visse trin arbejder under tryk medens andre trin arbejder under vakuum.

De mange trin sikrer, at energien fra den første inddampning udnyttes mange gange, således at inddampere med mange trin har en meget høj virkningsgrad – i bedste fald kan energien bruges 4-5-6 gange afhængigt af tryk og temperatur i det første trin.

Inddampere anvendes ofte til opkoncentrering af temperaturfølsomme produkter som enzymer, æggepulver m.m. ved temperaturer under for eksempel 70 °C.

Inddampere anvendes blandt andet til følgende formål:

- fremstilling af mælkepulver
- fremstilling af kartoffelmel
- fremstilling af sukker
- fremstilling kød og benmel
- fremstilling af fiskemel
- fremstilling af salt
- fremstilling af vegetabiliske olier
- fremstilling af juice og frugtsaft
- fremstilling af farvestoffer
- diverse opgaver i farmaceutisk og kemisk industri

Inddampere drives normalt med damp fra en virksomheds kedelanlæg, 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.

Udover dampforbruget bruger inddampningsanlæg elektricitet til drift af pumper (produkt, kondensat m.m.) og vakuumpumper, der holder de enkelte trin under lavt tryk. På ældre inddampere er det almindeligt at vakuumpumper er vandringspumper med højt el- og vandforbrug.

Energiforbruget til inddamperanlæg findes i forhold til mange andre energiforbrugende teknologier på relativt få større enheder med lang driftstid. Inden for fremstilling af mælkepulver og ingredienser er det almindeligt at se driftstider på op over 8.000 timer per år

De energimæssigt væsentligste brancher for slutanvendelsen inddampning er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov i produktionserhverv (%)	Primære energiart
13 Øvrige Anden Fødevarerindustri	456	17,4%	41,6% fuelolie
9 Mejerier	456	17,4%	81,6% ledningsgas
22 Fremst. Af Maling Og Sæbe Mv.	433	16,5%	73,7% ledningsgas
12 Fremstilling Af Sukker	415	15,8%	49,8% fuelolie
6 Indvinding Af Grus Og Sten	353	13,5%	50,0% skovflis
23 Medicinalindustri	145	5,5%	86,7% ledningsgas
7 Slagterier	110	4,2%	99,5% ledningsgas
10 Bagerier, Brødfabrikker Mv.	74	2,8%	100,0% el i alt
14 Drikkevarerindustri	60	2,3%	100,0% ledningsgas
11 Fremstilling Af Foderblandinger	40	1,5%	83,9% ledningsgas
Øvrige	82	3,1%	

Tabel 1. Brancher med størst andel af energiforbrug til inddampning.

Det ses at fødevarerrelaterede virksomheder bruger langt den største andel af energiforbruget til inddampning, idet forbruget inden for "grus og sten" skyldes indvinding af salt, medens forbruget inden for "maling og sæbe" skyldes en enkelt stor virksomhed, som fremstiller fødevarer ingredienser (men er registreret inden for "maling og sæbe").

4.2 Energisparepotentialer

Besparelsespotentialerne indenfor inddampning er som udgangspunkt meget afhængige af hvad inddamperne anvendes til, da inddampere kan have forskellige driftsformer afhængigt af den branche hvori de anvendes.

De erfaringsmæssigt mest oplagte potentialer er beskrevet i det følgende med udgangspunkt i "løgdiagrammet" beskrevet i de indledende afsnit om erhvervskortlægningen.

4.2.1 Behovsreduktion

Det er teoretisk set muligt at reducere behovet for inddampning ved enten at anvende alternative metoder til at afvande et medie eller helt undgå at opkoncentrere mediet.

For inddampningsprocesser har det mest åbenlyse alternativ gennem en årrække været "filtrering", hvor man via membraner opkoncentrerer mediet ved at fjerne vand, for eksempel ved fremstilling af ferskvand af saltvand (hvor man traditionelt anvender et inddamperprincip i afsaltningsanlæg).

På trods af en betydelig udvikling i membranteknologi de seneste år er der stadig delte meninger om hvor bredt disse kan bruges i kommerciel drift:

- Arla Foods har erstattet inddampning med membranfiltrering på visse processer inden for de seneste år – men hævder at "mineraltab" i filtrene gør, at det kun kan anvendes på ganske få produkter

- Leverandører af inddampningsanlæg fremhæver at filtreringsanlæg i sidste ende har mange ekstra omkostninger til membraner, tabt produktionstid til hyppigere rengøring

Andre metoder til substitution af inddampere kan være frysetørring, centrifugering eller flokulering.

4.2.2 Adfærd og vedligehold

Inddampers energiforbrug er følsomme overfor en korrekt adfærd og vedligehold, først og fremmest:

- At sikre optimalt tørstofindhold før inddampning, altså at foregående procestrin fungerer optimalt
- At sikre at anlæg er tætte, da disse for det meste arbejder under vakuum og dermed kan suge falsk luft ind.

Det vurderes fra flere sider at størstedelen af inddamperne i drift har større eller mindre lækager, og at virkningsgraden herved falder som følge af at der opstår dårligere varmeovergang i varmevekslerne osv.

Inddampere bør tæthedstestes jævnligt, hvilket der ofte ikke levnes tid til grundet travlhed med produktionen.

- At sikre at hedeblader er rene (undgå fouling), da tilsmudsning af varmevekslere ved påbrændinger nedsætter virkningsgraden for inddamperanlæg og kan forhindres med jævnlig rengøring. Tilsmudsningen sker ofte som følge af at mediet påbrændes hedebladerne under fordampning, typisk som følge af varme temperaturer af primærdampen.

Rengøring skal alt efter medier og produktart ske regelmæssigt, hvilket typisk er mindst én gang per døgn. Det er indtrykket fra flere brancher, at rengøringen kan ske væsentligt sjældnere og at virkningsgraden af flertrins-inddampning derved reduceres betydeligt som følge af at disse drives med større temperaturdifferenser end i designforlægget. Det er i "mel"-industrien således observeret, at ydelsen af en inddamper kan falde helt op til 30 % i løbet af en kampagne.

- Det kan på den anden side også ske, at rengøringsprocedurer (CIP) varer længere end det behøves, da behovet for rengøring ikke registreres og opfølgning på rengøringsprocedurer ikke sker systematisk. Operatører skal trænes ift. at sikre at rengøring sker med den rette frekvens og varighed.
- Det er almindeligt at inddampere kan sættes på "vandcyklus" medens der ventes på nyt produkt, for eksempel ved batchproduktion. Der er eksempler på at inddampere således kan afdampe almindeligt vand i længere driftssekvenser hvis ikke operatører beslutter at stoppe anlæggene.
- Etablere eller udbedre manglende isolering på varme overflader og rørføringer, for eksempel på ventiler som styrer tilføring af primær damp.

Det vurderes at sådanne fokuspunkter i sin mest simple form (adfærd og vedligehold) på tværs af brancher typisk kan spare op til 5% af inddamperanlæggenes energiforbrug med kun få andre investeringer end mandtimeforbrug, småreparationer og eventuelt ekspertbistand og måleassistance. Typisk vil disse omkostninger være tjent hjem mellem 0 og 2 år.

4.2.2.1 Case: Isolering af inddamperanlæg

Branche	9 Mejerier
Procesanlæg	Inddampningsanlæg
Energiforbrug	51.500 GJ/år
Løsning	Isolering
Energibesparelse	1.800 GJ/år (3,5%)
Investering	450.000 kr.
Tilbagebetalingstid	1,8 år
Levetid af besparelse	3 år
Omkostningseffektivitet	250 kr./GJ/år

Tabel 2. Eksempel på simpelt "adfærds- og vedligeholdprojekt" på inddamperanlæg. Driftsbesparelsen er beregnet med en lav naturgaspris (proces) på ca. 0,30 kr./kWh.

Casen med isolering af et inddamperanlæg viser et typisk besparelspotentiale af disse anlæg og må anses for nogenlunde repræsentativt for denne del af potentialet.

Ift. potentialet på op til 5% angivet i afsnit 2.2 forventes dette således at have omkostningsniveauer som ligger noget højere, det vil sige op mod 300 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

4.2.3 Styring og driftsoptimering

For større inddamperanlæg vil der være potentialer forbundet med at anvende mere avancerede styringer og automatisere nogle af de optimeringsmuligheder, som er nævnt under "adfærd og vedligehold" ovenfor.

Dette kan for eksempel være:

- At sikre optimal samkøring med øvrige processer og anlæg

Inddampere betjenes ofte af operatører ud fra faste forskrifter fra anlæggets ibrugtagning og uden udnyttelse af de muligheder der løbende er for at tilpasse procesparametre, optimere styringer og schedulering af rengøring osv. Det fremhæves fra flere sider at erfarne inddampningsspecialister i stort set alle anlæg kan finde gode muligheder for at "fintune" driften

- At etablere mere avancerede styrings- og reguleringsmekanismer, herunder adaptiv styring, avancerede nøgletal og løbende justering af driftsparametre.
- At undgår lange perioder med tomgangsdrift/"vandcyklus" (som beskrevet ovenfor)

Dette kan kræve en bedre produktionsplanlægning og styring af råvareleverancer, men også systemer og metoder til at håndtere dette

Det vurderes at sådanne fokuspunkter på tværs af brancher typisk kan spare yderligere op til 5% ud over besparelspotentialerne ved bedre adfærd og vedligehold, men at der skal investeres en del penge i måleudstyr og instrumentering for at realisere potentialerne – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 4 år.

4.2.3.1 Case: Adaptiv styring af inddamperanlæg

Branche	7 Slagterier
Procesanlæg	Inddampningsanlæg
Energiforbrug	14.000 GJ/år
Løsning	Adaptiv styring til reduktion af udsving i fugtindhold
Energibesparelse	2.900 GJ/år (20%)
Investering	450.000 kr.
Tilbagebetalingstid	2,0 år
Levetid af besparelse	3 år
Omkostningseffektivitet	155,27 kr./GJ/år

Tabel 3. Eksempel på "Styring og driftsoptimering" på inddamperanlæg. Driftsbesparelsen er beregnet med en lav naturgaspris (proces) på ca. 0,35 kr./kWh.

Casen med "Styrings- og driftsoptimering" af en inddamper, viser en temmelig høj besparelse, som ikke anses for at være repræsentativt for området.

Ift. potentialet på op til 5% forventes dette således at have omkostningsniveauer som ligger noget højere, det vil sige op mod 400 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

4.2.4 Anlægsoptimeringer

Den største mulighed for at effektiviserer inddamperanlæg består i at etablere MVR-inddampere, hvor termiske inddamptrin drives af en dampkompressor (varmepumpe) med meget høj COP (effektfaktor op til 30-40). Dette er dog en elektrificeringsløsning, som er beskrevet i afsnit 3 nedenfor.

De største muligheder for anlægsoptimeringer vil herefter bestå i:

- At påbygge flere trin på eksisterende inddampere.
- Der er et teoretisk set betydeligt energibesparelspotentiale ved at anvende inddamperanlæg med minimale temperaturdifferencer (delta-T), da inddamperanlæg kan udformes med flere trin for øget genvinding af varme fra trin til trin. Dertil kan der opnås en bedre forvarmning af mediet der inddampes, såfremt spildstrømme fra inddampningen (dampkondensat og produktkondensat) udnyttes bedst muligt.

Generelt har større inddamperanlæg med lang driftstid dog allerede mange trin og omfattende varmevekslersystemer til forvarmning. Desuden skal inddamperanlæg med mange trin og små delta-T drives og vedligeholdes med stor akkuratess for at opnå en maksimal virkningsgrad.
- Bedre integration med øvrige processer for udveksling af spildvarme, for eksempel med tørreprocesser eller destillationskolonner. For eksempel kan varmt produktkondensat bruges til forvarmning af luft til tørreprocesser givet at produktkondensatet ikke kan anvendes til interne formål i det givne inddamperanlæg.
- Gamle inddamperanlæg har et betydeligt elforbrug til produkt- og kondensatpumper såvel som til vakuumpumper. Sidstnævnte er ofte af vandrings-typen, hvilket også medfører et betydeligt vandforbrug. Der er et stort elsparepotentiale ved at anvende frekvensomformere til disse anlæg såvel som ved at anvende lamelpumper i stedet for vandringspumper hvad angår vakuum. Disse besparelspotentiale er opgjort i andre teknologibeskrivelser.

Da mange af de største inddamperanlæg med høj driftstid allerede drives meget energieffektivt vurderes det at sådanne løsninger i sidste ende kun kan reducere energiforbruget til inddamperanlæg med af størrelsesordenen 5%, hvilket pga. kompleksiteten i ombygningerne vil have tilbagebetalingstider i intervallet 4-10 år – ud over potentialerne beskrevet i afsnittene ovenfor

Anvendelse af varmepumper til "boostning" af varmegenvindingsprojekter beskrives i afsnit 3.1 nedenfor, altså som en "elektrificeringsløsning". Potentialer for "varmegenvinding" ovenfor hhv. "elektrificering med varmepumper" nedenfor kan ikke summeres.

4.2.4.1 Case: Optimeret varmegenvinding i inddamperanlæg

Branche	13. Øvrig anden fødevarerindustri
Procesanlæg	Inddampningsanlæg integreret med destillationsanlæg m.m.
Energiforbrug	121.000 GJ/år (større samlet procesafsnit)
Løsning	Varmegenvinding
Energibesparelse	9.800 GJ/år (%)
Investering	2.300.000 kr.
Tilbagebetalingstid	1,3 år
Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	234,69 kr./GJ/år

Tabel 4. Eksempel på "anlægsoptimering" for inddampningsanlæg. Driftsbesparselsen er beregnet med en energipris (proces) på ca. 0,66 kr./kWh.

Casen med varmegenvinding i et inddamperanlæg viser et i projekt den meget attraktive ende både hvad angår potentiale og tilbagebetalingstid, hvilket bl.a. skyldes at der er tale om et ældre procesanlæg. En medvirkende årsag til den lave tilbagebetalingstid er desuden en høj brændselspris.

Ift. potentialet på i middel 5% forventes dette således at have omkostningsniveauer som ligger noget højere, det vil sige op mod 500 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

4.2.5 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set væsentlige potentialer for at reducere energiforbruget til inddampning:

- Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 300 kr./GJ/år
- Yderligere 5% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Yderligere 5% kan spares ved et investeringsniveau på 500 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 300 kr./GJ/år
- Op til 10% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Op til 15% kan spares ved et investeringsniveau på 500 kr./GJ/år

Samlet fører disse erfaringsdata frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
300	5	3
400	10	5
500	15	7

Tabel 5. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen inddampning.

Opgjort ift. Energistyrelsens investeringsniveauer fås følgende potentialer.

Kr./GJ	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	5	5	3
560	11	16	7
975	4	20	10
1400	3	23	12

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen inddampning i Energistyrelsens format

Det må således forventes, at den sidste del af besparelspotentialet er relativt meget dyrere at realisere, da man nærmer sig visse fysiske grænser for hvad der kan realiseres på eksisterende anlæg – givet at elektrificeringspotentialer (MVR) ikke er medregnet (opgøres separat).

Det ses således, at der samlet set kan forventes meget høje besparelser på op mod 25% for inddamperanlæg ved meget høje investeringsniveauer, hvilket dog vil forudsætte en komplet udskiftning af disse med løsninger i retning af Best Available Technology (BAT). For disse investeringsniveauer er der dog også angivet lange levetider på op til 15 år, som typisk forventes ved komplet nyetablering af centrale produktions- og procesanlæg.

4.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

Et væsentligt forhold omkring inddampningsprocesser er at disse ofte udgør en nøgleproces i virksomhedernes fremstilling af et produkt, hvorfor væsentlige ændringer af processens opbygning eller drift af virksomhederne kan anses for at være risikable eller vanskelige. Dette vurderes at være en væsentlig barriere ift. specielt større omlægninger af inddamperanlæg, for eksempel ved etablering af ekstra trin eller helt nye inddamperanlæg.

I andre tilfælde er inddamperanlæg som nævnt ovenfor stærkt integreret med andre anlæg, hvilket kan vanskeliggøre en omlægning eller effektivisering. For eksempel udnyttes overskudsvarme fra visse inddamperanlæg i dag i andre processer, hvor den samlede balance er kritisk følsom overfor ændringer.

Desuden er der mange inddamperanlæg, som kører mere eller mindre kontinuert året rundt, hvilket gør det vanskeligt at foretage ombygninger.

Generelt vurderes der at være relativt store forskelle på besparelspotentialerne for inddamperanlæg fra branche til branche, hvorfor der i bilag A er indsat simple korrektionsfaktorer, som for hver branche korrigerer energisparepotentialet for tørreanlæg ift. de generaliserede niveauer ovenfor.

Således er det %-besparelspotentialet angivet i tabel 6 ovenfor, som påtrykkes for eksempel en faktor 0,7, hvis der i den pågældende branche vurderes at være 30% lavere potentiale en angivet i tabel 6 ovenfor.

Det samlede potentiale for energieffektivisering af inddampningsprocesser i produktionserhverv er således ikke udtrykt ved tabel 6 ovenfor, men ved at summere de korrigerede potentialer for hver branche med udgangspunkt i tabellen i bilag A.

4.4 Potentialer fordelt på temperaturniveau

Potentialet angivet ovenfor vurderes alle at ville ligge under 100°C – dog vil mere energieffektive inddamperanlæg kræve mindre primær damp, hvilket kan ligge over 150°C.

4.5 Fremskrivning af energisparepotentialer 2050

En fremskrivning af potentialerne for at effektivisere inddamper frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne – fremskrivningen angår dog ikke det forhold, at der vil ske en vis naturlig udskiftning af inddamperanlæg eller at en del af potentialet vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Overordnet kan man sige at besparelspotentialet frem mod 2050 vil kunne blive påvirket af flere forhold, for eksempel:

- Udvikling af nye membranløsninger, som reducerer behovet for inddampning
- Nye måletekniske løsninger og avanceret dataanvendelse bliver stadig billigere til overvågningsformål
- M.m.

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 7 nedenfor.

Kr./GJ/år	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	6	3
560	20	7
975	23	10
1400	25	12

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen inddampning i Energistyrelsens format

5 Slut anvendelse destillation

Destillation anvendes til at rense eller koncentrere et produkt, typisk en flygtig væske, som skal fjernes fra en mere vanskeligt fordampelig væske, som fordamper ved en højere temperatur. Det kan for eksempel bestå i at adskille alkohol fra vand eller hexan fra olie.

Destillationsprocesser udvikler store mængde spildvarme, da den afdampede væske fra destillationen skal kondenseres igen, hvorfor anlæggene ofte er integrerede med køletårne, som bortventilerer varme eller andre anlæg, hvor varme behøves, som for eksempel inddampningsprocesser eller anlæg til bygningsopvarmning eller forvarmning af vand til produktions-/procesformål.

5.1 Teknologianvendelse

Destillationskolonner består normalt af et eller flere trin, hvor afdampet medie (som i inddamperanlæg) successivt anvendes til fordampning af selv samme medie ved gradvist lavere temperaturer og tryk.

Destillation af alkoholer og flygtige væsker (ethanol, hexan osv.) sker typisk ved temperaturer under 100°C, medens der i andre brancher som for eksempel raffinaderier og olieindustri (uden for denne erhvervskortlægning) sker destillation ved langt højere temperaturer.

Destillationskolonner anvendes blandt andet til følgende formål:

- Adskillelse af hexan fra oliefraktioner i fødevarerindustri (fiskemel, fremstilling af soyaolie m.m.)
- Rensning af sprit i medicinalindustri og fødevarer ingredienser
- Fremstilling af sterilvand (WFI) i medicinalvarerindustri
- Adskillelse af forskellige olie kvaliteter
- Fremstilling af spiritusprodukter
- Fremstilling af tjære

Destillationskolonner drives normalt med damp fra en virksomheds kedelanlæg, men kan i princippet også drives med spildvarme fra andre processer.

Enkelte virksomheder i medicinalindustrien er dog begyndt at anvende MVR-destillation, hvor destillationskolonnen drives ved re-komprimering af den damp som produceres ved kogningen. MVR-anlæg kan have en effektfaktor (COP) så høj som 30-40.

Udover dampforbruget bruger destillationskolonner elektricitet til drift af pumper (produkt, kondensat m.m.) og vakuumpumper, der holder de enkelte trin under lavt tryk.

De energimæssigt væsentligste brancher for slut anvendelsen destillation er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov i produktionserhverv (%)	Primære energiart
22 Fremst. Af Maling Og Sæbe Mv.	1.260	64,1%	80,9% ledningsgas
23 Medicinalindustri	278	14,1%	65,4% ledningsgas
13 Øvrige Anden Fødevarerindustri	142	7,2%	65,5% ledningsgas
21 Øvrige Basiskemikalier	141	7,2%	100,0% ledningsgas
20 Fremstilling Af Enzymer	110	5,6%	64,3% fuelolie
14 Drikkevarerindustri	36	1,8%	100,0% ledningsgas
Øvrige	0	0,0%	

Tabel 1. Brancher med størst andel af energiforbrug til destillation.

Samlet set udgør destillation en begrænset andel af produktionserhvervenes energiforbrug (2,1%).

Det ses, at langt den største andel af energiforbruget til destillation skyldes virksomheder inden for "maling og sæbe", hvilket skyldes en enkelt stor virksomhed, som fremstiller fødevarer ingredienser (men er registreret inden for "maling og sæbe"). Dernæst udgør medicinalindustrien et større forbrug.

I begge tilfælde handler det om oprensning af sprit således at dette kan genbruges i produktionen.

5.2 Energisparepotentialer

Besparelsespotentialerne indenfor destillation minder som udgangspunkt meget om potentialerne inden for inddampning, idet potentialerne dog som udgangspunkt er meget afhængige af driftsform og typer af produkter som destilleres.

De erfaringsmæssigt mest oplagte potentialer er beskrevet i det følgende med udgangspunkt i "løgdiagrammet" beskrevet i de indledende afsnit om erhvervskortlægningen.

5.2.1 Behovsreduktion

Det er teoretisk set muligt at reducere behovet for destillation på flere måder, for eksempel:

- Hvilken grad af renhed er optimal/nødvendig?
- Hvor mange trin af oprensning/antal gange destilleres?
- Kan behovet for sprit minimeres?

Man skal være opmærksom på at brugen af sprit i medicinalbranchen oftest sker i procesafsnit, som er kontrolleret og godkendt af FDA, hvilket kan være vanskeligt og omkostningstungt at lave om på – både anlægsteknisk og proceduremæssigt – selvom der kan være tale om simple ændringer.

5.2.2 Adfærd og vedligehold

Destillationskolonner har ift. adfærd og vedligehold nogle af de samme besparelsespotentialer som inddamperanlæg, for eksempel:

- Kan de isoleres bedre? – både selv kolonnen og de damptilslutninger (ventiler og rør) som omgiver dem
- Er kolonner som arbejder under vakuum tætte? – er der risiko for indtrængning af falsk luft
- Er varmevekslere fuldt funktionsdygtige og effektive (fouling)?
- Er reflux sat korrekt eller med stor margin til energioptimal drift?
- Behøves samme procesparametre for alle produkter?

Det vurderes, at sådanne fokuspunkter har relativt begrænsede potentialer, da kolonner typisk arbejder med rene produkter og er udført i relativt høj kvalitet rent materialemæssigt – specielt i medicinalindustrien.

Det vurderes derfor at der kan opnås energibesparelser på op til 3% af destillationskolonnernes energiforbrug med kun få andre investeringer end mandtimeforbrug, småreparationer og eventuelt ekspertbistand og måleassistance.

Typisk vil disse omkostninger være tjent hjem mellem 0 og 2 år.

5.2.2.1 Case: Isolering af destillationskolonne

Branche	13. Øvrig anden fødevarerindustri
Procesanlæg	Destillation
Energiforbrug	585.000 GJ/år
Løsning	Isolering
Energibesparelse	2.300 GJ/år (0,3%)
Investering	278.000 kr.
Tilbagebetalingstid	1,3 år
Levetid af besparelse	3 år
Omkostningseffektivitet	122,12 kr./GJ/år

Tabel 2. Eksempel på simpelt "adfærds- og vedligeholdsprojekt" på destillationskolonne. Driftsbesparelsen er beregnet med en lav naturgaspris (proces) på ca. 0,35 kr./kWh.

Casen med "adfærd og vedligehold" anses for at være nogenlunde retvisende forstået således, at potentialet på op til 3% angivet i afsnit 2.2 således må forventes at have omkostningsniveauer som ligger på dette niveau eller lidt højere, det vil sige op mod 200 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor (bla. fordi mange anlæg er af relativ lille størrelse med relativt højere investeringsomkostninger).

5.2.3 Styring og driftsoptimering

For større destillationskolonner vil der være potentialer forbundet med at anvende mere avancerede styringer og automatisere nogle af de driftsmæssige optimeringsmuligheder, som er nævnt under "adfærd og vedligehold" ovenfor.

Dette kan for eksempel være:

- En mere præcis styring (minimering) af reflux over kolonnen, altså det flow som opretholdelse over kolonnen for at sikre en stabil drift.

Dette kræver kontinuerlige målinger på destillationskolonnernes fødestrøm for at regulere refluxen relativt til fødestrømmens temperatur, massestrøm og komposition.

Destillationskolonnerne kræver begrænsede udsving i driftsparametre, da store udsving kan give ustabil drift og føre til at den "tripper" og destillationen stopper

- Adaptive reguleringssystemer og avanceret regulering

Det vurderes at sådanne fokuspunkter på tværs af brancher typisk kan spare yderligere op til 5% ud over besparelspotentialerne ved bedre adfærd og vedligehold, men at der skal investeres en del penge i måleudstyr og instrumentering for at realisere potentialerne – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 4 år.

5.2.3.1 Case: Styling af reflux på destillationskolonne

Branche	13. Øvrig anden fødevarerindustri
Procesanlæg	Destillation
Energiforbrug	585.000 GJ/år
Løsning	Refluxoptimering
Energibesparelse	28.800 GJ/år (4,9%)
Investering	15.000.000 kr.
Tilbagebetalingstid	5,4 år
Levetid af besparelse	7 år
Omkostningseffektivitet	520,83 kr./GJ/år

Tabel 3. Eksempel på simpelt "adfærds- og vedligeholdelsesprojekt" på destillationskolonne. Driftsbesparelsen er beregnet med en lav naturgaspris (proces) på ca. 0,35 kr./kWh.

Denne case med "styrings- og driftsoptimering" viser en relativt høj investering og en tilbagebetalingstid over 5 år, men vurderes også at kunne give andre fordele (kapacitet, kvalitet m.m.).

Ift. potentialet på op til 5% forventes dette således at have omkostningsniveauer som ligger noget højere, det vil sige op mod 500 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

5.2.4 Anlægsoptimeringer

Den største mulighed for at effektiviserer destillationskolonner består i at etablere MVR-inddampere, hvor termiske inddampningsstrin drives af en dampkompressor (varmepumpe) med meget høj COP (effektfaktor op til 30-40) i stedet for med damp (i princippet med en "COP" på 1). Dette er dog en elektrificeringsløsning, som er beskrevet i afsnit 3 nedenfor.

De største muligheder for anlægsoptimeringer vil herefter bestå i:

- At etablere flere kolonnestrin for sikre flere niveauer af successiv varmegenvinding – i mange tilfælde vil dette dog skulle bestå i en radikal udskiftning af kolonnen, da denne typisk (for mindre anlæg) leveres som en færdig unit på en ramme
- At påbygge TVR på eksisterende kolonner - TVR er termisk "vapour recompression", hvor primær damp bruges til at boste afdampet medie således at dette kan genbruges til at drive fordampningsprocessen
- At udnytte overskudsvarmen fra kondensering af det afdampede medie til øvrige formål – andre enhedsoperationer eller opvarmning af vand til proces- og rengøringsformål (CIP).
- At forsyne ældre destillationskolonner med mere effektive pumpe- og vakuumløsninger

Da mange af de største destillationsanlæg med høj driftstid og allerede drives energieffektivt vurderes det at sådanne løsninger i sidste ende kun kan reducere energiforbruget til inddamperanlæg med af størrelsesordenen 10%, hvilket pga. kompleksiteten i ombygningerne vil have tilbagebetalingstider i intervallet 4-10 år – ud over potentialerne beskrevet i afsnittene ovenfor

5.2.4.1 Case: Optimeret varmegenvinding på destillationskolonne

Branche	13. Øvrig anden fødevareindustri
Procesanlæg	Destillation
Energiforbrug	585.000 GJ/år
Løsning	Varmegenvinding
Energibesparelse	14.400 GJ/år (2,5%)
Investering	6.000.000 kr.
Tilbagebetalingstid	4,3 år
Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	416,67 kr./GJ/år

Tabel 4. Eksempel på simpel "anlægsoptimering" på destillationskolonne. Driftsbesparelsen er beregnet med en lav naturgaspris (proces) på ca. 0,35 kr./kWh.

Casen med "anlægsoptimering" viser et energisparepotentiale i den lave ende af skalaen om end med god tilbagebetalingstid.

Ift. potentialet på op til 10% forventes dette således at have omkostningsniveauer som ligger noget højere, det vil sige op mod 800 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

5.2.5 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set følgende potentialer for at reducere energiforbruget til destillation:

- Op til 3% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Yderligere 5% kan spares ved et investeringsniveau på 500 kr./GJ/år
- Yderligere 10% kan spares ved et investeringsniveau på 800 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 3% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Op til 8% kan spares ved et investeringsniveau på 500 kr./GJ/år
- Op til 18% kan spares ved et investeringsniveau på 800 kr./GJ/år

Samlet fører disse erfaringsdata frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
200	3	3
500	8	7
800	18	10

Tabel 5. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen destillation.

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format:

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	4	4	3
560	5	9	7
975	11	20	10
1400	2	22	12

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen destillation i Energistyrelsens format

Det må således forventes, at den sidste del af besparelspotentialer er relativt meget dyrere at realisere, da man nærmer sig visse fysiske grænser for hvad der kan realiseres på eksisterende anlæg.

5.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

De 2 væsentligste barrierer for effektivisering af destillationskolonner vil være:

1. at disse er en stærkt integreret og central del af en givent produktionsanlæg, hvorfor anlæggene ikke uden videre stoppes for ombygninger med det formål at effektivisere energiforbrug
2. at destillationsanlæggene er underlagt godkendelser som for eksempel FDA (medicinalvareindustri), hvor ændringer i anlægsombygninger såvel som driftsparametre er svære eller omkostningstunge at gennemføre

Generelt vurderes der derfor at være relativt store forskelle i energisparepotentialerne fra branche til branche, hvorfor der i bilag A er indsat simple korrektionsfaktorer, som for hver branche korrigerer energisparepotentialer for tørreanlæg ift. de generaliserede niveauer ovenfor.

Det samlede potentiale for energieffektivisering af destillationskolonner i produktionserhverv er således ikke udtrykt ved tabel 6 ovenfor, men ved at summere de korrigerede potentialer for hver branche med udgangspunkt i tabellen i bilag A.

5.4 Potentialer fordelt på temperaturniveau

Potentialerne angivet ovenfor vurderes alle at ville ligge under 100°C – dog vil mere energieffektive inddamperanlæg kræver mindre primær damp, hvilket kan ligge over 150°C.

5.5 Fremskrivning af energisparepotentialer

En fremskrivning af potentialerne for at effektivisere destillationsprocesser frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne – fremskrivningen angår dog ikke det forhold, at der vil ske en vis naturlig udskiftning af destillationskolonner eller at en del af potentialer vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Overordnet kan man sige at besparelspotentialer frem mod 2050 vil kunne blive påvirket af flere forhold, for eksempel:

- Udvikling af nye destillationsprincipper, herunder membranløsninger, som reducerer behovet for termisk destillation
- Nye måletekniske løsninger og avanceret dataanvendelse bliver stadig billigere til overvågningsformål

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 7 nedenfor.

Kr./GJ/år	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	5	3
560	19	7
975	22	10
1400	25	12

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen destillation i Energistyrelsens format.

6 Slut anvendelse brænding & sintring

Brænding & sintring anvendes når råvarer skal gennemgå en fysisk/kemisk ændring, hvorved kalk, ler, moler, sand og flyveaske omdannes til produkter.

Brænding og sintring anvendes ofte i serie med en række andre energiforbrugende enhedsoperationer som for eksempel:

- opvarmning (for eksempel cementindustrien)
- tørring (for eksempel i cement-, moler- og teglværksindustrien)

Ud over de få store producenter inden for cement, let-klinker, molerprodukter, tegl og kalk er der en række virksomheder med et mindre forbrug til hærdeovne og keramikovne i forbindelse med produktfremstilling med glas, belægninger på metalemner samt brænding af keramik.

6.1 Teknologianvendelse

Samlet set er teknologiområdet brænding & sintring forholdsvis snævret og finder således anvendelse i nogle brancher, for eksempel:

- Fremstilling af cement.
- Fremstilling af tegl
- Fremstilling af let-klinker (Leca m.fl.)
- Brænding af kalk
- Hærdning af eksempelvis glas- og metalprodukter
- Brænding af keramik

Der anvendes til brænding & sintring forskellige teknologier som for eksempel:

- Rotationsovne – ved fremstilling af cement, let-klinker, molerprodukter og brændt kalk
- Tunnelovne – ved fremstilling af tegl
- Kammerovne – hærdning af glas eller belægninger på metalemner, brænding af keramik

De energimæssigt væsentligste brancher for slut anvendelsen brænding & sintring er jf. kortlægningssrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov i produktionserhverv (%)	Primære energikilde
26 Fremstilling Af Cement	4.021	70,2%	61,0% petroleumskoks
27 Fremstilling Af Teglsten Mv.	1.098	19,2%	90,9% ledningsgas
6 Indvinding Af Grus Og Sten	557	9,7%	43,7% gas-/dieselolie
13 Øvrige Anden Fødevarerindustri	22	0,4%	84,9% ledningsgas
21 Øvrige Basiskemikalier	15	0,3%	100,0% ledningsgas
8 Fiskeindustri	12	0,2%	100,0% ledningsgas
25 Glasindustri Og Keramisk Industri	0,4	0,0%	100,0% lpg
Øvrige	0	0,0%	

Tabel 1. De energimæssigt største brancher med slut anvendelsen "brænding & sintring":

Det ses, at cementindustrien udgør den langt største branche med anvendelse af brænding & sintring efterfulgt af teglfremstilling og indvinding af sten og grus, der tillige omfatter moler- og kalkindustri. Slut anvendelsen brænding

og sintring er således præget af få, men betydende virksomheder. Hovedparten af brændslet udgøres af petroleumskoks, ledningsgas samt gas-/dieselolie.

Med godt 70% af det samlede forbrug er cementfremstilling klart den mest betydende energiforbruger for slutanvendelsen brænding & sintring. Dermed er det samlede energiforbrug og besparelspotentiale bundet meget op på en enkelt virksomhed, Aalborg Portland, og udvikling i produktion og specifikt energiforbrug.

Det største fokus ved cementfremstillingen er reduktion i CO₂-udledningen, der dels kommer fra den indlejrede CO₂ og dels fra afbrænding af brændsler. Aalborg Portland har en tresidig strategi i sin 2030 køreplan ved dels at udvikle nye cementtyper, dels at bruge alternative brændsler og endelig ved at etablere CO₂-fangst.

I planen er der ikke betydelige energibesparelser i selve processen, men der er to større projekter som sænker energiforbruget i det omkringliggende samfund:

- Betydelig udbygning af leverance af overskudsvarme til Aalborg Forsyning
- Fjernkøling fra kridtsø til Region Nordjyllands nye supersygehus.

Tilsvarende udvikling kan ses hos Saint-Gobain, Leca Danmark A/S hvor der er fokus på reduktion i CO₂-udleningen ved at anvende alternative brændsler og reduktion af spild. Teglværkerne har samme ambition om nedsættelse af i CO₂-udleningen og arbejder ligeledes med brændselsvalg, men også med nedsættelse af det specifikke energiforbrug per mursten ved eksempelvis at øge hularealet og dermed nedsætte massen der skal brændes.

6.2 Energisparepotentialer

Besparelspotentialerne indenfor brænding og sintring er betinget af forholdene ved de forholdsvis få betydende energiforbrugere indenfor denne slutanvendelse.

Tankegangen fra løgdiagrammet anvendes ved at vurdere besparelserne ud fra behov, anlæg, styring og slutlig adfærd.

6.2.1 Behovsreduktion

For at processerne for den nuværende produktion kan forløbe, er der givet bestemte meget høje temperaturniveauer (fra 950°C til 1.500°C). Dermed er det ikke muligt at nedsætte energibehovet ved denne slutanvendelse.

Derimod kan der arbejdes med behovsreduktion på andre måder, der dog ikke falder ind under besparelspotentialet, som det er defineret i denne rapport:

- Udvikling af nye cementtyper, der kræver mindre energi som eksempelvis FUTURECEM, der erstatter 30% af cementklinkerne med kalcineret ler og kalkfiller
- Udvikling af nye mursten med mindre masse der skal brændes

Det vurderes generelt at der også i de kommende år vil være stor fokus for virksomhederne i at udvikle nye produkter med et lavere CO₂-aftryk. Kan der opnås en betydelig afsætning af produkter med et lavere specifikt energiforbrug, som FUTURECEM, vil det nedsætte det samlede energiforbrug til brænding og sintring.

Flere af virksomhederne arbejder med øget anvendelse af restmaterialer for at reducere forbruget af jomfruelige råvarer. Dette medfører nødvendigvis ikke en reduktion af energiforbruget til brænding og sintring.

6.2.2 Adfærd og vedligehold

Brænding og sintring processernes energiforbrug er følsomme overfor en præcis drift af anlæggene, hvorfor korrekt adfærd og vedligehold er en vigtig forudsætning for opnåelse af energieffektivitet.

Dette kan bestå i:

- At sikre vedligehold af instrumenter, målere mv. der sikre en god styring af processen
- At sikre isoleringsstandarden opretholdes i hele driftstiden mellem vedligeholdelsesstoppene
- At sikre at de forudgående processer kører optimalt og at råvarerne tilgår med de rette specifikationer

Det vurderes at adfærd har en meget lille påvirkning af energiforbruget, da processerne er meget styret. Til gengæld vurderes vedligehold at have en større betydning og samlet på tværs af brancherne vurderes potentialet til 2 %.

6.2.2.1 Case: isolering af rotationsovn

I produktionen af mineraler til industrielt brug med moler som råvare er rotationsovnen en central del, og denne står under åben himmel. I den forbindelse er det konstateret at energiforbruget pr. ton færdigvare er markant højere om vinteren fordi moleren har en højere vandprocent om vinteren og at strålingstabet er større om sommeren.

Ved at isolere rotationsovnen blev overfladetemperaturen om vinteren reduceret markant hvilket giver et mindre strålingstab. Det viste sig muligt at spare 4,6% per ton færdigvare produceret.

Branche	30. Øvrig betonindustri og teglværker
Procesanlæg	Rotationsovn
Energiforbrug	388.800 GJ/år
Løsning	Isolering af rotationsovn
Energibesparelse	4,6% / ton færdigvare
Investering	125.000 kr.
Tilbagebetalingstid	2 år
Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	27.200 kr./%/ton færdigvare

Tabel 2 Eksempel på et "Adfærd og vedligeholdsprojekt" på en rotationsovn.

Casen med "Adfærd og vedligehold" af en rotationsovn ovenfor viser en stor besparelse på 4,6% af energiforbruget. Det er usædvanligt at et sådant tiltag kan give så stor en reduktion ved denne slutanvendelse. Der er ikke oplysninger til at beregne omkostningseffektiviteten i kr./GJ/år, men den vurderes at ligge under 200 kr./GJ/år.

6.2.3 Anlægsoptimeringer

Teknologien brænding har i mange år grundlæggende været uforandret og der er ingen tegn på nybrud i de kommende år.

De energiforbedringer der er gennemført i de seneste år, er mindre effektiviseringsprojekter og optimeringer af ovnene. Der vil forsat kunne findes yderligere optimeringsmuligheder, men udbyttet heraf vil være meget beskedent i forhold til det samlede energiforbrug.

Der vil stadig være gode muligheder for udnyttelse af mere overskudsvarme til fjernvarme og specifikke projekter er allerede under udvikling. Udnyttelse af overskudsvarme ændrer dog ikke på energiforbruget til brænding.

På tværs af brancher vurderes potentialet til at være 2 %, da der har været arbejdet meget med anlæggene.

6.2.3.1 Case: minimering af varmetab fra rotationsovn

Ved produktion af hvid cement kræves der for at opretholde kvaliteten højere temperatur (1500°C) end ved brændingen af konventionel grå cement. Den høje temperatur medfører store krav til indersiden af ovnen, som skal beskyttes mod kemi og varme samtidig med at varmetabet reduceres. Dette gøres blandt andet ved at fore ovnens inderside med ildfaste sten.

I denne case er disse isoleringssten opgraderet til nogle der består af magnesium spinel, hvor varmetabet mindskes betydeligt, hvilket ses i at brændselsforbruget er reduceret med 2,7%. Anlægsoptimering giver en årlig besparelse i petroleumskoks på ca. 0,9 mio. kr./år. Til projektet er der desuden givet et tilskud på 4,3 mio. kr. der giver en relativ kort tilbagebetalingstid på 1,17 år.

Branche	30. Øvrig betonindustri og teglværker
Procesanlæg	Cementbrændeovn
Energiforbrug	3,5 mio. GJ/år (petroleumskoks)
Løsning	Opgradering af foringssten på inderside af brændeovn
Energibesparelse	93.470 GJ/år eller svarende til 2,7%
Investering	5,3 mio. kr.
Tilbagebetalingstid	1,17 år
Levetid af besparelse	2-3 år
Omkostningseffektivitet	57 kr./GJ/år

Tabel 3 Eksempel på et "Anlægsoptimeringsprojekt" på en cementbrændeovn. Besparelsen er beregnet med en petroleumskoks pris på 65 DKK/MWh.

Casen med "anlægsoptimering" af rotationsovn viser, at der kan opnås en tilbagebetalingstid, der er kortere end den tekniske levetid. Det vil dog være en udfordring at finde yderligere besparelser med tilsvarende korte tilbagebetalingstid. Ift. potentialet på op til 2 % forventes dette således at have omkostningsniveauer som ligger noget højere, det vil sige op mod 400 kr./GJ/år,

6.2.4 Styring og driftsoptimering

For mange af brændingsprocesserne er styringen nøje fastlagt ud kvalitetsmæssige kriterier. Dermed er de vigtigste parameter såsom temperatur og opholdstid fastlagt og en del af styringen. Der kan dog stadig være områder hvor der kan optimeres.

Dette kan for eksempel være:

- Optimering af råvaretilgangen til ovnen så energiforbruget minimeres
- Ændre opvarmningen af ler til teglproduktion fra damp til direkte gasafbrænding og derved nedsætte fugtprocenten ved vådt ler
- Optimere logistikken ved teglbrænding så tunnelovnen er så tæt pakket som muligt
- Med øget anvendelse af restprodukter til erstatning af en del af råvaremængden er det vigtigt at få anlæggene hurtigt trimmet ind til de aktuelle forhold

På tværs af brancher vurderes potentialet til at være 1 %.

6.2.4.1 Case: Optimering af vandtilsætning

På fødningsen af en rotorovn sidder en blander, hvor vand tilføres støv for at danne ler. Ved at styre tilførsel af både vand og støv kan man minimere energiforbruget, da et optimeret vand tilførsel betyder at mindre vand skal fordampes i rotorovnen. Herudover giver det også bedre proces betingelser i det videre forløb.

Branche	30. Øvrig betonindustri og teglværker
Procesanlæg	Rotationsovn
Energiforbrug	187.200 GJ/år
Løsning	Styring af vand og støv tilførsel til blander
Energibesparelse	4.774 GJ/år
Investering	500.000 kr.
Tilbagebetalingstid	2,16 år
Levetid af besparelse	7 år
Omkostningseffektivitet	105 kr./GJ/år

Tabel 4 Eksempel på et "Styrings og driftsoptimeringsprojekt"

Casen med "Styrings- og driftsoptimering" af en rotationsovn ovenfor viser en stor besparelse på 2,5% af energiforbruget. Det er usædvanligt at et sådant tiltag kan give så stor en reduktion ved denne slutanvendelse. Ift. potentialet på op til 1 % forventes dette således at have omkostningsniveauer som ligger noget højere, det vil sige op mod 200 kr./GJ/år.

6.2.5 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser at der er yderlige ikke realiserede potentialer for at reducere energiforbruget i brænding og sintring:

- Op til 3 % kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Yderligere 2 % kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 3% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år

Samlet fører disse erfaringsdata frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
200	3	5
400	5	10

Tabel 5. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen brænding og sintring.

Dette vurderes at være det generelle potentiale for energi effektivisering.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	2	2	4
560	3	5	8
975	5	10	12
1400	5	15	15

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen brænding og sintring

Det store besparelspotentiale indenfor brænding og sintring ligger i udvikling af alternative produkter med et mindre energibehov og et mindre CO₂-aftryk. Som beskrevet i afsnit 1 er der allerede specifikke tiltag i gang. Potentialet heri er meget stort, men meget afhængig af succesen med markedsføring af de nye produkter. En vurdering vil være at det er realistisk at forvente en reduktion på mellem 10 og 25% i løbet af det næste årti. Det der taler herfor, er dels producenternes bestræbelser for at mindske CO₂-udledningen og dels ændringer på forbrugssiden. Eksempelvis vil byggeriet med øget fokus på certificering og bæredygtighed være med til at fremme forbruget af cementtyper med lavere CO₂-aftryk.

6.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

Ovenstående cases er alle hentet fra energisyn eller energigennemgange i Energistyrelsens "aftaleordning" (PSO-ordningen). De vurderes ikke til at være helt repræsentative for potentialerne for denne slutanvendelse, men da der ikke er gennemført mange projekter, er der fortaget en vurdering i forhold til casene kan generaliseres.

Hovedparten af energiforbruget ved denne slutanvendelse ligger ved få store energiforbrugere der har haft energiledelse i mange år og har realiseret en række energi effektiviserings tiltag. Dette sammenholdt med at der ikke kan ændres på de specifikke krav til processerne gør at det resterende potentiale vurderes til at være beskedent. Virksomhederne har meget stor fokus på at mindske CO₂-udledningen

Det samlede potentiale for energieffektivisering af processer med brænding og sintring i produktionserhverv vurderes at være lavt, men til gengæld vil motivationen for at realisere dem være høj, da nøglevirksomhederne alle har ambitiøse målsætninger for reduktion af CO₂-udledningen, og energi effektiviseringer vil være et oplagt første skridt i den grønne omstilling.

Som nævnt vil der være betydelige potentialer i området "nye produkter", der ligger uden for denne udredning.

6.4 Potentialer fordelt på temperaturniveau

Potentialerne angivet ovenfor relaterer sig til selve processen og derved de temperaturniveauer hvor processerne foregår på.

Der vil være potentiale for større effektiviseringer med varmegenvindingsløsninger der ligger på eller under et temperaturniveau på 100°C. Fælles for disse løsninger er at varmen ikke kan udnyttes til brænding og sintring, men typisk til fjernvarme. Dette fremmes yderlig af at der er åbnet for afgiftsfritagelse for denne type projekter. Besparelspotentialet ligger således uden for slutanvendelsen brænding og sintring og kan derfor ikke medregnes her.

6.5 Fremskrivning af energisparepotentialer 2050

En fremskrivning af potentialerne for at effektivisere brænding og sintring frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne – fremskrivningen angår dog ikke det forhold at der vil ske en vis naturlig udskiftning af eksisterende anlæg eller at en del af potentialet vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Overordnet kan man sige at besparelspotentialet frem mod 2050 vil kunne blive påvirket af flere forhold, for eksempel:

- Nye ovnkonstruktioner
- Ændrede forhold som følge af yderligere anvendelse af biobrændsel

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 6 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	2	4
560	10	8
975	15	12
1400	25	15

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen brænding og sintring i Energistyrelsens format

7 Slut anvendelse smeltning & støbning

Smeltning & støbning anvendes når råvarer skal gennemgå en fysisk ændring, hvorved stål, jern, øvrige metaller, sten, glas og plast omdannes til produkter.

Stål, jern, øvrige metaller

Den typiske proces er smeltning i elektroovn og støbning fra ske, men også andre processer som ved fremstilling af aluminiumsprofiler hvor smeltningen af de opvarmede knipler sker i selve ekstruderen. De største tab er i transformer og varmetab fra ovn og ske.

Sten

Stenuld fremstilles ved smeltning i en kupolovn sammen med brændslet (koks). De største tab er fra rørgas og ufuldstændig forbrændt brændsel.

Glas

Hovedparten af emballagegas smeltes i gasfyret sidekammerovn, hvor røggasen står for det største tab. Til glasuld benyttes en elopvarmet glasovn til smeltning og naturgas til varmholdelse.

Plast

Plastprodukter fremstilles ved smeltning i enten støbemaskiner eller ekstruder hvor alle er eldrevet. Den tilførte energi til smeltning bortkøles efterfølgende.

Smeltning & støbning anvendes ofte i serie med en række sekundære energiforbrug som for eksempel blæsning, køling, hydraulik mv.

7.1 Teknologianvendelse

Samlet set er teknologiområdet smeltning & støbning forholdsvis bredt og finder således anvendelse i nogle brancher, for eksempel:

- Fremstilling af emner af støbejern og andre metaller
- Fremstilling af aluminiumsprofiler
- Fremstilling af stenuld og glasuld
- Fremstilling af glas
- Fremstilling af plastprodukter

Der anvendes til smeltning & støbning forskellige teknologier som for eksempel:

- Elektroovne – ved smeltning af støbejern og andre metaller
- Ekstruder – ved fremstilling af profileret plast og aluminium
- Kupolovn – ved smeltningen af mængden til stenuld
- Glasovn – elektro ved glasuld og gasfyret ved emballageglas
- Sprøjtstøbemaskiner – plastemner
- Blæsestøbemaskiner – hule plastemner

De energimæssigt væsentligste brancher for slut anvendelsen smeltning & støbning er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov i produktionserhverv (%)	Primære energiart
29 Fremstilling Af Stenuld Mv.	1.488	33,2%	57,3% petroleumskoks
25 Glasindustri Og Keramisk Industri	875	19,5%	86,5% ledningsgas
32 Metalvareindustri	697	15,6%	61,3% el i alt
24 Plast- Og Gummiindustri	627	14,0%	81,3% el i alt
31 Fremst. Af Metal	572	12,8%	100,0% el i alt
40 Legetøj Og Anden Fremstillingsvirksomhed	176	3,9%	100,0% el i alt
37 Fremst. Af Motorkøretøjer Og Dele Hertil Og Fremst. Af Skibe Og Andre Transportmidler	46	1,0%	64,9% ledningsgas
Øvrige	0	0,0%	

Tabel 1. De energimæssigt største brancher med slutanvendelsen "smeltning og støbning":

Det ses, at stenuld udgør den største branche med anvendelse af smeltning & støbning efterfulgt af glasuld / glas og metalvarer & -fremstilling samt plast. Tilsammen står disse brancher for 95% af energiforbruget ved denne slutanvendelse og da kategorien legetøj hovedsageligt omfatter sprøjtestøbning af plast og da dele til skibe og køretøjer omfatter hovedsageligt metalstøbning ligger al energiforbrug i de beskrevne teknologier.

En række af virksomhederne i brancherne er betydelige leverandører af overskudsvarme til fjernvarme, da varmen fra røggasser og nedkøling nemt kan anvendes hertil. Teknisk er det sjældent muligt at anvende denne varme i processerne. Dermed er der et betydeligt fjernvarmepotentiale fra slutanvendelsen smeltning & støbning, men det er ikke muligt at omsætte overskudsvarmen til en besparelse i slutanvendelsen.

7.2 Energisparepotentialer

7.2.1 Behovsreduktion

Der kan der arbejdes med behovsreduktion på flere forskellige måder:

- Design. Optimering af de færdige produkter så der indgår mindst muligt materiale.
- Mindske kassation. Optimering af renhed i råvarer og præcision i støbningen, så mest muligt materiale bliver til et salgbart produkt.
- Isolering. Det kan både være af slanger på en sprøjtestøbemaskine og hele ovne og sker og automatiske låg på sker.

Selve processerne kan der ikke gøres meget ved da de enkelte råvarer kræver bestemte temperaturer for at smelte. Erstatning af eksempelvis mineraluld /glasuld med papiruldisisolering giver en stor energibesparelse, men denne type besparelser falder uden for emnet for denne rapport.

7.2.2 Adfærd og vedligehold

Smeltning & støbning processernes energiforbrug er følsomme overfor en præcis drift af anlæggene, hvorfor korrekt adfærd og vedligehold er en vigtig forudsætning for opnåelse af energieffektivitet.

Dette kan bestå i:

- At sikre vedligehold af instrumenter, målere mv. der sikre en god styring af processen
- At sikre isoleringsstandarden opretholdes i hele driftstiden mellem vedligeholdelsesstoppene
- At sikre at de forudgående processer kører optimalt og at råvarerne tilgår med de rette specifikationer

Det vurderes at adfærd har en meget lille påvirkning af energiforbruget, da processerne er meget styret. Til gengæld vurderes vedligehold at have en større betydning og samlet på tværs af brancherne vurderes potentialet til 1%.

7.2.2.1 Case: isolering af smelteovn

Etablering og vedligehold af isolering reducerer energitabet i smelteovnen betragteligt. Det kræver dog løbende vedligehold, da de høje temperaturer reducerer levetiden af isoleringen hurtigt.

Det må forventes at isoleringen skal reetableres omtrent hvert 3 år pga. den reducerede levetid.

Branche	29 Fremstilling af stenuld mv.
Procesanlæg	Smelteovn
Energiforbrug	634.000 GJ/år
Løsning	Isolering af smelteovn
Energibesparelse	28.800 GJ/år
Investering	300.000 kr.
Tilbagebetalingstid	0,3 år
Levetid af besparelse	3 år
Omkostningseffektivitet	10,42 kr./GJ/år

Tabel 2. Eksempel: isolering af smelteovn.

Casen med "Adfærd og vedligehold" af en smelteovn ovenfor viser en stor besparelse på 4,5% af energiforbruget. Det er usædvanligt at et sådant tiltag kan give så stor en reduktion ved denne slutanvendelse og casen opfattes ikke repræsentativ for arbejdet med at finde yderligere besparelser.

7.2.3 Anlægsoptimeringer

Potentialet for energibesparelser varierer meget. Eksempelvis har landets største jernstøberier haft mulighed for løbende at forny produktionsapparatet, mens de mindre virksomheder ikke har haft råd til det. De drifter således transformere, ovne og skesystemer med høje tab. Tilsvarende store besparelser kan eksempelvis ikke ses i plastbranchen.

På tværs af brancher vurderes potentialet til at være 2%, der dækker over store variationer.

7.2.3.1 Case: Udskiftning af ovn til mere energieffektiv version

Der blev udført en screening af energieffektiviseringspotentialer, hvor det blev fundet at der var besparelser på energi og vedligehold ved udskiftning til en ny smelteovn. Den nye ovn muliggør ændringer i produktionsmønsteret, der har andre besparende effekter. Den nedenstående tilbagebetalingstid er udelukkende på energiforbrug.

Ovnen blev erstattet af en mere energieffektiv version, der desuden forbedrer udsugning og arbejdsmiljø. Dertil er der udgifter til elektrisk udstyr, samt både mekanisk og elektrisk installation.

Branche	31. Fremstilling af metal
Procesanlæg	Smelteovn
Energiforbrug	22.000 GJ/år
Løsning	Udskiftning af ovn til mere energieffektiv version
Energibesparelse	3.000 GJ/år
Investering	5.500.000 kr.
Tilbagebetalingstid	7,2 år
Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	1609,88 kr./GJ/år

Tabel 3. Eksempel: udskiftning af smelteovn.

Casen med "anlægsoptimering" af smelteovn viser at en ny mere effektiv smelteovn kan give 13,6% besparelse. Den samlede anlægssum vil give en væsentlig længere tilbagebetalingstid og derfor må det antages at denne type investeringer kun vil ske ud afsætnings- og produktionsforhold og en energibesparelse er et mindre element i en sådan beslutning.

7.2.4 Styring og driftsoptimering

For mange af smelte- & støbeprocesserne er styringen nøje fastlagt ud kvalitetsmæssige kriterier. Dermed er de vigtigste parameter såsom temperatur og opholdstid fastlagt og en del af styringen. Der kan dog stadig være områder hvor der kan optimeres.

Dette kan for eksempel være:

- Optimering af planlægning og logistik så tomgang for smelteovne undgås
- Optimering af kvalitetsstyringen så kassation holdes på et så lavt niveau som muligt

På tværs af brancher vurderes potentialet til at være 1 %.

7.2.4.1 Case: Reduktion af spild og tomgangstab

Under drift af smelteovnen er der perioder med nedetid. Der er udført et projekt, der reducerer spildet ved ændring af påfyldningsprocedurer, der reducerer spild og tomgangstab.

Tilbagebetalingstiden er ganske lav, da det primært er en optimering af den praktiske styring og drift.

Branche	25. Glasindustri og anden keramisk industri
Procesanlæg	Smelteovn
Energiforbrug	860.000 GJ/år
Løsning	Reduktion af spild og tomgangstab
Energibesparelse	13.000 GJ/år
Investering	1.000.000 kr.
Tilbagebetalingstid	0,8 år
Levetid af besparelse	7 år
Omkostningseffektivitet	76,10 kr./GJ/år

Tabel 4. Eksempel: smelteovn, reduktion af spild.

Casen med "Styrings- og driftsoptimering" af en rotationsovn ovenfor viser en stor besparelse på 1,5% af energiforbruget. De største energiforbrugere som mineral- & glasuldsindustri producerer kontinuerligt uden pauser og tomgangstab er således mere udpræget ved de mindre virksomheder.

7.2.5 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser at der er yderlige ikke realiserede potentialer for at reducere energiforbruget i smeltning & støbning:

- Op til 4% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Yderligere 10% kan spares ved et investeringsniveau på 1400 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 4% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Op til 14% kan spares ved et investeringsniveau på 1400 kr./GJ/år

Samlet fører disse erfaringsdata frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
200	4	3
1.400	14	10

Tabel 5. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen smeltning & støbning.

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format:

Kr./GJ/år	Potentiale op til (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	4	4	4
560	2	6	8
975	4	10	12
1400	5	15	15

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen smeltning & støbning i Energistyrelsens format

Det store besparelspotentiale indenfor smeltning & støbning ligger i at få udskiftet gammelt og utidssvarende udstyr især inden for jernstøbning. Nye transformere og smelteovne har en væsentlig højere effektivitet end udstyr med flere årtier på bagen. Dette kræver dog at virksomhederne har økonomi til at bære de store investeringer. Et andet betydeligt fokusområde er at undgå tomgangskørsel med ovnene. Udfordringen herved er at mange virksomheder er ordreproducerende og en konkurrenceparameter er at kunne levere hurtigt og fleksibelt. Som nævnt leverer en række virksomheder med denne slutanvendelse fjernvarme og der sker fortsat en udbygning af leverancerne. Særligt aftaleordningen med afgiftsfritagelse øger det realisable potentiale. Dette vil nedsætte Danmarks samlede energiforbrug og CO₂-udledning, men vil ikke reducere energibehovet til slutanvendelsen smeltning & støbning.

7.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

Ovenstående cases er alle hentet fra energisyn eller energigennemgange i Energistyrelsens "aftaleordning" (PSO-ordningen). De vurderes ikke til at være helt repræsentative for potentialerne for denne slutanvendelse, men da der ikke er gennemført mange projekter, er der fortaget en vurdering i forhold til casene kan generaliseres.

Hovedparten af energiforbruget ved denne slutanvendelse ligger ved store energiforbrugere så som sten- & glasuld, emballageglas og de største jernstøberier. Det er alle virksomheder med kontinuerlig drift året rundt og en høj effektivitet og dermed lavere potentiale for yderlig effektivisering.

Som nævnt er der et betydeligt potentiale for energi effektivisering ved flere af de mindre virksomheder, men her står økonomien i vejen for de betydelige investeringer, der skal til for at realisere potentialet.

Det samlede potentiale for energieffektivisering af processer med smeltning & støbning i produktionserhverv vurderes derfor at være lavere end casene giver udtryk for.

7.4 Potentialer fordelt på temperaturniveau

De temperaturniveauer der er nødvendige for at smelte materialerne, ligger fra 200°C til 1.600°C. Ved de lave temperaturer er det materialer som plast og aluminium, der smeltes med elektricitet. Ved de høje temperaturer anvendes der både brændsler og elektricitet. De største potentialer ligger hos de mindre jernstøberier og dvs. ved temperaturniveauet 1.500°C til 1.600°C.

7.5 Fremskrivning af energisparepotentialer 2050

En fremskrivning af potentialerne for at effektivisere smeltning & støbning frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne – fremskrivningen angår dog ikke det forhold at der vil ske en vis naturlig udskiftning af eksisterende anlæg eller at en del af potentialet vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Overordnet kan man sige at besparelspotentialet frem mod 2050 vil kunne blive påvirket af flere forhold, for eksempel:

- Udflgning af produktion med lav lønsomhed
- Nye ovn konstruktioner
- Ændrede forhold som følge af yderlig anvendelse af biobrændsel

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 7 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	5	4
560	10	8
975	15	12
1400	20	15

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen smeltning & støbning i Energistyrelsens format

8 Slut anvendelse anden procesvarme

Anden procesvarme dækker over mange forskellige teknologier og anvendelser og det er svært at sige noget generelt på tværs af slut anvendelse. I opstillingen af potentialer og tiltag er der derfor tænkt igennem for hver enkelt branche og teknologi hvorfor flere tiltag kun vil være relevante for enkelte brancher.

8.1 Teknologianvendelse

Teknologiområdet "anden procesvarme" dækker over forholdsvis mange forskellige processer og finder anvendelse i mange brancher, for eksempel:

- Landbrug
- Gartneri
- Metalvirksomheder
- Slagterier
- Fremstilling af tegl, stenuld, cement mv.

Der anvendes til "anden procesvarme" forskellige teknologier som for eksempel:

- Hærdeovne – Til hærkning af stål eller beton
- Væksthuse – Til produktion af planter

De energimæssigt væsentligste brancher for slut anvendelsen "anden procesvarme" er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug [TJ/år]	Andel af samlet behov i produktionserhverv (%)	Primære energikilde
1 Landbrug	4.185	30,7%	43,6% gas-/dieselolie
2 Gartneri	3.160	23,2%	46,5% fjernvarme
31 Fremst. Af Metal	2.159	15,9%	83,3% ledningsgas
26 Fremstilling Af Cement	1.358	10,0%	60,2% petroleumskoks
29 Fremstilling Af Stenuld Mv.	718	5,3%	96,3% ledningsgas
28 Fremstilling Af Asfalt Og Tagpap	699	5,1%	69,0% ledningsgas
16 Træindustri	368	2,7%	93,8% træaffald og brænde
7 Slagterier	269	2,0%	92,9% ledningsgas
25 Glasindustri Og Keramisk Industri	166	1,2%	53,2% el i alt
30 Øvrig Betonindustri Og Teglværker	136	1,0%	90,5% ledningsgas
Øvrige	401	2,9%	

Tabel 5 De energimæssigt største brancher med slut anvendelsen "anden procesvarme"

Det ses at anden procesvarme indgår i mange forskellige brancher hvoraf landbrug og gartneri udgør de to største efterfulgt af brancherne fremstilling af metal og cement. Hovedparten af brændslet udgøres af ledningsgas, gas-/dieselolie, petroleumskoks samt træaffald og brænde.

8.2 Energisparepotentialer

Som beskrevet er det en meget sammensat slutanvendelse og derfor afhænger en reduktion af behovet meget af forholdene i den enkelte branche. Nogle generelle tiltag til reduktion af behovet kan udledes og vil komme til udtryk på forskellige måder i de forskellige brancher.

De erfaringsmæssigt mest oplagte potentialer er beskrevet i det følgende med udgangspunkt i "Iøgdigrammet" beskrevet i de indledende afsnit om erhvervskortlægningen.

8.2.1 Behovsreduktion

Det er generelt svært at sænke behovet for anden procesvarme da lige præcist temperaturen eller energimængden er kritiske for den proces de er en del af. Der kan dog gøres enkelte ting, men eller skal der arbejdes med re-design af hele produktioner

- Gennemgang af set punkter i alle lokaler og se der nogle steder kan nedjusteres i forhold til gældende standarder. Anlæg kan eventuelt ikke være korrekt indstillet.

Det vurderes generelt at der stort ikke er nogle besparelser at komme efter for dette område.

8.2.2 Adfærd og vedligehold

I forhold til adfærd og vedligehold spiller operatør adfærd ind på energiforbruget og der er dermed også et område at forbedre. Forskellige tiltag kunne være.

- Reduktion af tomgangsforbrug. Er der ikke emner til hærdeovnen, eller grise til svieovnen, så skal ovnen kunne lukkes tæt og brænder gå på vågeblus.
- Overholdelse af standard procedurer for energiforbrugende apparater. Sikre at varmelamper i smågrisehuler ikke er tændt i flere døgn og timer end forskrevet.
- Sikre renholdelse af alle varmeplader der i nogle brancher har tendens til at kunne blive meget beskidte. Det sikrer optimal afkøling og dermed højere virkningsgrad ved produktionen af det varme vand.
- Sikre renholdelse af varmeplader, spjæld, blæsere m.m. i ventilationsanlæg hvis energiforbrug ellers kan øges signifikant.
- Kontrollere om eksisterende varmegenvinding virker efter hensigten og sikre tilstrækkelig energioverførsel.

Det vurderes at sådanne fokuspunkter i sin mest simple form (adfærd og vedligehold) på tværs af brancher typisk kan spare op til 4-6% (i middel 5%) af energiforbrug til anden procesvarme med kun få andre investeringer end mandtimeforbrug, småreparationer og eventuelt ekspertbistand og måleassistance.

Typisk vil disse omkostninger være tjent hjem mellem 0 og 2 år.

8.2.2.1 Case: Ændret drift af svieovn

Et slagteri har ændret deres pausedrift af deres svieovne. For at undgå unødigt afkøling af svieovnen er der etableret en pausefunktion, så svieovnen lukkes og foringen holdes varm af pilotflammen inde i svieovnen, og den dermed er klar når svidningen genoptages.

Branche	7. Slagteri
Procesanlæg	Svideovn
Energiforbrug	3.000 GJ/år
Løsning	Ændret pausedrift
Energibesparelse	100 GJ/år
Investering	25.000 kr.
Tilbagebetalingstid	1,1 år
Levetid af besparelse	15,0 år
Omkostningseffektivitet	197,49 kr./GJ/år

Tabel 6 Eksempel på simpel "Adfærd og vedligeholdelsesprojekt" på en svideovn. Driftsbesparselsen er beregnet med en gaspris på 630 DKK/MWh.

Et slagteri har ændret deres pausedrift af deres svideovne. For at undgå unødigt afkøling af svideovnen er der etableret en pausefunktion, så svideovnen lukkes og foringen holdes varm af pilotflammen inde i svideovnen, og den dermed er klar når svidningen genoptages.

Omkostningsniveauet for potentialet på 5% angivet i afsnit 2.2 forventes at være på samme niveau som i casen da der oftest ikke kræves, eller kræves meget få, investeringer i udstyr eller materialer. Det vil være omkring 200 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

8.2.3 Styring og driftsoptimering

Styring og driftsoptimering er mest relevant for de 2 største brancher inden anden procesvarme, Landbrug og gartnerier hvor der primært er tale om opvarmning af stalde og væksthuse.

- I produktionsplanlægningen bør det sikres at lokaler ikke ofte skifter temperatur og luftsifte, men opererer med ens "recepter" så meget som muligt.
- Luftsifte og mængden af friskluft skal via variable styring sætte til de nedre grænser for at mindske varmeafgang via afkastluft.
- Mere kompleks og intelligent kontrol der tager højde for de parametre der påvirker energiforbruget mest så som solindstråling, natsækning, luftfugtighed mm.

Det vurderes at sådanne fokuspunkter på tværs af brancher typisk kan spare yderligere op til 2-4% (i middel 3%) ud over besparelspotentialerne ved bedre adfærd og vedligehold, men at der skal investeres en del penge i måleudstyr og instrumentering for at realisere potentialerne – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 4 år.

8.2.3.1 Case: Udskiftning af klimastyring

Branche	2. Gartneri
Procesanlæg	Væksthus
Energiforbrug	16.000 GJ/år
Løsning	Udskiftning af klimastyring
Energibesparelse	2200 GJ/år
Investering	427.900 kr.
Tilbagebetalingstid	3,1 år
Levetid af besparelse	15,0 år
Omkostningseffektivitet	194,85 kr./GJ/år

Tabel 7 Eksempel på simpel "styrings- og driftoptimeringsprojekt" på et væksthus. Driftbesparelsen er beregnet med en gaspris på 226 DKK/MWh.

Et gartneri har installeret en ny klimastyring i deres væksthus. Denne giver mulighed for at styre efter ønsket gennemsnitstemperatur, heraf bedre udnyttelse af solvarme og større natsænkning af temperatur. Den nye styring giver også mulighed for indstilling af gardinfratrækning og påkørsel efter en energibalancemodel samt nye muligheder for styring af luftfugtighed og hermed undgå at hæve temperaturen for fugtstyring.

Ift. potentialet på op til 3% forventes dette således at have omkostningsniveauer som ligger noget højere, det vil sige op mod 400 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

8.2.4 Anlægsoptimeringer

Ved anlægsoptimeringer ligger de største potentialer for optimeringer, men det er klart også det de mest investeringstunge.

- Isolering. Væksthuse med facader af isolerede sandwichelementer eller lukkede grisehuler med små åbninger i svinestalde er eksempler på at bedre isolering kan reducere opvarmningsbehovet
- Klimaskærm generelt i forhold til isolering, utætheder, effekten af vind, regn og sol.
- Det vurderes at sådanne løsninger kan reducere energiforbruget til opvarmning og kogning med i bedste tilfælde op til 70%, men i mange andre tilfælde vil ligge i niveauet 10-15% (i middel 10%) med tilbagebetalingstider i intervallet 4-10 år – ud over potentialerne beskrevet i afsnittene ovenfor. Disse potentialer er uden effekten af varmt vand produceret på varmepumper.
- Varmegenvinding på alle typer af ovne. Både etablering og optimering af eksisterende.

Det vurderes at sådanne løsninger kan reducere energiforbruget til anden procesvarme med i bedste tilfælde op til 60%, men i mange andre tilfælde vil ligge i niveauet 10-15% (i middel 10%) med tilbagebetalingstider i intervallet 4-10 år – ud over potentialerne beskrevet i afsnittene ovenfor. Disse potentialer er uden effekten af varmt vand produceret på varmepumper.

8.2.4.1 Case: Varmegenvinding på hærdeovn

Branche	1. Landbrug
Procesanlæg	Hærdeovn
Energiforbrug	4.000 GJ/år
Løsning	Varmegenvinding på hærdeovn
Energibesparelse	2.600 GJ/år
Investering	1.100.000 kr.
Tilbagebetalingstid	2,9 år
Levetid af besparelse	15,0 år
Omkostningseffektivitet	424,38 kr./GJ/år

Tabel 8 Eksempel på "Anlægsoptimeringsprojekt" på en hærdeovn. Driftbesparelsen er beregnet med en fjernvarmepris på 530 DKK/MWh.

En virksomhed der producerer landbrugsmaskiner, har i den forbindelse en hærdeovn. Ovnen har et varmetab til emner og omgivelserne, men den resterende energi kan bruges til opvarmning af vand til bad samt til udnyttelse i

centralvarmesystemet som før blev leveret af fjernvarmen. Besparelse er dermed den mindre energi man skal trække fra fjernvarmen.

Ift. potentialet på i gennemsnit op til 10% forventes dette således at have omkostningsniveauer som væsentligt højere end i casen, det vil sige omkring 1200 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

8.2.5 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set væsentlige potentialer for at reducere energiforbruget til anden procesvarme:

- Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Yderligere 3% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Yderligere 10% kan spares ved et investeringsniveau på 1200 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Op til 8% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Op til 18% kan spares ved et investeringsniveau på op til 1200 kr./GJ/år

Disse erfaringsdata fører frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
200	5	4
400	8	8
1200	18	10

Tabel 5. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen anden procesvarme.

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format:

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	6	6	3
560	4	10	7
975	5	15	10
1400	5	20	12

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen anden procesvarme i Energistyrelsens format

Det må således forventes, at den sidste del af besparelspotentialet er relativt meget dyrere at realisere, da man nærmer sig visse fysiske grænser for hvad der kan realiseres på eksisterende anlæg.

Ved meget høje investeringer forventes det at der kan realiseres meget høje besparelser, hvilket primært vil komme fra større varmegenvindingsnetværk.

8.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

Ovenstående cases er ikke dækkende for det samlede potentiale i virksomhederne da der enorme udsving fra proces til proces. Således vil også forhold som driftstider, anlægsstørrelser, produktmæssige forhold typisk spille ind.

Barrierer for gennemførelse af projekter er for de største potentialers det høje investeringsniveau. Der er dog også tale om besparelser der vil have effekt i lang tid, men der skal stadig prioriteres og forrentes store beløb, hvilket kan udfordre nogle brancher mere end andre.

Grundet naturen af de største potentialer er de særligt vigtige at indtænke ved opførelsen af nye produktionsfaciliteter. I disse tilfælde vil merinvesteringen være væsentligt mindre og betalt hjem på meget få år.

8.4 Potentialer fordelt på temperaturniveau

For de største potentialer som ligger i landbrug og gartnerier ses alle potentialerne under 100°C da de alle på en eller anden måde omhandler varme i lokaler.

For fremstilling af metal og stenuld ligger potentialerne på hærdeovne over 200°C

8.5 Fremskrivning af energisparepotentialer 2050

En fremskrivning af potentialerne for at effektivisere anden procesvarme frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne – fremskrivningen angår dog ikke det forhold at der vil ske en vis naturlig udskiftning af produktionsudstyr eller at en del af potentialet vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Overordnet kan man sige at besparelspotentialet frem mod 2050 ikke vil blive påvirket signifikant, eller slet ikke, af teknologiudvikling.

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 7 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	6	3
560	10	7
975	15	10
1400	21	12

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen anden procesvarme

9 Slut anvendelse arbejdskørsel

Arbejdskørsel forekommer især i landbrugs- og fiskerierhvervene samt i bygge- og anlægsbrancherne, hvorimod det i fremstillingserhvervene kun udgør en mindre del af energiforbruget.

Hos landbrug og maskinstationer består arbejdskørsel af kørsel med traktorer, høstmaskiner og læssemaskiner. Det vil sige til drift af erhvervenes marker og hjemkørsel af afgrøder efter høst på markerne med landbrugets vogne, samt læsning af foder, korn og gødningsprodukter. Hos maskinstationerne endvidere af dræningsarbejde og læsse arbejder.

I fiskeriet defineres sejlads til og fra fangstpladser også som arbejdskørsel

I bygge- og anlægserhvervene består opgaverne i flytning af jord, sand, byggematerialer m.v., funderinger, asfaltarbejde, grave- og læsseopgaver samt transport mellem- og til og fra byggepladser

9.1 Teknologianvendelse

I al væsentlighed består maskinerne til arbejdskørsel af

- Landbrugserhverv
 - o Traktorer til drift af markgående maskiner og vogne
 - o Selvkørende høstmaskiner, herunder mejetærskere
 - o Læssemaskiner
 - o Gravemaskiner
- Fiskeri
 - o Fiskefartøjer
- Bygge- og anlæg
 - o Læssemaskiner
 - o Gravemaskiner
 - o Fræse-, feje-, udlægningsmaskiner og tromler

Maskinerne er i stort omfang dieseldrevne og i mindre omfang drevet af LPG og el.

Det samlede energiforbrug til slut anvendelsen arbejdskørsel er 19.022 TJ.

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Arbejdskørsels andel af branchens termiske energiforbrug (%)	Væsentligste energiarter
Landbrug (herunder m.st., fiskeri, skovbrug og gartneri)	13.344	56,1	Gas-diesel olie
Fremstillingsvirksomheder	1.154	1,9	Gas-diesel olie og el
Bygge- og anlæg	4.532	81,5	Gas-diesel olie
I alt	19.022		

Tabel 1. Brancher med størst andel af energiforbrug til arbejdskørsel.

Det ses at i landbrugserhvervene udgør arbejdskørsel mere end halvdelen af sektorens samlede termiske energiforbrug og i bygge- og anlægsbranchen udgør arbejdskørsel over 80 % af sektorens termiske energiforbrug.

Landbrugserhvervene repræsenterer godt 70 % af slutanvendelsen arbejdskørsel, hvorfor det også er der, de største besparelspotentialer kan findes.

9.2 Energisparepotentialer

Energisparepotentialet inden for arbejdskørsel skal primært findes adfærd, kombineret med teknologi valg. I nogle nyere læsemaskiner findes automatik, der slukker motoren på maskinen et antal sekunder efter, at førersædet er forladt. Der er i sagens natur en række sikkerhedsforanstaltninger der skal træffes i forbindelse med implementering af en sådan teknik. Alternativet er adfærdsregulering – erfaringen er dog, at adfærdsregulering i forbindelse med energibesparelser, har en kort levetid.

9.2.1 Adfærd og vedligehold

Ved nogle arbejdsoperationer, som f.eks. frakørselsopgaver fra en selvkørende høstmaskine, hvor afgrøden skal transporteres hjem til gården, er der ofte tilknyttet flere frakørselssæt til samme høstmaskine. Det indebærer ofte ventetid, hvor traktoren kører i tomgang. Indikative undersøgelser hos DMOGE¹ viser, at tomgangstiden kan udføre op til 30 – 40 % af driftstimerne for en traktor på en arbejdsdag. Der er ikke p.t. en teknologi på markedet, der kan tilsidesætte adfærden og slukke for motoren, når den ikke er i drift.

Denne indikation understøttes af observationer, som traktorværkstederne gør sig i forbindelse med service. Såfremt der i forbindelse med service, diagnosticeres problemer med motoren, udlæses en historik over denne, som bl.a. fortæller hvor mange tomgangstimer motoren har. Og afhængigt af, hvilke opgaver traktoren udfører, kan der være tale om betydelige andele af driftstiden.

Det samme gør sig gældende for læsemaskiner.

Det er sandsynligvis muligt at reducere tomgangstimer via træning og uddannelse. Erfaringer fra mange års energispare indsats viser, at dette skal ske kontinuert for at bibeholde effekten af træningen.

9.2.1.1 Case: Reduktion af tomgangstimer ved træning og uddannelse

Branche	Landbrug, fremstillingserhverv og byggebranchen
Procesanlæg	Traktorer og læsemaskiner
Energiforbrug	6 % af den samlede slutanvendelse = 1.142 TJ
Løsning	Træning og uddannelse af medarbejdere. 20.000 arbejdssteder á 10 timer
Energibesparelse	25 % af tomgangsforbruget = 285 TJ sv. t. 7.353 m ³ diesel á 8,0 kr. / l
Investering	60 mio. kr. årligt til træning og uddannelse
Tilbagebetalingstid	0,7
Levetid af besparelse	1 år
Omkostningseffektivitet	209 kr./GJ/år

Tabel 9 Reduktion af tomgangstimer via træning og uddannelse. Det er forudsat, at der er 20.000 arbejdssteder, hvor der årligt anvendes 10 timer pr. arbejdssted til træning og uddannelse. Timelønnen er sat til 300 kr.

Potentialet er isoleret set stort, men realistisk vurderes det samlede potentiale, casen uanfægtet, at udgøre 4 % af den samlede slutanvendelse.

¹ Danske Maskinstationer Og Entreprenører

9.2.2 Automatisering – styring og driftsoptimering

9.2.2.1 Læssemaskiner, traktorer og motorkøretøjer

Ved nye læssemaskiner er der, såfremt det ikke er standardudstyr, som regel muligt at tilvælge udstyr der automatisk slukker for motoren, når sædet har været forladt, eller hvis funktioner eller kørsel ikke har været aktiveret i et forud defineret tidsrum. Dette tilsidesætter den adfærd, der kunne have gjort det samme.

Ved disse maskintyper estimeres besparelspotentialet til 15 %. Der er tale om en begrænset merinvestering for at opnå dette besparelspotentiale. Ud af den samlede slutanvendelse vurderes dette, at udgøre ca. 2 % ved et investeringsniveau på 100 kr. / GJ

Til udvalgte traktormodeller findes automatik til at stoppe motoren på traktorer efter en periode med inaktivitet, det er dog kun et enkelt fabrikat der p.t. kan tilbyde dette.

9.2.2.2 Traktorer og motorkøretøjer

Og til optimering af driften ved arbejdsoperationer i marken findes der teknologi, der kan indregulere motoromdrejninger, maskinindstilling og kørselshastighed til den aktuelle arbejdsopgave, således at det ikke er chaufføren der tager stilling til dette under arbejdets udførelse. Denne teknologi er indbygget i nogle nye traktorer i dag. Besparelspotentialet estimeres til 3 % til drift af markmaskiner. Det svarer til ca. 1 % af den samlede slutanvendelse. Det vurderes, at der til træning og uddannelse af dette system skal investeres 100 kr. / GJ

9.2.3 Behovsreduktion - anlægsoptimering

En stor del af arbejdskørslen udgøres af markarbejde i landbrugserhvervene. I dette arbejde indgår en række opgaver, der naturligt skal udføres på bestemte tider af året og med forud definerede maskinsæt. Der har i de senere år sket en udvikling i retning af reduceret jordbearbejdning, hvor traditionelle pløje - harve – så kombinationer er blevet erstattet af mindre energikrævende operationer som harvning og direkte såning. En opgørelse fra FRDK² og Danmarks Statistik viser, at ca. 19 % af det samlede landbrugsareal dyrkes uden brug af plov eller uden bearbejdning af hele jordoverfladen. Det er en stigning på 60 % over en 4-årig periode. Potentialet vurderes til at være, at 40 % af det samlede landbrugsareal i Danmark kan dyrkes uden at hele dyrkningsjordlaget bearbejdes. Det svarer til ca. 444.000 GJ eller 0,88 GJ / ha. Det er 2,3 % af den samlede slutanvendelse.

Det estimeres, at der skal investeres 2.000 kr. / ha harve- og så materiel.

9.2.3.1 Case: Reduceret jordbearbejdning

Branche	Landbrug
Procesanlæg	Jordbearbejdnings- og såmaskiner
Energiforbrug	3,91 GJ / ha x 750 ha = 2.933 GJ / år sv. t. 82.500 l. diesel a´ 6,5 kr. / l
Løsning	Direkte såmaskine og harve, til erstatning for pløjning og såning
Energibesparelse	666 GJ / år sv. t. 22,3 % ~ 147.180 kr.
Investering	1.000.000 i såmaskine og harve
Tilbagebetalingstid	6,8 år
Levetid af besparelse	8 år
Omkostningseffektivitet	1.495 kr./GJ/år

Tabel 2 Eksempel på investering i materiel til reduceret jordbearbejdning. Der kan være driftsbesparelser ud over den rene energibesparelse, hvilket vil forbedre omkostningseffektiviteten.

² Foreningen for Reduceret Jordbearbejdning i Danmark

9.2.4 Sammenfatning af energisparepotentialer

De forskellige cases ovenfor viser samlet væsentlige potentialer for at reducere energiforbruget til arbejdskørsel:

- Op til 3% kan spares ved et investeringsniveau på 100 kr./GJ/år
- Yderligere 4% kan spares ved et investeringsniveau på 209 kr./GJ/år
- Yderligere 2,3% kan spares ved et investeringsniveau på 1.495 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 3% kan spares ved et investeringsniveau på 100 kr./GJ/år
- Op til 7% kan spares ved et investeringsniveau på 209 kr./GJ/år
- Op til 9,3% kan spares ved et investeringsniveau på 1.495 kr./GJ/år

Disse erfaringsdata fører frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
100	3	2
209	7	4
1.495	9,3	8

Tabel 3. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen arbejdskørsel.

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format:

Kr./GJ	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	8	8	2
560	1	9	4
975	0	9	6
1400	0	9	8

Tabel 4. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen arbejdskørsel.

9.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

Casen i 2.3.1 er opbygget ud fra faglige vurderinger fra planteavlsspecialister. Væsentligste barrierer for implementering af dyrkningsprincipper der reducerer arbejdsinput til planteetablering er risici for manglende dyrkningssikkerhed, forskelle i jordtyper, samt tilstedeværelsen af Glyphosat, idet der kan være risiko for øget ukrudtstryk, primært af græsarter.

Hvad angår reduktion i tomgangsforbrug ved automatiseret stop af motordrift, vurderes de største barrierer at være menneskelig tilsidesættelse af automatiseringens funktion. Det kan være i forbindelse med ventetid med en traktor, hvor operatøren tilsidesætter stop af motoren, for at opretholde drift af AC eller varme.

Det til trods vurderes mulighederne som angivet i tabel 3 alligevel til at være realistiske.

9.4 Potentialer fordelt på temperaturniveau

Ikke relevant

9.5 Fremskrivning af energisparepotentialer

De beskrevne besparelspotentialer for slutanvendelsen arbejdskørsel vurderes til at være realiserbare. Der er stort fokus på at reducere input til frembringelse af afgrøder i markdriften, hvorfor det vurderes, at potentialet reduktion i forbrug til planteetablering som beskrevet i case i 2.3.1, vil være indfriet over en 10-årig periode.

Det er vanskeligt at vurdere, hvorvidt potentialet for reduktion i tomgangsforbrug kan indfries – dog vil naturlig udskiftning af trucks og læssemaskiner implicit indfri noget af potentialet, idet teknologien er integreret i nogle nye maskiner.

Det vurderes derfor, at halvdelen af potentialet til dette vil være indfriet over en 10-årig periode.

Øget elektrificering af trucks og læssemaskiner kan medvirke til en større realiseringsgrad af dette potentiale.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	8	2
560	10	4
975	12	6
1400	14	8

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen arbejdskørsel

10 Slut anvendelse rumvarme

Rumvarme defineres her som al varme der opvarmer lokaler der i afgiftsmæssig henseende ikke er procesvarme. Det omfatter opvarmning af kontor- og administrationslokaler, samt lokaler til produktion og fremstilling af produkter. Varmt vand til lokalerengøring og komfort formål er også inkluderet i rumvarme.

De forskellige lokaliteter har ikke samme temperaturkrav og varierer også i fysisk udformning, hvorfor der også anvendes forskellige teknologier til afsætning af varme.

10.1 Teknologianvendelse

Samlet set er teknologiområdet rumvarme meget bredt og findes i stort set alle brancher.

I tabel 1 ses de væsentligste primære energiarter i de brancher, hvor forbruget af rumvarme er størst.

Rumvarmen afsættes i al væsentlighed med vandbårne varmekilder, i administrations- og kontorfaciliteter med radiatorer og konvektorer som varmeafgivere, samt i nogen grad via ventilationsanlæg, for at sikre indblæsningsluft, der ikke opleves som træk. Rumvarmen er ofte reguleret af CTS-anlæg, hvor ventilation og varme reguleres sammen.

I produktionslokaler afsættes rumvarmen oftest via kaloriferer og i mindre grad via konvektorer. Regulering af varmen kan være lokalt eller centralt reguleret. I nogle virksomheder tilsættes rumvarmen for at modvirke ventilationsvarmetab fra malerkabiner, spåntagende og slibende bearbejdning af materialer og lignende, altså tilsættes for at modvirke det varmetab udsugning fra maskiner og anlæg medfører.

I fødevarer virksomheder omfatter rumvarme også forbruget til varmt brugsvand og til vaskemaskiner og rengøring, hvilke kan være væsentlige forbrug.

De energimæssigt væsentligste brancher for slut anvendelsen rumvarme er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov i produktionserhverv (%)	Primære energiarart
32 Metalvareindustri	1.184	10,1%	30,0% træpiller
35 Fremst. Af Motorer, Vindmøller Og Pumper	1.138	9,7%	36,8% fjernvarme
36 Fremst. Af Andre Maskiner	1.058	9,0%	30,0% træpiller
9 Mejerier	790	6,7%	77,8% ledningsgas
23 Medicinalindustri	668	5,7%	62,2% fjernvarme
33 Fremst. Af Computere Og Kommunikationsudstyr Mv., Andet Elektronisk Udstyr, Elektriske Motorer Mv. Samt Ledninger Og Kabler	556	4,7%	38,2% ledningsgas
13 Øvrige Anden Fødevarerindustri	535	4,6%	30,3% varmepumper
24 Plast- Og Gummiindustri	507	4,3%	54,1% ledningsgas
38 Møbelindustri	497	4,2%	34,7% træaffald og brænde
16 Træindustri	403	3,4%	42,8% træaffald og brænde
Øvrige	4.362	37,3%	

Tabel 1. De energimæssigt største brancher med slut anvendelsen "rumvarme".

Det ses, at fremstillingsvirksomheder inden for metal, motorer, vindmøller, pumper og maskiner udgør de brancher med størst anvendelse af rumvarme efterfulgt af mejerier, medicinalindustri og fremstillingsvirksomheder inden for elektronik. I medicinalindustrien anvendes rumvarme ofte i forbindelse med opretholdelse af renrumsproduktion.

10.2 Energisparepotentialer

Besparelspotentialerne indenfor rumvarme er grundlæggende uafhængig af, hvor i virksomhederne varmen til sættes. I energisynsrapporterne for de brancher, der forbruger mest rumvarme, anføres generelt 3 forhold, der kan reducere energiforbruget til rumvarme:

1. Isolering af varmerør
2. Optimering af ventilationsanlæg til komfort ventilation, malerkabiner og indregulering af varme- og ventilationsanlæg og CTS-styringer
3. Etablering- eller forbedring af varmegenindvinding fra ventilationsafkast.

10.2.1 Behovsreduktion

Reduktion af behovet for rumvarme indebærer (ned) regulering af temperaturen til et givet niveau. Jo mere lokalt temperaturen reguleres, des vanskeligere er det at fastholde et temperatur setpunkt, idet flere personer har mulighed for at regulere på temperaturen. En central bestemmelse af temperaturer reducerer muligheden for lokal "indblanding" og gør det nemmere at holde temperaturen på det niveau, der er fastlagt. Ligeledes vil en justering af luftsiftede i et lokale medføre ændring i varmeafbrug – ofte er dette et ganske overset potentiale.

Klimaskærms forbedringer vil også medvirke til en reduktion af varmebehovet, i mange produktionsvirksomheder udgør ventilationsvarmetabet dog en betydeligt større del end transmissionsvarmetabet.

10.2.2 Adfærd og vedligehold

Forsyningsrør til varmegivere fremføres mange steder uisolerede, ud fra ræsonnementet om, at den varme som rørene afsætter, kommer rummet til gode. Det er korrekt i den udstrækning der er et behov, men hvis behovet for rumvarme er opfyldt via reguleringen på varmeafgiveren, medfører varmeafgivelsen et forøget forbrug fordi det er ureguleret.

10.2.2.1 Case fra energisyn: Efterisolering af forsyningsrør til rumvarme anlæg

Branche	35. Fremstilling af motorer, vindmøller og pumper
Procesanlæg	Forsyningsrør til rumvarmeanlæg
Energiforbrug	608 GJ-fjernvarme
Løsning	Efterisolering af rør
Energibesparelse	347 GJ svarende til 57 % eller 57.816 kr.
Investering	137.500 kr. til isolering af rør og ventiler
Tilbagebetalingstid	2,4 år
Levetid af besparelse	15 år
Omkostningseffektivitet	347 kr./GJ/år

Tabel 2. Efterisolering af forsyningsrør i fremstillingsvirksomhed. Besparelsen er beregnet ud fra en fjernvarme pris på 0,60 kr. / kWh.

Som det ses i casen "efterisolering af forsyningsrør til rumvarmeanlæg" er der en relativt kort tilbagebetalingstid ved denne kategori af spareprojekter. Det til trods, er det ofte et overset indsatsområde der både giver hurtige besparelser og forbedret komfort.

Uanfægtet at efterisolering af forsyningsrør i mange brancher repræsenterer et overset besparelspotentiale, skønnes det samlet set at repræsentere et potentiale på 4 % af slutanvendelsen rumvarme. Det skal bemærkes, at der i slutanvendelsen "konvertering og nettab" også regnes på potentialer ved efterisolering af rør. I den slutanvendelse er det tab i distributionsrør der er beregningsgrundlaget.

10.2.3 Styring og driftsoptimering – optimering af rumventilationsanlæg

Optimering af rumventilationsanlæg er et udfordrende indsatsområde, idet det har indflydelse på komforten hos personer i rummet. Idet personalet kan opleve komfortparametre som temperatur og lufthastighed forskelligt, kan det være svært at opnå konsensus omkring driftsparametrene for ventilations- og rumvarmeanlæg, da sidstnævnte ofte er reguleret af ventilationsanlæggene.

Indsatsområderne er flere:

- Regulering af driftsparametre som
 - o Indblæsningstemperaturer
 - o Afkøling af vand i rumvarmeanlæg
 - o Indblæsningshastigheder
 - o Driftstider i forhold til arbejdstider
- Justering af indblæsningshoveder i ventilationsanlæg
- Regulering af ventilatorhastighed i varmluftskaloriferer
- Kontrol af ventiler og termostater

Det vurderes, at der kan opnås besparelser på op til 12 % af slutanvendelsen ved kontinuert fokus på disse forhold

10.2.3.1 Case: Optimering af rumventilationsanlæg

Branche	35. Fremstilling af motorer
Procesanlæg	Rumvarmeanlæg
Energiforbrug	5.040 GJ sv. t. 840.000 kr.
Løsning	Optimering af driftstider og udskiftning af ventilatorer
Energibesparelse	1.008 GJ sv.t. 20 % eller 168.000 kr.
Investering	313.000
Tilbagebetalingstid	1,9 år
Levetid af besparelse	5 år
Omkostningseffektivitet	310 kr./GJ/år

Tabel 3. Optimering af driftstider i ventilationsanlæg, som også regulerer rumvarmeanlæg. Der udskiftes endvidere 3 ventilatorer. De 5 års levetid er et vægtet tal, ud fra at levetiden af nye ventilatorer regnes til 15 år, hvorimod levetiden er driftstidsoptimering regnes til 1 år

Generelt er der gode besparelspotentialer i indregulering af ventilationsanlæg der styrer rumvarmeanlæg. Det vurderes, at besparelspotentialet er op til 8% af slutanvendelsen.

10.2.4 Anlægsoptimeringer

Anlægsoptimeringer i rumvarmeanlæg består ud over styring og driftsoptimering af komponent udskiftninger som varmeafgivere, ventiler, termostater, ventilatorer med fast omdrejningstal til regulerede ventilatorer, samt udskiftning af ventilatorernes styringer. Derudover består anlægsoptimeringer i udbygning og forbedring af anlæggene med især udskiftning af – og på bygning af genindvindingsanlæg til afkastluft fra ventilationsanlæggene.

Af flere energisyn fremgår det, at bestående genindvindingsanlæg har en lav virkningsgrad (< 50 %) eller der ikke findes et genindvindingsanlæg.

Det vurderes, at der kan spares 7 % af slutanvendelsen ved forbedring og udbygning af genindvindingsanlæg.

10.2.4.1 Case: Varmegenvinding på malerkabine

Branche	35. Fremstilling af motorer
Procesanlæg	Malerkabiner – ventilationsluft - genindvinding
Energiforbrug	1.572 GJ/år (el og fjernvarme)
Løsning	Varmegenvinding på afkastluft
Energibesparelse	471,6 GJ/år, anslået 30 %, sv.t 78.600 kr.
Investering	900.000 kr.
Tilbagebetalingstid	11,5 år
Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	1.908 kr./GJ/år

Tabel 4. Eksempel på etablering af genindvinding af varme fra ventilationsafkastet fra en malerkabine.

Driftsbesparelsen er beregnet med en fjernvarmepris på ca. 0,60 kr./kWh.

Casen med "anlægsoptimering" af en malerkabine, med etablering af genindvinding af varme fra ventilationsafkastet viser en relativt lang tilbagebetalingstid, grundet en kombination af investeringsstørrelse og en relativt lav energipris (el og fjernvarme)

10.2.5 Sammenfatning af energisparepotentialer

De forskellige cases ovenfor viser samlet væsentlige potentialer for at reducere energiforbruget til rumvarme:

- Op til 4% kan spares ved et investeringsniveau på 347 kr./GJ/år
- Op til 8% kan spares ved et investeringsniveau på 313 kr/GJ/år
- Yderligere 7% kan spares ved et investeringsniveau på 1.908 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 4% kan spares ved et investeringsniveau på 347 kr./GJ/år
- Op til 12% kan spares ved et investeringsniveau på 313 kr/GJ/år
- Op til 19% kan spares ved et investeringsniveau på 1.908 kr./GJ/år

Disse erfaringsdata fører frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
347	4	4
313	12	8
1.908	19	15

Tabel 5. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen rumvarme.

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format:

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	7	7	4
560	2	9	8
975	3	12	12
1400	3	15	15

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen rumvarme i Energistyrelsens format

Den dyreste del af besparelserne, vurderes til at være vanskeligt at opnå, idet tilbagebetalingstider på udskiftninger, der ligger på niveau med den tekniske levetid af anlæggene, ikke vurderes til at være økonomisk attraktivt at gennemføre.

10.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

Generelt vurderes barriererne for realisering af potentialerne til at bestå af 2 forhold:

1. Manglende opmærksomhed på potentialernes størrelse, i kombination med den korte levetid af disse (Adfærdsbetingede potentialer som indregulering, styring, driftsoptimering og behovsreduktion)
2. Lange tilbagebetalingstider på de mere investeringstunge potentialer (f.eks. etablering af genindvindingsanlæg)

Det skal dog bemærkes, at de beskrevne cases er taget fra gennemførte energisyn, disse er udført på et tidspunkt, hvor energipriserne var markant lavere end i forsommeren 2022.

Det vurderes derfor, at der vil være stigende opmærksomhed på at realisere de potentialer der bliver anvist, da det driftsøkonomisk vil være mere rentabelt med stigende energipriser.

10.4 Potentialer fordelt på temperatur niveau.

Alle potentialer til slutanvendelsen rumvarme ligger i temperaturniveauet < 100 °C

10.5 Fremskrivning af energisparepotentialer 2050

Fremskrivning af sparepotentialer for rumvarme omhandler ikke naturlig udskiftning af anlægskomponenter, men omhandler alene besparelser drevet af klima- og driftsøkonomiske hensyn. Med stigende brændselspriser som grundlag vurderes det, at de i afsnit 2.2 – 2.5 vil kunne realiseres.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	7	4
560	10	8
975	13	12
1400	17	15

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen rumvarme i Energistyrelsens format

11 Slut anvendelse rumkøling

Komfortkøling/rumkøling anvendes i blandt andet privat erhvervsbyggeri, som for eksempel mejeriindustrien og medicinalindustrien. Rumkøling benyttes i lokaler, hvor der skal holdes bestemte temperaturer og fugtigheder. Ligeledes omfatter rumkøling også IT og kommunikation, herunder datacentre, som er blevet den største forbruger inden for dette område.

Typisk anvendes airconditionanlæg i form af fan coils placeret i de kølede lokaler eller i form af ventilationsanlæg med køleflader, der fordeler afkølet luft til lokalerne. Kølingen foretages for det meste som frikøling i kombination med et mekanisk køleanlæg. Køleanlægget kan være et DX-køleanlæg eller chiller-anlæg. Frikøling er som regel tørkølere, grundvandskøling eller køletårne.

11.1 Teknologianvendelse

Der findes en række forskellige teknikker for rumkøling, hvoraf de mest almindeligt anvendte er angivet i nedenstående tabel.

Kategori	Teknologi	Brancher	Produkter
Rumkøling	Mekanisk drevne kompressionsanlæg	<ul style="list-style-type: none"> • Mejerier • Medicinalindustri • Bygge- Og Anlægsvirksomhed • Legetøj og anden fremstillingsvirksomhed • Træindustri • Fremstilling af maling og sæbe m.v. • Drikkevareindustri • Fremstilling af andre maskiner • Reparation og installation af maskiner og udstyr • Møbelindustri 	NA
	Termisk drevne absorptionsanlæg		
	Kombineret frikøling og mekanisk køling		
	Grundvandskøling		
	Fjernkøling		

Tabel 1. Mest almindelige rumkølingsteknikker

De energimæssigt væsentligste brancher for slutanvendelsen rumkøling er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov til køl/frys i produktionserhverv (%)	Væsentligste energiarter
9 Mejerier	116	39,0%	Elektricitet
23 Medicinalindustri	77	25,8%	Elektricitet
42 Bygge- Og Anlægsvirksomhed	27	9,1%	Elektricitet
40 Legetøj Og Anden Fremstillingsvirksomhed	16	5,4%	Elektricitet
16 Træindustri	15	5,0%	Elektricitet
22 Fremst. Af Maling Og Sæbe Mv.	12	3,9%	Elektricitet
14 Drikkevareindustri	12	3,9%	Elektricitet
36 Fremst. Af Andre Maskiner	8	2,5%	Elektricitet
41 Reparation Og Installation Af Maskiner Og Udstyr	6	1,9%	Elektricitet
38 Møbelindustri	4	1,3%	Elektricitet
Øvrige	6	2,2%	Elektricitet

Tabel 2. Brancher med størst andel af elforbrug til rumkøling

Det ses, at mejerier udgør den langt største branche indenfor rumkøling efterfulgt af medicinalindustri, bygge-og anlægsvirksomhed samt legetøj og anden fremstillingsvirksomhed.

11.2 Energisparepotentialer

Der er et stort besparelspotentiale ved at reducere kølebehovet anvende de mest energieffektive anlæg samt sørge at udnytte de mest energieffektive styrings-og reguleringsmuligheder.

I det følgende gives en vurdering af besparelspotentialerne for forskellige tiltag på rumkølingsanlæg.

11.2.1 Behovsreduktion

Det vurderes, at der er væsentlige muligheder for at reducere behovet for rumkøling i erhvervslivet, for eksempel:

- Revurdering af fugtkrav i medicinal- og elektronikindustrien
- Bedre klimaskærmsløsninger (mere isolering i vægge, gulve og lofter)
- Reduktion i energiforbruget til belysning gennem konvertering til LED og lavenergielektronik så varmebelastningen i rum reduceres

Det vurderes, at man ved behovsreduktion på tværs af brancher typisk kan spare mellem 5 og 20% – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

11.2.2 Adfærd og vedligehold

Adfærds- og vedligeholdelsesmæssige energibesparelser vil for køleanlæg omfatte for eksempel:

- Renholdelse for kalk etc. der skaber fouling i fordampere og kondensatorer
- Sikring af, at olieudskiller fungerer optimalt
- Løbende vedligehold af kompressorer for at sikre kapacitet og virkningsgrad
- Regelmæssige tjek af temperaturer og fugtigheder i lokaler

Samlet skønnes det adfærds- og vedligeholdelsesmæssige energisparepotentiale udgør 5% af forbruget – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

11.2.2.1 Hæve temperatur i serverrum

Branche	15 Tekstilindustri, Beklædningsindustri samt Læder- og fodtøjsindustri
Procesanlæg	Kølesystem
Energiforbrug	1.200 GJ/år (el)
Løsning	Temperaturen i serverrummet hæves fra 16°C til 18°C.
Energibesparelse	60 GJ/år eller 5%
Investering	10.000 kr.
Tilbagebetalingstid	1,0 år
Levetid af besparelse	3 år
Omkostningseffektivitet	167 kr./GJ/år

Tabel 3. Hæve temperatur i serverrum. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,60 kr./kWh.

Casen med "adfærd og vedligehold" af et større køleanlæg ovenfor viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at hæve temperaturen i f.eks. serverrum, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den meget attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være rimeligt. Potentialet på i gennemsnit 5% vurderes at have omkostningsniveauer som ligger en smule højere end i casen, da der ikke er vedligehold med, dvs. omkring 200 kr./GJ/år.

11.2.3 Styring og driftsoptimering

I afsnit 2.4 "Anlægsoptimeringer" ses en række muligheder for driftsoptimering (indirekte anlæg ombygges til direkte anlæg, variabelt kondensatortryk, større kondensatorer for at sænke kondenseringstrykket m.m.), som sammen med styring af kølevandspumper rummer de muligheder, der er for at optimere driften af køleanlæg.

Driftsmønstret kan imidlertid være temmelig komplekst og etablering af COPs-overvågning vil derfor være et væsentligt tiltag for langt de fleste større køleanlæg. COPs betyder - i modsætning til COP af selve kompressoren – at hele systemets virkningsgrad måles online og løbende.

Det vurderes, at man ved styrings- og driftsoptimering på tværs af brancher i bedste fald kan spare op til 20% ud over besparelspotentialerne ved bedre adfærd og vedligehold, men at der skal investeres en del penge i måleudstyr og instrumentering for at realisere potentialerne – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

11.2.3.1 Hæve fordampetryk

Branche	7 Slagterier
Procesanlæg	Kølesystem
Energiforbrug	2.214 GJ/år (el)
Løsning	Installation af CP optimizer, der bruger en temperatursensor og en relativ fugtighedssensor til konstant at beregne det ideelle tryk i fordampere
Energibesparelse	324 GJ/år eller 15%
Investering	175.000 kr.
Tilbagebetalingstid	3,2 år
Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	540 kr./GJ/år

Tabel 4. Forøgelse af fordampetryk. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,60 kr./kWh.

Casen med "Styrings- og driftsoptimering" af et større køleanlæg ovenfor viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at hæve fordampetrykket, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den meget attraktive ende. Potentialet i casen vurderes at være højt. Et potentiale på 5 – 10 % (i gennemsnit 7 %) yderligere vil være rimeligt. Potentialet på 7% vurderes at have omkostningsniveauer som ligger omtrent på samme niveau som i casen, dvs. omkring 500 kr./GJ/år.

11.2.4 Anlægsoptimeringer

Muligheden for at investere i større effektiviseringsprojekter for køle- og frysesystemer kan omfatte:

- Brug af pladevarmevekslere i stedet for rørfordampere
- Indirekte anlæg ombygges til direkte anlæg
- Større kondensatorer for at sænke kondenseringstrykket
- Variabelt kondensatortryk
- Kapacitetsregulerede kompressorer
- Samling af anlæg i større centraler
- Variable styring af kølevandspumper

Det vurderes, at sådanne løsninger kan reducere energiforbruget til kølesystemet med i bedste tilfælde op til 20% med tilbagebetalingstider i intervallet 2 - 10 år.

11.2.4.1 Optimering af køleanlæg

Branche	7 Slagterier
Procesanlæg	Kølesystem
Energiforbrug	2.214 GJ/år (el)
Løsning	CP optimizer der bruger en temperatursensor og en relativ fugtighedssensor til konstant at beregne det ideelle tryk i kondensatoren, frekvensomformer til køletårn samt ombygning af pumpesystem og optimering af brinetemperaturerne
Energibesparelse	432 GJ/år eller 20%
Investering	365.000 kr.
Tilbagebetalingstid	4 år
Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	844 kr./GJ/år

Tabel 5. Installation af CP optimerer og frekvensomformer til køletårn og ombygning af pumpesystem og optimering af opvarmning af brinen. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,65 kr./kWh.

Casen med "anlægsoptimering" af et køleanlæg viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at installere en CP optimizer m.v., og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være højt. Et potentiale på 5 – 10 % yderligere vil være rimeligt. Tiltaget vurderes at have omkostningsniveauer som ligger på niveau med det i casen, dvs. omkring 850 kr./GJ/år.

11.2.5 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set væsentlige potentialer for at reducere energiforbruget til rumkøling:

- Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Yderligere 7 % kan spares ved et investeringsniveau på 500 kr./GJ/år
- Yderligere 7 % kan spares ved et investeringsniveau på 850 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Op til 12% kan spares ved et investeringsniveau på 500 kr./GJ/år
- Op til 19% kan spares ved et investeringsniveau på 850 kr./GJ/år

Samlet fører disse erfaringsdata frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
200	5	3
500	12	7
850	19	10

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen rumkøling

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	5	5	3
560	7	12	7
975	8	20	10
1400	5	25	12

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen rumkøling i Energistyrelsens format

Nogle køle- og frysesystemer i danske produktionserhverv er af ældre dato, og totaludskiftninger med nye teknologier vil i mange tilfælde kunne realisere ret betydelige besparelser, men vil også være omkostningstunge at foretage.

Totaludskiftning af køle- og frysesystemer omfatter nye og effektive anlæg samt udnyttelse af de mest energieffektive styrings- og reguleringsmuligheder. Disse investeringer er så omfattende at man trods besparelsepotentialer i intervallet 20 – 30 % typisk må regne med "energimæssige" tilbagebetalingstider, der i mange tilfælde overstiger anlæggenes tekniske levetid.

11.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

Økonomien er den absolut største barriere i forhold til realisering de enkelte tiltag. Hvis tilbagebetalingstiden er for lang, hvilket typisk er over fem år, vil det ofte være uinteressant for virksomhederne. For nogle af tiltagene gælder, at hvis de skal gennemføres så vil det medføre at produktionen påvirkes eller helt må stoppes, mens et anlæg eller en anlægsdel udskiftes, hvilket i mange tilfælde ikke kan acceptere.

En sidste barriere kan være at virksomheden råder over et køleanlæg der virker upåklageligt, men som måske ikke er energieffektivt. Derfor har man ikke lyst til at udskifte det med et nyt anlæg der indeholder teknologi, der kan give anledning til problemer og eventuelle driftsstop.

11.4 Potentialer fordelt på temperaturniveau

De angivne besparelspotentialer afviger ikke fra den temperaturfordeling, der er angivet i kortlægningssfasen.

11.5 Fremskrivning af potentialer

En fremskrivning af potentialerne for at effektivisere pumpeanlæg frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne. Fremskrivningen angår dog ikke det forhold at der vil ske en vis naturlig udskiftning af køleanlæg eller at en del af potentialet vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Overordnet kan man sige at besparelspotentialet frem mod 2050 vil kunne blive påvirket af flere forhold, for eksempel:

- Mere effektive kompressorer
- Mere effektive motorer
- Mere effektive styrings- og reguleringsformer med avanceret dataanvendelse, herunder anvendelse af grid-signaler fra nettet
- m.m.

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 9 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	6	3
560	15	7
975	22	10
1400	27	12

Tabel 8. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen rumkøling i Energistyrelsens format

12 Slut anvendelse belysning

Den indendørs belysning omfatter almen belysning i arbejdslokaler og gangarealer samt arbejdsbelysning på arbejdspladserne. Tilsammen skal den faste belysning og arbejdsbelysningen opfylde kravene i DS/EN12464-1:2021 "Lys og belysning – Belysning ved arbejdspladser – Del 1: Indendørs arbejdspladser". DS/EN12464-1:2021 omhandler belysning på indendørs arbejdspladser og stiller generelt høje luxkrav til arbejdspladser, hvilket påvirker energiforbruget. Der er også en tendens til, at der fremover vil blive fokuseret på dynamisk lys på arbejdspladser (døgnrytmebelysning). Dette har betydning for styringen, men vil ikke påvirke energiforbruget nævneværdigt.

For at kunne overholde energikravene i BR18 er det nødvendigt at anvende armaturer med høj virkningsgrad og lavt energiforbrug samt effektiv lysstyring, såsom dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopdeling.

12.1 Teknologianvendelse

Belysningsanlæg finder anvendelse i alle brancher i industrien. Der findes en række forskellige belysningsformer, hvoraf de mest almindelige og anvendte er angivet nedenfor.

Kategori	Teknologi	Brancher
Belysning på arbejdsfeltet	<ul style="list-style-type: none"> • LED-lyskilder • T5-lysstofrør og T5-LED-retrofit lyskilde • T8-lysstofrør og T8-LED-retrofit lyskilde • Højtryksnatrium lamper • Metalhalogen lamper 	Alle
Belysning i færdselsarealet (almenbelysningen/rumbelysningen)	<ul style="list-style-type: none"> • LED-lyskilder • T5-lysstofrør og T5-LED-retrofit lyskilde • T8-lysstofrør og T8-LED-retrofit lyskilde • Højtryksnatrium lamper • Metalhalogen lamper 	Alle
Særbelysning	<ul style="list-style-type: none"> • Vækstlys LED • Vækstlys – højtryksnatrium lamper 	Gartnerier
Udendørsbelysning	<ul style="list-style-type: none"> • T8-lysstofrør • Højtryksnatrium lamper • Metalhalogen lamper • LED-lyskilder 	Primært bygge og anlægsvirksomheder men også andre

Tabel 1. Mest fremtrædende belysningsformer

Der sker fortsat en af udvikling af LED-lyskilder. I dag installeres stort set kun belysningsanlæg med LED-armaturer. LED-armaturer er kommet væsentligt ned i pris og er dermed blevet konkurrencedygtige i forhold til standardlyskilder såsom T5-lysstofrør. Udviklingen af LED har medført, at man i dag kan producere LED i en høj kvalitet i stort set alle spektralfarver og i et bredt spænd af farvetemperaturer. LED kan på mange områder konkurrere med en stor del af de eksisterende lyskilder både hvad angår effektivitet, anvendelsesmuligheder, farvegengivelse og styringsmuligheder.

Konventionelle lyskilder såsom lysstofrør og metalhalogen anvendes stadig i stort omfang i eksisterende lysarmaturer, og belysningsanlæg med lysstofrør med konventionel forkobling eksisterer stadig i stor udstrækning.

De energimæssigt væsentligste brancher for slutanvendelsen belysning er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet belysningsbehov i produktionserhverv (%)	Væsentligste energiarter
1 Landbrug	720	21,0%	100,0% el i alt
2 Gartneri	463	13,5%	100,0% el i alt
32 Metalvareindustri	218	6,4%	100,0% el i alt
42 Bygge- Og Anlægsvirksomhed	204	6,0%	100,0% el i alt
24 Plast- Og Gummiindustri	137	4,0%	100,0% el i alt
35 Fremst. Af Motorer, Vindmøller Og Pumper	126	3,7%	100,0% el i alt
23 Medicinalindustri	123	3,6%	100,0% el i alt
13 Øvrige Anden Fødevareindustri	120	3,5%	100,0% el i alt
9 Mejerier	116	3,4%	100,0% el i alt
7 Slagterier	106	3,1%	100,0% el i alt
Øvrige	1.093	31,9%	

Tabel 2. Brancher med størst andel af energiforbrug til belysning

Det ses, at landbruget udgør den langt største branche med anvendelse af efterfulgt af gartnerier, metalvareindustri og bygge- og anlægsvirksomhed.

12.2 Energisparepotentialer

Der er et stort besparelspotentiale ved at anvende de mest energieffektive lyskilder og armaturer samt sørge for en god dagslysadgang til arbejdslokalerne samt udnytte de tilgængelige styrings- og reguleringsmuligheder. Ud over elforbruget skal der naturligvis også tages hensyn til lyskvaliteten, således at arbejdsbelysningen fortsat opfylder kravene til belysning i DS/EN 12464-1:2021. I det følgende gives en vurdering af besparelspotentialerne for forskellige tiltag på belysningsanlæg.

12.2.1 Behovsreduktion

Der skal sikres acceptable lysforhold gennem elektrisk belysning. Belysningen skal etableres så den modsvarer de enkelte rums anvendelse i bygningen. På arbejdspladser stiller bygningsreglementet BR18 krav til, at man følger DS/EN 12464-1:2021. Behovet for elektrisk belysning skal jf. BR18 udrustes med effektiv lysstyring, såsom dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopdeling kan man automatisk reducere behovet for elektrisk belysning. Der er dog stadig mange, eksisterende belysningsanlæg, hvor disse tiltag ikke er til stede, og hvor lyset styres manuelt på kontakter.

Hvis man fra start af benytter lyse farver i lokalerne, er det også med til at behovet for elektrisk belysning reduceres.

Under projekteringen af belysningsanlæg indgår vedligeholdelsesfaktoren (mellem 0 og 1) for den elektriske belysning. Da kravene til belysningsstyrken i givne arbejdsituationer er minimumsværdier over anlæggets levetid, overdimensioneres anlæggene ved projektering svarende til vedligeholdelsesfaktoren. I vedligeholdelsesfaktoren indgår udskiftningsintervaller for lyskilder, hvis lysudsendelse reduceres i løbet af levetiden, samt faktorer for tilsmudsning af armaturer og vægge. Vælges vedligeholdelsesvenlige armaturer og en god

vedligeholdelsesstandard, kan man reducere det nødvendige effektbehov, idet vedligeholdelsesfaktoren bliver højere. Tiltagene som er beskrevet ovenfor, hører dog ind under de efterfølgende punkter (2.2 til 2.4).

12.2.2 Adfærd og vedligehold

Den energirigtige adfærd omhandler slukning af lys, når der ikke er personer til stede eller der er tilstrækkeligt dagslysindfald. I mindre omfang er energirigtig adfærd også at tilpasse arbejdstider efter dagslyset og f.eks. lade rengøring foregå om dagen, hvor dagslyset kan udnyttes.

Det vurderes, at man ved energirigtig adfærd på tværs af brancherne typisk kan spare ca. 5 – 10 % af belysningsanlæggenes energiforbrug med kun få andre investeringer end mandtimeforbrug. Typisk vil disse omkostninger være tjent hjem mellem 0 og 2 år.

Vedligeholdelse af et belysningsanlæg giver ikke energibesparelser, men det er med til at sikre at anlægget leverer det lys som kræves for at arbejdsopgaverne kan udføres på tilfredsstillende vis.

12.2.2.1 Manuel afbrydelse af belysningsanlæg når der er tilstrækkeligt dagslysindfald

Branche	32 Metalvareindustri
Procesanlæg	Belysningsanlæg
Energiforbrug	487 GJ/år (el)
Løsning	Grundet det store vinduesbånd samt ovenlys, er der et stort lysindfald i bygningen. Ved gennemgangen af bygningen en dag med stort dagslysindfald blev lyset forsøgsvist slukket og medarbejderne vurderede, at der var tilstrækkeligt arbejdsbelysning.
Energibesparelse	50 GJ/år eller 10%
Investering	12.000 kr.
Tilbagebetalingstid	1,7 år
Levetid af besparelse	3 år
Omkostningseffektivitet	242 kr./GJ/år

Tabel 3. Manuel afbrydelse af belysningsanlæg når der er tilstrækkeligt dagslysindfald. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "adfærd og vedligehold" af et større belysnings ovenfor viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at slukke lyset når der ikke er behov for det, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den meget attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være i den høje ende og de 5 % angivet i afsnit 2.2 forventes at være mere realistisk, da de ansatte som oftest vil glemme at slukke lyset. Potentialet på 5 % vurderes at have omkostningsniveauer som ligger en smule lavere end i casen, det vil sige omkring 200 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

12.2.3 Styring og driftsoptimering

For større belysningsanlæg vil der være potentialer forbundet med at anvende mere avancerede styringer og automatisere nogle af de optimeringsmuligheder, som er nævnt under "adfærd og vedligehold" ovenfor.

Dette kan for eksempel være:

- Etablering af bevægelsesmeldere (PIR-følere) i lokaler
- Etablering af zoneopdeling af belysningsanlægget
- Etablering af automatisk dagslysstyring, hvis der er tilstrækkelig dagslysadgang

Det vurderes, at man ved etablering af bevægelsesmeldere på tværs af brancher typisk kan spare ca. 10% ud over besparelspotentialerne ved bedre adfærd og vedligehold, men at der skal investeres en del penge i bevægelsesmeldere og installation af disse for at realisere potentialerne – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 4 år.

Det vurderes, at man ved etablering af zoneopdeling på tværs af brancher typisk kan spare mellem ca. 5% ud over besparelspotentialerne ved bedre adfærd og vedligehold, men at der skal investeres en del penge i kontakter og installation af disse for at realisere potentialerne – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 4 og 8 år.

Endelig vurderes, at man ved etablering af automatisk dagslysstyring på tværs af brancher typisk kan spare mellem 30 og 40% ud over besparelspotentialerne ved bedre adfærd og vedligehold, men at der skal investeres en del penge i lysensorer og installation af disse for at realisere potentialerne – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 4 og 8 år.

De ovenfor beskrevne muligheder for etablering af styring af belysningsanlæggene kan også ses som en anlægsoptimering. Se afsnit 2.4.

12.2.3.1 Etablering af dagslyssensorer og bevægelsesmeldere

Branche	32 Metalvareindustri
Procesanlæg	Belysningsanlæg
Energiforbrug	487 GJ/år (el)
Løsning	Grundet det store vinduesbånd samt ovenlys, er der et stor lysindfald i bygningen. Ved gennemgangen af bygningen blev lyset forsøgsvist slukket og medarbejderne vurderede, at der var tilstrækkeligt arbejdsbelysning. Der etableres dagslyssensorer, der slukker lyset når der er tilstrækkeligt dagslysfald.
Energibesparelse	75 GJ/år eller 15%
Investering	50.000 kr.
Tilbagebetalingstid	4,8 år
Levetid af besparelse	7 år
Omkostningseffektivitet	667 kr./GJ/år

Tabel 4. Etablering af dagslyssensorer og bevægelsesmeldere. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "Styrings- og driftsoptimering" af et større belysnings ovenfor viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at etablere dagslyssensorer og bevægelsesmeldere, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den meget attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være i den høje ende og 10 % forventes at være mere realistisk. Potentialet på 10 % vurderes at have omkostningsniveauer som ligger en smule højere end i casen, det vil sige omkring 700 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

12.2.4 Anlægsoptimeringer

Muligheden for at investere i større effektiviseringsprojekter for belysningsanlæg kan omfatte:

- Udskiftning af lyskilder fra T8- eller T5-lysstofrør til LED-lysstofrør
- Udskiftning af armaturer

Det vurderes, at sådanne løsninger kan reducere energiforbruget til belysningsanlægget med i bedste tilfælde op til 50 %, men i mange andre tilfælde vil ligge i niveauet 10 – 15% med tilbagebetalingstider i intervallet 4-15 år.

12.2.4.1 Case: Udskiftning af lyskilder

Branche	32 Metalvareindustri
Procesanlæg	Belysningsanlæg
Energiforbrug	903 GJ/år (el)
Løsning	Udskiftning af T5-lyskilder til T5-LED lyskilder (1:1 udskiftning)
Energibesparelse	292 GJ/år eller 32%
Investering	387.000 kr.
Tilbagebetalingstid	9,5 år
Levetid af besparelse	15 år
Omkostningseffektivitet	1.325 kr./GJ/år

Tabel 5. Udskiftning af lyskilder. Driftsbesparselsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "anlægsoptimering" af et belysningsanlæg viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at udskifte lyskilderne, men økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid i den høje ende.

Potentialet i casen vurderes at være højt. Et gennemsnitligt potentiale på ca. 10 % vurderes at være rimeligt og vil have omkostningsniveauer som ligger en smule lavere end i casen, det vil sige omkring 1.300 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle, se nedenfor.

12.2.5 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set væsentlige potentialer for at reducere energiforbruget til belysning:

- Op til 5 % kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Yderligere 10 % kan spares ved et investeringsniveau på 700 kr./GJ/år
- Yderligere 10 % kan spares ved et investeringsniveau på 1.300 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Op til 15% kan spares ved et investeringsniveau på 700 kr./GJ/år
- Op til 25% kan spares ved et investeringsniveau på 1.300 kr./GJ/år

Samlet fører disse erfaringsdata frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
200	5	3
700	15	7
1.300	25	10

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen belysning

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	5	5	3
560	7	12	7
975	6	18	10
1400	7	25	12

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen belysning i Energistyrelsens format

Det må således forventes, at den sidste del af besparelspotentialet er relativt meget dyrere at realisere, da man nærmer sig visse fysiske grænser for hvad der kan realiseres på eksisterende anlæg.

Totaludskiftninger med nye teknologier vil i mange tilfælde kunne realisere ret betydelige besparelser, men vil også være omkostningstunge at foretage. Totaludskiftning af belysning omfatter nye og effektive armaturer med LED-lyskilder, bevægelsesmeldere, zoneopdeling og automatisk dagslysstyring. Disse investeringer er så omfattende at man trods besparelser potentialer på op til ca. 70 % typisk må regne med "energimæssige" tilbagebetalingstider i intervallet 10 - 15 år.

12.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

Økonomien er den absolut største barriere i forhold til realisering de enkelte tiltag. Hvis tilbagebetalingstiden er for lang, hvilket typisk er over fem år, vil det ofte være uinteressant for virksomhederne. For mange af tiltagene gælder, at hvis de skal gennemføres så vil det medføre at produktionen påvirkes eller helt må stoppes, mens belysningsanlægget udskiftes eller renoveres. Det betyder, at området som det pågældende belysningsanlæg betjener skal tages ud af drift i et stykke tid, hvilket kræver planlægning og kan i nogle tilfælde medføre et produktionsstop, hvilket ikke er acceptabelt. I mange tilfælde kan en udskiftning dog godt foretages samtidig med at produktionen foregår.

En sidste barriere kan være at virksomheden råder over et belysningsanlæg der virker upåklageligt, men som måske ikke er energieffektivt. Derfor har man ikke lyst til at udskifte det med et nyt anlæg.

12.4 Potentialer fordelt på temperaturniveau

Dette er ikke relevant for belysningsanlæg.

12.5 Fremskrivning af potentialer

En fremskrivning af potentialerne for at effektivisere belysningsanlæg frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne – fremskrivningen angår dog ikke det forhold at der vil ske en vis naturlig udskiftning af belysningsanlæg eller at en del af potentialet vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Overordnet kan man sige at besparelspotentialet frem mod 2050 vil kunne blive påvirket af flere forhold, for eksempel:

- Mere effektive LED-lyskilder
- Mere effektive armaturer
- Mere effektive styrings- og reguleringsformer med avanceret dataanvendelse, herunder anvendelse af grid-signaler fra nettet
- m.m.

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 9 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	6	3
560	18	7
975	27	10
1400	33	12

Tabel 8. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen belysning i Energistyrelsens format

13 Slut anvendelse pumpning

Pumper bruges i vid udstrækning i alle brancher, men fødevarerindustrien, landbruget og den kemiske industri står for mere end 50% af det samlede elforbrug til pumpning.

Pumpeteknologien omfatter pumper med tilhørende rørledninger, ventiler og armaturer. En pumpe bruges til at cirkulere eller transportere væsker. Pumpning af væsker omfatter vand, olie, mælk, kemikalier, gylle m.v.

Cirkulation af væsker foregår i lukkede systemer uden resulterende løft eller fald af væsken. Dette bruges især i varme- og køleanlæg.

Transport af væsker der foregår i åbne systemer, kan indebære løft eller fald af væsken. Dette bruges især ved transport af en væske fra A til B. Dette kunne være pumpning imellem to beholdere eller markvanding.

Der findes flere forskellige typer pumper. Nedenstående tabel indeholder en oversigt over de mest almindelige og anvendte, idet tabellen ikke er fuldstændig.

13.1 Teknologianvendelse

Pumpeanlæg finder anvendelse i alle brancher i industrien.

Der findes en række forskellige pumpningsformer, hvoraf de mest fremtrædende og anvendte er angivet nedenfor:

Kategori	Teknologi	Brancher	Produkter
Centrifugalpumpe	<ul style="list-style-type: none"> • Radialpumpe • Aksialpumpe 	Alle brancher, herunder: <ul style="list-style-type: none"> • Landbrug • Mejerier • Fødevarerindustri • Biotek og farma • Kemisk Industri • Fremstilling af metaller 	<ul style="list-style-type: none"> • Vand • Spildevand • Olie • Mælk • Kemikalier
Positivpumpe	<ul style="list-style-type: none"> • Lamelpumpe • Tandhjulpumpe • Stempelpumpe • Membranpumpe 	<ul style="list-style-type: none"> • Landbrug • Fødevarerindustri • Biotek og farma • Kemisk Industri • Træ og papirindustri • Cement, beton og asfalt 	<ul style="list-style-type: none"> • Væsker • Væsker, der indeholder tørstoffer • Tyktflydende væsker • Klæbrige væsker • Syrer • Baser • Opløsningsmidler • Maling • Lak • Trykfarver

Tabel 1. Mest almindelige pumpetyper

De energimæssigt væsentligste brancher for slutanvendelsen pumpning er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet pumpningsbehov i produktionserhverv (%)	Væsentligste energiarter
1 Landbrug	1.220	35,4%	Elektricitet
9 Mejerier	232	6,7%	Elektricitet
17 Papirindustri	190	5,5%	Elektricitet
31 Fremst. Af Metal	164	4,8%	Elektricitet
7 Slagterier	159	4,6%	Elektricitet
2 Gartneri	120	3,5%	Elektricitet
24 Plast- Og Gummiindustri	118	3,4%	Elektricitet
8 Fiskeindustri	110	3,2%	Elektricitet
21 Øvrige Basiskemikalier	97	2,8%	Elektricitet
22 Fremst. Af Maling Og Sæbe Mv.	93	2,7%	Elektricitet
Øvrige	940	27,3%	Elektricitet

Tabel 2. Brancher med størst andel af energiforbrug til pumpning

Det ses, at landbruget udgør den langt største branche indenfor pumpning af efterfulgt af gartnerier, metalvareindustri og bygge- og anlægsvirksomhed.

13.2 Energisparepotentialer

Der er et stort besparelspotentiale ved at anvende de mest energieffektive pumper og motorer samt ved at udnytte den mest energieffektive reguleringsmulighed, som er omdrejningstalregulering.

I det følgende gives en vurdering af besparelspotentialerne for forskellige tiltag på pumpe-systemer.

13.2.1 Behovsreduktion

Behovet for pumpning kan opdeles i behov for væskemængde og for tryk. Væskemængden kan i visse tilfælde reduceres ved at undgå spild. Et eksempel på dette er fra landbruget, hvor brug af drikkeskåle til svin frem for drikkeventiler kan spare 30% drikkevand, der således ikke skal pumpes op.

Trykbehovet kan i åbne systemer reduceres ved at placere forbrugsstedet(-erne) eller modtagebeholderen lavere end sendebeholderen. Et andet eksempel på reduceret behov for pumpetryk gælder fødevandspumpen til en dampkedel. Hvis damptrykket sænkes – eventuelt efter ændringer hos dampforbrugerne – vil pumpetrykket og den optagne eleffekt blive reduceret. Et tredje eksempel vedrører ultrafiltrering, hvor kravet til differenstryk over filtret kan være lavere ved brug af nye typer filtermedier og ved valg af filtermedier, der passer til det aktuelle produkt.

Ved pumpning af opløst stoffer kan et alternativ med lavere elforbrug være transport af stofferne i tør form med bånd eller redler.

Det gælder om løbende at begrænse den pumpede væskemængde til det netop nødvendige og om kun at pumpe med det tryk, der aktuelt er behov for. I varmesystemer betyder det f.eks. at varmemediet skal afkøles mest muligt ude hos brugerne, og tilsvarende skal kølevand opvarmes mest muligt, før det pumpes tilbage til køleanlægget. Et eksempel herpå er et køleanlæg med køletårn, hvor pumpeeffekten kan reduceres med 90% i de fleste af årets timer ved at udnytte hele den temperaturstigning, der accepteres for kølevandet.

Det vurderes, at man ved behovsreduktion på tværs af brancher typisk kan spare mellem 40% og 50% af elforbruget, men at der skal investeres en del penge i nye og alternative installationer for at realisere potentialerne, – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

13.2.2 Adfærd og vedligehold

Hvis de førnævnte tiltag gennemføres, består de adfærdsmæssige muligheder især i at stoppe for pumper, der kører unødigt (idet de eksempelvis pumper op mod en lukket ventil), samt i at anmelde fejl som utætte rør, ventiler og pumper.

Det vurderes, at man ved energirigtig adfærd på tværs af brancherne typisk kan spare ca. 2% af pumpesystemernes energiforbrug med kun få andre investeringer end mandtimeforbrug.

Vedligeholdes en pumpe ikke kan virkningsgraden falde 10 - 15%. Det er muligt at undgå hovedparten af faldet ved at rengøre pumpens indre overflader og eventuelt coate pumpen samt ved i øvrigt at smøre pumpen og holde den korrekt oprettet mv. I pumpesystemet skal tryktabet holdes lavt ved bl.a. at rense rør, ventiler og filtre og afkalke varmevekslere, og utætheder skal udbedres, så vandet ikke forsvinder eller løber tilbage til den beholder det pumpes fra. Det vurderes, at vedligeholdelse kan give 3% mere, så der i alt ved adfærd og vedligeholdelse kan spares 5%.

13.2.2.1 Sluk for pumpe når der ikke er behov

Branche	31 Fremst. af metal
Procesanlæg	Pumpesystem
Energiforbrug	300 GJ/år (el)
Løsning	Sluk for pumper der benyttes til at cirkulere kølevand når der ikke er noget behov
Energibesparelse	60 GJ/år eller 20 %
Investering	5.000 kr.
Tilbagebetalingstid	0,6 år
Levetid af besparelse	3 år
Omkostningseffektivitet	83 kr./GJ/år

Tabel 3. Udsiftning af pumper til nye pumper med omdrejningstalregulering. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "adfærd og vedligehold" af et større pumpeanlæg ovenfor viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at slukke pumpen når der ikke er behov for dens ydelse, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den meget attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være i den høje ende og de i gennemsnit 5% angivet ovenstående forventes at være mere realistisk, da de ansatte som oftest vil glemme at slukke for pumpen. Potentialet på 5% vurderes at have omkostningsniveauer som ligger en smule højere end i casen, da der ikke er vedligehold med. Det vil sige omkring 200 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle.

13.2.3 Styring og driftsoptimering

For større pumpe-systemer vil der være potentialer forbundet med at anvende mere avancerede styringer og automatisere nogle af de optimeringsmuligheder, som er nævnt under "adfærd og vedligehold" ovenfor.

En pumpe kan med fordel pumpes så langsomt, som det nu er acceptabelt af hensyn til det udstyr, der betjenes. Dette gælder især, hvis der ikke er noget geometrisk løft. Er der ikke brug for en pumpe ydelse (eller spildes det pumpede medie), bør pumpen stoppes, ligesom pumper ikke bør startes, før der er brug for dem. Stop af unødvendigt kørende pumper kan eksempelvis ske ud fra et signal fra et transportbånd eller en niveaumåler i en tank.

- Omdrejningstalregulering
- Styring af flow- og trykbehov

Det vurderes, at man ved styrings- og driftsoptimering på tværs af brancher typisk kan spare mellem 20% og 30% ud over besparelspotentialerne ved bedre adfærd og vedligehold, men at der skal investeres en del i måleudstyr og instrumentering for at realisere potentialerne, – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 4 år.

13.2.3.1 Etablering af omdrejningstalregulering på ureguleret pumpe

Branche	31 Fremst. af metal
Procesanlæg	Pumpesystem
Energiforbrug	349 GJ/år (el)
Løsning	Etablering af omdrejningstalregulering på ureguleret pumpe der benyttes til at cirkulere kølevand
Energibesparelse	105 GJ/år eller 30 %
Investering	50.000 kr.
Tilbagebetalingstid	3,4 år
Levetid af besparelse	7 år
Omkostningseffektivitet	476 kr./GJ/år

Tabel 4. Udskiftning af pumper til nye pumper med omdrejningstalregulering. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "Styrings- og driftsoptimering" af et større pumpeanlæg ovenfor viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at etablere omdrejningstalregulering på ureguleret pumpe, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den meget attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være i den høje ende og 5 - 10% (7 % i gennemsnit) forventes at være mere realistisk. Potentialet på 7% i gennemsnit vurderes at have omkostningsniveauer, som ligger en smule lavere end i casen, - det vil sige omkring 400 kr./GJ/år, hvor der dog vil være branchemæssige forskelle.

13.2.4 Anlægsoptimeringer

Muligheden for at investere i større effektiviseringsprojekter for pumpesystemer kan omfatte:

- Udskiftning af pumper
- Udskiftning af motorer
- Lavere systemmodstand

Det vurderes, at sådanne løsninger kan reducere energiforbruget til pumpesystemet med i bedste tilfælde op til 25%, men i mange andre tilfælde vil ligge i niveauet 10 – 15% med tilbagebetalingstider i intervallet 2-10 år.

13.2.4.1 Udskiftning af pumpe og motor samt etablering af omdrejningstalsregulering

Branche	31 Fremst. af metal
Procesanlæg	Pumpesystem
Energiforbrug	349 GJ/år (el)
Løsning	Udskiftning af uregulerede pumper af ældre dato der benyttes til at cirkulere kølevand til nye og mere energieffektive pumper med indbygget frekvensomformer
Energibesparelse	174 GJ/år eller 50 %
Investering	130.000 kr.
Tilbagebetalingstid	5,4 år
Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	747 kr./GJ/år

Tabel 5. Udskiftning af pumper til nye pumper og motorer med omdrejningstalsregulering. Driftsbesparselsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "anlægsoptimering" af et pumpeanlæg viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at udskifte pumpe og motor samt etablere omdrejningstalsregulering, men økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid i den høje ende.

Potentialet i casen vurderes at være rimeligt, når man udskifter både pumpe og motor samt etablerer omdrejningstalsregulering og det vil man typisk gøre. Et potentiale på 5 – 10% (i gennemsnit 7 %) yderligere vil være rimeligt alene for udskiftning af pumpe og motor alene og tiltaget vurderes at have omkostningsniveauer som ligger på niveau med det i casen, - det vil sige omkring 800 kr./GJ/år.

13.2.5 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set væsentlige potentialer for at reducere energiforbruget til pumpning:

- Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Yderligere 7% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Yderligere 7% kan spares ved et investeringsniveau på 800 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Op til 12% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Op til 19% kan spares ved et investeringsniveau på 800 kr./GJ/år

Samlet fører disse erfaringsdata frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
200	5	3
400	12	7
800	19	10

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen pumpning.

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format:

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	6	6	3
560	8	14	7
975	6	20	10
1400	5	25	12

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen pumpning i Energistyrelsens format.

Det må forventes, at den sidste del af besparelspotentialet er relativt meget dyrere at realisere, da man nærmer sig visse fysiske grænser for hvad der kan realiseres i forhold til eksisterende anlæg.

Totaludskiftninger med nye teknologier vil i mange tilfælde kunne realisere ret betydelige besparelser, men vil også være omkostningstunge at foretage. Totaludskiftning af pumpesystemer omfatter nye og effektive pumper og motorer, et rørsystem med lav modstand, styring af behov ved forbrugsstederne og omdrejningstalsregulering. Disse investeringer er så omfattende at man trods besparelspotentialer i intervallet 20 - 30% typisk må regne med "energimæssige" tilbagebetalingstider i intervallet 10 - 15 år.

13.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

Økonomien er den absolut største barriere i forhold til realisering de enkelte tiltag. Hvis tilbagebetalingstiden er for lang, hvilket typisk er over fem år, vil det ofte være uinteressant for virksomhederne.

For mange af tiltagene indenfor pumpning gælder, at hvis de skal gennemføres så vil det medføre at produktionen påvirkes eller helt må stoppes mens et anlæg udskiftes. Et skift af en eller flere pumper kan betyde, at maskinen eller det udstyr, som denne eller disse pumper forsyner, skal tages ud af drift i et stykke tid. Med mindre at

virksomheden har en eller flere reservepumper i det aktuelle system vil pumpeudskiftning kræve et produktionsstop, hvilket kan være svært at acceptere.

En anden barriere kan være at virksomheden råder over et pumpeanlæg der virker upåklageligt, men som måske ikke er energieffektivt. Derfor har man ikke lyst til at udskifte det med et nyt pumpeanlæg der indeholder teknologi, der kan give anledning til problemer og eventuelle driftsstop.

For pumper i varmeanlæg er der ikke nogen problemer forbundet med en udskiftning. En sådan udskiftning kan foretages udenfor fyringssæsonen, hvor der ikke er noget væsentligt varmebehov.

13.4 Potentialer fordelt på temperaturniveau

Det er således de angivne besparelspotentialer ikke afviger fra den temperaturfordeling af varmebehov som er beskrevet i kortlægningsfasen. Men projekternes økonomi, dvs. omkostningseffektivitet, vil afhænge af temperaturniveauet, idet pumper for systemer der er relativt kolde, f.eks. kølevands- og centralvarmesystemer, vil have bedre økonomi end projekter der vedrører systemer med høj temperatur, f.eks. damp- og hedtoliesystemer. Det skyldes, at kravene til pumpernes materialer og konstruktion er forskellige.

13.5 Fremskrivning af potentialer

En fremskrivning af potentialerne for at effektivisere pumpeanlæg frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne. Fremskrivningen angår dog ikke det forhold at der vil ske en vis naturlig udskiftning af pumpeanlæg eller at en del af potentialet vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Overordnet kan man sige at besparelspotentialet frem mod 2050 vil kunne blive påvirket af flere forhold, for eksempel:

- Mere effektive pumper
- Mere effektive motorer
- Mere effektive styrings- og reguleringsformer med avanceret dataanvendelse, herunder anvendelse af grid-signaler fra nettet
- m.m.

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 9 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	6	3
560	22	7
975	27	10
1400	32	12

Tabel 8. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen pumpeanlæg i Energistyrelsens format.

14 Slut anvendelse køl/frys

Køling er den del af energiforbruget, der går til proceskøling. Proceskøling anvendes i forbindelse med køling af produktionsprocesser, fødevarerproduktion, maskinkøling, affugtning, vedligeholdelseskøl i detailhandlen og andre formål, der kræver køling over frysepunktet.

Frysning bruges i forbindelse med indfrysning af produkter i fødevarerindustrien, frostlagere, nedfrysning af varer og prøver i medicinalindustrien og sygehusvæsenet, og en række specielle formål, der kræver køling under frysepunktet.

14.1 Teknologianvendelse

Der findes en række forskellige teknikker for køl/frys, hvoraf de mest almindeligt anvendte er angivet i nedenstående tabel.

Kategori	Teknologi	Brancher	Produkter
Køl	Mekanisk drevne kompressionsanlæg	<ul style="list-style-type: none"> • Slagterier • Landbrug • Mejerier • Øvrig anden fødevarerindustri • Medicinalindustri • Fiskeindustri • Fremstillingsindustri 	Fødevarerproduktion Fremstilling af medicin Kemiisk produktion Plastproduktion
	Termisk drevne absorptionsanlæg		
	Køletårne (frikøling)		
	Grundvandskøling		
Frys	Kryogen køling	<ul style="list-style-type: none"> • Øvrig anden fødevarerindustri • Slagterier • Medicinalindustri 	Fødevarerproduktion Fremstilling af medicin
	Mekanisk drevne kompressionsanlæg		

Tabel 1. Mest almindelige køle- og fryseteknikker

Inden for de enkelte brancher anvendes der flere forskellige teknikker for køl/frys, hvilket kan relateres til enten det færdige produkt eller alderen på de specifikke anlæg.

De energimæssigt væsentligste brancher for slutanvendelsen køl/frys er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov til køl/frys i produktionserhverv (%)	Væsentligste energiarter
7 Slagterier	614	21,1%	Elektricitet
1 Landbrug	503	17,3%	Elektricitet
9 Mejerier	451	15,5%	Elektricitet
23 Medicinalindustri	230	7,9%	Elektricitet
20 Fremstilling Af Enzymer	183	6,3%	Elektricitet
24 Plast- Og Gummiindustri	176	6,1%	Elektricitet
10 Bagerier, Brødfabrikker Mv.	137	4,7%	Elektricitet
22 Fremst. Af Maling Og Sæbe Mv.	116	4,0%	Elektricitet
8 Fiskeindustri	112	3,8%	Elektricitet
14 Drikkevareindustri	75	2,6%	Elektricitet
Øvrige	315	10,8%	Elektricitet

Tabel 2. Brancher med størst andel af elforbrug til køl/frys

Det ses, at slagterier udgør den langt største branche indenfor køl/frys efterfulgt af landbrug, mejerier og medicinalindustri.

14.2 Energisparepotentialer

Der er et stort besparelspotentiale ved at reducere kølebehovet anvende de mest energieffektive anlæg samt sørge at udnytte de mest energieffektive styrings- og reguleringsmuligheder.

I det følgende gives en vurdering af besparelspotentialerne for forskellige tiltag på køle- og fryseanlæg.

14.2.1 Behovsreduktion

Det vurderes, at der er væsentlige muligheder for at reducere behovet for køling i erhvervslivet, for eksempel:

- Revurdering af temperaturkrav til produktionsprocesser
- Revurdering af fugtkrav ved elektronik- og medicinfremstilling
- Opdeling af kølesystemer i temperaturniveauer tilpasset aktuelle behov
- Brug af hurtigluk-porte
- Bedre isolering af rørsystemer

Det vurderes, at man ved behovsreduktion på tværs af brancher typisk kan spare mellem 5 og 20% – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

14.2.2 Adfærd og vedligehold

Adfærdsmæssige energibesparelser vil for køleanlæg omfatte for eksempel:

- Bedre adfærd omkring lukning af porte
- Bedre stabling af varer i kølerum og frysehuse
- Regelmæssige afrimning af køleflader i frostrum og spiral/tunnelfrysere m.m.
- Forbedret tildækning af fryserne og kølemontre uden for åbningstider
- Regelmæssige tjek af temperaturer i fryserne og kølemontre
- Løbende tilpasning af "target-temperaturer" for skiftende produkter i fødevarerindustri

Samlet skønnes det adfærdsmæssige energisparepotentiale udgør 5% af forbruget – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

Vedligehold af køleanlæg omfatter hvad angår energieffektiv drift først og fremmest:

- Renholdelse af fordampere og kondensatorer
- Løbende sikring af at olie- og luftudskillere fungerer optimalt
- Sikring af at "våde" kondensatorer holdes fri for kalk
- Undgå fouling af varmevekslere i distributionssystemet
- Regelmæssig overhaling af kompressorer for at sikre at kapacitet og virkningsgrad opretholdes

Samlet skønnes det vedligeholdelsesmæssige energisparepotentiale at udgøre 5% af forbruget – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

14.2.2.1 Hæve temperatur i grøntlager

Branche	13 Øvrige anden fødevarerindustri inkl. tobaksindustrien
Procesanlæg	Kølesystem
Energiforbrug	1.800 GJ/år (el)
Løsning	Temperaturen i grøntlageret hæves fra 2°C til 4°C.
Energibesparelse	90 GJ/år eller 5%
Investering	10.000 kr.
Tilbagebetalingstid	0,8 år
Levetid af besparelse	3 år
Omkostningseffektivitet	111 kr./GJ/år

Tabel 3. Hæve temperatur i grøntlager. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "adfærd og vedligehold" af et større køleanlæg ovenfor viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at hæve temperaturen i grøntlageret, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den meget attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være rimeligt. Potentialet på i gennemsnit 5% vurderes at have omkostningsniveauer som ligger en smule højere end i casen, da der ikke er vedligehold med, dvs. omkring 200 kr./GJ/år.

14.2.3 Styring og driftsoptimering

I afsnit 2.4 "Anlægsoptimeringer" ses en række muligheder for driftsoptimering (variabelt fordampetryk, variabelt kondensatortryk, mindre kompressorer eller frekvensomformer til delastdrift), som sammen med styring af kølevandspumper rummer de muligheder, der er for at optimere driften af køleanlæg.

Driftsmønstret kan imidlertid være temmeligt komplekst og etablering af COPs-overvågning vil derfor være et væsentligt tiltag for langt de fleste større køleanlæg. COPs betyder - i modsætning til COP af selve kompressoren - at hele systemets virkningsgrad måles online og løbende.

Det vurderes, at man ved styrings- og driftsoptimering på tværs af brancher typisk kan spare ca. 5% ud over besparelspotentialerne ved bedre adfærd og vedligehold, men at der skal investeres en del penge i måleudstyr og instrumentering for at realisere potentialerne - typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

14.2.3.1 Hæve fordampetryk

Branche	13 Øvrige anden fødevarerindustri inkl. tobaksindustrien
Procesanlæg	Kølesystem
Energiforbrug	6.750 GJ/år (el)
Løsning	Fordampetrykket hæves med 4°C, således at effektbehovet til kølekompressoren reduceres
Energibesparelse	270 GJ/år eller 4%
Investering	50.000 kr.
Tilbagebetalingstid	1,1 år
Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	185 kr./GJ/år

Tabel 4. Forøgelse af fordampetryk. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "Styrings- og driftsoptimering" af et større køleanlæg ovenfor viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at hæve fordampetrykket, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den meget attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være rimeligt, idet det antages at der er et potentiale på i gennemsnit 5%. Potentialet på 5% vurderes at have omkostningsniveauer som ligger en smule højere end i casen, dvs. omkring 400 kr./GJ/år.

14.2.4 Anlægsoptimeringer

Muligheden for at investere i større effektiviseringsprojekter for køle- og fryseselementer kan omfatte:

- Brug af pladevarmevekslere i stedet for rørfordampere
- Indirekte anlæg ombygges til direkte anlæg (kan være i konflikt med ønsket om at nedbringe kølemiddelsfyldninger i visse industrianlæg)
- Opdeling i flere temperaturniveauer
- Variabel sugetryksregulering
- Større kondensatorer for at sænke kondenseringstrykket
- Variabelt kondensatortryk
- Direkte kondensation af kølemidlet i stedet for indirekte kondensatorer
- Optimeret kompressorstyring
- Samling af anlæg i større centraler

- Variabel styring af kølevandspumper

Det vurderes, at sådanne løsninger kan reducere energiforbruget til køle- og frysesystemet med i bedste tilfælde op til 20% med tilbagebetalingstider i intervallet 2 - 10 år.

14.2.4.1 Installation af automatik for tilpasning af kondenseringstemperatur efter omgivelsernes temperatur

Branche	19 Fremstilling af industrigasser
Procesanlæg	Kølesystem
Energiforbrug	272 GJ/år (el)
Løsning	Installer automatik for tilpasning af kondenseringstemperatur efter omgivelsernes temperatur
Energibesparelse	50,4 GJ/år eller 18%
Investering	30.000 kr.
Tilbagebetalingstid	5 år
Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	595 kr./GJ/år

Tabel 5. Installation af automatik for tilpasning af kondenseringstemperatur efter omgivelsestemperatur. Driftsbesparselsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "anlægsoptimering" af et køleanlæg viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at installere automatik for tilpasning af kondenseringstemperatur efter omgivelsernes temperatur, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være højt. Et potentiale på 5 – 10 % (i gennemsnit 7 %) yderligere vil være rimeligt. Tiltaget vurderes at have omkostningsniveauer som ligger højere end det i casen, dvs. omkring 800 kr./GJ/år.

14.2.5 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set væsentlige potentialer for at reducere energiforbruget til køl/frys:

- Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Yderligere 5% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Yderligere 7% kan spares ved et investeringsniveau på 800 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Op til 10% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Op til 17% kan spares ved et investeringsniveau på 800 kr./GJ/år

Samlet fører disse erfaringsdata frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ/år	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
200	5	3
400	10	7
800	17	10

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen køle- og frysesystemer

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	7	6	3
560	10	14	7
975	3	20	10
1400	5	25	12

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen køle- og frysesystemer i Energistyrelsens format

Nogle køle- og frysesystemer i danske produktionserhverv er af ældre dato, og totaludskiftninger med nye teknologier vil i mange tilfælde kunne realisere ret betydelige besparelser, men vil også være omkostningstunge at foretage.

Totaludskiftning af køle- og frysesystemer omfatter nye og effektive anlæg samt udnyttelse af de mest energieffektive styrings- og reguleringsmuligheder. Disse investeringer er så omfattende at man trods besparelspotentialer i intervallet 20 – 30 % typisk må regne med "energimæssige" tilbagebetalingstider, der i mange tilfælde overstiger anlæggenes tekniske levetid.

14.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

Økonomien er den absolut største barriere i forhold til realisering de enkelte tiltag. Hvis tilbagebetalingstiden er for lang, hvilket typisk er over fem år, vil det ofte være uinteressant for virksomhederne. For nogle af tiltagene gælder, at hvis de skal gennemføres så vil det medføre at produktionen påvirkes eller helt må stoppes, mens et anlæg eller en anlægsdel udskiftes, hvilket i mange tilfælde ikke kan acceptere.

En sidste barriere kan være at virksomheden råder over et køleanlæg der virker upåklageligt, men som måske ikke er energieffektivt. Derfor har man ikke lyst til at udskifte det med et nyt anlæg der indeholder teknologi, der kan give anledning til problemer og eventuelle driftsstop.

14.4 Potentialer fordelt på temperaturniveau

De angivne besparelspotentialer afviger ikke fra den temperaturfordeling, der er angivet i kortlægningsfasen.

14.5 Fremskrivning af potentialer

En fremskrivning af potentialerne for at effektivisere pumpeanlæg frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne. Fremskrivningen angår dog ikke det forhold at der vil ske en vis naturlig udskiftning af køleanlæg eller at en del af potentialet vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Overordnet kan man sige at besparelspotentialet frem mod 2050 vil kunne blive påvirket af flere forhold, for eksempel:

- Mere effektive kompressorer
- Mere effektive motorer

- Mere effektive styrings- og reguleringsformer med avanceret dataanvendelse, herunder anvendelse af grid-signaler fra nettet
- m.m.

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 9 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	8	3
560	20	7
975	23	10
1400	27	12

Tabel 8. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen køle- og frysesystemer i Energistyrelsens format

15 Slut anvendelse rumventilation

Rumventilation anvendes i de fleste brancher og bruges til at fjerne varme, lugt og forureningsgener eller til at opvarme / afkøle lokaler. Typisk bruges der mekanisk ventilation til formålet.

Energiforbruget til køling og opvarmning af luften indgår under hhv. rumkøling og rumvarme, hvorfor dette afsnit omfatter energiforbruget til selve ventilatordrift i forbindelse med rumventilation. Energiforbrug til blæsere der ikke er rumventilation er opgjort som egen slut anvendelse i 2022 kortlægningen, hvorfor energiforbruget til dette behandles under blæsere.

15.1 Teknologianvendelse

Der findes en række forskellige teknikker for rumventilation, hvoraf de mest fremtrædende og anvendte er angivet i nedenstående tabel:

Kategori	Teknologi	Brancher	Produkter
Mekanisk ventilation	Ventilering af et lokale med eldrevne ventilatorer	<ul style="list-style-type: none"> • Landbrug • Slagterier • Mejerier • Etc. 	Luft
Naturlig ventilation	Ventilation af lokale vha. åbning af vinduer eller friskluft ventiler uden brug af eldrevne ventilatorer	<ul style="list-style-type: none"> • Landbrug • Administrationsbygninger 	Luft
Hybridventilation	Kombination af mekanisk ventilation og naturlig ventilation	<ul style="list-style-type: none"> • Landbrug • Fremstillingsvirksomheder • Etc. 	Luft
Personlig ventilation	Individuel ventilation ved arbejdsstation / -plads (reduceret mekanisk ventilation)	<ul style="list-style-type: none"> • Fremstillingsvirksomheder 	Luft

Tabel 1. Mest almindelige rumventilationsteknikker

Inden for de enkelte brancher anvendes der flere forskellige teknikker for rumventilation, hvilket kan relateres til enten det færdige produkt eller alderen på de specifikke anlæg.

De energimæssigt væsentligste brancher for slutanvendelsen rumventilation er jf. kortlægningsrapporten følgende.

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov til rumventilation i produktionserhverv (%)	Væsentligste energiarter
1 Landbrug	727	22,9%	Elektricitet
9 Mejerier	336	10,6%	Elektricitet
7 Slagterier	318	10,0%	Elektricitet
23 Medicinalindustri	153	4,8%	Elektricitet
32 Metalvareindustri	149	4,7%	Elektricitet
35 Fremst. Af Motorer, Vindmøller Og Pumper	140	4,4%	Elektricitet
31 Fremst. Af Metal	131	4,1%	Elektricitet
10 Bagerier, Brødfabrikker Mv.	127	4,0%	Elektricitet
36 Fremst. Af Andre Maskiner	105	3,3%	Elektricitet
22 Fremst. Af Maling Og Sæbe Mv.	105	3,3%	Elektricitet
Øvrige	887	27,9%	Elektricitet

Tabel 2. Brancher med størst andel af energiforbrug til rumventilation

Det ses, at landbrug udgør den langt største branche indenfor køl/frys efterfulgt af mejerier, slagterier og medicinalindustri.

15.2 Energisparepotentialer

Der er et stort besparelspotentiale ved at reducere behovet for rumventilation, anvende de mest energieffektive anlæg samt sørge for at udnytte de mest energieffektive styrings- og reguleringsmuligheder.

I det følgende gives en vurdering af besparelspotentialerne for forskellige tiltag på anlæg til rumventilation.

15.2.1 Behovsreduktion

Der vurderes at være væsentlige muligheder for at reducere behovet for rumventilation i erhvervslivet, for eksempel:

- Mindske forureningskilder ved brug af mindre forurenende teknologi eller indkapsling af forureningskilden
- Solafskærmning for at begrænse varmeudviklingen i lokalerne
- Flytning af varmeproducerende enheder, der ikke kræver køling, til områder, hvor der ikke ventileres
- Brug af supplerende centralvarme (radiatorer m.m.) til opvarmning i stedet for at ventilationsanlægget skal opvarme - det vil reducere luftmængden
- Tilpasning af luftskifte til det aktuelle behov

Det vurderes, at man ved behovsreduktion på tværs af brancher ofte kan spare mellem 30 og 40%, – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

15.2.2 Adfærd og vedligehold

Adfærdsmæssige energibesparelser vil for anlæg til rumventilation omfatte:

- Slukke for anlæg uden for produktions-/åbningstid

Samlet skønnes det adfærdsmæssige energisparepotentiale at udgøre 5% af forbruget, – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

Vedligehold af anlæg til rumventilation omfatter hvad angår energieffektiv drift først og fremmest:

- Rensning af filtre og kanaler m.m. samt kontrol af remtræk

Samlet skønnes det vedligeholdelsesmæssige energisparepotentiale at udgøre i gennemsnit 3% af forbruget, – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

15.2.2.1 Behovstilpasning af ventilation

Branche	21 Øvrige basiskemikalier
Procesanlæg	Ventilationssystemer
Energiforbrug	596 GJ/år (el)
Løsning	Reduktion af ventilation i rum der ikke er i brug
Energibesparelse	35 GJ/år eller 6%
Investering	10.000 kr.
Tilbagebetalingstid	2,0 år (inkl. varmebesparelse)
Levetid af besparelse	3 år
Omkostningseffektivitet	286 kr./GJ/år

Tabel 3. Behovstilpasning af ventilation. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "adfærd og vedligehold" af et større ventilationsanlæg ovenfor viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at reducere ventilationen i rum der ikke er i brug, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den meget attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være rimeligt. Potentialet på 6% vurderes at have omkostningsniveauer som ligger en på en smule højere end det i casen, da der ikke er vedligehold med. Det vil sige omkring 300 kr./GJ/år. Det samlede potentiale for både adfærd og vedligehold vurderes at udgøre 8 %.

15.2.3 Styring og driftsoptimering

Styring og driftsoptimering af anlæg til rumventilation omfatter hvad angår energieffektiv drift først og fremmest:

- Reduktion af driftstid
- Regulering af luftmængder med frekvensomformer (omdrejningstalregulering) og VAV-styring

Det vurderes, at man ved styrings- og driftsoptimering på tværs af brancher typisk kan spare op til 30% ud over besparelspotentialerne ved bedre adfærd og vedligehold, men at der skal investeres en del penge i forskellige komponenter for at realisere potentialerne, – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

15.2.3.1 Omdrejningstalsregulering af ventilatorer (ændring fra CAV til VAV)

Branche	35 Fremst. af motorer, vindmøller og pumper
Procesanlæg	Ventilationssystemer
Energiforbrug	356 GJ/år (el)
Løsning	Ændring fra CAV-anlæg til VAV-anlæg
Energibesparelse	200 GJ/år eller 56%
Investering	125.000 kr.
Tilbagebetalingstid	4,5 år (ekskl. varmebesparelse)
Levetid af besparelse	7 år
Omkostningseffektivitet	625 kr./GJ/år

Tabel 4. Omdrejningstalregulering af ventilatorer (ændring fra CAV til VAV). Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "Styrings- og driftsoptimering" af et større ventilationsanlæg ovenfor viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved ændre et ventilationsanlæg fra CAV til VAV, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den meget attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være meget højt, og et mere realistisk potentiale vurderes at ligge på 5 – 10% (7 % i gennemsnit). Potentialet på 7% vurderes at have omkostningsniveauer som ligger på niveau med det i casen, dvs. omkring 600 kr./GJ/år.

15.2.4 Anlægsoptimeringer

Muligheden for at investere i større effektiviseringsprojekter for anlæg til rumventilation kan omfatte:

- Brug af de mest effektive ventilatorer og motorer
- Reduktion af tryktab

Det vurderes, at sådanne løsninger kan reducere energiforbruget til rumventilationsanlægget med i bedste tilfælde op til 60%, men i mange andre tilfælde vil ligge i niveauet 20–30% med tilbagebetalingstider i intervallet 2 - 10 år.

15.2.4.1 Udskiftning af ventilatorer og motorer i ventilationsanlæg

Branche	Mejeri
Procesanlæg	Ventilatorer 5 stk.
Energiforbrug	792 GJ/år (el)
Løsning	Udskiftning af ventilatorer og motorer
Energibesparelse	220 GJ/år eller 28%
Investering	175.000 kr.
Tilbagebetalingstid	5 år
Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	795 kr./GJ/år

Tabel 5. Udskiftning af ventilatorer og motorer i ventilationsanlæg. Driftsbesparselsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "anlægsoptimering" af ventilationsanlæg viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at udskifte ventilatorer, men økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid i den høje ende.

Potentialet i casen vurderes at være højt. Et potentiale på 5 – 8 % yderligere (6 % i gennemsnit) vil være rimeligt og tiltaget vurderes at have omkostningsniveauer som ligger som i casen, dvs. omkring 800 kr./GJ/år.

15.3 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set væsentlige potentialer for at reducere energiforbruget til rumventilation:

- Op til 8 % kan spares ved et investeringsniveau på 300 kr./GJ/år
- Yderligere 7 % kan spares ved et investeringsniveau på 600 kr./GJ/år
- Yderligere 6 % kan spares ved et investeringsniveau på 800 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 8% kan spares ved et investeringsniveau på 300 kr./GJ/år
- Op til 15% kan spares ved et investeringsniveau på 600 kr./GJ/år
- Op til 21% kan spares ved et investeringsniveau på 800 kr./GJ/år

Samlet fører disse erfaringsdata frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
300	8	3
600	15	7
800	21	10

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen rumventilation

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format:

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	7	7	3
560	7	14	7
975	8	22	10
1400	3	25	12

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen rumventilation i Energistyrelsens format

Mange anlæg til rumventilation i produktionsvirksomhederne er af ældre dato, og totaludskiftninger med nye teknologier vil i mange tilfælde kunne realisere ret betydelige besparelser, men vil også være omkostningstunge at foretage.

Totaludskiftning af anlæg til rumventilation omfatter nye og effektive anlæg samt udnyttelse af de mest energieffektive styrings- og reguleringsmuligheder, herunder tilpasning af luftmængder til behovet.

Disse investeringer er så omfattende at man trods besparelspotentialer i intervallet 50–60% typisk må der påregnes "energimæssige" tilbagebetalingstider i intervallet 10 - 15 år.

15.4 Barrierer ift. realisering af potentialer

Økonomien er den absolut største barriere i forhold til realisering de enkelte tiltag. Hvis tilbagebetalingstiden er for lang, hvilket typisk er over fem år, vil det ofte være uinteressant for virksomhederne.

For mange af tiltagene gælder, at hvis de skal gennemføres så vil det medføre at produktionen påvirkes eller helt må stoppes, mens et anlæg eller dele heraf udskiftes. Et skift af et eller flere ventilationsanlæg betyder, at det eller de områder, som dette eller disse ventilationsanlæg ventilerer, skal tages ud af drift i et stykke tid, da et tilfredsstillende indeklima ikke kan opretholdes.

En sidste barriere kan være at virksomheden råder over ventilationsanlæg der virker upåklageligt, men som måske ikke er energieffektive. Derfor har man ikke lyst til at udskifte det med et nyt anlæg der indeholder teknologi, der kan give anledning til problemer med primært indeklimaet og eventuelle driftsstop. Desuden anses ventilationsanlæg som noget sekundært ift. produktionen og vil af denne grund ofte blive nedprioriteret.

15.5 Potentialer fordelt på temperaturniveau

De angivne besparelspotentialer afviger ikke fra den temperaturfordeling, der er angivet i kortlægningssfasen.

15.6 Fremskrivning af potentialer

En fremskrivning af potentialerne for at effektivisere pumpeanlæg frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne – fremskrivningen angår dog ikke det forhold at der vil ske en vis naturlig udskiftning af pumpeanlæg eller at en del af potentialet vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Overordnet kan man sige at besparelspotentialet frem mod 2050 vil kunne blive påvirket af flere forhold, for eksempel:

- Mere effektive ventilatorer
- Mere effektive motorer
- Mere effektive styrings- og reguleringsformer med avanceret dataanvendelse, herunder anvendelse af grid-signaler fra nettet
- m.m.

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 9 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	9	3
560	17	7
975	25	10
1400	30	12

Tabel 8. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen rumventilation i Energistyrelsens format

16 Slut anvendelse blæsere

Blæsere benyttes i forbindelse med udstyr og processer, hvor luft eller røggasser skal transporteres eller til tryksætning af procesluft. Eksempelvis bruges blæsere til transport af forbrændingsluft og røggas, til punktudsugninger, til materialetransport i luft, til køleluft i køletårne og tørkølere, til tørreluft i tørringsanlæg og til transport og tryksætning af procesluft til beluftning af iltkrævende processer, såsom gæringsprocesser.

16.1 Teknologianvendelse

De energimæssigt væsentligste brancher for slut anvendelsen rumventilation er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov til rumventilation i produktionserhverv (%)	Væsentligste energiarter
1 Landbrug	336	10,9%	Elektricitet
9 Mejerier	255	8,3%	Elektricitet
22 Fremst. Af Maling Og Sæbe Mv.	233	7,6%	Elektricitet
16 Træindustri	221	7,2%	Elektricitet
11 Fremstilling Af Foderblandinger	189	6,1%	Elektricitet
32 Metalvareindustri	167	5,4%	Elektricitet
38 Møbelindustri	140	4,6%	Elektricitet
24 Plast- Og Gummiindustri	137	4,5%	Elektricitet
13 Øvrige Anden Fødevareindustri	129	4,2%	Elektricitet
27 Fremstilling Af Teglsten Mv.	107	3,5%	Elektricitet
Øvrige	1.156	37,7%	Elektricitet

Tabel 1 Brancher med størst andel af energiforbrug til rumventilation

Det ses, at landbrug den største branche indenfor blæsere efterfulgt af mejerier, fremstilling af maling og sæbe mv. og træindustri.

16.2 Energisparepotentialer

Der er et stort besparelspotentiale ved at reducere behovet for blæsere anvende de mest energieffektive anlæg samt sørge for at udnytte de mest energieffektive styrings- og reguleringsmuligheder. I det følgende gives en vurdering af besparelspotentialerne for forskellige tiltag på anlæg til blæsere.

16.2.1 Behovsreduktion

I det omfang det er muligt at reducere behovet for en blæsers ydelse, vil der kunne spares el til blæseren. Et eksempel er tilpasning af køletårnsblæsers ydelse til behovet, så køletårnsblæsere skal køre mindre. Et andet eksempel er reduktion af mængden af udsuget luft ved tætning af ovnlåger (reduceret røggasmængde). De fleste blæsere er tilpasset en helt konkret opgave og dækker et meget konkret behov, som bedst dækkes med blæsere. Blæserydelsen kan derfor i almindelighed ikke substitueres med mere energieffektive løsninger. Ved transport af materialer er der dog alternativer i form af transportbånd, redlere m.m., men transportluften må vælges, hvor der er tale om vanskelige transportveje og risiko for støvgener.

Det vurderes, at man ved behovsreduktion på tværs af brancher typisk kan spare op til 40 og 50% – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 4 og 10 år.

16.2.2 Adfærd og vedligehold

Adfærdsmæssige energibesparelser vil for blæsere omfatte:

- Slukke for anlæg uden for produktions - / åbningstid
- Optimalt vedligehold

Samlet skønnes det adfærdsmæssige energisparepotentialer at udgøre 5% af forbruget, – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

For blæsersystemer omfatter planlagt vedligehold rensning af kanaler, kontrol af remtræk, skift af filterposer, kontrol af sensorer m.m. Eksempelvis vil en fejl i en iltmåler, hvor den for røggas med 4% ilt måler 3%, betyde, at forbrændingsluftmængden og røggasmængden bliver 7% større end tilsigtet, og at elforbruget i blæserne bliver ca. 20% større.

Samlet skønnes det vedligeholdelsesmæssige energisparepotentialer at udgøre 5% af forbruget – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

16.2.2.1 Sluk for svejseudsug i pauser

Branche	32 Metalvareindustri
Procesanlæg	Svejseudsugning
Energiforbrug	1.537 GJ/år (el)
Løsning	Sluk for svejseudsug i pauser
Energibesparelse	50 GJ/år eller 3%
Investering	10.000 kr.
Tilbagebetalingstid	1,4 år
Levetid af besparelse	3 år
Omkostningseffektivitet	200 kr./GJ/år

Tabel 2. Sluk for udsugning. Driftsbesparselsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "adfærd og vedligehold" af et større blæseranlæg ovenfor viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at slukke blæserne når der ikke er brug for dem, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den meget attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være rimeligt. Potentialet på 3% vurderes at have omkostningsniveauer som ligger på det i casen, dvs. omkring 200 kr./GJ/år.

16.2.3 Styring og driftsoptimering

Styring og driftsoptimering af blæsere omfatter hvad angår energieffektiv drift først og fremmest:

- Reduktion af driftstid
- Regulering af luftmængder efter behov med frekvensomformer (omdrejningstalsregulering)

Det vurderes, at man ved styrings- og driftsoptimering på tværs af brancher typisk kan spare op til 40% ud over besparelspotentialerne ved bedre adfærd og vedligehold, men at der skal investeres en del i forskellige komponenter for at realisere potentialerne – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

16.2.3.1 Omdrejningstalregulering af svejseudsug

Branche	32 Metalvareindustri
Procesanlæg	Svejseudsugning
Energiforbrug	1.537 GJ/år (el)
Løsning	Frekvensregulering af alle ventilatorer, i alt 145 kW, der styres som konstanttrykanlæg.
Energibesparelse	461 GJ/år eller 30%
Investering	275.000 kr.
Tilbagebetalingstid	4,1 år
Levetid af besparelse	7 år
Omkostningseffektivitet	597 kr./GJ/år

Tabel 3. Omdrejningstalregulering af udsugning. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "Styrings- og driftsoptimering" af et større blæseranlæg ovenfor viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at frekvensregulere ventilatorer som styres efter et konstant tryk, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den meget attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være højt, og et mere realistisk potentiale vurderes at ligge på 10 – 15 %. Potentialet på i gennemsnit 10% vurderes at have omkostningsniveauer som ligger på niveau med det i casen, dvs. omkring 600 kr./GJ/år.

16.2.4 Anlægsopdateringer

Muligheden for at investere i større effektiviseringsprojekter for blæseranlæg kan omfatte:

- Benyttelse af effektive punktudsug
- Brug af de mest effektive blæsere og motorer samt omdrejningstalregulering
- Reduktion af tryktab

Det vurderes, at sådanne løsninger kan reducere energiforbruget til blæsere med i bedste tilfælde op til 40%, men i de fleste tilfælde vil potentialet ligge i niveauet 5 – 10% med tilbagebetalingstider i intervallet 2 - 10 år.

16.2.5 Omdrejningstalregulering af brinekølere

Branche	7 Slagterier
Procesanlæg	Ventilatorer (brinekølere)
Energiforbrug	1.655 GJ/år (el)
Løsning	Der er 25 brinekølere i kødopskæringen, som ikke er frekvensstyrede. Det betyder at ventilatorerne kører i fuld drift, på trods af at der ikke er behov for det. Motorerne erstattes med frekvensregulerede motorer, således at driften kan reguleres efter kølebehovet.
Energibesparelse	800 GJ/år eller 50%
Investering	500.000 kr.
Tilbagebetalingstid	4,5 år

Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	625 kr./GJ/år

Tabel 4. Omdrejningstalsregulering af brinekølere. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "anlægsoptimering" af blæseranlæg viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at udskifte blæsere. Potentialet i casen vurderes dog at være meget højt. Et potentiale på yderligere ca. 5 – 10 % vil være rimeligt og tiltaget vurderes at have omkostningsniveauer som ligger højere end det i casen, dvs. omkring 800 kr./GJ/år.

16.3 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set væsentlige potentialer for at reducere energiforbruget til blæsere:

- Op til 3 % kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Yderligere 10 % kan spares ved et investeringsniveau på 600 kr./GJ/år
- Yderligere 10 % kan spares ved et investeringsniveau på 800 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 3% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Op til 13% kan spares ved et investeringsniveau på 600 kr./GJ/år
- Op til 23% kan spares ved et investeringsniveau på 800 kr./GJ/år

Samlet fører disse erfaringsdata frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
200	3	3
600	13	7
800	23	10

Tabel 7.5 Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen blæsere

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format:

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	4	4	3
560	9	13	7
975	12	25	10
1400	5	30	12

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen blæsere i Energistyrelsens format

Totaludskiftning af ældre blæsere med nye, energieffektive blæsere i mange tilfælde vil kunne realisere ret betydelige besparelser, men vil også være omkostningstunge at foretage. Totaludskiftning af blæsere omfatter nye og effektive anlæg samt udnyttelse af de mest energieffektive styrings- og reguleringsmuligheder, herunder tilpasning af luftmængder til behovet. Disse investeringer er så omfattende at man trods besparelsepotentialer i intervallet 30 – 40% typisk må regne med "energimæssige" tilbagebetalingstider i intervallet 10 - 15 år.

16.4 Barrierer ift. realisering af potentialer

Økonomien er den absolut største barriere i forhold til realisering de enkelte tiltag. Hvis tilbagebetalingstiden er for lang, hvilket typisk er over fem år, vil det ofte være uinteressant for virksomhederne. For mange af tiltagene gælder, at hvis de skal gennemføres så vil det medføre at produktionen påvirkes eller helt må stoppes mens et anlæg udskiftes. Et skift af en eller flere blæsere betyder at maskinen eller det udstyr, som denne eller disse blæsere forsyner, skal tages ud af drift i et stykke tid, hvilket i mange tilfælde ikke er acceptabelt.

En sidste barriere kan være at virksomheden råder over blæsere der virker upåklageligt, men som måske ikke er energieffektivt. Derfor har man ikke lyst til at udskifte det med et nyt anlæg der indeholder teknologi, der kan give anledning til problemer og eventuelle driftsstop.

16.5 Potentialer fordelt på temperaturniveau

Dette er ikke relevant for blæsere.

16.6 Fremskrivning af potentialer

En fremskrivning af potentialerne for at effektivisere pumpeanlæg frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne – fremskrivningen angår dog ikke det forhold at der vil ske en vis naturlig udskiftning af pumpeanlæg eller at en del af potentialet vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Overordnet kan man sige at besparelspotentialet frem mod 2050 vil kunne blive påvirket af flere forhold, for eksempel:

- Mere effektive blæsere
- Mere effektive motorer
- Mere effektive styrings- og reguleringsformer med avanceret dataanvendelse, herunder anvendelse af grid-signaler fra nettet
- m.m.

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 9 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	6	3
560	15	7
975	25	10
1400	32	12

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen blæsere i Energistyrelsens format

17 Slut anvendelse trykluft

Trykluft omfatter luft, der produceres med kompressor med et overtryk på mellem 0,5 bar og 10 bar. Vakuüm handler om at skabe undertryk og tømme opbevaringsmedier for gasser og væsker.

Trykluft er en energibærer, hvis energiindhold konverteres til arbejde ved ekspansion af luften. Det omfatter instrumentluft til aktuatorer i produktionsmaskiner og apparater og luft til motorer i værktøj, sendeluft i pneumatiske transportanlæg samt luft til rensning af filtre og til brug i rengøringen.

Teknologien vakuüm omfatter her vakuümpumper med tilhørende rørledning, ventiler m.m. En vakuümpumpe overfører energien fra elmotor til en gas eller væske for at transportere det pågældende medie fra et sted til et andet eller for at tømme beholdere for luft.

Der findes en række forskellige teknikker for trykluft og vakuüm, hvoraf de mest fremtrædende og anvendte er angivet i nedenstående, ikke udtømmende tabel.

Kategori	Teknologi	Brancher	Produkter
Trykluft	<ul style="list-style-type: none"> • Skruekompressorer (oliefrie og oliesmurte) • Lamelkompressorer • Stempelkompressorer • Turbokompressorer • Mobilkompressorer 	<ul style="list-style-type: none"> • Medicinalindustri • Møbelindustri • Plast- og gummiindustri • Fremstilling af farvestoffer • Landbrug • Kemisk industri • Fremstilling af enzymer • Tekstilindustri • Produktionsmaskiner • Bilhandel og -værksteder • Fremstilling af motorer, vindmøller og pumper • Levnedsmiddelindustrien • Drikkevareindustri • Glas- og keramisk industri • Metalvareindustri • Plast- og gummiindustri • Træindustri • Byggeri • Landbrug • Slagterier • Mejerier • Bagerier og brødfabrikker 	Luft

Tabel 1. Forskellige teknikker for trykluft og vakuüm

17.1 Teknologianvendelse

De energimæssigt væsentligste brancher for slutanvendelsen trykluft er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov til trykluft i produktionserhverv (%)	Væsentligste energiarter
20 Fremstilling Af Enzymer	305	10,9%	Elektricitet
1 Landbrug	280	9,9%	Elektricitet
23 Medicinalindustri	230	8,2%	Elektricitet
32 Metalvareindustri	167	5,9%	Elektricitet
24 Plast- Og Gummiindustri	157	5,6%	Elektricitet
10 Bagerier, Brødfabrikker Mv.	116	4,1%	Elektricitet
9 Mejerier	116	4,1%	Elektricitet
25 Glasindustri Og Keramisk Industri	112	4,0%	Elektricitet
35 Fremst. Af Motorer, Vindmøller Og Pumper	112	4,0%	Elektricitet
7 Slagterier	106	3,8%	Elektricitet
Øvrige	1.111	39,5%	Elektricitet

Tabel 2. Brancher med størst andel af energiforbrug til trykluft

Det ses, at fremstilling af enzymer den største branche indenfor trykluft efterfulgt af landbrug, medicinalindustri og metalvareindustri.

17.2 Energisparepotentialer

Der er et stort besparelspotentiale ved at reducere behovet for trykluft og vakuum ved at anvende de mest energieffektive anlæg samt sørge for at udnytte de mest energieffektive styrings- og reguleringsmuligheder.

I det følgende gives en vurdering af besparelspotentialerne for forskellige tiltag.

17.2.1 Behovsreduktion

I et 7 bars trykluftssystem er det typisk 5 - 7% af den energi, der tilføres kompressoren i form af el, som kan nyttiggøres i form af trykluft ude hos slutbrugeren. Direkte eldrift bør derfor vælges, hvor det kan opfylde ydelseskravene og investeringen kan forsvares. Eksempler på direkte eldrift er elektriske aktuatorer, der kan erstatte pneumatiske (trykluftdrevne) aktuatorer, el-værktøjer i stedet for trykluftværktøjer og eldrevne vakuumpumper til erstatning af trykluftdrevne ejektorer.

Det er vigtigt at tilpasse luftforbruget til behovet både hvad angår tryk og luftmængde. Tryklufften skal ikke produceres ved højere tryk end det højest nødvendige tryk på forbrugssiden plus hvad der svarer til tryktabet i nettet. Ofte vil produktionstrykket kunne sænkes 0,5 - 1,0 bar ved at man prøver sig frem med lavere tryk og ændrer på de mest trykkrævende forbrugssteder.

Det vurderes, at man ved behovsreduktion på tværs af brancher typisk kan spare op til 20%, – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

17.2.2 Adfærd og vedligehold

Adfærden spiller en vis rolle ved trykluft, idet operatører og driftspersonalet i øvrigt har mulighed for at begrænse spild af luft. Det gælder ved den daglige brug af trykluft, hvor luften kun bør bruges, hvor det er nødvendigt, og ikke til f.eks. de former for renblæsning, der kan klares med en kost, ligesom tryklufften bør afbrydes ved maskinstop m.m. Det gælder også ved lækager, som personalet bør indberette så snart de opdages, så de hurtigt kan repareres. Desuden bør trykluftssystemer regelmæssigt lækagesøges.

Samlet skønnes det adfærdsmæssige energisparepotentialer at udgøre 5% af forbruget, – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

Ud over den almindelige service på kompressorer og køletørrere – som primært skal sikre en høj driftssikkerhed – omfatter vedligeholdelse udskiftning af filtre, udskiftning af slidte luftmotorer osv. samt lækagesøgning og udbedring af lækager.

Samlet skønnes det vedligeholdelsesmæssige energisparepotentialer at udgøre 10 – 15 % af forbruget (12 % i gennemsnit, – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

17.2.2.1 Udbedring af lækager i trykluftssystem

Branche	32 Metalvareindustri
Procesanlæg	Trykluftanlæg
Energiforbrug	11.310 GJ/år (el)
Løsning	Udbedring af lækager i trykluftssystem
Energibesparelse	3.469 GJ/år eller 31%
Investering	245.000 kr.
Tilbagebetalingstid	0,5 år
Levetid af besparelse	3 år
Omkostningseffektivitet	71 kr./GJ/år

Tabel 3. Udbedring af lækager i trykluftssystem. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "adfærd og vedligehold" af et større trykluftanlæg ovenfor viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at udbedre lækager i trykluftsystemet når der ikke er brug for dem, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den meget attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være højt ift. gennemsnittet, og et mere realistisk potentiale vurderes at ligge på de i gennemsnit 12 %. Potentialet på 12% vurderes at have omkostningsniveauer som ligger over det i casen, da der ikke er vedligehold med, dvs. omkring 200 kr./GJ/år.

17.2.3 Styring og driftsoptimering

Styring og driftsoptimering af trykluftkompressorer omfatter hvad angår energieffektiv drift først og fremmest:

- Reduktion af driftstid
- Reduktion af tryk

Det vurderes, at man ved styrings- og driftsoptimering på tværs af brancher typisk kan spare mellem 3-8% (5 % i gennemsnit) ud over besparelspotentialerne ved bedre adfærd og vedligehold, men at der skal investeres en del i forskellige komponenter for at realisere potentialerne, – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

17.2.3.1 Urstyring på kompressor

Branche	21 Øvrige basiskemikalier
Procesanlæg	Trykluftanlæg
Energiforbrug	476 GJ/år (el)
Løsning	Der installeres urstyringer på kompressorerne der lukker ned for kompressorerne i tidsrummet 21-05 mandag til lørdag og hele søndag.
Energibesparelse	36 GJ/år eller 7%
Investering	15.000 kr.
Tilbagebetalingstid	2,9 år
Levetid af besparelse	5 år
Omkostningseffektivitet	417 kr./GJ/år

Tabel 4 Urstyring på kompressor. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "Styrings- og driftsoptimering" af trykluftanlæg viser, at der kan opnås attraktive besparelser ved at installeres urstyringer på kompressorerne, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid i den attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være meget rimeligt. Et potentiale på ca. 5% yderligere vil være rimeligt og tiltaget vurderes at have omkostningsniveauer som ligger højere end det i casen, det vil sige omkring 400 kr./GJ/år.

17.2.4 Anlægsoptimeringer

Muligheden for at investere i større effektiviseringsprojekter for anlæg til trykluft kan omfatte:

- Brug af de mest effektive kompressorer og motorer
- Omdrejningstalregulering
- Intelligent styring af kompressorer
- Reduktion af tryktab i rørsystem

Det vurderes, at sådanne løsninger kan reducere energiforbruget til trykluftanlægget med i bedste tilfælde op til 15%, men i mange andre tilfælde vil ligge i niveauet 5–10% med tilbagebetalingstider i intervallet 2-10 år.

17.2.4.1 Udskiftning af kompressor

Branche	16 Træindustri
Procesanlæg	Trykluftanlæg
Energiforbrug	554 GJ/år (el)
Løsning	Den eksisterende trykluftskompressor med on/off regulering udskiftes til nyere og bedre samt omdrejningstalregulerbar kompressorer
Energibesparelse	137 GJ/år eller 25%
Investering	215.000 kr.
Tilbagebetalingstid	11 år
Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	1.569 kr./GJ/år

Tabel 5. Udskiftning af kompressor. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "anlægsoptimering" af trykluftanlæg viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at udskifte eksisterende tryklufskompressor med on/off regulering til nyere og bedre samt omdrejningstalsregulerbar kompressorer, men økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid i den høje ende.

Potentialet i casen vurderes at være meget højt. Et potentiale på 5 – 10 % (7 % i gennemsnit) yderligere vil være rimeligt og tiltaget vurderes at have omkostningsniveauer som ligger højere end det i casen, det vil sige omkring 1.500 kr./GJ/år.

17.3 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set væsentlige potentialer for at reducere energiforbruget til trykluft:

- Op til 12 % kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Yderligere 7 % kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Yderligere 10 % kan spares ved et investeringsniveau på 1.500 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 12% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Op til 19% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Op til 29% kan spares ved et investeringsniveau på 1.500 kr./GJ/år

Samlet fører disse erfaringsdata frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
200	12	3
400	19	5
1500	29	10

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen trykluft

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format:

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	12	12	2
560	8	20	5
975	5	25	8
1400	3	28	10

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen trykluft i Energistyrelsens format

Mange trykluftanlæg i produktionserhvervene er af ældre dato, og totaludskiftninger med nye teknologier vil i mange tilfælde kunne realisere ret betydelige besparelser, men vil også være omkostningstunge at foretage.

Totaludskiftning af trykluftanlæg omfatter nye og effektive anlæg samt udnyttelse af de mest energieffektive styrings- og reguleringsmuligheder, herunder tilpasning af luftmængder til behovet.

Disse investeringer er så omfattende at man trods besparelses potentialer i intervallet 20-25% typisk må regne med "energimæssige" tilbagebetalingstider i intervallet 10-15 år.

17.4 Barrierer ift. realisering af potentialer

Økonomien er den absolut største barriere i forhold til realisering de enkelte tiltag. Hvis tilbagebetalingstiden er for lang, hvilket typisk er over fem år, vil det ofte være uinteressant for virksomhederne.

For mange af tiltagene gælder, at hvis de skal gennemføres så vil det medføre at produktionen påvirkes eller helt må stoppes, mens et anlæg udskiftes. Et skift af en eller flere kompressorer betyder at maskinen eller det udstyr, som denne eller disse kompressorer forsyner, skal tages ud af drift i et stykke tid. Med mindre at virksomheden har en eller flere reservekompressorer stående, så kræver udskiftning af en kompressor eller dele af trykluftsystemet et produktionsstop, som kan være svært at acceptere.

En sidste barriere kan være at virksomheden råder over et trykluftanlæg der virker upåklageligt, men som måske ikke er energieffektivt. Derfor har man ikke lyst til at udskifte det med et nyt anlæg der indeholder teknologi, der kan give anledning til problemer og eventuelle driftsstop.

17.5 Potentialer fordelt på temperaturniveau

Dette kapitel er ikke relevant ift. trykluft- og vakuumsystemer.

17.6 Fremskrivning af potentialer

En fremskrivning af potentialerne for at effektivisere pumpeanlæg frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne – fremskrivningen angår dog ikke det forhold at der vil ske en vis naturlig udskiftning af pumpeanlæg eller at en del af potentialet vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Overordnet kan man sige at besparelspotentialet frem mod 2050 vil kunne blive påvirket af flere forhold, for eksempel:

- Mere effektive kompressorer
- Mere effektive motorer
- Mere effektive styrings- og reguleringsformer med avanceret dataanvendelse, herunder anvendelse af grid-signaler fra nettet
- m.m.

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 9 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	15	2
560	23	5
975	28	8
1400	32	10

Tabel 8. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen trykluft i Energistyrelsens format

18 Slutanvendelse hydraulik

Hydraulik anvendes ved energiomsætning (drift) fra elmotorer eller dieselmotorer i mange forskellige typer af produktions- og forarbejdningsudstyr, vindmøller samt i mobile anlæg som landbrugsmaskiner og entreprenørmaskiner.

Der findes en række forskellige hydrauliksystemer, hvoraf de mest almindelige og anvendte er angivet i nedenstående tabel:

Kategori	Teknologi	Brancher	Produkter
CNC-maskiner Sprøjttestøbemaskiner Støbemaskiner Presser Stansmaskiner Pladebukker Briket- og pillepresser	Oliehydraulik	<ul style="list-style-type: none"> • Metalvareindustri • Øvrig betonindustri • Plast- og gummiindustri • Fremstilling af motorer, vindmøller og pumper • Træindustri 	<ul style="list-style-type: none"> • Plastemner • Metaldele • Motorer • Piller • Briketter • Betonelementer
Ventilaktuatorer Cylindere	Vandhydraulik	<ul style="list-style-type: none"> • Slagterier • Øvrig anden fødevarerindustri • Mejerier 	<ul style="list-style-type: none"> • Fødevarer
Entreprenørmaskiner Landbrugsmaskiner	Mobil hydraulik	<ul style="list-style-type: none"> • Landbrug 	<ul style="list-style-type: none"> • Fødevarer

Tabel 1. Forskellige teknikker for hydraulik

18.1 Teknologianvendelse

De energimæssigt væsentligste brancher for slutanvendelsen hydraulik jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov til hydraulik i produktionserhverv (%)	Væsentligste energiarter
24 Plast- Og Gummiindustri	137	17,8%	Elektricitet
30 Øvrig Betonindustri Og Teglværker	113	14,6%	Elektricitet
32 Metalvareindustri	93	12,1%	Elektricitet
31 Fremst. Af Metal	82	10,6%	Elektricitet
35 Fremst. Af Motorer, Vindmøller Og Pumper	70	9,1%	Elektricitet
1 Landbrug	56	7,3%	Elektricitet
37 Fremst. Af Motorkøretøjer Og Dele Hertil Og Fremst. Af Skibe Og Andre Transportmidler	53	6,8%	Elektricitet
33 Fremst. Af Computere Og Kommunikationsudstyr Mv., Andet Elektronisk Udstyr, Elektriske Motorer Mv. Samt Ledninger Og Kabler	48	6,2%	Elektricitet
16 Træindustri	37	4,8%	Elektricitet
11 Fremstilling Af Foderblandinger	32	4,2%	Elektricitet
Øvrige	51	6,6%	Elektricitet

Tabel 2 Brancher med størst andel af energiforbrug til hydraulik

Det ses, at plast og gummiindustri er den største branche indenfor blæsere efterfulgt af øvrig betonindustri og teglværker, metalvareindustri og fremstilling af metal.

18.2 Energisparepotentialer

Der er et stort besparelsespotentiale ved at reducere behovet for hydraulik ved at anvende de mest energieffektive anlæg samt sørge for at udnytte de mest energieffektive styrings- og reguleringsmuligheder.

I det følgende gives en vurdering af besparelsespotentialerne for forskellige tiltag på hydraulikanlæg.

18.2.1 Behovsreduktion

En reduktion af behovet for hydraulik kan ske med en udskiftning af hydrauliksystemet til direkte eldrev med omdrejningsregulering.

Det vurderes, at man ved behovsreduktion på tværs af brancher typisk kan spare op til 40%, – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 4 og 10 år.

18.2.2 Adfærd og vedligehold

Adfærden spiller en vis rolle ved hydraulik. Udstyr skal nedlukkes, når det ikke anvendes. Specielt ved pauser eller uden for arbejdstid. Opstart af hydraulikanlæggene skal udskydes til der er brug for dem. Samlet skønnes det adfærdsmæssige energisparepotentiale at udgøre op til 20% af forbruget, – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

For at undgå unødvendigt energiforbrug er det vigtigt at vedligeholde hydraulikanlæg. Vedligeholdelsen skal indbefatte udskiftning af filtre samt kontrol af hydraulikolien, justering af anlægget, kontrol af regulering samt visuel gennemgang for utætheder, eftersyn af slanger for brud og tilstand samt kontrol af akkumulatorer.

Samlet skønnes det vedligeholdelsesmæssige energisparepotentialer at udgøre 3% af forbruget, – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

18.2.2.1 Reduktion af driftstid

Branche	31 Fremstilling af metal
Procesanlæg	Hydrauliksystem
Energiforbrug	962 GJ/år (el)
Løsning	Reduktion af driftstid
Energibesparelse	192 GJ/år eller 20%
Investering	5.000 kr.
Tilbagebetalingstid	0,2 år
Levetid af besparelse	2 år
Omkostningseffektivitet	26 kr./GJ/år

Tabel 4. Udskiftning af hydraulikpumpe. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "adfærd og vedligehold" af et større hydraulikanlæg ovenfor viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at reducere driftstiden i hydrauliksystemet når der ikke er brug for det, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid også i den meget attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være højt, og et mere realistisk potentiale vurderes at ligge på i gennemsnit 3 – 8%. Potentialet på i gennemsnit 5% vurderes at have omkostningsniveauer som ligger over det i casen, da det generelle niveau vurderes at være omkring 100 kr./GJ/år.

18.2.3 Styring og driftsoptimering

Styring og driftsoptimering af hydrauliksystemer omfatter hvad angår energieffektiv drift først og fremmest:

- Reduktion af driftstid
- Stop af hydraulikpumpen efter kort tid i tomgang eller aflastning af pumpen. Ved lange pauser kan hydraulikpumpen stoppes med timerfunktion.

Det vurderes, at man ved styrings- og driftsoptimering på tværs af brancher typisk kan spare op til 35%, – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 2 og 10 år.

18.2.3.1 Reduktion af tomgangstab

Branche	31 Fremstilling af metal
Procesanlæg	Hydrauliksystem
Energiforbrug	962 GJ/år (el)
Løsning	Reduktion af tomgangstab
Energibesparelse	220 GJ/år eller 23%
Investering	20.000 kr.
Tilbagebetalingstid	0,7 år
Levetid af besparelse	7 år
Omkostningseffektivitet	90 kr./GJ/år

Tabel 4. Udskiftning af hydraulikpumpe. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "Styrings- og driftsoptimering" af hydrauliksystemer viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at reducere tomgangstabet, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid i den attraktive ende.

Et potentiale på i gennemsnit ca. 10% yderligere i forhold til potentialet ved adfærd vil være rimeligt og tiltaget vurderes at have omkostningsniveauer som ligger højere end det i casen, dvs. omkring 200 kr./GJ/år.

18.2.4 Anlægsoptimeringer

Muligheden for at investere i større effektiviseringsprojekter for hydraulikanlæg kan omfatte:

- Brug af de mest effektive pumper og motorer
- Omdrejningstalsregulering, det vil sige nedregulering af pumpen med frekvensomformer til aktuelt behov, evt. ved load-sensing-control
- Anvendelse af en akkumulator til at dække spidsbelastninger, så pumpestrømmen kan reduceres
- Sammenbygning af anlæg, så hydraulikpumpen kan udnyttes mere effektivt. Hvis en forbruger kræver et højere tryk, kan en lille boosterpumpe bruges ved forbrugerens. Herved sænkes det generelle tryk i det samlede hydrauliksystem
- Reduktion af tryktab i rørsystem

Det vurderes, at sådanne løsninger kan reducere energiforbruget til hydrauliksystemer med op til 40% – typisk med tilbagebetalingstider på mellem 5 og 15 år.

18.2.4.1 Udskiftning af ældre pumpe til omdrejningstalregulerbar pumpe

Branche	31 Fremstilling af metal
Procesanlæg	Hydrauliksystem
Energiforbrug	1.471 GJ/år (el)
Løsning	Udskiftning til omdrejningstalsregulerbar pumpe
Energibesparelse	187 GJ/år eller 13%
Investering	111.500 kr.
Tilbagebetalingstid	4,0 år
Levetid af besparelse	20 år
Omkostningseffektivitet	596 kr./GJ/år

Tabel 4. Udskiftning af hydraulikpumpe. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris på 0,50 kr./kWh.

Casen med "anlægsoptimering" af hydraulikanlæg viser, at der kan opnås meget attraktive besparelser ved at udskifte en ældre pumpe med en omdrejningstalregulerbar pumpe, og økonomien i løsningen ligger med en tilbagebetalingstid i den attraktive ende.

Potentialet i casen vurderes at være meget rimeligt. Et potentiale på 10 – 15% yderligere vil være rimeligt og tiltaget vurderes at have omkostningsniveauer som ligger en smule højere end det i casen, det vil sige omkring 600 kr./GJ/år.

18.3 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set væsentlige potentialer for at reducere energiforbruget til hydraulik:

- Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 100 kr./GJ/år
- Yderligere 10% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Yderligere 10% kan spares ved et investeringsniveau på 600 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 100 kr./GJ/år
- Op til 15% kan spares ved et investeringsniveau på 200 kr./GJ/år
- Op til 25% kan spares ved et investeringsniveau på 600 kr./GJ/år

Samlet fører disse erfaringsdata frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
100	5	2
200	15	8
600	25	10

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen hydraulik

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format:

Kr./GJ/år	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	15	15	3
560	10	25	7
975	5	30	10
1400	2	32	12

Tabel 8. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen hydraulik i Energistyrelsens format

Mange hydrauliksystemer i danske produktionserhverv er af ældre dato, og totaludskiftninger med nye teknologier vil i mange tilfælde kunne realisere ret betydelige besparelser, men vil også være omkostningstunge at foretage. Totaludskiftning af hydrauliksystemer omfatter nye og effektive anlæg samt udnyttelse af de mest energieffektive styrings- og reguleringsmuligheder, herunder tilpasning af flow til behovet. Disse investeringer er så omfattende at man trods besparelses potentialer på op til 40% typisk må regne med "energimæssige" tilbagebetalingstider i intervallet 10 - 15 år.

18.4 Barrierer ift. realisering af potentialer

Økonomien er den absolut største barriere i forhold til realisering de enkelte tiltag. Hvis tilbagebetalingstiden er for lang, hvilket typisk er over fem år, vil det ofte være uinteressant for virksomhederne. For mange af tiltagene gælder, at hvis de skal gennemføres så vil det medføre at produktionen påvirkes eller helt må stoppes mens et anlæg udskiftes. Et skift af en hydraulikpumpe betyder at maskinen eller det udstyr, som denne pumpe forsyner, skal tages ud af drift i et stykke tid. Med mindre at virksomheden har en reservepumpe stående, så kan et produktionsstop være svært at acceptere.

En sidste barriere kan være at virksomheden råder over et hydraulikanlæg der virker upåklageligt, men som måske ikke er energieffektivt. Derfor har man ikke lyst til at udskifte det med et nyt anlæg der indeholder teknologi, der kan give anledning til problemer og eventuelle driftsstop.

18.5 Potentialer fordelt på temperaturniveau

Dette er ikke relevant for hydraulikanlæg.

18.6 Fremskrivning af potentialer

En fremskrivning af potentialerne for at effektivisere pumpeanlæg frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne – fremskrivningen angår dog ikke det forhold at der vil ske en vis naturlig udskiftning af pumpeanlæg eller at en del af potentialet vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Overordnet kan man sige at besparelspotentialet frem mod 2050 vil kunne blive påvirket af flere forhold, for eksempel:

- Mere effektive pumper
- Mere effektive motorer
- Mere effektive styrings- og reguleringsformer med avanceret dataanvendelse, herunder anvendelse af grid-signaler fra nettet
- m.m.

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 9 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	17	3
560	27	7
975	32	10
1400	35	12

Tabel 9. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen hydraulik i Energistyrelsens format

19 Slut anvendelse øvrige elmotorer

Øvrige elmotorer dækker over elmotoranvendelsen i erhvervslivet, hvor forbruget ikke kan henføres til en anden eldrevet slut anvendelse, hvori teknologien indgår, f.eks. trykluft.

Elmotorer omsætter elektrisk energi til mekanisk energi, enten direkte eller via en transmission.

I det seneste 10 år er der sket en stor udvikling indenfor reguleringen af elmotorer, afstedkommet dels af udvikling af nye motor typer som PM motorer / EC-motorer, men også via lovgivning inden for eco design, der foreskriver specifikke udnyttelsesgrader der skal opnås på nye elmotorer.

Elmotorer, som ikke anvendes i nogle af de øvrige navngivne slut anvendelser som f.eks. trykluft, hydraulik, køl / frys ventilation m.fl., anvendes bl.a. til drift af tørretromler, møller til formaling af produkter, transport anlæg som bånd, elevatorer og redlere, motorer til drift af ovne m.v.

19.1 Teknologianvendelse

Elmotorer anvendes i stor udstrækning til drift af processer inden for alle brancher.

I enkelte brancher, f.eks. cementindustrien, udgør slut anvendelse over 80 % af det samlede elforbrug i branchen.

Processerne der drives af elmotorer kan være

- Tørretromler, f.eks. i cementindustrien
- Formaling af produkter i bl.a. landbrug og foderstofindustrien.
- Transportanlæg i et utal af brancher.

De energimæssigt væsentligste brancher for slut anvendelsen øvrige elmotorer er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov i produktionserhverv (%)	Primære energikilde
26 Fremstilling Af Cement	1.087	13,6%	100,0% el i alt
35 Fremst. Af Motorer, Vindmøller Og Pumper	629	7,9%	100,0% el i alt
22 Fremst. Af Maling Og Sæbe Mv.	500	6,2%	100,0% el i alt
11 Fremstilling Af Foderblandinger	474	5,9%	100,0% el i alt
1 Landbrug	392	4,9%	100,0% el i alt
13 Øvrige Anden Fødevarerindustri	369	4,6%	100,0% el i alt
9 Mejerier	360	4,5%	100,0% el i alt
32 Metalvarerindustri	353	4,4%	100,0% el i alt
7 Slagterier	318	4,0%	100,0% el i alt
24 Plast- Og Gummiindustri	314	3,9%	100,0% el i alt
Øvrige	3.211	40,1%	

Tabel 1. De energimæssigt største brancher med slut anvendelsen "øvrige elmotorer":

Det ses, at cementindustrien udgør den langt største branche med anvendelse af øvrige elmotorer efterfulgt af fremstilling af motorer, vindmøller og pumper. I cementindustrien udgør øvrige elmotorer over 80 % af elforbruget, mens det i de næste 3 brancher udgør fra 40 til 50 % af det samlede elforbrug.

19.2 Energisparepotentialer

Besparelspotentialerne indenfor øvrige elmotorer er som udgangspunkt knyttet til selve motoren og dens regulering og størrelse, men i mindst lige så stor grad til regulering af det udstyr, som elmotorerne driver.

Det er det samme der gør sig gældende for de øvrige elmotordrevne slutanvendelser, f.eks. behovsregulering af en trykluft kompressor – det er processen man regulerer på, men besparelsen er på motoren.

Generelt gælder også at jo større motorer, des mindre tab.

Derudover kan der være besparelser at hente i reduktion af tab i transmissioner mellem motorer og de maskiner der drives deraf. Besparelsen i disse tab skal dog sammenholdes med den tab der vil være i frekvensomformerer i den nye motor.

19.2.1 Behovsreduktion

Såfremt det er muligt at reducere driftstid eller belastning af motoren ved at optimere på processen, vil dette ofte være den billigste tilgang til besparelse på en elmotor.

Der kan være tilpasning af et transportbåndes hastighed i forhold til et aktuelt vare flow og behovet i den efterfølgende proces. Ofte er hastigheden konstant på disse transportkomponenter, uanfægtet et aktuelle transportbehov.

Et andet eksempel kan være reduktion af tomgangstid på en foder mølle i en foderstoffabrik eller et landbrug. For hver komponent der skal formales, er der en tomgangstid ved skift til næste komponent. Ikke blot møllen, men også alt det perifere udstyr til transport af materiale til og fra møllen er i drift i tomgangstiden, og idet summen af den perifere effekt ofte er lige så stor som møllens effekt, kan der være en betydelig besparelse på disse tiltag.

Det vurderes, at der ved behovsreduktion kan spares 10 – 20 %, med relativt korte tilbagebetalingstider på 2 – 4 år.

19.2.2 Adfærd og vedligehold

Energibesparelser på elmotorer der relaterer sig til adfærd og vedligehold omfatter reduktion af driftstider, samt forbedret indsats for vedligehold.

Det vurderes, at der sammenlagt for de 2 parametre, kan spares op til 5 % af elforbruget til motorer.

19.2.2.1 Case: Hyppigere udskiftning af sold på foder mølle

Branche	1. Landbrug
Procesanlæg	Foder mølle
Energiforbrug	684,0 GJ
Løsning	Hyppig udskiftning af solde
Energibesparelse	45 GJ svarende til 6 %
Investering	3.750 kr.
Tilbagebetalingstid	0,3 år
Levetid af besparelse	0,2 år
Omkostningseffektivitet	83 kr./GJ

Tabel 2. Eksempel på hyppigere udskiftning af sold i foder mølle. Omkostningseffektiviteten er høj, idet investering i forbedret vedligehold ofte kan afholdes for få kroner. Besparelsen er beregnet ved en elpris på 1,00 kr./kWh. Ved at

udskifte soldene hyppigere reduceres det specifikke tidsforbrug, samtidig med at råvarens formalingsgrad bliver mere homogen. Dette er ikke økonomisk kvantificeret i beregning af besparelsen.

Det vurderes som realistisk, at mere systematisk udskiftning af sliddele i proces udstyr kan realisere besparelser på elmotorer på ca. 6 %

19.2.3 Styring og driftsoptimering

Ved driftsoptimering af elmotorer er det processen som motoren driver, der optimeres på. Det kan både være gennem direkte reduktion af driftstid ved at optimere så tomgangstid undgås, men også ved ændring af processer, så der ud over energibesparelsen, også spares arbejdstid.

19.2.3.1 Case: Reduktion af tomgangstid på fodermølle

Branche	1. Landbrug
Procesanlæg	Fodermølle
Energiforbrug	14,8 GJ
Løsning	Reduktion af tomgangstid
Energibesparelse	1,8 GJ svarende til 12 %
Investering	500 kr.
Tilbagebetalingstid	0,25 år
Levetid af besparelse	1,0 år
Omkostningseffektivitet	277 kr./GJ

Tabel 3. Eksempel på reduktion af tomgangstid på fodermølle. Besparelsen er beregnet ved en elpris på 1,00 kr. / kWh. Eksemplet tager udgangspunkt i en fodermølle, men princippet med reduktion af tomgangstid vil være gældende i mange processer på tværs af brancher, især hvor der er flere perifere enheder der produktionstidsmæssigt er knyttet til den primære enhed, som optimeringen sker på.

Det vurderes, at besparelspotentialet på tværs af brancher vil være 5 -10 % af slutanvendelsen. I eksemplet med fodermøllen indgår kun arbejdstid som investering, men det skal forventes, at der i mange tilfælde også skal påregnes mindre anlægs investeringer, hvorfor omkostningseffektiviteten for tiltaget vurderes til at ligge mellem 300 – 500 kr. / GJ

19.2.4 Anlægsoptimeringer

Anlægsoptimeringer inden for elmotorer kan være:

- Udskiftning af elmotorer 1:1
- Opgradering af transmissioner som remtræk, gear
- Udskiftning af elmotorer til motorer med PM / EC motorteknologi, hvorved opgradering af efterfølgende transmissioner følger implicit.

Der er gennem de seneste ca. 10 år allerede udskiftet mange motorer til PM / EC-motorer, med relativt store besparelser til følge, idet disse ofte har afløst enten energikrævende transmissioner eller tilsvarende energikrævende elektriske reguleringer som f.eks. triac.

Det vurderes dog stadig, at der er et potentiale på omkring 10 % af det samlede forbrug, dækkende over mindre potentialer ved større motorer og større potentialer ved mindre motorer, idet det nyttiggjorte arbejde normalt udgør en større andel ved større motorer end ved mindre motorer.

19.2.4.1 Case: Udskiftning af elmotor.

Branche	21. Øvrige basiskemikalier
Procesanlæg	Øvrige elmotorer
Energiforbrug	30 kW elmotor med 88 % nv., 5.840 timer p.t. = 630 GJ
Løsning	Udskiftning af motor til IE4 motor, 92 % nv.
Energibesparelse	27 GJ/år eller 4,3 %
Investering	50.000 kr.
Tilbagebetalingstid	6,5 år
Levetid af besparelse	20 år
Omkostningseffektivitet	1.851 kr./GJ/år

Tabel 4. Eksempel på udskiftning af en elmotor. Driftsbesparelsen er beregnet med en elpris 1 kr./kWh. Casen understreger, set i forhold til de 2 forrige cases, at direkte 1:1 motorudskiftning ikke giver en god omkostningseffektivitet, men bør ses i kombination med forbedret styring og driftsoptimering, samt adfærd og vedligehold.

Såfremt behovet i den proces som elmotoren anvendes i kan reguleres / justeres, kan der være større besparelser end casen angiver, idet det således er muligt at opnå større besparelser på motoren ved at regulere denne med en frekvensregulering, eller en implicit regulering som følge af investering i PM / EC motorteknologi.

Det vurderes, at der kan opnås 5 % samlet besparelse ved implementering af regulering af motorerne samtidig med udskiftning.

19.2.5 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set væsentlige potentialer for at reducere energiforbruget i øvrige elmotorer:

- Op til 6 % kan spares ved et investeringsniveau på 100 kr./GJ/år
- Op til 10 % kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Op til 5 % kan spares ved et investeringsniveau på 1.850 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 6% kan spares ved et investeringsniveau på 100 kr./GJ/år
- Op til 16% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Op til 21% kan spares ved et investeringsniveau på 1.850 kr./GJ/år

Samlet fører disse erfaringsdata frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
100	6	2
400	16	5
1.850	21	12

Tabel 5. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen øvrige elmotorer.

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format:

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	10	10	3
560	8	18	7
975	1	19	10
1400	1	20	12

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen øvrige elmotorer i Energistyrelsens format

Det må således forventes, at den sidste del af besparelspotentialet er relativt meget dyrere at realisere, da man nærmer sig visse fysiske grænser for hvad der kan realiseres på eksisterende anlæg.

Generelt er komponentudskiftninger med henblik på nyttevirkningsforbedringer ikke særligt rentable uden at der indgår øvrige driftsoptimeringer og reguleringsforbedringer. Derfor lader man ofte ældre motorer være i drift indtil de er teknisk nedbrudte eller indtil udskiftning kan indgå i en samlet renoveringsplan for et produktionsanlæg.

19.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

Der er primært 2 elementer der indgår som barrierer for realisering af potentialerne.

Det ene er manglende opmærksomhed på, hvilke muligheder der ligger i driftsoptimeringer, behovsreduktioner og adfærd – vedligehold. Det må formodes, at energisynene sætter fokus på disse elementer og hjælper derved til realisering af disse potentialer.

Det andet element er det økonomiske incitament for større anlægsoptimeringer. I mange brancher byder konkurrencesituationen, at man i optimeringsøjemed ikke accepterer ret lange tilbagebetalingstider, hvorfor projekter med ringe omkostningseffektivitet ikke prioriteres.

19.4 Potentialer fordelt på temperaturniveau

Ikke relevant for elmotorer

19.5 Fremskrivning af energisparepotentialer 2050

I det omfang der ikke er tale om udskiftninger som følge af nedbrudte komponenter, vil udviklingen formodes at være båret af et ret snævert økonomisk fokus.

Det indebærer, at de potentialer der skal realiseres, skal sandsynliggøres, f.eks. gennem energisyn og direkte rådgivning til virksomhederne.

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 7 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	12	3
560	20	7
975	22	10
1400	25	12

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen øvrige elmotorer i Energistyrelsens format

20 Slut anvendelse It og anden elektronik

It og anden elektronik omfatter blandt andet it-udstyr, udstyr til styring, automatisering og virtualisering dvs. blandt andet skærme, printere, servere, computere, UPS-anlæg og sensorer.

Notatet her omfatter ikke forbrug i handels- og servicesektoren eller i private husholdninger. I kortlægningsrapporten³ fra 2015, der inkluderer handels- og servicesektoren (ekskl. datacentre) anslås det, at 90 % af forbruget fra "It og anden elektronik" netop sker i handels- og servicesektoren. En stor del af industriens energiforbrug i It og anden elektronik vil forbruges i tilknyttede kontorarbejde, her vil energiforbruget gå til servere, PC og skærme og printere.

It og anden elektronik i industrien anvendes ofte i kombination med elmotorer/processer fx sensorer og styring. Her vil "it og anden elektronik" komponenter give anledning til et lille "nyt"(ekstra) elforbrug, mens de reducerer elmotorens / processens energiforbrug. I notatet her ses udelukkende på besparelser i forhold til effektivisering af selve "it og anden elektronik", herunder besparelser i forhold til køling, men ikke på de besparelser, der kan genereres ved, at effektivisere produktionen ved anvendelse af "it og anden elektronik".

20.1 Teknologianvendelse

Samlet set er teknologiområdet "it og anden elektronik" meget bredt og ikke allokert til en bestemt branche.

De energimæssigt væsentligste brancher for slut anvendelsen "it og anden elektronik" er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov i produktionserhverv (%)	Primære energikilde
1 Landbrug	224	20.1%	100,0% el
42 Bygge- Og Anlægsvirksomhed	136	12.2%	100,0% el
33 Fremst. af Computere og Kommunikationsudstyr mv., Andet Elektronisk Udstyr, Elektriske Motorer Mv. samt Ledninger og Kabler	109	9.7%	100,0% el
23 Medicinalindustri	77	6.9%	100,0% el
35 Fremst. Af Motorer, Vindmøller Og Pumper	70	6.3%	100,0% el
18 Trykkerier Mv.	62	5.5%	100,0% el
20 Fremstilling Af Enzymer	61	5.5%	100,0% el
32 Metalvareindustri	56	5.0%	100,0% el
7 Slagterier	53	4.7%	100,0% el
36 Fremst. Af Andre Maskiner	30	2.7%	100,0% el
Øvrige	239	21.4%	100,0% el

Tabel 10: Brancher med størst andel af energiforbrug til "it og anden elektronik".

Det ses, at Landbrug er ansvarlig for ca. 20 % og dermed den største andel af det samlede el-forbrug i slut anvendelsen, herefter kommer Bygge og Anlæg der forbruger ca. 12 % og branchen Fremst. af Computere og Kommunikationsudstyr mv., Andet Elektronisk Udstyr, Elektriske Motorer Mv. samt Ledninger og Kabler der forbruger ca. 10 % af det samlede el-forbrug i slut anvendelsen. Medicinalindustrien forbruger ca. 7% herefter kommer en del brancher der bruger ca. 5 % af det samlede elforbrug i slut anvendelsen "it og anden elektronik".

³ KORTLÆGNING AF ENERGISPAREPOTENTIALER I ERHVERVSLIVET, COWI FOR ENERGISTYRELSEN 2015

Samlet set udgør "it og anden elektronik" en begrænset andel af produktionserhvervenes energiforbrug 1.116 TJ, svarende til 3 % af erhvervslivets elforbrug (og ca. 0,9 % af erhvervslivets samlede energiforbrug).

20.2 Energisparepotentialer

Energisparepotentialer inden for anden elanvendelse skal ses i forhold til de brancher, der har den største andel af slutanvendelsen. Men i sagens natur - og som det fremgår af opgørelsen i Tabel 10 - er forbruget spredt ud over alle industriens brancher.

Den stigende digitalisering af landbruget i form af bl.a. overvågning og styring af bedriften, antages at give anledning til en betydelig del af landbrugets forbrug inden for slutanvendelsen. Mens andre brancher givetvis har relativt større forbrug i forhold til kontrolskærme, servere, computere og printere.

De erfaringsmæssigt mest oplagte potentialer er beskrevet i det følgende med udgangspunkt i "løgdiagrammet" beskrevet i de indledende afsnit om erhvervskortlægningen.

20.2.1 Behovsreduktion

Det er muligt at reducere behovet for forbrug af energi til IT og anden elektronik på flere måder, for eksempel:

1. At sikre at udstyret slukkes eller går i dvale, når der ikke er brug for dets funktioner på en måde, hvor energiforbrug sænkes næsten tilsvarende, tillade højere temperatur i kølerum, acceptere at dele af data lagres på en sværere tilgængelig.
2. Forbedre styring af udstyr fx i forhold til at automatisere ovennævnte og dermed sikre at det altid sker.

20.2.2 Adfærd og vedligehold

Eksempler på adfærdsmæssige energibesparende tiltag kunne være; sikre at der ikke gemmes mere data end nødvendigt, fx at der ikke gemmes flere versioner af samme fil, men at ikke aktuelle versioner slettes, at filer der kun bruges sjældent gennem i et "fjernarkiv", hvorfra det tager lidt længere tid at hente dem ned.

Også de helt traditionelle at der slukkes når udstyr ikke er i brug. Adfærd er også en del af eksemplet om indsats i forhold til energiforbrug i serverrum.

Generelt så anslås det, at tiltag i forhold til adfærd og vedligehold kan give besparelser på op til 5 % med en minimal omkostning dvs. at tilbagebetalingstiden ligger imellem 0 og 2 år.

20.2.3 Styring og driftsoptimering

Generelt anslås det, at for mere end 50 % af processer inden for it og anden elektronik, er der et potentiale for en indsats i forhold til styring og driftsoptimering, der vil føre til besparelser og for en betydelig andel af disse vil omkostningen for at høste disse besparelser være lav.

Ift. styring og driftsoptimering er eksemplet en indsats i forhold til serverrum, indsatsen indeholder også elementer af adfærd og vedligehold, de er medtaget fordi der er synergi i kombinationen. Indsatsen kunne for eksempel indeholde:

1. Overvej cloudløsninger og serverhoteller som supplement til eller i stedet for jeres egne servere.
2. Tjek, om der står udstyr, som ikke længere er i brug eller kun bruges sjældent.
3. Tjek om kapaciteten er for stor; sluk, reducer kapacitet og skrot.
4. Fjern udstyr fra serverrummet, som ikke har brug for køling,
5. Sørg for, at der ikke kommer varme ind udefra. Dæk f.eks. vinduerne af, så der ikke kommer sol ind.
6. Hvis I har køleanlæg, så sørg for ikke at køle luften til serverne til under 26 °C (tillad temp. fra 19-26 °C), medmindre serverleverandøren kræver det.
7. Hold køle/ventilationssystemet renholdt.
8. Sørg for, at den kolde luft kommer så direkte som muligt til serverne.
9. Saml mange servere på færre servere
10. Vælg energieffektivt udstyr.
11. Vælg køleanlæg med frikøling, eller undgå helt køling.

[Kilde: Serverrumsvejledning, Kom godt i gang med at gøre serverrummet energieffektivt, Til energiansvarlige og it-ansvarlige i private og offentlige virksomheder, Energistyrelsen, maj 2018]

Det vurderes, at ved at følge tiltag 2-9 i ovenstående liste kan der opnås energibesparelser på op til 25%, med kun få andre investeringer end mandtimeforbrug, småreparationer og eventuelt ekspertbistand og evt. styring inkl. sensorer. Det vurderes, at der ikke er forskel imellem brancherne.

Det vurderes derudover, at typisk vil omkostningerne til styring og driftsoptimering være tjent hjem mellem 2 og 4 år. I forhold til adfærds og vedligeholdelses tiltag vil tilbagebetalingstiden være 0-2 år.

Råd 10 og 11 fra listen, der ses som anlægsoptimeringer, er ikke medtaget i case 1, da de kræver større investeringer. Men installeres tiltag 11 udskiftning af køleanlæg til frikøling bliver effekten af tiltag 6 "tillade højere temperatur" blive betydelig større og visa versa, synergieffekten medtages i case 2.

20.2.3.1 Case 1: Tillade højere temperatur i serverrum kombineret med optimering og "oprydning"/vedligehold af rummet.

Branche	Alle fremstillingsindustrier
Procesanlæg	Optimering af serverrum og tillad højere temperatur i serverrum.
Energiforbrug	136.000 GJ/år / 38 GWh / år
Løsning	Optimere vedligehold og tillade højere temperatur i serverrum
Energibesparelse	10.200 GJ/år / 4.250 MWh / år/ 2,16mill. kr/år (15% besparelse i 50 % af virksomhederne)
Investering	Arbejdstimer og mindre forbedringsreparationer
Tilbagebetalingstid	Under 1-4 år
Levetid af besparelse	>10 år
Omkostningseffektivitet	500 kr./GJ/år (1,8 kr./kWh/år)

Tabel 11. Eksempel på tiltag i forhold til styring og drift optimering af serverrum. Driftsbesparelsen er beregnet med elpris på ca. 0,6 kr./kWh. I kilde⁴ er det anslået at 30-50% af energiforbruget til servere går til køling af serverrum og at der kan spares 3% for hver grad temperaturen tillades højere end 18. Øges tilladt temperatur fra 18 til 26°C tiltag 6 vil besparelsen være på ca. 12 %. Dette tiltag (6) kan lige som tiltag 2-5 og 7 for rigtig mange virksomheder implementeres med minimale omkostninger. Implementeres tiltag 2- 7, anslås det, at den samlede gennemsnitlige besparelse i energiforbrug til drift af serverrum er i alt 15%. Det er derudover antaget, at i 50% af virksomhederne kan have glæde af dette tiltag. Det antages derudover at 20% af forbruget til IT og anden elektronik går til serverrum, dette svarer til 12 % af det totale forventede energiforbrug til serverrum i Danmark.

⁴ SERVERUMSVEJLEDNING Kom godt i gang med at gøre serverrummet energieffektivt, Til energiansvarlige og it-ansvarlige i private og offentlige virksomheder, Energistyrelsen, maj 2018.

Casen med styring og driftsoptimering vurderes at være retvisende forstået således, at potentialet på op til 25% for den enkelte virksomhed angivet i afsnit 2.2 og det må forventes at have omkostningsniveauer som ligger på et forholdsvist lavt niveau.

20.2.4 Anlægsoptimeringer

Anlægsoptimeringer kan fx bestå i udskiftning til smarte sensorer til overvågning og styring af produktion, udskiftning af kølesystemet i serverrummene fx til frikøling eller af udskiftning af sensorer, styring og netkomponenter eller udskiftning af skærme, både kontrolskærme i produktionen og PC skærme til kontorarbejde, til mere effektivt udstyr.

Generelt for it-udstyr sker, der forholdsvis hurtig løbende forbedring af udstyrets energieffektivitet og af funktioner, og som en tommelfingerregel kan det altid anbefales at vælge det mest energieffektive udstyr, det kan gøres fx ved at vælge EnergyStar mærkede produkter hvis de findes. Men en forceret udskiftning kan sjældent betale sig, fordi energiforbruget for det enkelte udstyr er relativt lavt i forhold til udstyrsprisen. Derudover vil der ofte være høje barrierer for tiltagene.

Eksempler på anlægsoptimering, hvor der er forholdsvis få barrierer kunne være, som nævnt tidligere udskiftning af serverrumskøling til frikøling, et andet eksempel er udskift af skærme, der anvendes til kontorarbejde fra LCD til effektive LED-skærme. Mens det vurderes, at der vil være forholdsvis høje barriere forbundet med udskiftning af produktionsanlægs kontrolskærme.

20.2.4.1 Case 2: Udskiftning til frikøling

Udskiftning af køleanlæg til frikølingsanlæg. Tiltag 11 kan øge samlede energibesparelsen i forhold til køling af serverrum til op til 90%, forudsat at det kombineres med at der tillades højere temperaturer i serverrummet (tiltag 6.) Besparelsen på 12 % der er opnået ved styring og drift optimerings medtages ikke.

Branche	Alle brancher
Procesanlæg	Serverrums køleanlæg
Energiforbrug	45.000 GJ/år/ 12 GWh / år/ serverrum (el til køling)
Løsning	Udskiftning til frikøling af serverrum (tilladt højere temperatur i serverrum er antaget)
Energibesparelse	24 GJ/år / 7 MWh / år/ 26.000 GJ/år / 7,2 GWh / år/ 6 mill. kr/år (58% besparelse i 70 % af virksomhederne)
Investering	Ca. 20.000 kr/serverrum mellemstort 11 MWh/år til køling før besparelse
Tilbagebetalingstid	Under 4-6 år
Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	830 kr./GJ/år (3 kr./kWh/år)

Tablet 12: Eksempel på tiltag i forhold til styring og drift optimering af serverrum. Udskiftning til frikøling. Driftsbesparelsen er beregnet med elpris på ca. 0,6 kr./kWh. Antaget 30-50% af energiforbruget til servere går til køling af serverrum og at der kan spares gennemsnitlig 70% ved at overgå til frikøling for 50% af virksomhederne.

20.2.4.2 Case 3: Udskiftning af PC-skærme

Baseret på VMs erfaringer fra besøg hos danske industrivirksomheder anslås det, at mindst 50 % af kontrolskærme i fremstillingsvirksomhederne er ældre LCD-skærme, det samme gælder for skærmene der bruges i kontor arbejdet. Derfor ses der i eksemplet kun på udskiftning af PC-skærme anvendt til kontorarbejde. Ved udskiftning af ældre LCD-skærme til effektive LED-skærme vil energiforbruget kunne reduceres med op til 75 %. LED er generelt meget mere effektive end LCD-skærme, men LED-skærmens forbrug er afhængig lysstyrke og antal dioder pr areal. De to parametre bestemmer naturligvis også hvor tydeligt og "glat" informationer på skærmen vises. Så når der udskiftes, skal disse parametre også tages med i forbindelse med valg af skærm.

Branche	Alle brancher
Procesanlæg	PC skærme til kontorarbejde
Energiforbrug	33.000 GJ/år / 9 GWh / år i alt
Løsning	Udskift af LCD skærme til effektive LED skærme.
Energibesparelse	0,26GJ/år/skærm/ 72 kWh/år / skærm (75% besparelse) i alt 12.600 GJ/år / 3.500 MWh / år/ 2,1 mill.kr/år (75% besparelse i 50 % af virksomhederne)
Investering	ca. 1000kr / skærm, besparelse per skærm
Tilbagebetalingstid	>20 år
Levetid af besparelse	5 år
Omkostningseffektivitet	3800kr/GJ/år (14 kr./kWh/år)

Tabel 4. Eksempel på anlægsoptimering ved forceret udskiftning af pc skærme primært til kontor arbejde. Driftsbesparselsen er beregnet med en elpris på ca. 0,60 kr./kWh. Den årlige besparelse er 75% besparelsen pr. skærm er 72 kWh/ år. Som det ses, er omkostningseffektiviteten ringe og tilbagebetalingstiden er lang. En stigning i elprisen vil naturligvis forbedre disse forhold, casen viser at "rene" anlægsudskiftninger har en ikke attraktiv økonomi.

Casen med forceret udskiftning af PC- skærme viser, at rene anlægsudskiftninger, ikke har en særlig god energiøkonomi. Det vurderes, at casen er repræsentativ for denne type af optimeringer, altså procentvis store besparelser men en omkostningseffektivitet i den ringe ende.

Kontrolskærme til styring af processer i industrien vil generelt have længere brugstid end ved kontorarbejde hvilket, men de vil også være dyrere i indkøb, derfor kan det konkluderes, at energiøkonomien vil være lige så ringe ved udskiftning af disse, samtidig vil de være omfattet af betydelig større barriere som beskrevet i afsnit 20.3.

Et andet eksempel på anlægsoptimeringer med meget ringe energiøkonomi kunne være udskiftning til "smarte sensorer". Industrielle "smarte sensorer" måler, behandler, lagrer og kommunikerer data om elektriske belastninger, temperaturer, tryk, vibrationer og andre ydeevneparametre, der kan være relevante for energioptimering under brug af de produkter og systemer, de er tilsluttet. Energibesparelser sker hovedsageligt for produkterne/systemet de er tilsluttet f.eks. en elmotor tilsluttet et ventilationsanlæg eller et pumpeanlæg, forudsat, at sensordata aktivt vil blive brugt til energioptimering. Mens selve sensorens energiforbruget og potentielle besparelsen relateret til det er generelt er relativ lav i forhold til energiforbruget i det system den overvåger og styrer.

Effektive smarte sensorers energiforbrug i dag (2020) har årligt et energiforbrug på ca. 1,65 Wh/år hvilket er mindre end 1/7 af en typisk sensor installeret i 2013⁵. Smarte sensorers forbrug inkluderer forbrug til sensor og elektronik, sensor-kommunikation, gateway-kommunikation til fjernlager, kommunikation af data til fjernlagring, dataanalyse og interface. Som det ses af den enkelte sensors forbrug, vil en energibesparelse på mindre end 1kWh/år aldrig kunne begrunde en forceret udskiftning.

For langt størstedelen af anden "it teknologi" gælder det at der sker så megen udvikling og generelt vil energieffektive komponenter kun være marginalt dyrere hvis overhoved end ikke effektive komponenter samtidig

⁵ Preparatory study for the Ecodesign and Energy Labelling Working Plan 2020-2024, Task 3 , Viegand Maagøe A/S, Oeko-Institut e.V., Van Holsteijn en Kemna BV, for the European Commission, DG GROW April 2021.

sker der generelt forholdsvis ofte (hver 3-5 år) udskiftning, og det er i den forbindelse besparelspotentialer kan høstes for en ubetydelig pris.

20.2.5 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set følgende potentialer for at reducere energiforbruget i *It og anden elektronik*:

- Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 500 kr./GJ/år
- Yderligere 5% kan spares ved et investeringsniveau på 800 kr./GJ/år
- Yderligere 10% kan spares ved et investeringsniveau på 3800 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 5% kan spares ved et investeringsniveau på 500 kr./GJ/år
- Op til 10% kan spares ved et investeringsniveau på 800 kr./GJ/år
- Op til 20% kan spares ved et investeringsniveau på 3800 kr./GJ/år

Samlet fører disse erfaringsdata frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
500	5	3
800	10	5
3800	20	10

Tabel 5. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen *It og anden elektronik* baseret på cases.

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format:

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	3	3	2
560	5	8	5
975	4	12	8
1400	6	18	10

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen *It og anden elektronik* i Energistyrelsens format

Det må således forventes, at en meget stor del af besparelspotentialer er relativt meget dyrt at realisere, fordi de absolutte energiforbrug for de enkelte komponenter er lavt. Men da den økonomiske levetid for en stor del af komponenterne er kort og den tekniske udvikling går stærkt vil en betydelig del af besparelspotentialer hurtigt realiseres ved naturlig udskiftning.

20.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

De to væsentligste barrierer for effektivisering af slutanvendelsen *it og anden elektronik*:

1. Den absolutte energibesparelse er lille i forhold til det samlede energiforbrug i de enkelte virksomheder, skønt det er relativt store procentvise besparelser, dvs. udgiften til energiforbrug for slutanvendelse udgør så relativt lille en andel af virksomhedernes udgifter til energiforbrug eller af samlede omkostninger at motivationen for at gøre en indsats her er begrænset.

2. Ofte er disse en stærkt integreret og central del af et givent produktionsanlæg, hvorfor anlæggene ikke uden videre stoppes for udskiftning med det formål at effektivisere energiforbrug. Et eksempel er udskiftning af kontrolskærme, hvor tiltaget ses som forbundet med en risiko for driftsforstyrrelser. Mens for tiltag som udskiftning af kontorarbejdernes skærme eller reduktion af temperaturen i serverrummet ikke i samme grad ses forbundet med en risiko for driftsforstyrrelser i den primære produktion.

Generelt vurderes at der er meget lille forskelle fra branche til branche.

20.4 Potentialer fordelt på temperaturniveau

Ikke relevant for denne slut anvendelse

20.5 Fremskrivning af energisparepotentialer

En fremskrivning af potentialerne for at effektivisere "it og anden elektronik" frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne – fremskrivningen angår dog ikke det forhold, at der vil ske en forholdsvis hurtig naturlig udskiftning af It og anden elektronik eller at en del af potentialet vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Overordnet kan man sige, at besparelspotentialet frem mod 2050 generelt vil kunne blive påvirket af teknologisk udvikling inden for It og elektronik og ændringer i forholdet mellem elpriser og omkostning ved udskiftning:

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 7 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	5	2
560	12	5
975	16	8
1400	25	10

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen It og anden elektronik i Energistyrelsens format fremskrevet til 2050.

21 Slut anvendelse anden el anvendelse

Anden el anvendelse er den el der anvendes til forbrug, der ikke relaterer sig til en anden navngiven elektrisk slut anvendelse som trykluft, køling, m.fl.

Forbruget vil således vedrøre procesudstyr og processer, der ikke hører ind under disse kategorier. Det kan være omrøring, kompression m.v.

Det kan i nogle tilfælde være et spørgsmål om definition der afgør, hvilken slut anvendelse et forbrug tilhører.

21.1 Teknologianvendelse

Samlet set er teknologiområdet anden el anvendelse meget bredt og ikke allokeret til en bestemt branche eller teknologi.

De energimæssigt væsentligste brancher for slut anvendelsen anden el anvendelse er jf. kortlægningsrapporten følgende:

Branche	Energiforbrug (TJ/år)	Andel af samlet behov i produktionserhverv (%)	Primære energiart
19 Fremstilling Af Industrigasser	617	26,8%	100,0% el i alt
42 Bygge- Og Anlægsvirksomhed	476	20,7%	100,0% el i alt
20 Fremstilling Af Enzymer	305	13,3%	100,0% el i alt
23 Medicinalindustri	230	10,0%	100,0% el i alt
36 Fremst. Af Andre Maskiner	94	4,1%	100,0% el i alt
41 Reparation Og Installation Af Maskiner Og Udstyr	78	3,4%	100,0% el i alt
32 Metalvareindustri	74	3,2%	100,0% el i alt
8 Fiskeindustri	58	2,5%	100,0% el i alt
17 Papirindustri	54	2,4%	100,0% el i alt
9 Mejerier	46	2,0%	100,0% el i alt
Øvrige	267	11,6%	

Table 1. De energimæssigt største brancher med slut anvendelsen "anden el anvendelse":

Det ses, at fremstilling af industrigasser repræsenterer over 25 % af det samlede forbrug i slut anvendelsen, tæt efterfulgt af bygge- og anlægsvirksomhed. Medicinalindustri og enzymfremstilling forbruger samlet næsten 25 % af den samlede slut anvendelse.

Forbruget til anden el anvendelse skal også ses i relation til slut anvendelsens andel af erhvervslivets totale elforbrug. Samlet set udgør dette 2.301 TJ, svarende til 6,2 % af erhvervslivets elforbrug.

21.2 Energisparepotentialer

Energisparepotentialer inden for anden el anvendelse skal ses i forhold til de brancher, der har den største andel af slutanvendelsen.

Fremstilling af industrigasser repræsenterer over 26 % af den samlede slutanvendelse. Det er primært kompression af gasser der ligger til grund for den store andel af forbruget, hvorfor det er i denne teknologi, besparelspotentialerne skal søges.

Fremstilling af enzymer og medicinalfremstilling repræsenterer samlet set ca. 25 % af slutanvendelsen. Her udgør omrøring en betragtelig del af elanvendelsen.

Andre brancher, som f.eks. metalvareindustri og reparation og installation af maskiner udgør hver godt 3 % af slutanvendelsen. En væsentlig del af forbruget her er svejseudstyr og lignende.

21.2.1 Behovsreduktion

Ved fremstilling af enzymer udgør omrøring en betragtelig del af elforbruget. Der er ofte tale om elmotorer på flere hundrede kW. Omrøringen foregår i fermentorer på 50 – 400 m³.

Omrøringen styres i forhold til mængden af ilt i substratet under fermenteringen, såvel som temperatur og pH i fermentoren. For at være sikker på at man opnår det ønskede fermenteringsresultat inden for den fastsatte tid, er set punkterne for styreparametrene ofte fastsat med en stor sikkerheds margin.

Ved uddannelse og træning af operatørerne, samt dokumentation i form af måleresultater som følge af andre set punkter er det muligt at reducere forbruget til omrøring betragteligt.

21.2.1.1 Case: Reduktion af omrøring i fermentor

Branche	20 Fremstilling af enzymer
Procesanlæg	Fermentor
Energiforbrug	40.500 GJ sv.t. 22.250 MWh el sv.t. 13.350.000 kr.
Løsning	Reduktion af omrører behov ved måling af ilt % i fermentor
Energibesparelse	6.075 GJ, sv.t. 15 %
Investering	Ca. 1.000.000 kr. sv. t. 2 årsværk
Tilbagebetalingstid	0,5 år
Levetid af besparelse	1 år
Omkostningseffektivitet	164 kr./GJ/år

Tabel 13 Eksempel på besparelse ved behovsreduktion af omrøring i fermentor. Der er anvendt el pris på 0,60 kr. / kWh til beregning af omkostninger og tilbagebetalingstid. Eksemplet er typisk for mange processer, hvor man af hensyn til sikring af et optimalt slutresultat, ligger betydelige sikkerhedsmarginer ind i styringsparametrene for processerne. Det skal også bemærkes, at idet der tale om en adfærdsbetinget besparelse, vurderes potentialet til at være mindre, end man faktisk kan måle, besparelsen kan være.

Det vurderes, at casen er repræsentativ for slutanvendelsen i denne branche, hvorimod det i øvrige brancher formodes at være ca. 8 %, hvorfor det samlede potentiale for slutanvendelsen, vurderes til at være 12 %.

21.2.2 Adfærd og vedligehold, samt styring og driftsoptimering

For løbende at reducere forbruget til omrøringsprocesser er det vigtigt, at have fokus på løbende vedligehold og udskiftning af sliddelskomponenter som propeller i omrører aggregater.

I den sammenhæng skal opmærksomheden henledes på valg af bedst tilgængelige teknologi og inden for propeller sker der løbende forbedringer i udformningen af selve bladet der flytter mediet i den tank, der omrøres.

Idet nogle medier påfører bladet en større mekanisk påvirkning end andre, opstår der større slitage på bladene, hvorfor rettidig udskiftning holder driftstiden pr. batch der omrøres på samme niveau.

21.2.2.1 Case: Udskiftning til nye propeller i omrører kar i enzym produktion

Branche	20 Fremstilling af enzymer
Procesanlæg	Fermentor
Energiforbrug	10.125 GJ/år sv.t. 2.812,5 MWh el, sv. t. 1.687.500 kr.
Løsning	Renovering til store propeller i fermentor
Energibesparelse	1.013 GJ/år svarende til 10 % eller 168.750 kr.
Investering	250.000 kr. til nye propel
Tilbagebetalingstid	1,5 år
Levetid af besparelse	5 år
Omkostningseffektivitet	247 kr./GJ/år

Table 2. Eksempel på simpelt "adfærds- og vedligeholdsprojekt" på tørreovn. Driftsbesparselsen er beregnet med en lav naturgaspris (proces) på ca. 0,30 kr./kWh.

Casen med udskiftning af propeller viser, at løbende fokus på udskiftninger og renoveringer med øje for den bedste teknologi, giver besparelser med en attraktiv tilbagebetalingstid og en god omkostningseffektivitet.

Det skønnes af casen er repræsentativ for den aktuelle teknologi, altså 10 % pr. år, men generelt skal der nok forventes et højere omkostningsniveau, svarende til 400 kr. / GJ / år. og et lidt lavere potentiale i andre brancher, vurderet til 8 %.

21.2.3 Anlægsoptimeringer

Rene anlægsoptimeringer kan bestå i udskiftning af tryksætningsanlæg til fremstilling af industrigasser. Gasser skal forstås bredt og kan f.eks. opfatte CNG, CO / CO₂, nitrogen, metan, hydrogen, argon, helium m.v. Størrelserne spænder vidt fra mindre kompressorer til fyldning af gasflasker til dykning, til store industri kompressorer anlæg på flere hundrede kW.

Inden for de senere år er der renoveret og bygget en del nye produktionsanlæg inden for branchen, som omfatter få virksomheder og ikke særligt mange produktionssteder. Det indebærer implicit, at der allerede anvendes ret nyt produktionsudstyr, hvorfor yderligere renoveringer ikke umiddelbart virker nært forestående og ej heller synes økonomisk attraktivt.

21.2.3.1 Case: Udskiftning af gaskompressor

Branche	19. Fremstilling af industrigasser
Procesanlæg	Gaskompressor
Energiforbrug	8.640 GJ, sv. t. 2.400 MWh el sv.t. 1.440.000 kr.
Løsning	Udskiftning af gaskompressor
Energibesparelse	259 GJ/år eller 3%, sv.t. 43.200 kr.
Investering	2.800.000 kr.
Tilbagebetalingstid	64 år
Levetid af besparelse	10 år
Omkostningseffektivitet	7.720 kr./GJ/år

Tabel 4. Eksempel på anlægsoptimering ved udskiftning af gaskompressor. Driftsbesparselsen er beregnet med en lav elpris (proces) på ca. 0,60 kr./kWh. Som det ses, er omkostningseffektiviteten ringe og tilbagebetalingstiden er lang. En stigning i elprisen vil naturligvis forbedre disse forhold, men casen viser også, at "rene" anlægsudskiftninger har en ikke attraktiv økonomi.

Casen med udskiftning af gaskompressor viser, at rene anlægsudskiftninger uden optimering af de processer som anlægget håndterer, ikke har en særlig god energiøkonomi. Det vurderes, at casen er repræsentativ for denne type af optimeringer, altså op til 3 % besparelse og en omkostningseffektivitet i den dyre ende.

21.2.4 Sammenfatning af energisparepotentialer

De 3 cases ovenfor viser samlet set følgende potentialer for at reducere energiforbruget i anden el anvendelse:

- Op til 12 % kan spares ved et investeringsniveau på 164 kr./GJ/år
- Yderligere 8 % kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Yderligere 3% kan spares ved et investeringsniveau på 7.720 kr./GJ/år

Det vil sige:

- Op til 8% kan spares ved et investeringsniveau på 164 kr./GJ/år
- Op til 15% kan spares ved et investeringsniveau på 400 kr./GJ/år
- Op til 21% kan spares ved et investeringsniveau på 7.720 kr./GJ/år

Samlet fører disse erfaringsdata frem til nedenstående tabel.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
164	12	2
400	20	5
7.720	23	12

Tabel 5. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen anden el anvendelse.

En generalisering af disse potentialer er givet i nedenstående tabel overført til Energistyrelsens format:

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Samlet potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	10	10	3
560	10	20	7
975	2	22	10
1400	3	25	12

Tabel 6. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen anden el anvendelse i Energistyrelsens format

Det må således forventes, at den sidste del af besparelspotentialer er relativt meget dyrere at realisere, da man nærmer sig visse fysiske grænser for hvad der kan realiseres på eksisterende anlæg.

Det ses således, at der samlet set kan forventes meget lave besparelser på 0,5 – 1 % af anden el anvendelse ved meget høje investeringsniveauer, dette vil endvidere forudsætte en komplet udskiftning af disse med løsninger i retning af Best Available Technology (BAT). For disse investeringsniveauer er der også angivet lange levetider på op til 10 - 15 år, som typisk forventes ved komplet nyetablering af centrale produktions- og procesanlæg.

Men ved relativt lave investeringsniveauer er der op til 30 % besparelser at hente. Man skal dog være opmærksom på de barrierer der er for realisering af disse.

21.3 Barrierer ift. realisering af potentialer

Ovenstående cases er alle hentet fra arbejdet med energibesparelser og er valgt fordi de er nogenlunde repræsentative for potentialer som ses bredt i specifikke brancher.

Samtidigt er casene dog også udtryk for, at der i netop de valgte virksomheder er potentialer som er værd at realisere, hvorfor de ikke umiddelbart er repræsentative for produktionserhvervene bredt. Således vil forhold som driftstider, anlægsstørrelser, produktmæssige forhold typisk spille ind.

Opmærksomheden skal også henledes på, at der vil være barrierer hos det personale der er proces operatører på de anlæg, der skal generere besparelserne. Det forudses, at der vil være resistans mod at implementere besparelser i anlæggene, grundet frygt for manglende produktionsresultater i processerne. Vedvarende træning og uddannelse af operatørerne er således en nødvendig forudsætning for realisering af potentialerne.

Generelt vurderes der således at være relativt store forskelle fra branche til branche, hvorfor der i bilag A er indsat simple korrektionsfaktorer, som for hver branche korrigerer energisparepotentialer for tørreanlæg ift. de generaliserede niveauer ovenfor.

21.4 Potentialer fordelt på temperaturniveau

Ikke relevant for "anden el anvendelse"

21.5 Fremskrivning af energisparepotentialer 2050

En fremskrivning af potentialerne for anden el anvendelse frem mod 2050 angår i denne sammenhæng alene teknisk nyudvikling eller prisudvikling for de nøgleteknologier, som er nødvendige for at realisere potentialerne – fremskrivningen angår dog ikke det forhold at der vil ske en vis naturlig udskiftning af anlæg eller at en del af potentialer vil blive realiseret af den løbende energieffektiviseringsindsats.

Et forsigtigt gæt på en sådan udvikling frem mod 2050 er angivet i tabel 7 nedenfor.

Kr./GJ/år	Potentiale (% af slutanvendelse)	Levetid (teknisk)
280	12	3
560	24	7
975	26	10
1400	27	12

Tabel 7. Sammenfatning af energisparepotentialer for slutanvendelsen anden elanvendelse i Energistyrelsens formal