

JUNI 2015
ENERGISTYRELSEN

KORTLÆGNING AF ENERGISPAREPOTENTIALER I ERHVERVSLIVET

SLUTRAPPORT

COWI

JUNI 2015
ENERGISTYRELSEN

ADRESSE COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

KORTLÆGNING AF ENERGISPAREPOTENTIAL ER I ERHVERVSLIVET

SLUTRAPPORT

PROJEKTNR.	A065646
DOKUMENTNR.	
VERSION	
UDGIVELSESDATO	
UDARBEJDET	Mikkel Kromann, Henrik Kragerup, Mette Dalsgaard
KONTROLLERET	Carsten Glenting
GODKENDT	Mette Dalsgaard

INDHOLD

1	Sammenfatning	7
2	Indledning	8
3	Overordnet metode	11
3.1	Beregning af energisparepotentialer i teorien	12
3.2	Beregning af energisparepotentialer i praksis	13
3.3	Afgrænsning af de analyserede anvendelsesområder	14
3.4	Beregning af 2015-cases	15
3.5	Opdatering af tidligere ekspertskøn	15
3.6	Samlet 2015-vurdering	16
3.7	Økonomisk vurdering af energisparepotentialer	17
4	Overordnede resultater	19
4.1	Det omfattede energiforbrug	19
4.2	Energisparepotentialet fordelt på områder	21
4.3	Energisparepotentialet fordelt på sektorer	24
4.4	Energisparepotentialet fordelt på brændsler	26
4.5	Energisparepotentialet og kvotesystemet	29
4.6	Energisparepotentialet fordelt på virksomhedsstørrelse	29
4.7	Økonomiske indsigter fra case studier	31
5	Detaljeret metode: Teknologikataloget	33
5.1	Energianvendelsesområder	33
5.2	Tværgående anvendelsesområder	35
5.3	Energiforbrugets fordeling i 2015	36
5.4	Disposition for teknologikatalog	37

5.5	Udvælgelse af cases	38
5.6	Opbygning af energiøkonomiske cases	38
5.7	Samlet vurdering af potentialer	40
6	Detaljeret metode: Regneværktøjet	41
6.1	Strukturen for data og beregninger	41
6.2	Teknologikataloget	42
6.3	Øvrige data	44
6.4	Tværgående teknologier	46
6.5	Oversigt over regneværktøjet	47
7	Teknologikatalog - Energianvendelsesområder	51
7.1	Rumvarme	51
7.2	Arbejdskørsel	63
7.3	Opvarmning/kogning	70
7.4	Tørring	80
7.5	Belysning	90
7.6	Kedel- og nettab	103
7.7	Køl/Frys	111
7.8	Rumventilation	120
7.9	Inddampning	133
7.10	Pumpning	143
7.11	IT og anden elektronik	150
7.12	Brænding	158
7.13	Trykluft	162
7.14	Blæsere	170
7.15	Rumkøling	178
7.16	Hydraulik	190
7.17	Varmepumper	200
8	Teknologikatalog- Tværgående energianvendelsesområder	207
8.1	Automation	207
8.2	Overskudsvarme/procesintegration	220
8.3	Elmotorer/transmission	235

BILAG

Bilag A Referencer

- A.1 Overordnede referencer (alle områder)
- A.2 Referencer til energianvendelsesområder
- A.3 Referencer til tværgående energianvendelsesområder

Bilag B COWIs principper for kvalitet i regneark

- B.1 Struktur og lagdeling
- B.2 Layout
- B.3 Data, kilder og henvisninger
- B.4 Simple formler og gentagelse
- B.5 Logningsfunktion

Bilag C Branchelister

1 Sammenfatning

Denne rapport indeholder COWIs kortlægning af energisparende potentialer i erhvervslivet. Rapporten er udarbejdet på vegne af Energistyrelsen.

Kortlægningen af energisparepotentialer er foretaget for 20 udvalgte energianvendelsesområder. Hvert energianvendelsesområde beskrives udførligt, herunder udviklingen inden for området siden 2010. Derudover er der udarbejdet en række konkrete cases for områder, hvor COWI har vurderet, at der er et besparelspotentiale. Sidst men ikke mindst er der for hvert af energianvendelsesområderne foretaget en 2015-vurdering af besparelspotentialet. Alt dette er samlet i et teknologikatalog. Derudover er alle data, som er anvendt i og udledt fra projektet, samlet i et regneværktøj, hvor alle energisparepotentialerne beregnes fordelt på brancher, kvoter/ikke-kvote, sektorer mm.

De vigtigste budskaber fra kortlægningen er følgende:

- › Siden 2010 er der sket et mindre fald i de energisparepotentialer, der er vurderet. COWI vurderer, at realiseringen af energibesparelser sker i et hastigere tempo, end nye besparelsmuligheder kommer til.
- › Anvendelsesområderne arbejdskørsel, rumvarme, energiforbrug til varmepumper, hydraulik og IT/elektronik er nye områder, som ikke var med i 2010-vurderingen. Af disse nye områder har især arbejdskørsel og rumvarme store potentialer.
- › De største potentialer findes inden for handel og service, og her særligt anvendelsesområderne rumvarme, belysning og køling/ventilation. Dertil kommer landbrug og fødevarer, hvor varme til proces har en fremtrædende plads; i landbruget er der også et betydeligt potentiale inden for arbejdskørsel. Varme til proces optræder også markant inden for træ/papir, kemi/farma og byggematerialer. Det skal dog bemærkes, at selv om potentialerne her er de største, er de dog ikke nødvendigvis de letteste at realisere.

2 Indledning

Denne rapport indeholder en kortlægning af energisparepotentialerne i erhvervslivet foretaget af COWI på vegne af og i tæt dialog med Energistyrelsen i perioden fra februar 2015 til maj 2015.

Energiforbruget i erhvervslivet udgør omkring 35 % af Danmarks samlede endelige energiforbrug, idet cirka halvdelen af erhvervslivets energiforbrug udgøres af fossile brændsler, og en tredjedel udgøres af elforbrug. Energiforbruget har været forholdsvist konstant de seneste årtier, men er dog faldet siden 2008 bl.a. som følge af den økonomiske krise. Over hele perioden har energiintensiteten, dvs. energiforbruget pr. produceret enhed, været faldende.

I 2012 indgik regeringen en bred energipolitisk aftale med et flertal af Folketingets partier. Målsætningen for aftalen er en ambitiøs grøn omstilling med fokus på en effektiv anvendelse af energi og øgning af anvendelsen af vedvarende energi. Aftalen er et vigtigt skridt i omstillingen af Danmarks energiforsyning til 100 % vedvarende energi i 2050.

Energistyrelsen har vurderet, at aftalen betyder, at bruttoenergiforbruget i 2020 vil være reduceret med 12 % i forhold til 2006. Samtidig vil mindst 35 % af energiforbruget i 2020 vil være baseret på vedvarende energi, og 50 % af elforbruget vil være dækket af vindenergi. Aftalen er et centralt element i forbindelse med regeringens klimapolitiske mål om, at Danmarks samlede udledning af drivhusgasser i 2020 skal være reduceret med 40 % i forhold til 1990.

Med henblik på at fremme energibesparelser indeholder energiaftalen blandt andet følgende tiltag i erhvervslivet:

- › Energiselskabernes energispareforpligtelser øges gradvist frem til 2020, og der afsættes en pulje til understøttelse af energispareinitiativer.
- › Der er afsat en pulje til en energieffektiv omstilling af energi til procesformål til vedvarende energi.
- › Der er afsat en pulje til fastholdelse af industriel kraftvarme i industrien m.m.

- › Der er afsat en pulje til mere effektiv anvendelse af energien, herunder initiativer inden for transportområdet samt fremme af varmepumper og andre VE-teknologier.

Formålet med denne analyse er at give en realistisk og troværdig vurdering af energisparepotentialerne i erhvervslivet. Sammen med rapporten har COWI udarbejdet et regneværktøj, der gør det muligt at opdele potentialerne for energibesparelser på sektorer, virksomhedsstørrelser, tilbagebetalingstid og investeringsbehov. Begge dele kan bruges til at fokusere den politiske energispareindsats i erhvervslivet.

Rapporten består af seks overordnede kapitler ud over nærværende indledning.

Kapitel 3 indeholder en overordnet beskrivelse af den anvendte metode og de benyttede data.

Kapitel 4 indeholder en kort beskrivelse af de analyserede energianvendelsesområder samt en detaljeret metodebeskrivelse af teknologikataloget.

Kapitel 5 indeholder en detaljeret metodebeskrivelse af regneværktøjet.

Kapitel 6 opsummerer de overordnede resultater.

Kapitel 7 er teknologikataloget, som er underopdelt på de enkelte energianvendelsesområder.

Kapitel 8 er teknologikataloget for de tværgående energianvendelsesområder.

3 Overordnet metode

I dette afsnit er udarbejdet en beskrivelse af den overordnede metodiske tilgang til kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet. De metodemæssige overvejelser kan opsummeres som følger:

- › Energisparepotentialer kan variere meget fra virksomhed til virksomhed. For visse energianvendelsesområder er forskellene så store, at det kun vanskeligt lader sig gøre at lave en tilfredsstillende, generaliseret beskrivelse af et energianvendelsesområde på tværs af brancher med kun få typiske eksempler.
- › I en række andre tilfælde vil det dog også være muligt at opstille caseberegninger, som er nogenlunde dækkende for den typiske energitjeneste for branchen/anvendelsesområdet.
- › Energisparepotentialer for danske virksomheder er en dynamisk størrelse, som forandrer sig over tid: Nye potentialer kommer til som følge af teknologisk udvikling, mens andet potentiale realiseres og forsvinder fra potentialebeholdningen.
- › Virksomhedernes energiforbrug fordelt på brændsel, branche og anvendelsesområde er benyttet som proxy for virksomhedernes forskelligartede energiforbrugende aktiviteter.
- › I dette projekt har COWI analyseret 20 energianvendelsesområder og indhentet information om de seneste års udvikling inden for centrale teknologier inden for hvert område. Denne information er benyttet til to formål:
- › Der er beregnet **energiøkonomiske¹ 2015-cases**, hvor økonomi er beregnet og potentiale vurderet for en række forskellige teknologier fordelt på 20 energianvendelsesområder og de for området relevante brancher. 2015-cases dækker dog kun et udsnit af det samlede potentiale.

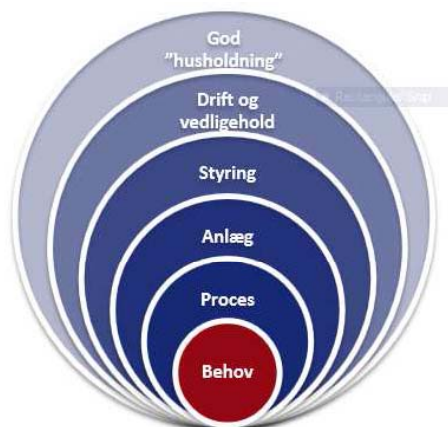
¹ "Energiøkonomisk" hentyder til, at tilbagebetalingstider er beregnet ud fra investeringsomkostninger, brændselsbesparelser mv., men ikke nødvendigvis, at cases er udvalgt efter, at de skal have den bedste energiøkonomi.

- På baggrund af den indsamlede information og 2015-cases, samt en tidligere vurdering af potentialerne DEA & V&M (2010) er der foretaget en samlet vurdering af potentialerne på de 20 områder.

3.1 Beregning af energisparepotentialer i teorien

Udgangspunktet for vurderingen af erhvervslivets energisparepotentiale illustreres ofte som det såkaldte Løgdiagram, jf. Figur 3-1.

Figur 3-1 Løgdiagrammet for energibesparelser i erhvervslivet



Kilde: DEA & V&M (2010) figur 12

Løgdiagrammet illustrerer, at energibesparelser i erhvervslivet kan gennemføres på mange måder, og at en række forhold i virksomhedernes energianvendelse har en meget nær sammenhæng med hinanden. Hvor der i én virksomhed måske er muligheder for at spare ved at se på behovet for eller processen i en energitjeneste, kan potentialet i en anden virksomhed måske findes i drift og styring. Typisk vil en konkret energispareindsats i en virksomhed involvere alle eller de fleste emner illustreret i løgdiagrammet. Kombinationen og vægtningen af emner kan også variere fra virksomhed til virksomhed, selv inden for samme energianvendelsesområde eller branche.

På grund af den meget forskelligartede sammensætning af potentialer i de enkelte virksomheder er en analyse af det samlede besparelspotentiale for alle danske virksomheder en stor udfordring. En helt nøjagtig opgørelse ville være nødt til at beskrive alle energiforbrugende behov og processer i alle danske virksomheder, dvs. i praksis millioner af maskiner, installationer og anlæg.

Det er naturligvis ikke praktisk muligt at lave en så præcis opgørelse af samtlige danske energiforbrugende installationer og anlæg. I den udstrækning, det er muligt, bør der derfor generaliseres ud fra energianvendelsesområde og branche. Ovenstående diskussion viser dog, at en generaliseringsøvelse kan være endog meget vanskelig, når energitjenesten er implementeret med store forskelle selv på tværs af virksomheder fra samme branche og energianvendelsesområde.

3.2 Beregning af energisparepotentialer i praksis

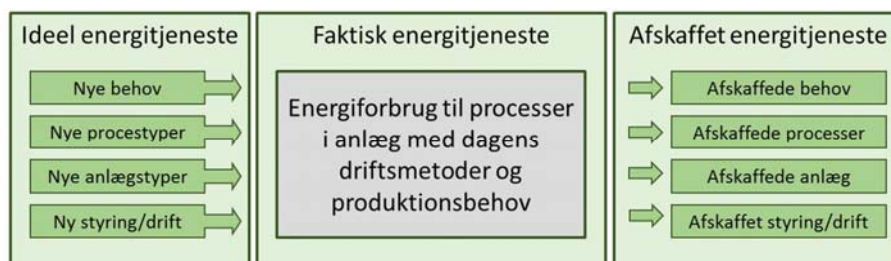
Ønsker man således i praksis at generalisere analysen af energisparepotentialer i danske virksomheder, er det nyttigt som udgangspunkt at betragte virksomhedernes energiforbrug ud fra en beholdning af alle virksomhedernes anlæg og processer på et givet tidspunkt.

Beholdningen har for hver type enhed forskellige tekniske karakteristika, såsom alder, energiforbrug, produktionsmuligheder og omkostninger. Disse karakteristika vil i de fleste tilfælde formentlig afhænge af installationstidspunktet – jo nyere maskiner, desto bedre energieffektivitet, styring, og processer. Samlet set yder beholdningen en "faktisk energitjeneste", dvs. den måde hvorpå virksomhederne nyttiggør energi, processer og maskiner til produktion af varer og tjenesteydelser i dag.

Den faktiske energitjeneste kan holdes op mod en "ideel energitjeneste", hvor behov, proces, anlæg, styring og drift er optimeret ud fra energi og økonomi. Besparelspotentialet er således forskellen mellem ideel og faktisk energitjeneste.

I den udstrækning virksomhederne afskaffer eksisterende energitjenester og erstatter dem med (mere) ideelle energitjenester, realiseres der et energibesparelspotentiale. Dette er illustreret skematisk i Figur 3-2.

Figur 3-2 Realisering af potentialer i beholdningen af energitjenester



Fordi der løbende kommer nye behov, procestyper, anlæg og styringsmuligheder i spil, kan man sige at der er en løbende tilgang af besparelspotentialer til danske virksomheder. Ligeledes er der en løbende realisering af besparelspotentialer i og med virksomhederne gradvist implementerer en række besparelser, dvs. en afgang fra beholdningen af danske virksomheders besparelspotentialer.

Det samlede danske besparelspotentiale er således en størrelse i løbende udvikling. I den udstrækning virksomhederne implementerer eksisterende besparelspotentialer hurtigere end nye kommer til, falder det samlede potentiale. Modsat stiger potentialet, hvis nye teknologier og metoder kommer hastigere til, end de implementeres.

Det er ikke realistisk at indsamle generaliserede data for både behov, proces/anlægstyper samt styring, drift og vedligehold af erhvervslivets energiforbrugende aktiviteter. Som en proxy for aktiviteten benyttes derfor energiforbruget fordelt på brændsler, brancher og energianvendelsesområder.

Vi kan derfor lidt forsimplet sammenfatte databehovet for en vurdering af energisparepotentialet for en givet energianvendelse i en givet branche til følgende spørgsmål:

- › Hvor stort er det samlede energiforbrug i branchen for energiområdet?
- › Hvilke teknologier benyttes i den faktiske energitjeneste (i % af energiforbruget)?
- › Hvilke teknologier er de nyeste "ideelle" teknologier?
- › Hvilke teknologier i den faktiske energitjeneste kan med "fornuftig" økonomi erstattes af nye ideelle teknologier (i % af energiforbrug for hver faktisk teknologi)?

Det første spørgsmål besvares af et nyt energiforbrugsdatasæt, hvor danske virksomheders energiforbrug fordelt på brændsel, branche og energianvendelsesområde opgøres, se V&M (2015).

De sidste tre spørgsmål kan besvares ved at opstille cases for specifikke energianvendelser, hvor nye teknologier kan tænkes at fortrænge faktiske teknologier. I udvælgelsen af cases er "fornuftig" økonomi baseret på den generelle holdning i branchen til, om den givne teknologi giver mening eller på anden måde er interessant. Det er først efter, at casen er analyseret, at tilbagebetalingstiden kan beregnes, så fornuften i økonomien reelt kan vurderes.

3.3 Afgrænsning af de analyserede anvendelsesområder

Det samlede energiforbrug i det danske erhvervsliv er i V&M (2015) anslået til 198,8 PJ² fordelt på 24 anvendelsesområder. Denne rapport analyserer kun potentialerne for 17 af disse anvendelsesområder. Disse 17 områder udgør 141,6 PJ, dvs. 71 %

De syv anvendelsesområder, som denne rapport ikke analyserer, er Transport (24PJ), procesvarme op til 150°C (12PJ), øvrige elmotorer (9PJ), samt en række mindre områder: destillation, smeltning/støbning, anden procesvarme over 150°C og anden elanvendelse.

Rapporten analyserer dog tre tværgående energianvendelsesområder: Overskudsvarme/procesintegration; automation og elmotorer/transmissioner. Disse tre områder er kendetegnet ved, at potentialerne findes på alle de 17 analyserede anvendelsesområder og vurderes som et potentiale ud af forbruget på de 17 områder.

² Se V&M (2015) for en nærmere definition af hvad optællingen omfatter.

3.4 Beregning af 2015-cases

For at kunne svare på spørgsmålene om faktiske teknologier kan erstattes af ideelle teknologier med fornuftig økonomi har COWI valgt at opstille en række 2015-cases for de forskellige energianvendelsesområder.

Der er udvalgt en række cases, som dækker de teknologier, hvor der for tiden sker en stor udvikling, men ikke nødvendigvis sådan, at de dækker al energianvendelse på et givet energianvendelsesområde.

Hver case dækker en bestemt teknologi og dens anvendelse i et energianvendelsesområde (f.eks. en bestemt tørringsteknologi) og specifikke karakteristika for besparelsen i de brancher som benytter den pågældende energianvendelse.

Energisparepotentialet er delt op i to dele:

- › Et besparelspotentiale, som beskriver, hvor meget energi den pågældende ideelle teknologi vil spare i forhold til den faktiske teknologi
- › Et anvendelsespotentiale, som beskriver, hvor stor en del af branchens nuværende energiforbrug på anvendelsesområdet der dækkes af casens teknologi.

Dertil kommer oplysninger om teknologiens investeringsomkostninger i år 1 angivet i kr./kWh energiforbrug (efter installation af den ny teknologi), samt – hvor det har været muligt at indsamle data – oplysninger om ændring i driftsomkostninger (igen i kr./kWh forbrugt af den nye teknologi).

Energisparepotentialet fra de udvalgte cases beregnes³ ud fra en simpel tilbagebetalingstid (TBT) for de enkelte cases i form af investeringsomkostningen for teknologien divideret med den årlige branchespecifikke besparelse fra energi og evt. drift og vedligehold.

3.5 Opdatering af tidligere ekspertskøn

På baggrund af de indsamlede oplysninger til at udvælge og vurdere de opstillede 2015-cases er der også foretaget en samlet vurdering af potentialerne bl.a. ud fra vurderingen af 2010 potentialerne i DEA & V&M(2010). Denne vurdering er primært foretaget ud fra en kombination af to tilgange:

- › Som en nedjustering af potentialet ud fra en betragtning om, at en del af de tidligere potentialer nu er realiseret, hvorfor det resterende potentiale er mindre (og i øvrigt har givet anledning til et fald i virksomhedernes energiforbrug i forhold til seneste opgørelse).
- › Som en opjustering af potentialet ud fra en betragtning om, at nye eller forbedrede energibesparende teknologier er kommet til, og at der derfor er et forøget

³ I kapitel 6 findes en detaljeret gennemgang af beregningen.

potentiale hidrørende fra den energianvendelse hvor den nye teknologi er relevant.

Energisparepotentialerne vurderet i DEA & V&M(2010) er imidlertid skønsmæssigt ansat ud fra forholdsvis brede grupper af teknologier eller procesændringer, og der derfor stor diversitet inden for de forskellige teknologigrupper. Hvad angår tørring arbejder DEA & V&M(2010) med kategorier for procesændringer (f.eks. reduceret behov, styring/regulering osv.), men dette dækker over en del specifikke teknologier (såsom spraytørring, tromletørring m.fl.)

Følgelig er der ikke refereret til specifikke maskin- eller anlægstyper på samme mere specifikke måde, som opgørelsen af cases bygger på. Det er derfor vanskeligt at give en meget specifik kvantitativ vurdering af udviklingen i de af DEA & V&M(2010) angivne potentialer.

I stedet har COWI bedt de interviewede eksperter angive kvalitative skøn (f.eks. "fordoblet" eller "halveret") på udviklingen i potentialer for de enkelte poster angivet af DEA & V&M(2010) inden for hvert område og derudover, hvor nødvendigt, selv suppleret med egne skøn baseret på eksperternes generelle udsagn om enkelte teknologiers karakteristika, udbredelse og anvendelse.

3.6 Samlet 2015-vurdering

De 2015-energiøkonomiske cases og opdateringen af de tidligere ekspertskøn fra DEA & V&M(2010) er blevet konsolideret til en samlet vurdering af potentialet for de 20 analyserede energianvendelsesområder. Konsolideringen er foretaget ud fra en række forskellige betragtninger, alt afhængigt flere forhold:

- › Hvor stor en del af det analyserede område er dækket af de energiøkonomiske cases? COWI har forsøgt at få cases til at dække de både de vigtigste, og de mest interessante og de største potentialer inden for hvert enkelt område med cases, men disse ønsker er i sagens natur modstridende. For de områder hvor cases har kunnet dække det hele eller det meste af potentialerne, har cases haft forrang for de øvrige analysemetoder
- › Kan cases "ekstrapoleres" til at dække resten af området? I nogle tilfælde har det været muligt at skønne, at de udarbejdede cases er repræsentative for de fleste potentialer på området, samt hvor meget de resterende potentiale har været. Her er det således valgt at skalere anvendelsen af områdets cases til det skønnede samlede potentiale for området.
- › Kan cases kun dække en delmængde af potentialerne på området? I disse tilfælde er der foretaget en kombineret vurdering af, hvilke teknologier casene dækker, og hvilke der ikke dækkes. Det ikke-dækkede potentiale er skønnet ud fra indsamlede oplysninger evt. i kombination med den tidligere vurdering, og et samlet skøn er ansat.

Vurderingerne af de enkelte områder er nærmere beskrevet i teknologikataloget, se kapitel 7 og 8.

3.7 Økonomisk vurdering af energisparepotentialer

I DEA & V&M(2010) opgøres betydelige potentialer med simple tilbagebetalingstider på to, fire og 10 år. Sådanne tilbagebetalingstider kan ud fra en investeringsmæssig betragtning forekomme meget attraktive. Når disse potentialer så ikke realiseres med større hastighed, kan man stille spørgsmålet, om potentialerne og deres økonomiske fordele nu også er vurderet korrekt – kan det virkelig passe, at der ligger "guld på gaden"?

Det ligger uden for dette projekt at analysere eventuelle årsager til, at tilsyneladende attraktive potentialer ikke omgående realiseres. Dette er imidlertid blevet gjort i et sideløbende projekt, V&M og EA (2015). Nedenfor findes et mindre udpluk af dette projekts konklusioner:

- › **Økonomi og sidegevinster:** "Energispareprojekter realiseres langt hen ad vejen, fordi det simpelthen giver umiddelbar mening økonomisk set. [...] De initieres som led i realiseringen af andre mål, såsom udskiftning, indeklimatek, renoveringer, sikkerhed, osv."
- › **Tilbagebetalingstid:** "Tilbagebetalingstiden af investeringer i energispareprojekter fylder en del i den almindelige debat og i mange virksomheder, men blandt de mindre case-virksomheder er tilbagebetalingstiden ikke nødvendigvis i centrum for beslutningen. [...]. Der skal være lejlighed (såsom udskiftninger, renoveringer eller udvidelser), et tidsmæssigt overskud og et økonomisk råderum."
- › **Informationsomkostninger og tid:** "Idéer modnes over længere tid og udvikles yderligere i dialog med f.eks. leverandører og installatører. Realiseringen af energibesparelser kan være knyttet til udviklingen af virksomhedernes organisering, f.eks. med grønne regnskaber, miljøledelse, medarbejderinddragelse m.m. Også dette tager tid og bidrager til forståelsen af vigtigheden af det lange seje træk – mere end fokus på det enkelte energibespareprojekts tilbagebetalingstid."

Disse udvalgte konklusioner kan forsigtigt formuleres som afvigelser fra en række mikroøkonomiske standardantagelser

- › **Diskontinuert produktion uden konstant skalaafkast:** Beslutning og implementering kan forsinkes eller forhindres af andre ulemper, såsom stop eller begrænsninger i produktionen, koordinering med øvrig periodisk vedligeholdelse mv. Lokale forhold i virksomheden omkring andre fordele end energibesparelsen har væsentlig indflydelse på beslutningen
- › **Ufuldstændige kapitalmarkeder:** Manglende finansiering ("økonomisk råderum") kan hindre eller forsinke beslutning og implementering, indtil virksomheden har det fornødne overskud i cashflow til at finansiere en investering i et potentiale

- › **Ufuldstændig information:** Ufuldstændig information eller den tid, det tager (eller penge det koster) at skaffe information sætter også grænser for beslutning og implementering. En lav tilbagebetalingstid er således i mange tilfælde en nødvendig, men ikke tilstrækkelig betingelse for, at en virksomhed vil forsøge at realisere den.

I fravær af disse afvigelser er det vel begrundet at spørge, om den manglede hastige realisering af de analyserede potentialer antyder, at potentialerne er overvurderede. Men med disse afvigelser er det ikke vanskeligt at anvise mulige årsager til, at de fulde potentialer ikke realiseres med det samme, men snarere delvist, gradvist og over tid.

4 Overordnede resultater

I denne rapport er der udvalgt 20 energianvendelsesområder, for hvilke energisparepotentialer er vurderet. For hvert af disse energianvendelsesområder er der udarbejdet en teknologibeskrivelse, som er afrapporteret i teknologikataloget. Teknologibeskrivelsen indeholder en beskrivelse af udviklingen inden for området. Derudover er der udarbejdet en række cases, hvor besparelspotentialer er opgjort ud fra en energiøkonomisk tilgang. På baggrund af den viden, som eksperterne har fået gennem arbejdet med casene, samt indhentede oplysninger og vurdering af potentialerne i et tidligere arbejde er der blevet foretaget en samlet vurdering af potentialerne for 2015. Denne vurdering danner baggrund for de rapporterede potentialer i afsnit 4.1 til 4.6.

Endvidere er de energiøkonomiske 2015-cases blevet anvendt til at foretage nogle mere detaljerede analyser af energiøkonomien i besparelserne. Disse er rapporteret i afsnit 4.7. Som nævnt i afsnit 3, har de energiøkonomiske 2015-cases en bedre belysning af de økonomiske detaljer, men dækker ikke det samlede potentiale på de analyserede områder. Cases er således velegnede til et nærstudie af tilbagebetalingstider og investeringer, men kan ikke alene give et dækkende skøn over de samlede potentialer.

Alle data er overført og kan findes i regneværktøjet. I dette afsnit gennemgås hovedresultaterne.

4.1 Det omfattede energiforbrug

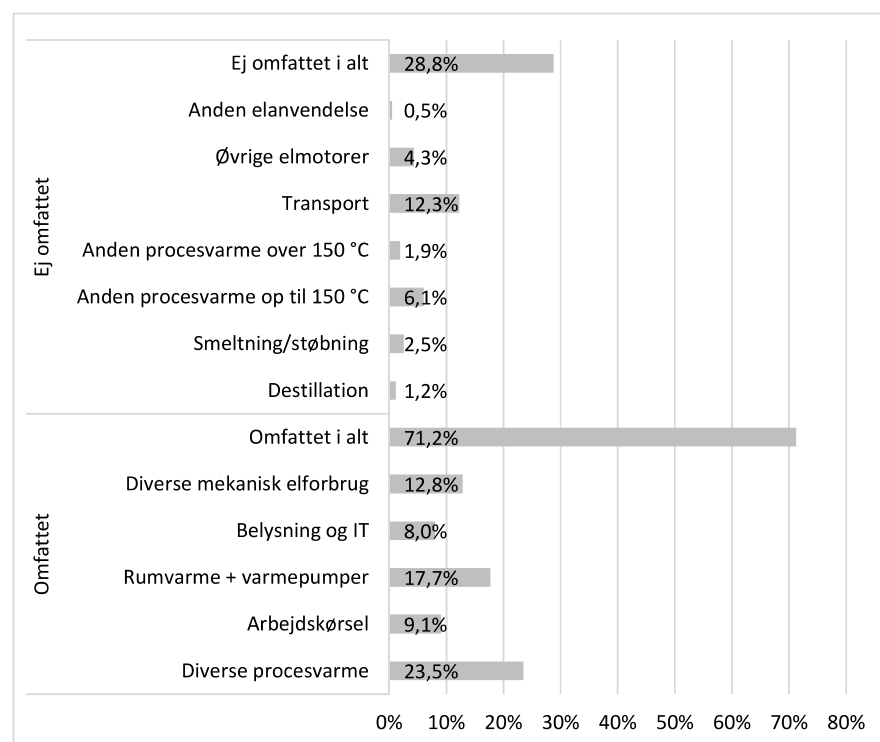
I denne rapport analyseres energisparepotentialer på 20 områder, heraf tre tværgående, dvs. 17 individuelle områder. I opgørelsen af forbrugsdata fra V&M (2015) opgøres imidlertid 24 områder, hvorfor energiforbrug og potentialer for syv områder udelades af analysen.

De syv områder som, jævnfør opgavens afgrænsning, ikke er omfattet er: Transport, anden procesvarme (både over og under 150°C), øvrige elmotorer, smeltning/støbning, destillation og anden elanvendelse.

Samlet set udgør de ikke-analyserede anvendelser 28,8 % af erhvervslivets energiforbrug, som er opgjort til 199 PJ i 2012. Det af analysen omfattede energiforbrug er således på 71,2 % svarende til 141 PJ.

Opdelingen og størrelsesordenen mellem omfattede og ikke-omfattede områder er illustreret i Figur 4-1. For overskuelighedens skyld er de 17 omfattede områder i figuren slået sammen i nogle overordnede grupperinger.

Figur 4-1 Omfattede og ikke-omfattede områders energiforbrug i 2012 (% af erhvervslivets energiforbrug)



I dette kapitel opgøres de forskellige analyserede potentialer, og i mange tilfælde er det valgt at opgøre potentialet som en andel af det omfattede energiforbrug på 141 PJ.

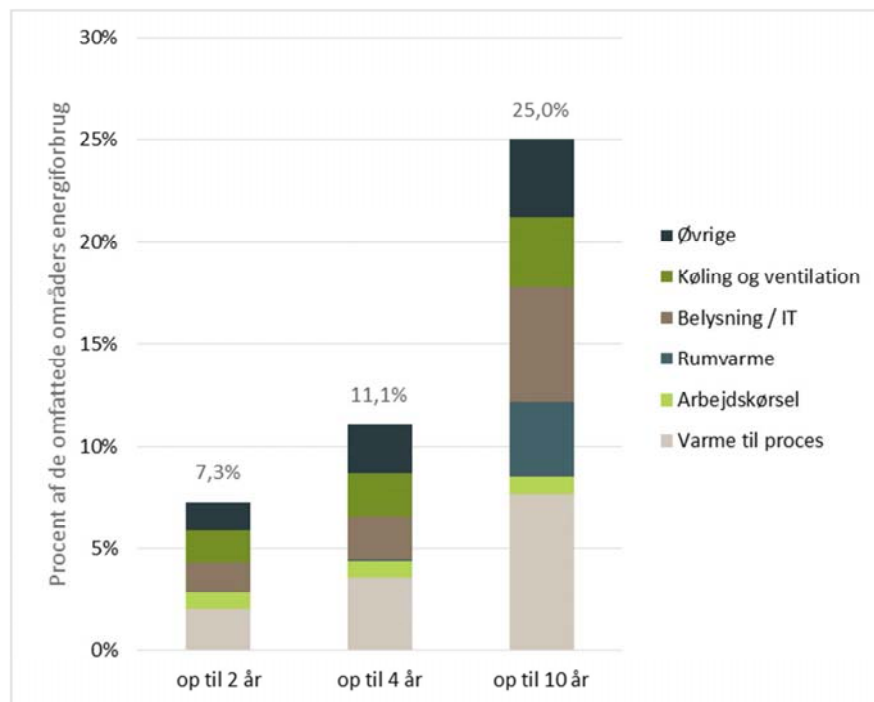
De tværgående potentialer opgøres også som en andel af samme omfattede energiforbrug.

Imidlertid er disse potentialers tilknyttede energiforbrug ikke fuldstændigt sammenfaldende med energiforbruget fra de 17 øvrige analyserede områder. Til dels er noget af energiforbruget for de 17 områder fravalgt som potentiale for de 3 tværgående, til dels er energiforbrug fra de 7 ikke-omfattede områder medtaget. For eksempel er elmotorer og transmissioner kun relevant for el, men ikke øvrige brændsler, om end "øvrige elmotorers" energiforbrug også indgår.

4.2 Energisparepotentialet fordelt på områder

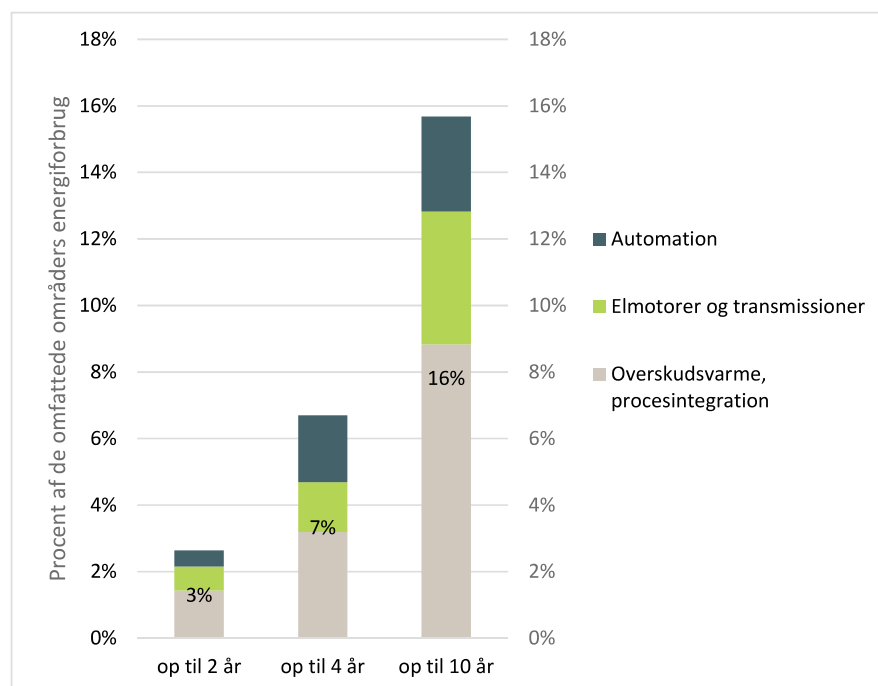
Energisparepotentialerne vurderet i dette projekt er skitseret i Figur 4-2. Figuren viser, at varme til forskellige processer udgør en betydelig del af det samlede danske potentiale, men at også køling og ventilation og belysning har betydelige potentialer, især med lidt længere tilbagebetalingstider.

Figur 4-2 Fordeling af potentialerne på TBT og overordnede grupperinger af anvendelsesområder (% af det omfattede energiforbrug)



Det ses at det samlede potentiale med 2, 4 og 10 års tilbagebetalingstid er 7, 11 og 25% af de analyserede områders energiforbrug. Det tilsvarende tal for DEA & V&M(2010) var 10, 15 og 32%.

Figur 4-3 Fordeling af tværgående potentialerne på TBT og overordnede grupperinger af anvendelsesområder (% af det omfattede energiforbrug)



I Figur 4-3 ses tilsvarende potentialerne for de tre tværgående teknologier. Det ses, at de to områder overskudsvarme og elmotorer og transmission skønnes at udgøre størstedelen af besparelspotentialet, mens automation set i sig selv skønnes at udgøre en mindre del.

Det skal bemærkes, at de tværgående potentialer ikke umiddelbart kan lægges sammen med potentialerne for de individuelle 17 anvendelsesområder. Dette skyldes, at besparelser inden for automation, overskudsvarme og elmotorer og transmission i mange tilfælde også er indregnet under de individuelle områder.

Endvidere er afgrænsningen af energiforbruget for de tværgående potentialer ikke helt sammenfaldende med energiforbruget for de 17 øvrige områder.⁴ For eksempel er potentialer for elmotorer og transmission beregnet kun på baggrund af elforbrug på udvalgte områder, mens overskudsvarme modsat også medtager energiforbrug fra andre energianvendelser end de 17 analyseret her.

I Tabel 4-1 vises de energisparepotentialer, der er vurderet i dette projekt. Den procentvise fordeling er udarbejdet inden for hver enkelt energianvendelsesområde.

⁴ På Figur 4-3 er besparelserne dog alligevel sat i forhold til de 17 områders energiforbrug, for at bevare sammenligneligheden til fremstillingen af de 17 områder.

Tabel 4-1 *Energisparepotentialet fordelt på tilbagebetalingstid (TJ/år og % af det områdets energiforbrug)*

	Forbrug TJ/år	Besparelsespotentiale TJ			Besparelsespotentiale %		
		2	4	10	2	4	10
Konverterings- og nettab	8.476	204	441	737	2%	5%	9%
Opvarmning/kogning	16.214	1.135	1.946	4.653	7%	12%	29%
Tørring	13.567	1.119	1.899	3.677	8%	14%	27%
Inddampning	4.595	427	797	1.379	9%	17%	30%
Brænding/sintring	3.895	0	0	428	0%	0%	11%
Rumvarme	34.617	0	0	5.158	0%	0%	15%
Arbejdskørsel	18.098	1.162	1.162	1.162	6%	6%	6%
Delsum (ikke-el)	99.462	4.047	6.245	17.194	4%	6%	17%
Varmepumpers energiforbrug	617	26	43	68	4%	7%	11%
Rumkøling	2.233	221	364	951	10%	16%	43%
Køl/frys (ekskl. rumkøling)	6.217	631	870	1.912	10%	14%	31%
Rumventilation	5.451	1.379	1.785	2.008	25%	33%	37%
Pumpning	4.562	1.049	1.733	2.463	23%	38%	54%
Blæsere	2.952	289	565	874	10%	19%	30%
Trykluft	3.343	550	927	1.793	16%	28%	54%
Hydraulik	751	60	129	251	8%	17%	33%
Belysning	11.471	2.042	2.960	7.743	18%	26%	68%
It og anden elektronik	4.507	2	40	187	0%	1%	4%
Delsum (el)	42.104	6.250	9.417	18.250	15%	22%	43%
I alt	141.566	10.297	15.662	35.445	7%	11%	25%
<i>Heraft tværgående</i>							
Overskudsvarme, procesintegration	74.546	2.032	4.514	12.506	3%	6%	17%
Elmotorer og transmissioner	34.797	1.024	2.120	5.648	3%	6%	16%
Automation	133.187	679	2.850	4.049	1%	2%	3%

Tabellen viser, at områderne med de største potentialer i energimængder ud fra en tilbagebetalingstid (TBT) på to år er opvarmning/kogning, tørring, arbejdskørsel, belysning, rumkøling, og rumventilation. Belysning er dobbelt så stort som hvert af de øvrige områder, mens de øvrige fem områder er omtrent lige store. Det er altså på disse seks områder, at de største, absolutte besparelser kan hentes.

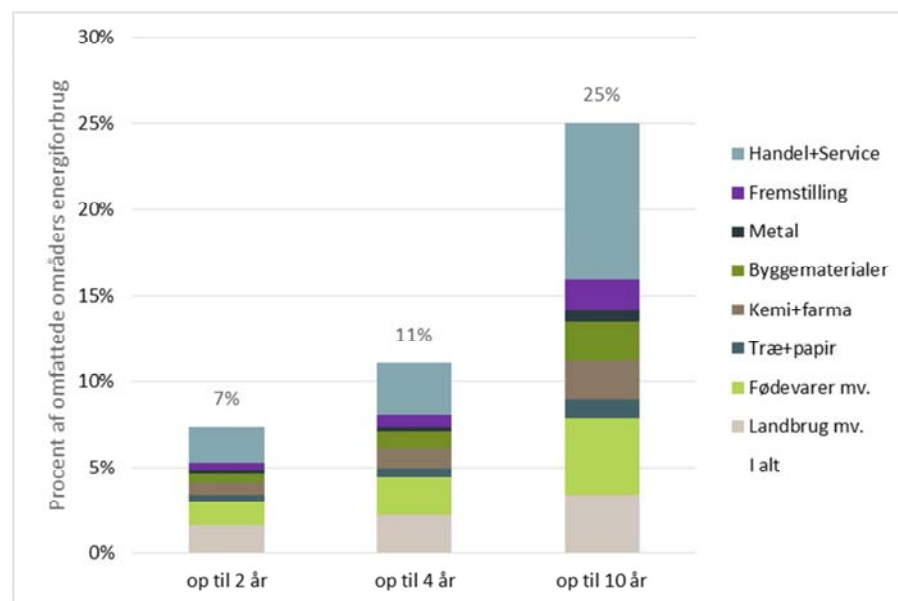
Målt i forhold til områdets energiforbrug med en toårs TBT finder vi igen rumkøling (10 %), rumventilation (25 %) og belysning (18 %). De øvrige områder viser besparelser, der ligger omkring 10 % og derunder. De tre nævnte områder synes derfor umiddelbart at være dem, som er lettest at gå til i forhold til at realisere besparelserne. Med en TBT på 10 år findes en del områder med et potentiale på omkring 30 %, mens belysning er vurderet til 68 %, fortrinsvis pga. udviklingen inden for LED-belysning.

For de tværgående potentialer ses, at op til 17 % af den til rådighed stående overskudsvarme skønnes at kunne genindvindes med en TBT på op til 10 år. For elmotorer og transmission skønnes isoleret for denne anvendelse, at 16 % af den forbrugte el kan spares. Automation skønnes samlet at stå for op til 3 % af energiforbruget.

4.3 Energisparepotentialet fordelt på sektorer

Energisparepotentialets fordeling på sektorer⁵ for to, fire og ti års TBT fremgår af Figur 4-4. Handel og service er den største for alle tre TBT-grupperinger. Herefter kommer fødevarerhverv og landbrug.

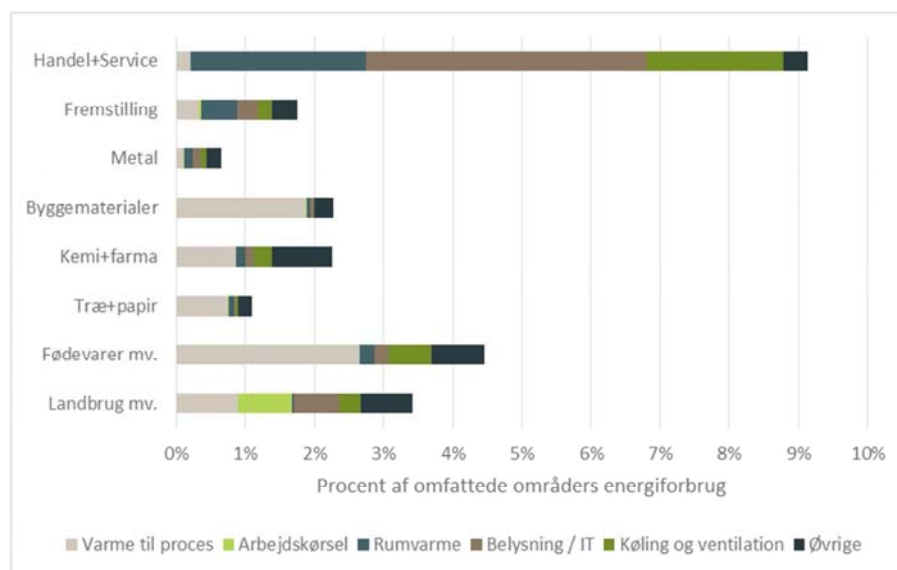
Figur 4-4 Energisparepotentialets fordeling på sektorer (% af det omfattede energiforbrug)



Ser man i Figur 4-5 nærmere på potentialerne med ti års TBT, kan man se, at potentialerne i handel og service især stammer fra rumvarme, belysning og køling/ventilation. For landbrug og fødevarer har varme til proces en fremtrædende plads (ligesom den også optræder markant i træ/papir, kemi/farme, byggematerialer), men i landbrug findes også et betydeligt potentiale inden for arbejdskørsel.

⁵ Resultaterne er baseret på generel viden om energibesparelser i energianvendelsesområdet og energiforbrug i branchen (og ikke viden om besparelspotentiale for det enkelte energianvendelsesområde i den enkelte sektor/branche)

Figur 4-5 Energisparepotentialets fordeling på sektorer og overordnede områder for 10 års TBT (% af det omfattede energiforbrug)



I Tabel 4-2 er potentialerne målt i forhold til det samlede energiforbrug vist i deres fordeling på sektorer for alle tre grupper af TBT'er.

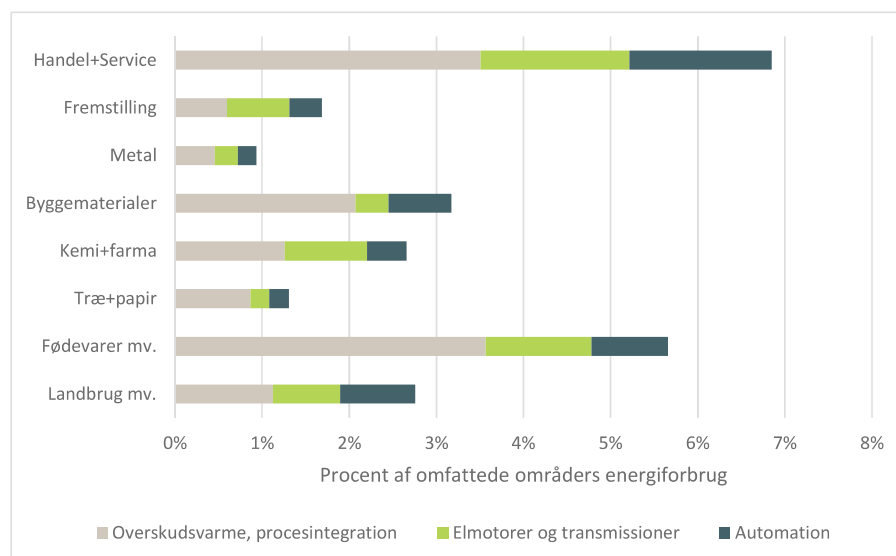
Tabel 4-2 Energisparepotentialets fordeling på sektorer og overordnede områder for to, fire og 10 års TBT (TJ/år og % af det omfattede energiforbrug)

	Besparelsespotentiale %			Forbrug TJ/år	Besparelsespotentiale TJ		
	op til 2 år	op til 4 år	op til 10 år		2 år	4 år	10 år
Landbrug mv.	1,7%	2,2%	3,4%	28.828	2.359	3.149	4.844
Fødevarer mv.	1,3%	2,2%	4,5%	22.016	1.906	3.139	6.314
Træ+papir	0,4%	0,6%	1,1%	6.161	576	779	1.558
Kemi+farma	0,7%	1,2%	2,3%	10.224	983	1.635	3.186
Byggematerialer	0,5%	0,9%	2,3%	13.525	762	1.299	3.208
Metal	0,2%	0,3%	0,7%	3.277	268	423	921
Fremstilling	0,4%	0,7%	1,8%	10.961	625	971	2.483
Handel+Service	2,1%	3,0%	9,1%	46.574	2.937	4.267	12.931
I alt	7,4%	11,1%	25,0%	141.566	10.416	15.662	35.445

De tværgående potentialer er også fordelt på sektorer ud fra sektorens andel af det samlede energiforbrug for det pågældende tværgående område, idet der ikke er foretaget en specifik vurdering af forskellene i potentialer på tværs af brancher.

De tværgående potentialer er størst inden for handel og service pga. denne sektors størrelse, men fødevarer mv. er stærkere repræsenteret her, da denne sektor har en større andel af de tværgående forbrug end af de gennemsnitlige forbrug.

Figur 4-6 Det tværgående energisparepotentials fordeling på sektorer og områder med 10 års TBT (% af det omfattede energiforbrug)

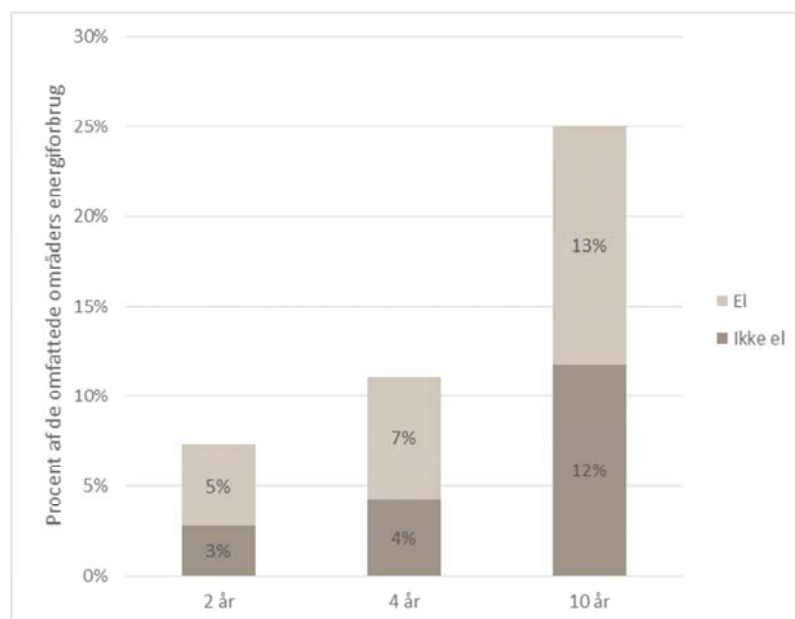


4.4 Energisparepotentialer fordelt på brændsler

Energisparepotentialerne kan også opdeles efter det sparede brændsel⁶. jf. Figur 4-7.

⁶ Beregningen af de brændselsspecifikke potentialer er baseret på de skønnede besparelser- og anvendelsespotentialer for de enkelte områder, som ikke er specifikt vurderet i forhold til brændsel. Det er således det opgjorte energiforbrug fordelt på el og ikke-el, der ligger til grund for beregningen af denne fordeling.

Figur 4-7 Energisparepotentialet fordelt på brændsler og TBT (% af det omfattede energiforbrug)



Af figuren fremgår det, at el udgør den største del af potentialet, og at denne tendens synes at blive forstærket med længere TBT'er. Det skal bemærkes at der i teknologikataloget ikke er foretaget en særskilt skelnen om hvorvidt en given teknologi reducerer et brændsel mere end et andet. Der er således tale om, at de enkelte potentialers anvendelse og besparelse rammer bredt ud over områdets og branchens brændselsforbrug.

Fordelingen af potentialer mellem brændsler og anvendelsesområder er rapporteret i detaljer i Tabel 4-3.

For de tre tværgående potentialer kan det noteres, at udnyttelse af overskudsvarme udelukkende angår ikke-el, mens elmotorer og transmissioner kun er el. Automation giver besparelser blandt alle brændsler.

For de tre tværgående potentialer, kan det noteres, at udnyttelse af overskudsvarme angår udelukkende ikke-el, mens elmotorer og transmissioner kun er el. Automation giver besparelser blandt alle brændsler.

Tabel 4-3 Af Tabel 4-3 ses, at særligt belysning, pumpning, rumventilation og trykluft bidrager væsentligt til besparelserne på elforbruget.

For de tre tværgående potentialer, kan det noteres, at udnyttelse af overskudsvarme angår udelukkende ikke-el, mens elmotorer og transmissioner kun er el. Automation giver besparelser blandt alle brændsler.

Tabel 4-3 Energisparepotentialet fordelt på el / ikke-el og TBT (TJ/år)

2 års TBT	Ikke el	El	I alt
Konverterings- og nettab	204	0	204
Opvarmning/kogning	1.036	99	1.135
Tørring	1.086	34	1.119
Inddampning	420	8	427
Brænding/sintring	0	0	0
Rumvarme	0	0	0
Arbejdskørsel	1.161	1	1.162
Delsum (ikke-el)	3.923	125	4.047
Varmepumpers energiforbrug	0	26	26
Rumkøling	0	221	221
Køl/frys (ekskl. rumkøling)	0	631	631
Rumventilation	0	1.379	1.379
Pumpning	0	1.049	1.049
Blæsere	0	289	289
Trykluft	0	550	550
Hydraulik	0	60	60
Belysning	0	2.042	2.042
It og anden elektronik	0	2	2
Delsum (el)	0	6.250	6.250
4 års TBT	Ikke el	El	I alt
Konverterings- og nettab	441	0	441
Opvarmning/kogning	1.776	170	1.946
Tørring	1.842	57	1.899
Inddampning	783	15	797
Brænding/sintring	0	0	0
Rumvarme	0	0	0
Arbejdskørsel	1.161	1	1.162
Delsum (ikke-el)	6.052	193	6.245
Varmepumpers energiforbrug	0	43	43
Rumkøling	0	364	364
Køl/frys (ekskl. rumkøling)	0	870	870
Rumventilation	0	1.785	1.785
Pumpning	0	1.733	1.733
Blæsere	0	565	565
Trykluft	0	927	927
Hydraulik	0	129	129
Belysning	0	2.960	2.960
It og anden elektronik	0	40	40
Delsum (el)	0	9.417	9.417
10 års TBT	Ikke el	El	I alt
Konverterings- og nettab	737	0	737
Opvarmning/kogning	4.247	406	4.653
Tørring	3.566	110	3.677
Inddampning	1.353	25	1.379
Brænding/sintring	427	1	428
Rumvarme	4.987	170	5.158
Arbejdskørsel	1.161	1	1.162
Delsum (ikke-el)	16.664	530	17.194
Varmepumpers energiforbrug	0	68	68
Rumkøling	0	951	951
Køl/frys (ekskl. rumkøling)	0	1.912	1.912
Rumventilation	0	2.008	2.008
Pumpning	0	2.463	2.463
Blæsere	0	874	874
Trykluft	0	1.793	1.793
Hydraulik	0	251	251
Belysning	0	7.743	7.743
It og anden elektronik	0	187	187
Delsum (el)	0	18.250	18.250
2 års TBT, TJ/år	3.923	6.375	10.297
4 års TBT, TJ/år	6.052	9.610	15.662
10 års TBT, TJ/år	16.664	18.781	35.445

4.5 Energisparepotentialet og kvotesystemet

Fordelingen af potentialerne mellem kvote- og ikke-kvotebelagte virksomheder er beskrevet i Tabel 4-4 og Tabel 4-5. Da elforbrug i en virksomhed ikke er kvotebelagt, opgør de to tabeller kun brændsler. Ligeledes er energiforbrug til arbejdskørsel ikke medregnet, da arbejdskørsel heller ikke kan være kvotebelagt. Endelig er rumvarme heller ikke medregnet i præsentationen, da kun en forsvindende del af energiforbruget til rumvarme i erhvervslivet er kvotebelagt.

Tabel 4-4 Besparelspotentialet for områder, TBT og kvote/ikke-kvotebelagt virksomhed, TJ/år

	Kvotebelagte virksomheder				Ikke-kvotebelagte virksomheder			
	Forbrug	Potentiale ved tilbagebet. tid			Forbrug	Potentiale ved tilbagebet. tid		
TJ per år		2 år	4 år	10 år		2 år	4 år	10 år
Konverterings- og nettab	2.068	50	108	180	6.408	154	333	557
Opvarmning/kogning	9.567	670	1.148	2.746	6.647	465	798	1.908
Tørring	5.339	440	747	1.447	8.228	679	1.152	2.230
Inddampning	2.717	253	471	815	1.879	175	326	564
Brænding/sintring	3.466	0	0	381	428	0	0	47
Delsum (ikke-el)	23.157	1.413	2.474	5.569	23.589	1.473	2.609	5.306

Tabel 4-5 Besparelspotentialet for områder, TBT og kvote/ikke-kvotebelagt virksomhed, (% af det omfattede energiforbrug)¹

	Kvotebelagte virksomheder				Ikke-kvotebelagte virksomheder			
	Forbrug	Potentiale ved tilbagebet. tid			Forbrug	Potentiale ved tilbagebet. tid		
		2 år	4 år	10 år		2 år	4 år	10 år
Konverterings- og nettab	2.068	0,2%	0,5%	0,8%	6.408	0,7%	1,4%	2,4%
Opvarmning/kogning	9.567	2,9%	5,0%	11,9%	6.647	2,0%	3,4%	8,1%
Tørring	5.339	1,9%	3,2%	6,2%	8.228	2,9%	4,9%	9,5%
Inddampning	2.717	1,1%	2,0%	3,5%	1.879	0,7%	1,4%	2,4%
Brænding/sintring	3.466			1,6%	428			0,2%
Delsum (ikke-el)	23.157	6,1%	10,7%	24,0%	23.589	6,2%	11,1%	22,5%

Note 1: For kvotebelagte er nævneren totalt energiforbrug i kvotebelagt, for ikke-kvotebelagt er nævneren totalt energiforbrug i ikke-kvotebelagt.

Af Tabel 4-5 fremgår det, at potentialerne i forhold til forbruget i de kvotebelagte virksomheder er omtrent de samme som i de ikke-kvotebelagte. Medregnede man også arbejdskørsel og rumvarme, ville de procentvise potentialer se mindre ud i den ikke-kvotebelagte sektor, da disse to områder er store og har procentvist lavere potentialer end de øvrige brændselsforbrugende anvendelser.

4.6 Energisparepotentialet fordelt på virksomhedsstørrelse

I Tabel 4-6 er besparelspotentialet opdelt på virksomhedsstørrelse.

Tabel 4-6 *Besparelsespotentialer opdelt på virksomhedsstørrelser for 10-års TBT (% af det omfattede energiforbrug)*

	1-9	10-49	50-250	251+	I alt
Konverterings- og nettab	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,5%
Opvarmning/kogning	<u>0,7%</u>	<u>1,0%</u>	<u>0,9%</u>	<u>0,6%</u>	3,3%
Tørring	<u>0,6%</u>	<u>0,8%</u>	<u>0,7%</u>	0,5%	2,6%
Inddampning	0,2%	0,3%	0,3%	0,2%	1,0%
Brænding/sintring	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,3%
Rumvarme	<u>0,8%</u>	<u>1,2%</u>	<u>1,0%</u>	<u>0,7%</u>	3,6%
Arbejdskørsel	<u>0,7%</u>	0,1%	0,0%	0,0%	0,8%
Delsum (ikke-el)	<u>3,2%</u>	<u>3,7%</u>	<u>3,1%</u>	<u>2,1%</u>	12,1%
Varmepumpers energiforbrug	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Rumkøling	0,1%	0,2%	0,2%	0,1%	0,7%
Køl/frys (ekskl. rumkøling)	0,3%	0,4%	0,4%	0,3%	1,4%
Rumventilation	0,3%	0,5%	0,4%	0,3%	1,4%
Pumpning	0,4%	<u>0,6%</u>	0,5%	0,3%	1,7%
Blæsere	0,1%	0,2%	0,2%	0,1%	0,6%
Trykluft	0,3%	0,4%	0,3%	0,2%	1,3%
Hydraulik	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,2%
Belysning	<u>1,2%</u>	<u>1,7%</u>	<u>1,5%</u>	<u>1,0%</u>	5,5%
It og anden elektronik	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
Delsum (el)	<u>2,8%</u>	<u>4,1%</u>	<u>3,5%</u>	<u>2,4%</u>	12,9%
I alt	6,0%	7,8%	6,7%	4,6%	25,0%

Note: Alle potentialer på eller over 0,5 % er markeret med understregning.

Opdelingen af energiforbruget på virksomhedsstørrelse er i mangel af bedre data foretaget ud fra oplysninger om antal ansatte per virksomhed i de forskellige brancher, med fra en heroisk antagelse om, at energiforbruget i grove træk er proportionalt med antallet af ansatte⁷. Endvidere er de vurderede potentialer i teknologikataloget kun enkelte steder differentieret ud fra virksomhedsstørrelse. Selvom tabellen bør fortolkes med nogen forsigtighed, kan man dog alligevel foretage nogle interessante observationer.

Det ses, at det største besparelsespotentiale findes i kategorien af virksomheder i gruppen 10-49 ansatte. Her udgør belysning næsten en fjerdedel af potentialet. Godtager man, at energiforbruget på dette område er nogenlunde proportionalt med antal ansatte, ses det at det samlede potentiale blandt de mindste virksomheder er blandt de absolut største.

Dertil kommer potentialer inden for opvarmning og kogning, samt køl/frys blandt stort set alle virksomhedsstørrelser. Her kan antagelsen om proportionalitet være mere problematisk, men i den udstrækning man vælger at vurdere, at små virksomheder muligvis ikke er helt så energibevidste som store, kan der være væsentlige potentialer at hente her.

⁷ Denne antagelse kan være problematisk for virksomheder med en meget høj energiintensitet, særligt på specifikke områder særligt inden for varme til proces (opvarmning, tørring, osv.). På andre, såsom belysning og rumvarme skønnes det dog, at antagelsen godt kan være rimelig.

4.7 Økonomiske indsigter fra case studier

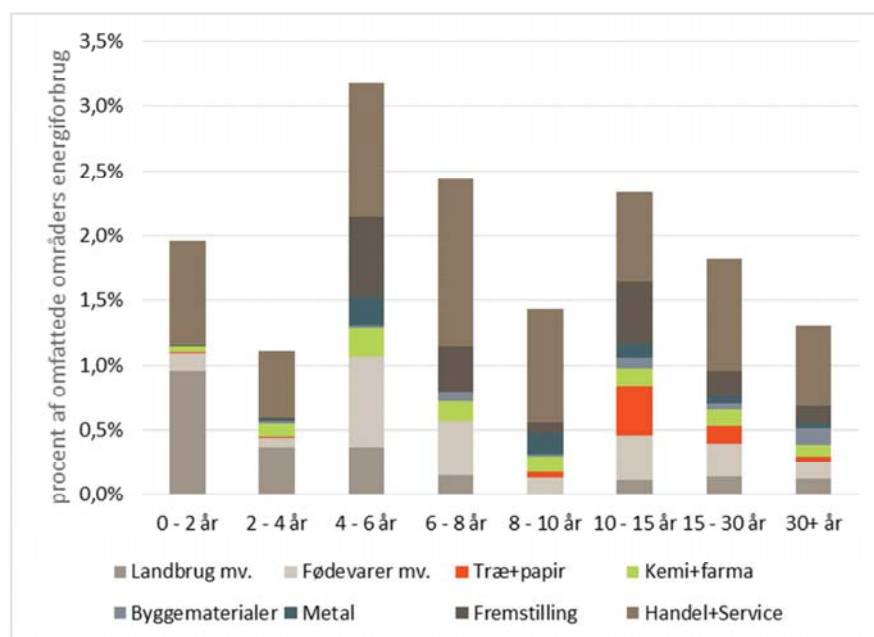
Selvom casestudierne ikke dækker samtlige potentialer, giver de – fordi der er indarbejdet en energiøkonomisk vurdering af teknologierne – en række mere udførlige oplysninger om de forskellige områder og brancher.

I Figur 4-8 og Figur 4-9 ses potentialerne fordelt på intervaller for tilbagebetalings-tider og sektor og anvendelsesområde.⁸

Først og fremmest er det interessant, at de undersøgte cases synes at have færre potentialer med 0-4 års TBT, mens der med 4-8 års TBT er en del flere. Dette kan skyldes, at en stor del af de attraktive potentialer allerede er realiseret, mens virksomhederne har været mere tilbageholdende med at realisere potentialer med en længere TBT.

For potentialer med en TBT over otte år ses, at volumen af potentialer falder med længden af TBT. Dette skyldes formentlig, at udvælgelsen af cases har fokuseret på potentialer, som har syntes mulige at realisere også med hensyntagen til den økonomiske performance.

Figur 4-8 Potentialer fordelt på brancher og tilbagebetalingstid (% af det omfattede energiforbrug)

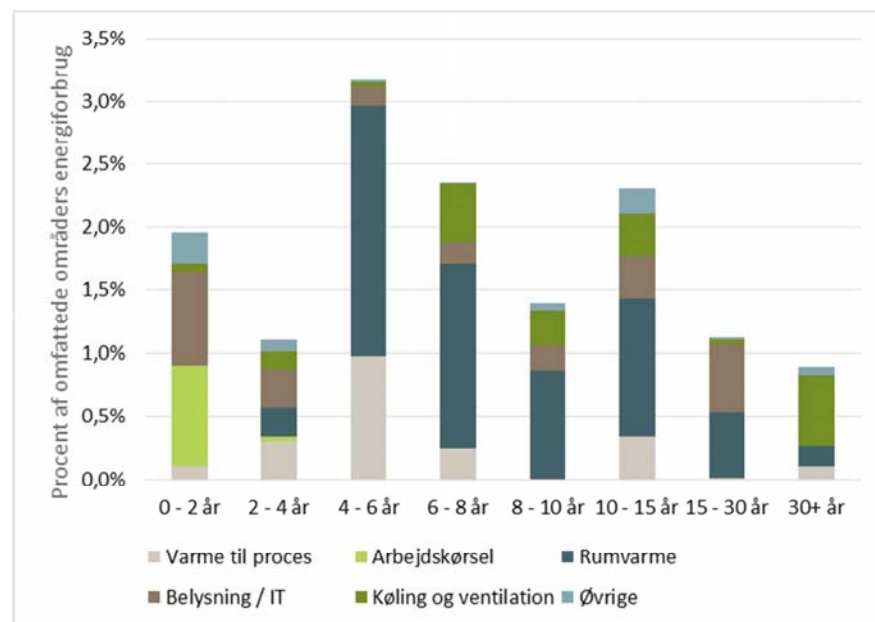


Figur 4-8 viser også, at de markante potentialer i handel og service synes at have relativt mere fordelagtige tilbagebetalingstider end de øvrige sektorer. Dette gælder

⁸ Figur 4-8 og Figur 4-9 er umiddelbart sammenlignelige med Figur 4-2 og Figur 4-4, da disse to sidstnævnte figurer kumulerer potentialerne med TBT'en. Derudover er casene heller ikke nødvendigvis fuldstændigt repræsentative for anvendelsesområdet.

også landbrug, hvilket kan henføres til, at casene for arbejdskørsel giver ret korte TBT'er.

Figur 4-9 Potentialer fordelt på anvendelsesområde og tilbagebetalingstid (% af det omfattede energiforbrug)



Figur 4-9 viser, at de mest umiddelbare potentialer med TBT under fire år findes inden for arbejdskørsel og belysning/IT. Rumvarme har markante potentialer omkring 4-8 års TBT. Rumvarme og belysning/IT har også en betydelig andel af potentialet med mellem otte og 30 års TBT.

5 Detaljeret metode: Teknologikataloget

I dette kapitel gøres detaljeret rede for metodetilgangen for indsamling af data, vurdering af økonomi, energisparepotentialer i cases samt vurdering/revurdering af den tidligere kortlægning af potentialerne til en ny 2015-vurdering. Energiforbruget i de kortlagte områder opsummeres også for at give et overblik over deres andel af det samlede energiforbrug.

Endelig beskrives en disponering af dataindsamlingen og potentiale vurderingen i Teknologikataloget, og det beskrives også, ud fra hvilke kriterier de energiøkonomiske cases er udvalgt.

5.1 Energianvendelsesområder

Kortlægningen af energisparepotentialer omfatter 20 energianvendelsesområder. Heraf er de 14 kortlagt i en tidligere DEA & V&M(2010), mens seks ikke tidligere har været kortlagt. For alle 20 områder tilsammen er der blive udarbejdet 50-60 energiøkonomiske cases. Teknologikataloget er inddelt, således at energianvendelsesområder kommer i en rækkefølge med de største områder først ud fra energiforbruget. I slutningen af teknologikataloget gennemgås de tværgående energianvendelsesområder

For de 14 tidligere kortlagte områder⁹ vil de tidligere kortlagte potentialer blive opdateret via en vurdering udarbejdet på baggrund af den viden, som er indhentet ved arbejdet med cases. Derudover vil der blive foretaget et overordnet¹⁰ skøn over potentialerne i DEA & V&M(2010).

Potentialerne for de seks ikke-tidligere kortlagte områder vil blive baseret på de energiøkonomiske cases samt en generel vurdering af energianvendelsesområdet, sådan at de i cases undersøgte teknologier danner baggrund for en generel vurdering af de potentialerne på området.

⁹ I den tidligere vurdering er fire af disse områder vurderet som to sammenlagte områder som i denne vurdering nu er opdelt i fire, se tabellen.

¹⁰ Der har i dette projekt ikke været adgang til de bagvedliggende data for vurderingerne i V&M (2010), hvorfor det kun er muligt at foretage et overordnet skøn.

Ud af de 20 kortlagte anvendelsesområder, er tre er tværgående, dvs. de i princip kan dække alle (i praksis dog nogle færre) øvrige anvendelsesområder. For disse tre er der derfor ikke angivet et energiforbrug i de bagvedliggende energiforbrugsdata.

Tabel 5-1 indeholder en oversigt over alle energianvendelsesområderne samt en kategorisering inden for kilder.

Tabel 5-1 Undersøgte energianvendelsesområder

	2014 for- brugs- data	Undersø- ges i dette projekt	2010 potenti- aler	Note
Kedel- og nettab	+	+	+	Genganger
Opvarmning/kogning	+	+	+	Genganger
Tørring	+	+	+	Genganger
Inddampning	+	+	+	Genganger
Destillation	+	÷	÷	Ej undersøgt
Brænding/sintring	+	+	+	Genganger
Smeltning/støbning	+	÷	÷	Ej undersøgt
Anden procesvarme op til 150°C	+	÷	÷	Ej undersøgt
Anden procesvarme over 150°C	+	÷	÷	Ej undersøgt
Arbejdskørsel	+	+	÷	Ny ifht. 2010
Transport	+	÷	÷	Ej undersøgt
Rumvarme	+	+	÷	Ny ifht. 2010
Varmepumpers energiforbrug	+	+	÷	Ny ifht. 2010
Belysning	+	+	+	Genganger
Pumpning	+	+	+	Genganger
Rumkøling	+	+	+	Opdelt genganger
Køl/frys (ekskl. rumkøling)	+	+		
Rumventilation	+	+		
Blæsere	+	+		Opdelt genganger
Trykluft	+	+	+	Genganger
Hydraulik	+	+	÷	Delvist ny ifht. 2010
Øvrige elmotorer	+	÷	+	Behandles under "Elmotorer"
It og anden elektronik	+	+	÷	Ny ifht. 2010
Anden elanvendelse	+	÷	÷	Ej undersøgt
Overskudsvarme, procesintegration	÷	+	+	Genganger
Konvertering til biomasse og fjernvarme	÷	÷	+	Udelades ifht. 2010
Elmotorer og transmissioner	÷	+	+	Genganger, tværgående
Automation	÷	+	÷	Ny, tværgående

5.2 Tværgående anvendelsesområder

Der er tre teknologier/procestyper, som går på tværs af energianvendelsesområderne.

Tabel 5-2 Tværgående teknologi/proces

Tværgående teknologi / proces	Områder dækket
Overskudsvarme / procesintegration	Kedel- og nettab, opvarmning, tørring, inddampning, brænding, rumventilation, trykluft, køl/frys, hydraulik
Elmotorer og transmission	Alle områder undtagen: arbejdskørsel, rumvarme, belysning, IT og elektronik
Automation	Alle områder undtagen: arbejdskørsel

For de tværgående teknologier/processer er der ikke tilknyttet et energiforbrug i DEA & V+M(2010). Der er derimod tale om yderligere forbedringer af energieffektiviteten med initiativer, som går på tværs af alle energianvendelser, f.eks. via EcoDesign-beslutninger (elmotorer). For teknologikatalogets vedkommende håndteres de tværgående områder i princippet på samme måde som de øvrige. Beregningen af potentialet fra disse håndteres dog lidt forskelligt fra de øvrige områder.

5.3 Energiforbrugets fordeling i 2015

I henhold til den seneste kortlægning af erhvervslivets energiforbrug V&M (2015) fordeler energiforbruget sig, som vist i nedenstående tabel.

Hertil kommer den energimængde, som potentielt kan genvindes i erhvervslivet som overskudsvarme og ved procesintegration. I den tidligere kortlægning af energisparepotentialer i erhvervslivet DEA & V&M(2010) var denne energimængde opgjort som energiforbruget til rumvarme, opvarmning/kogning og en andel af de øvrige energiforbrug.

De undersøgte energianvendelsesområder (ekskl. "automation", "overskudsvarme" og "elmotorer og transmission") udgør 141.515 TJ, svarende til 71 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet.

Tabel 5-3 Energiforbrug for de omfattede energianvendelsesområder

Energianvendelsesområde	Energiforbrug (TJ)	Fordeling (%)
Automation (tværgående)	>130.000	N/A
Overskudsvarme (tværgående)	>50.000	N/A
Elmotorer og transm. (tværg.)	~35.000	N/A
Rumvarme	34.617	17
Arbejdskørsel	18.098	9
Opvarmning/kogning	16.214	8
Tørring	13.567	7
Belysning	11.471	6
Kedel- og nettab	8.476	4
Køl/frys (ekskl. rumkøling)	6.217	3
Rumventilation	5.451	3
Inddampning	4.595	2
Pumpning	4.562	2
It og anden elektronik	4.507	2
Brænding/sintring	3.895	2
Trykluft	3.343	2
Blæsere	2.952	2
Rumkøling	2.233	1
Hydraulik	751	<1
Varmepumpers energiforbrug	617	<1

Det ses af tabellen, at rumvarme, arbejdskørsel, opvarmning/kogning, tørring og belysning er de største egentlige energianvendelsesområder. Endvidere viser tabellen også, at de tværgående anvendelser "Automation", "Overskudsvarme" og "Elmotorer og transmission" (defineret som visse andele af en række områders energiforbrug, se Tabel 5-2) er væsentlig større poster end de øvrige energiforbrug.

5.4 Disposition for teknologikatalog

Teknologikataloget sigter efter at give en kort beskrivelse af energianvendelsesområderne, og hvilke typer teknologier der finder anvendelse til forskellige processer i de relevante brancher.

I DEA & V&M(2010) redegøres i forholdsvis detaljeret for de forskellige teknologiers virkemåde. I dette teknologikatalog udelades den detaljerede beskrivelse derfor for anvendelsesområder, der blev dækket af DEA & V&M(2010), og den interesse-rede læser henvises til DEA & V&M(2010). Derudover beskriver teknologikataloget anvendelse, udvikling og energiforbrug på de analyserede energianvendelsesområder. Endelig opstilles cases, og der foretages en vurdering af potentialer i de 14 energianvendelsesområder dækket af DEA & V&M(2010) og en vurdering for de 6 nye energianvendelsesområder. Dispositionen er skitseret i Tabel 5-4.

Tabel 5-4 Disposition for teknologikatalog

	Områder dækket af DEA & V&M (2010)	Nye områder
1 Beskrivelse	Udelades - der henvises til DEA & V&M (2010)	Identifikation af teknologier Kort beskrivelse
2 Anvendelse	Hvordan anvendes teknologien, hvor stor en del af området dækkes af den, hvilke brancher kan bruge den?	
3 Udvikling	Udviklingen siden 2010, dvs. kvalitativt skøn over, hvor stort optaget i teknologiens anvendelse har været, samt om teknologien har udviklet sig yderligere med større besparelser og anvendelsesmuligheder til følge	
4 Energiforbrug	Opgørelse af energiforbruget anvendt af den pågældende teknologi	
5 Casepotentialer	50-60 energiøkonomiske cases for anvendelse af forskellige teknologier	
6 Vurdering af 2010-potentialer	Vurdering baseret på oplysninger om anvendelse og udvikling	Ikke relevant – de nye områder er ikke vurderet i DEA & V&M (2010). Der i stedet foretaget en generel vurdering for området på basis af de beskrevne cases.

5.5 Udvalgelse af cases

Casene er primært udvalgt, således at de repræsenterer de nye energisparemuligheder, der er kommet til siden den forrige kortlægning af energisparepotentialer. Samtidig er det bestræbt at dække så stort et besparelspotentiale med disse nye muligheder som muligt.

I de tilfælde hvor der ikke er kommet væsentlige nye ny eller væsentligt forbedrede teknologier til siden forrige kortlægning og i de tilfælde, hvor der ikke har været tilstrækkeligt mange nye muligheder, er der valgt cases for typiske, eksisterende energisparemuligheder, som dækker et så stort samlet potentiale som muligt inden for den specifikke slutanvendelse.

Ovenstående kriterier er anvendt for at tilføre nærværende kortlægning så stor nyhedsværdi som muligt, idet de tidligere afdækkede energisparemuligheder typisk har været beskrevet i en række sammenhænge og medier.

5.6 Opbygning af energiøkonomiske cases

For alle 20 energianvendelsesområder er der udarbejdet cases på baggrund af telefon- og e-mailkorrespondance med eksperter inden for teknologien. I dialogen har formålet været at få afdækket følgende forhold:

- › Nye teknologier og energisparemuligheder inden for de sidste fem år
- › Typisk besparelspotentiale i forhold til energianvendelsesområde
- › Typisk størrelse af omfattet specifikt anlæg og årligt energiforbrug for dette
- › Typisk investeringsniveau
- › Andre fordele ved teknologi i forhold til produktkvalitet, drift og vedligehold
- › Anvendelsespotentiale på brancheniveau

› Typisk levetid for anlæg.

Da der eksisterer stort set lige så mange varianter og størrelser af maskiner/udstyr/anlæg/energitjenester, som der findes brancher og virksomheder, vil angivelse af energibesparelse og anlægsinvestering i den enkelte casebeskrivelse alene omfatte en teknologisk variant/størrelse/type.

Det er vurderet i, hvor stor udstrækning den nye teknologi kan anvendes inden for de enkelte brancher. I nogle brancher kan den nye teknologi have et stort potentiale, mens den ikke kan finde anvendelse i andre brancher. Der kan derfor være brancher, som ikke er omfattet af kortlægningen inden for en eller flere energianvendelsesområder, eller kun en lille del af branchen vil være omfattet.

I udvælgelsen af casene er der lagt vægt på, at de skal omfatte så stort et energiforbrug som muligt, enten i kraft af enkelte store energitjenester eller mindre men mere udbredte energitjenester.

For hver af energianvendelsesområderne er udvalgt i gennemsnit tre cases med de største forventede besparelspotentiale baseret på tal fra kortlægningsrapporten og med skyldig hensyntagen til potentialet i eventuel ny teknologi. I denne vurdering er der skelet til de enkelte branchers andel af det samlede energiforbrug inden for det enkelte anvendelsesområde. I Tabel 5-5 er der for rumventilation vist et eksempel på, hvordan nøgleoplysningerne for de data er udarbejdet for hver case for den enkelte teknologi.

Tabel 5-5 Nøgleoplysninger fordelt på cases

Case	Energiforbrug GJ	E Besparel- ses- potentiale	A Anvendel- ses- potentiale	I Investe- rings- omkostning	N Øvrige gevinster
Landbrug	0,7	30-70 %	50-75 %	2,2-3,3 kr./kWh	NA
Detailhandel	0,6	30-70 %	50-70 %	2,2-3,3 kr./kWh	NA
Engroshandel	0,4	30-70 %	50-70 %	2,2-3,3 kr./kWh	NA
Restauranter	0,3	30-70 %	50-70 %	2,2-3,3 kr./kWh	NA
Bilhandel og -værksteder	0,3	30-70 %	50-70 %	2,2-3,3 kr./kWh	NA
Videnservice	0,2	30-70 %	50-70 %	2,2-3,3 kr./kWh	NA
Hoteller	0,2	30-70 %	50-70 %	2,2-3,3 kr./kWh	NA

Note: Betegnelserne E, A, I og D er beskrevet i 6.2.1

I tabellen er besparelspotentialt angivet, hvilket er hvor stor energibesparelse der vil kunne opnås ved implementering af den aktuelle teknologi for den helt konkrete case, samt det tilhørende energiforbrug. Anvendelsespotentialt beskriver primært, i hvilke brancher den aktuelle teknologi/energisparemulighed kan anvendes, og i hvilke omfang det aktuelle case kan implementeres i brancherne. Investeringen er omkostningen udtrykt i kr./kWh energiforbrug.

5.7 Samlet vurdering af potentialer

I forhold til den tidligere vurdering af potentialer i DEA & V&M (2010) er de energiokonomiske cases, som nævnt tidligere ikke fuldt dækkende for alle områdernes potentialer. Af denne årsag er der også foretaget en samlet vurdering af potentialerne, dels med afsæt i DEA & V&M (2010), dels ud fra de konstruerede cases og øvrige indsamlede oplysninger.

I forbindelse med indsamlingen af oplysninger til opbygningen af de energiokonomiske cases har COWI også bedt de interviewede eksperter om deres skøn for udviklingen i besparelspotentialt på de områder, som er dækket af DEA & V&M (2010). I de fleste tilfælde har COWI selv måttet foretage skønnene på baggrund af eksperternes generelle udsagn samt de konstruerede cases.

Skønnene for potentialer er tilpasset den lidt mindre fintmaskede inddeling i DEA & V&M (2010), og fordi DEA & V&M (2010) ikke skelner mellem brancher, har det heller ikke været muligt at foretage en branchespecifik revurdering. I Tabel 5-6 er der vist et eksempel på vurderingen af potentialerne for belysning. Foruden denne tabel er der udarbejdet en tabel med de konkrete data med besparelspotentialt for hhv. to, fire og 10 år. Der er ikke foretaget separate skøn for andelen af kvotebelagte besparelser. I stedet er det antaget, at potentialerne er proportionale med energiforbruget, dvs. at et 5 % potentiale gælder for både kvote- og ikke-kvotebelagte virksomheder.

Tabel 5-6 Eksempel på vurdering af DEA & V&M (2010) potentialer

Energisparemulighed	Potentiale	Begrundelse
Mere effektive lyskilder	Fordoblet	LED-lyskilder har gjort udskiftning mere energisparende end udskiftning til konventionelle lyskilder. Case 1 indgår her.
Bevægelsesmeldere	Uændret	Har ikke givet større potentiale ift. 2010. Vurderet på baggrund af case 3.
Lysere rumfarve	Uændret	Stadig stort men uændret potentiale ved at planlægge lyset korrekt ift. indretning. På baggrund af case 2.
Effektive armaturer og af-skærmning	Fordoblet	Der kan spares ved at vælge armaturer med høj virkningsgrad og microprismatisk- eller betaafskærmning. På baggrund af case 1
Lysstyring-dagslys	Uændret	Har ikke givet større potentiale ift. 2010.

6 Detaljeret metode: Regneværktøjet

I dette afsnit beskrives, hvordan regneværktøjet omregner besparelspotentialerne identificeret i teknologikataloget til energibesparelser fordelt på branche- og energianvendelsesområder.

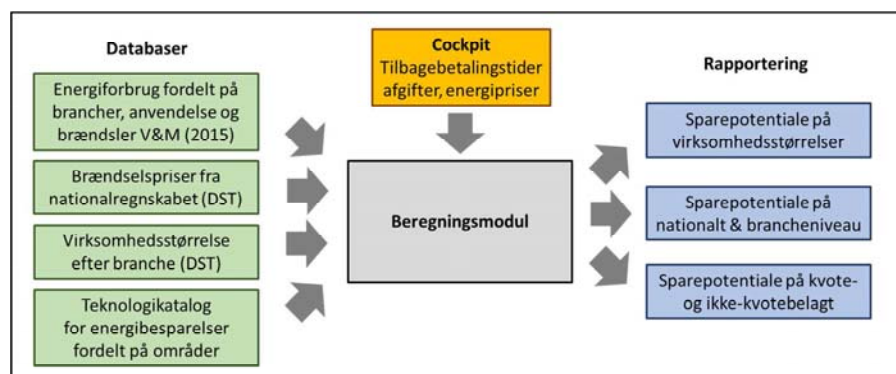
6.1 Strukturen for data og beregninger

Regneværktøjet for energisparepotentialerne baserer sig på fire sæt af data:

- › Erhvervslivets energiforbrug fordelt på brancher, energianvendelsesområde og brændsel, jf. V&M (2015)
- › Branchespecifikke brændselspriser baseret på nationalregnskabsdata fra Danmarks Statistik, Statistikbanken.
- › Et specialudtræk fra Danmarks Statistiks registre for virksomhedsstørrelser ud fra antal ansatte.
- › Teknologikataloget præsenteret i denne rapport, dvs. både de 50-60 energi-økonomiske cases og en samlet vurdering af potentialer baseret på DEA & V&M (2010)

I Tabel 6-1 ses sammenhængen i modellen mellem de forskellige databaser.

Tabel 6-1 Struktur for data og beregninger



Omkostningerne til det branchespecifikke energiforbrug findes ved at sammenregne energiforbrug og brændselspriserne. Herved kan investeringsomkostningerne til energibesparelser sammenholdes med brændselsforbruget, sådan at tilbagebetalingstiden og potentialerne kan beregnes for de energi-økonomiske cases.

Teknologikataloget indeholder endvidere branchespecifikke oplysninger om, hvilke potentialer der befinder sig i den kvotebelagte hhv. ikke-kvotebelagte sektor. Oplysningerne om virksomhedsstørrelse benyttes til at fordele energiforbruget på virksomhedsstørrelser. I mangel af bedre data er det her forsimpelende antaget, at virksomhedernes energiforbrug er proportionalt med antallet af ansatte.

På baggrund af disse oplysninger kan regneværktøjet beregne og rapportere potentialer fordelt på brancher, energianvendelsesområder, kvote/ikke-kvotebelagt og virksomhedsstørrelser.

Beregning og rapportering sker efter brugerens valg enten ud fra den samlede vurdering af 2015 potentialer eller de energiøkonomiske cases. De to potentialeopgørelser er indbyrdes overlappende og kan derfor ikke lægges sammen.

6.2 Teknologikataloget

Teknologikataloget består af en lang række teknologier, som kan være branchespecifikke (typisk i cases) eller gå på tværs af brancher (typisk i den samlede vurdering af 2015-potentialer).

6.2.1 Beregning af potentialestørrelse i energiøkonomiske cases

For de energiøkonomiske cases angiver teknologikataloget følgende data (hvor bogstavet foran er kort notation, som nedenfor anvendes til at beskrive beregningsmetoden):

- › **A – Anvendelsespotentialer:** Dette angiver, hvor stor en del af branchens energiforbrug på området den pågældende teknologi vil kunne finde anvendelse på.

- › **E – Energibesparelsepotentialet:** Den faktiske besparelse i procent som den pågældende teknologi vil forårsage (målt i forhold til det eksisterende anlægs energiforbrug), for det anlæg/installation, den typisk erstatter
- › **I – Investeringsomkostningen:** Investeringsomkostningen for den nye teknologi målt i kr./kWh sparet energi for investeringen det første år (altså ikke periodiseret).
- › **N– Non-Energy Benefits/øvrige gevinster:** Ændringen i drift og vedligehold samt øvrige produktivetsgevinster målt i kr./kWh energiforbrug for den nye teknologi. Det har kun været muligt at indhente disse data for ganske få af teknologierne.

Derudover anvendes bogstavet F som forkortelse for det branche- og områdespecifikke brændselsforbrug fra V&M (2015). C er data om enhedsenergiomkostninger (i kr./kWh) fra Danmarks Statistik, og $T^{\max}$ er en antagelse om maksimal tilbagebetalingstid foretaget af modelbrugerne.

Ud fra disse data kan der beregnes et maksimalt potentiale, såfremt alle relevante anlæg udskiftes. Hvis energiforbruget til den relevante type anlæg er F (fra V&M 2015), vil den maksimale besparelse $B^{\max}$ da være:

$$B^{\max} = F \times E \times A$$

hvor E er energibesparelsen i % af anlæggets forbrug før udskiftning, og A er andelen af anlæg, som kan udskiftes med den pågældende energibesparelse.

Imidlertid vil kun en del af B blive realiseret, da det ikke nødvendigvis giver driftsøkonomisk mening for den enkelte virksomhed at udskifte et givet anlæg. Typisk betragter virksomhederne den simple tilbagebetalingstid, når de overvejer, om et givet anlæg bør udskiftes. Tilbagebetalingstiden T kan beregnes som

$$T = I / (D + E \times C)$$

hvor I er investeringsomkostningen i kr./GJ/år, D er besparelsen i drift/vedligehold¹¹ i kr./GJ, E er energibesparelsen i procent og C er den branchespecifikke brændselsomkostningen i kr./GJ. Det realiserede potentiale, B^{real} , kan derfor beregnes ud fra virksomhedens maksimale tilbagebetalingstid $T^{\max}$, som

$$R = \text{andelen af udskiftelige anlæg, hvor } T < T^{\max} \text{ og } T < T^{\text{levetid}}$$

Det realiserede potentiale for besparelser med den pågældende teknologi er derfor:

¹¹ Det er formentlig kun for en mindre del af potentialerne, det vil være muligt at finde pålidelige data for betydelige D&V-besparelser.

$$B^{\text{real}} = R \times F \times E \times A$$

Det samlede potentiale kan således beregnes ved at summere alle realiserede potentialer over områder og brancher.

6.2.2 Den samlede vurdering af potentialer

Den samlede vurdering af potentialestørrelser for hele områdets energiforbrug er angivet ud fra to, fire og 10 års simpel tilbagebetalingstid. Der er således ikke nogen energiøkonomisk beregning, og i rapporteringen i regneværktøjet kan disse potentialer ikke påvirkes af ændringer i energipriser eller afgifter¹². Den samlede vurdering af potentialestørrelser er heller ikke opdelt på brancher, så branchespecifikke potentialer afhænger her udelukkende af branchens energiforbrug.

6.3 Øvrige data

6.3.1 Energiforbrugsdata

Energiforbrugsdata findes i et regneark fra V&M (2015), der består af 57 tabeller (en for hver branche), hvor hvert område (også kaldet slutanvendelse) har angivet hvor mange procent af branchens energiforbrug på et givet brændsel (ud af 20 brændsler), der anvendes på det pågældende område. Hver tabel findes på sit eget faneblad. De 57 faneblade i V&M (2015) indgår direkte som datagrundlag i regneværktøjet. Da fanebladene er meget velstrukturerede, er de samlet i en større beregningstabel.

6.3.2 Virksomhedsstørrelser

V&M (2015) angiver ikke en opdeling af energiforbruget på virksomhedsstørrelse. Det antages, at små og store virksomheder inden for samme branche anvender de samme energiforbrugende teknologier; det er derfor muligt at anvende tal for virksomhedernes størrelse (antal medarbejdere) til at fordele energiforbruget og energisparepotentialerne på virksomhedsstørrelse.

Det er – på grund af mangel på bedre data – antaget, at energiforbruget er proportionalt med antallet af medarbejdere. Hermed er det muligt at fordele V&M (2015) ud fra virksomhedsstørrelse. Idet V&M (2015) ikke fuldstændigt følger brancheopdelingen fra Danmarks Statistik, er der lavet nogle mindre justeringer, som er foretaget i overensstemmelse med Bilag A i V&M (2015).

Der er foretaget særudtrækket fra Danmarks Statistik bestående af data for antallet af arbejdspladser (ud fra p-nr.) og jobs fordelt på 117 brancher og en gruppering på fem virksomhedsstørrelser:

¹² I fastsættelsen af potentialet i den samlede vurdering er der dog højde for det aktuelle niveau for energipriserne.

- › 1-9 jobs pr. arbejdsplads
- › 10-49 jobs pr. arbejdsplads
- › 50-99 jobs pr. arbejdsplads
- › 100-249 jobs pr. arbejdsplads
- › 250+ jobs pr. arbejdsplads.

Baseret på antallet af medarbejdere er der beregnet en fordeling for hver branche på de fem virksomhedsstørrelser.

Dataudtrækket modtaget fra Danmarks statistikdækker antal arbejdssteder og job opgjort på 129 brancher og for fem virksomhedsstørrelser i forhold til antal ansatte; 1-9 ansatte, 10-49 ansatte, 50-99 ansatte, 100-250 ansatte og mere end 251 ansatte. For at konvertere dataudtrækket, så det kan benyttes i modellen, er antallet af brancher først konverteret til de 57 brancher, der benyttes i datasættet for energiforbrug, jf. V&M (2015).

Herefter er der korrigeret for censurerede data, idet DST af fortrolighedshensyn for enkelte celler kun har angivet antallet af arbejdssteder, men ikke antal ansatte. På baggrund af antallet af arbejdssteder og de totale antal ansatte på tværs af alle brancher er der indsat et gennemsnitsantal medarbejdere for hver virksomhedsstørrelse (ens for alle brancher) i de celler, hvor antal medarbejdere er censureret. Gennemsnitsantallet er fundet ved manuelt (i hele 5'ere) at minimere forskellen mellem det totale antal medarbejdere i hele udtrækket og det beregnede antal ud fra de valgte gennemsnitstal. De valgte gennemsnitstal, jf. Tabel 6-2, giver anledning til en afvigelse på 715 ud af 2,77 millioner ansatte.

Tabel 6-2 Gennemsnitstal til erstatning for af DST censurerede data

Virksomhedsstørrelse	1-9	10-49	50-99	100-250	250+
Gnsn. Antal medarbejdere for censurerede celler	5	15	70	145	500

6.3.3 Kvote-/ikke-kvoteopdelt

Energiforbruget og energisparepotentialerne er opdelt på kvote- og ikke-kvotebelagt energi. I teknologikataloget har det ikke været muligt at skelne mellem, om et givent procentvist potentiale er større eller mindre i den kvote- frem for den ikke-kvotebelagte sektor. Et 5 %-potentiale gælder således både begge typer virksomheder.

På den ene side kan dette tænkes at føre til en undervurdering af potentialet i kvoteomfattede virksomheder, fordi de typisk er større, og pga. kvotesystemet kan tænkes at have et større fokus på energibesparelser. På den anden side kan det også tænkes, at kvoteomfattede virksomheder allerede har realiseret en god del besparelser, hvilket trækker i retning af mindre potentialer relativt til ikke-kvoteomfattede.

Der er – ud fra data om kvotebelagte virksomheders energiforbrug stillet til rådighed af Energistyrelsen i kombination med V&M (2015) – foretaget en skønsmæs-

sig beregning af andelen af energi, som på branche og områder anvendes i kvote- og ikke-kvotebelagte virksomheder.

Først udregnes det samlede energiforbrug i kvotebelagte virksomheder i de 57 brancher fra V&M (2015). Dette kvotebelagte energiforbrug sættes i forhold til branchens samlede energiforbrug (i form af et % kvotebelagt forbrug for hver branche). De branchespecifikke procentsatser bruges derefter til at beregne alle anvendelsesområders kvotebelagte energiforbrug på brancheniveau. Dette forbrug kan så summeres for hver enkelt område på tværs af brancherne.¹³ Den beregnede andel af kvotebelagt energiforbrug er vist i Tabel 6-3.

Tabel 6-3 Anvendelsesområdernes andel af kvoteomfattet energiforbrug (kun brændsler, TJ/år)

	I alt	Kvote omfat.	Andel
Konverterings- og nettab	8.476	2.068	24%
Opvarmning/kogning	16.214	9.490	59%
Tørring	13.567	5.321	39%
Inddampning	4.595	2.717	59%
Brænding/sintring	3.895	3.408	87%

6.3.4 Data for virksomhedernes energiomkostninger

Virksomhedernes energiomkostninger¹⁴ er baseret på faktisk energiforbrug og energiomkostninger fra Danmarks Statistik. Energiomkostningen pr. GJ er beregnet for de 57 brancher og 20 brændsler. Aggregeringen af energiomkostninger og energiforbrug er således foretaget før beregningen af enhedsenergiomkostningen i kr./GJ for hvert af de 20 brændsler i de 57 brancher.

6.4 Tværgående teknologier

De tre tværgående teknologier er behandlet særskilt, da de dækker mange forskellige anvendelsesområder. Teknologierne og deres tilknytning til energianvendelsesområder er repeteret i Tabel 6-4.

¹³ Der er tale om en tilnærmelse, siden det forudsat, at branchens samlede andel af kvotebelagt energiforbrug er repræsentativ for hvert enkelt område.

¹⁴ Dette er opgjort som "markedspriser" fratrukket "moms". Grunden hertil er, at virksomhederne får afløftet deres energiafgifter. Dette er afspejlet i markedsprisbegrebet, hvorfor der kun skal korrigeres for moms, som virksomhederne sender videre til kunderne.

Tabel 6-4 Tværgående teknologi/proces

Tværgående teknologi / proces	Områder dækket
Overskudsvarme / proces-integration	Kedel/nettab, opvarmning, tørring, inddampning, brænding, rumventilation, trykluft, køl/frys, hydraulik
Elmotorer og transmission	Alle områder undtagen: Arbejdskørsel, rumvarme, belysning, IT og elektronik
Automation	Alle områder undtagen: Arbejdskørsel

I V&M (2015) er der i sagens natur ikke opgjort forbrugsdata for disse teknologier. I stedet har COWI summeret visse dele af energiforbruget fra de udvalgte energianvendelsesområder. Summeringen af forbruget er justeret for nogle enkelte forhold. For eksempel er der for de områder, hvor procesvarme kan udnyttes gennem varmepumper, justeret for varmepumpens varmekoefficiens. Endvidere er der for hver tværgående teknologi også foretaget generelle skøn gældende for alle brancher for, hvor stor en del af energiforbruget (typisk hele forbruget, men med enkelte undtagelser) der kan anvendes til den tværgående teknologi.

Det her vurderede og modelberegnete besparelspotentiale på de enkelte energianvendelsesområder påvirker således ikke besparelspotentialet på de tværgående områder og omvendt, på trods af at tværgående besparelser i praksis naturligvis påvirkes af enkeltområder og omvendt. Derfor kan de vurderede energisparepotentialer for de tværgående teknologier ikke umiddelbart sammenlægges med energisparepotentialerne for de specifikke energianvendelsesområder. Denne metode følger DEA & V&M (2010).

6.5 Oversigt over regneværktøjet

Dette afsnit beskriver kort regneværktøjets brug og indretning.

6.5.1 Opsplitning i flere filer

De benyttede datamængder er store, og er ikke nødvendigvis leveret i formater der er hensigtsmæssige til de beregninger, regneværktøjet skal foretage. Derfor er de leverede data indlejret i separate regnearksfiler, hvor data transformeres (f.eks. fra 57 faneblade til et rækkeformat) og aggregeres (f.eks. fra 117 til 57 brancher). Siden de bagvedliggende datafiler kun sjældent skal opdateres, spares både plads og regnetid herved.

Tabel 6-5 Dataoversigt

Data	Filnavn	Beskrivelse
Regneværktøj	Energisparepotentialer.xlsm	Beregning og rapportering af potentialer fordelt på brancher, område mv.
Energiforbrugsdata	EnergiforbrugVogM2015.xlsx	Energiforbrugsdata på baggrund af V&M (2015) transformeret til rækkeformat
Brændselspriser	Brændselspriser.xlsx	Brændselspriser baseret på nationalregnskabsdata aggregeret til 57 brancher
Virksomhedsstørrelser	Virksomhedsstørrelser.xlsx	Fordeling af virksomheder efter brancher og størrelser

De transformerede data kan enten overføres som automatiske links mellem regneark eller kopieres ind i regneværktøjet. Alle de nævnte filer er en del af COWIs leverance til Energistyrelsen.

6.5.2 Cockpit og rapportering

Brugeren har mulighed for at ændre på en række forhold, som bestemmer, hvilke potentialer der beregnes og rapporteres. Dette gøres i arket kaldet "Cockpit" hvor det er muligt at vælge:

- › Cases: 2015-vurdering og 2015-cases
- › Grænseværdi for tilbagebetalingstid i år (alternativt en indtastet intern rente)
- › Energibesparelspotentiale: Lav, middel eller høj
- › Anvendelsespotentiale: Lav, middel eller høj
- › Investeringsomkostning: Lav, middel eller høj

Brugeren har mulighed for nogle af områderne at vælge lav, middel eller høj. Grunden til dette er, at data er angivet i intervaller. F.eks. for arbejdskørsel – 1 er besparelspotentialet angivet som 15-20 %. Her er lav 15 %, mellem er 18 %, og høj er 20 %.

Alle disse valg vil i forskellige kombinationer påvirke energisparepotentialet. Det er op til brugeren at udvise tilstrækkelig varsomhed i fortolkningen af de forskellige kombinationer af valg. For eksempel vil høje besparelspotentialer og anvendelsespotentialer kombineret med lave investeringsomkostninger give det største tænkelige samlede potentiale for cases, men man må da overveje realismen i at vælge et højt potentialeniveau i kombination med lave investeringsomkostninger – den modsatte kombination kunne synes umiddelbart mere realistisk.

6.5.3 Yderligere dokumentation

I regneværktøjet findes et faneblad som forklarer regnearkets struktur i detaljer, og som også beskriver de farvekoder, som hjælper brugeren til at skelne mellem beregninger, forudsætninger og data.

7 Teknologikatalog - Energianvendelsesområder

I dette afsnit er der for hver af de energianvendelsesområder lavet en beskrivelse som følger den beskrevet metode i metodeafsnittet.

7.1 Rumvarme

Energianvendelsesområdet rumvarme er ny i forhold til 2010-kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet.

Af V&M (2015) kan det udledes, at "rumvarme" er defineret som energi anvendt til opvarmning af rum og fremstilling af varmt vand til lokalrengøring og komfortformål, det vil sige varmt brugsvand til rengøring og til sanitære formål i toilet- og baderum samt køkkener. Opvarmning af særlige rum med driftstemperaturer på mindst 45°C samt i rum til lagring af ost, spegepølser m.m. er defineret som opvarmning/kogning og er derfor ikke indeholdt i rumvarmeforbruget.

I kortlægningsrapporten er der i et vist omfang redegjort for, hvordan rumvarme fordeles sig på varmeanlæg, ventilation og elvarme. Der er dog ingen opgørelse af, i hvilket omfang rumvarme anvendes til fremstilling af varmt vand, som derfor må indgå i forbruget under varmeanlæg og elvarme.

7.1.1 Teknologiens anvendelse

Varmeanlæg dækker over følgende tekniske anlæg til opvarmning af rum; det vil sige kontorlokaler, produktionslokaler, lagerlokaler og butikslokaler:

- › Radiatoranlæg
- › Gulvvarmeanlæg
- › Kaloriferer
- › Strålevarmepaneler
- › Varmegardiner.

Rumvarmeforbruget til disse anlæg medgår for langt størstepartens vedkommende til at modvirke varmetab gennem bygningers klimaskærm og i begrænset omfang

til at modvirke varmetab ved infiltration med udeluft gennem åbne døre og porte samt utætheder i bygninger.

Da fremstilling af varmt brugsvand også falder ind under energiforbruget til varmeanlæg, er følgende tekniske anlæg også inkluderet:

- › Varmtvandsbeholdere
- › Gennemstrømningsvarmere.

Energiforbruget til disse anlæg medgår alene til opvarmning af vand.

Ventilation dækker over følgende tekniske anlæg:

- › Indblæsningsanlæg til indblæsning af erstatningsluft fra procesudsug eller separate udsugningsanlæg
- › Balancerede ventilationsanlæg med varmegenvindingsflade
- › Balancerede ventilationsanlæg med blandekammer/recirkuleringsfunktion.

Rumvarmeforbruget til disse anlæg medgår for langt størstepartens vedkommende til opvarmning af kold udeluft til en given indblæsningstemperatur og i begrænset omfang til at modvirke varmetab gennem klimaskærm og infiltrationstab ved opvarmning af indblæsningsluften til overtemperatur. Sidstnævnte foregår primært i produktionslokaler, hvor ventilationsanlæg også fungerer som varmeanlæg.

Elvarme dækker over følgende tekniske anlæg:

- › Elradiatorer
- › Elpatroner til varmt vand
- › Elstave i ventilationsanlæg.

Det skønnes, at rumvarmeforbruget til disse anlæg fordeler sig 50/50 på elradiatorer og elpatroner til varmt brugsvand, da elstave i ventilationsanlæg ikke vurderes at have særlig stor udbredelse i Danmark.

7.1.2 Teknologiens udvikling

Udviklingen i teknologien går generelt mod at sænke temperaturerne i de vandbårne rumvarmesystemer med henblik på at kunne udnytte overskudsvarme fra proces direkte eller indirekte via varmepumper, udnytte kondensationsvarme i røggas fra kedler og installere varmepumper, der indirekte udnytter solenergi enten fra luften eller fra jorden via eksempelvis jordvarmeanlæg.

Derudover er der en generel udvikling mod at implementere mere og mere automatik i rumvarmesystemer og ventilationsanlæg med henblik på at sikre en intelligent styring af varmeforbruget i forhold til det faktiske behov, eksempelvis:

- › Natsænkning af rumtemperaturer ved styring af radiatorsystemer
- › Termostatventiler, der sikrer konstant rumtemperatur
- › Returventiler, der sikrer fornuftig afkøling af dermed lav returtemperatur

- › Tidsstyring af ventilationsanlæg, der stopper anlæg uden for arbejdstid
- › CO₂-styring af ventilationsanlæg, der sikrer minimalt friskluftskifte
- › Frekvensregulering af ventilationsanlæg, der styrer luftmængden efter behov
- › Udetemperaturkompensering, der sikrer optimal luftmængde og optimal opvarmning af indblæsningsluften efter behov

På ventilation sker der løbende en optimering af varmegenvindingsaggregater med henblik på at udnytte mest mulig energi i afkastluften. Der er som sådan ikke sket en teknologisk udvikling de seneste 5-10 år, der har gjort varmegenvindingsaggregater mere effektive. Udviklingen har derimod været drevet af krav fra myndighederne (bygningsreglement), stigende energipriser og af, at god dimensionerings-skik for ventilationsanlæg har flyttet grænsen for, hvilke virkningsgrader der arbejdes med. Således er virkningsgraden af enkelte krydsvekslere oppe på 72-75 % og virkningsgraden af rotorveksleranlæg oppe på 80-85 %.

Et større spring er sket med udviklingen af såkaldte dobbeltkrydsvekslere, hvor der i stedet for en enkelt krydsveksler sidder to krydsvekslere i serie. I princippet er der tale om en simpel fordobling af det varmeoverførende areal med en forøgelse af virkningsgraden til 80-82 %. Ulempen ved disse anlæg er et stort pladsbehov og en forøgelse af tryktabet i ventilationsanlægget, hvilket øger elforbruget på ventilatorerne.

Den største teknologiske udvikling inden for rumvarme sker med varmepumpeteknologi, hvilket betyder, at der vil ske en konvertering af rumvarmeforbruget fra særligt fossile brændsler til el til drift af mekaniske varmepumper. Selvom absorptionsvarmepumpeteknologien er på fremmarch, vurderes det ikke, at denne teknologi vil vinde særligt indpas i erhvervslivet.

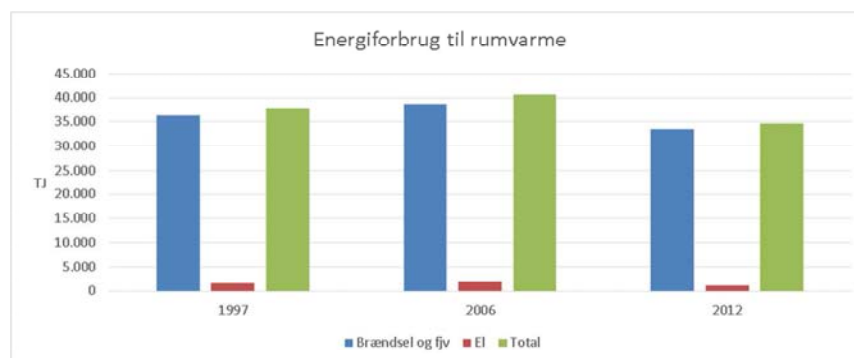
7.1.3 Energiforbruget anvendt til teknologien

Det samlede energiforbrug anvendt til rumvarme i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 34,6 PJ, hvilket svarer til 17,4 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet. Brændsel og fjernvarme udgjorde godt 94 % af energiforbruget til rumvarme, mens forbrug af el (herunder varmepumper) udgjorde de resterende 6 %.

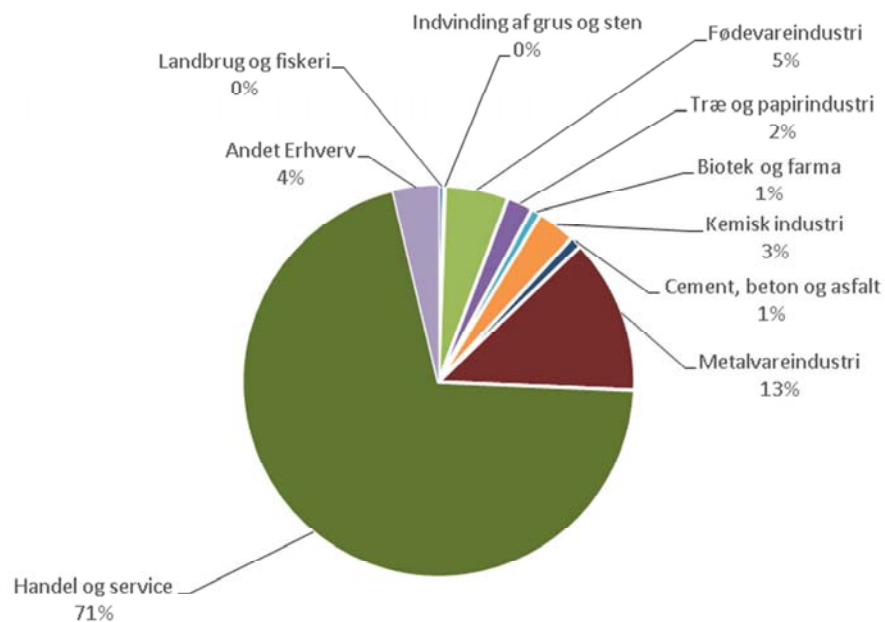
Da rumvarme ikke tidligere har været opgjort som en selvstændig energianvendelse, kan der ikke som for de øvrige energianvendelsesområder vises en udvikling i energiforbruget til rumvarme siden 1997.

Fordelt på brancher ser energiforbruget til rumvarme i 2012 ud som angivet i nedenstående figur.

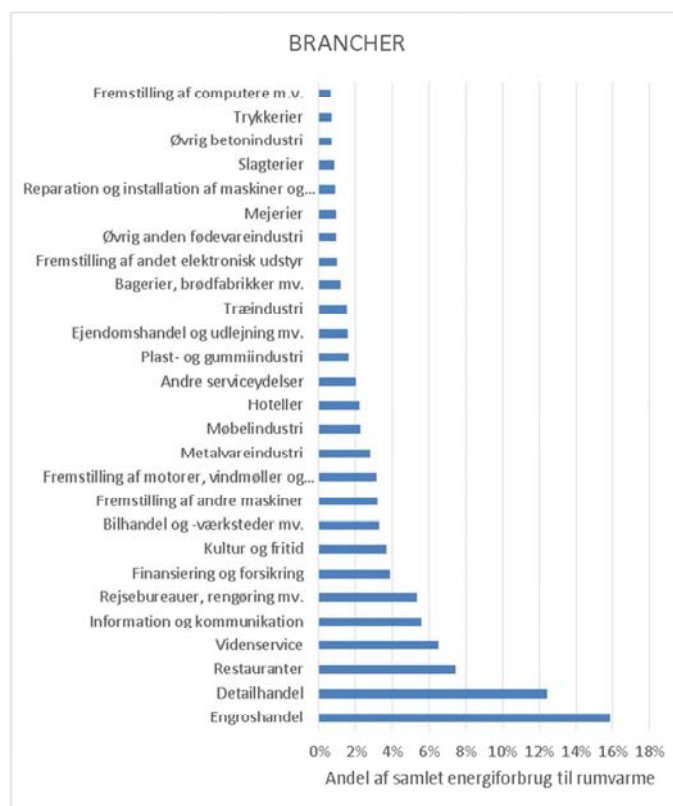
Figur 7-1 Energiforbrug til rumvarme



Figur 7-2 Energiforbrug til rumvarme fordelt på sektorer



Figur 7-3 Energiforbrug til rumvarme opdelt på brancher



Energianvendelsen til rumvarme domineres primært af handels- og servicebranchen, der står for 71 % af det samlede energiforbrug til rumvarme i erhvervslivet.

Med henblik på at give en nærmere vurdering af besparelspotentialer er der foretaget en gennemgang af 2015-kortlægningsrapporten for at afdække, i hvilket omfang rumvarme er anvendt til varme anlæg, ventilation og elvarme.

Med en andel på 71 % af forbruget er alle brancher under "handel og service" gennemgået, og dertil er udvalgte brancher med væsentligt rumvarmeforbrug og samlet set 18 % af forbruget gennemgået. Resultatet er følgende:

Tabel 7-1 Fordeling af rumvarmeforbrug i handels- og service-brancher

Branche nr.	Branche	Rumvarme [GJ]	Varmeanlæg	Ventilation	Elvarme
45*	Rep. og installation af maskiner og udstyr	300.363	65 %	30 %	5 %
46*	Bilhandel og -værksteder mv.	1.134.179	80 %	18 %	2 %
47	Engroshandel	5.494.147	67 %	26 %	7 %
48	Detailhandel	4.307.064	70 %	30 %	0 %
49	Hoteller	756.250	50 %	48 %	2 %
50	Restauranter	2.575.519	95 %	0 %	5 %
51*	Information og kommunikation	1.935.328	50 %	50 %	0 %
52	Finansiering og forsikring	1.339.531	60 %	38 %	2 %
53	Ejendomshandel og udlejning mv.	536.982	63 %	31 %	6 %
54	Videnservice	2.253.647	60 %	35 %	5 %
55*	Rejsebureauer, rengøring mv.	1.846.149	70 %	30 %	0 %
56*	Kultur og fritid	1.273.724	70 %	30 %	0 %
57	Andre serviceydelser	693.161	86 %	8 %	6 %
-	Sum	24.446.044	69 %	28 %	3 %

* For disse brancher er fordelingen skønnet af COWI, da kortlægningsrapporten fra 2015 ikke indeholdt denne fordeling.

For handel og service fordeler rumvarmeforbruget sig med 69 % på varmeanlæg, 28 % på ventilation og 3 % på elvarme.

Tabel 7-2 Fordeling af rumvarmeforbrug i udvalgte brancher

Branche nr.	Branche	Rumvarme [GJ]	Varmeanlæg	Ventilation	Elvarme
7	Slagterier	247.376	20 %	79 %	1 %
9	Mejerier	310.923	49 %	50 %	1 %
10	Bagerier, brødfabriker mv.	386.038	24 %	75 %	1 %
13	Øvrig anden fødevarerindustri	286.983	24 %	75 %	1 %
18	Træindustri	486.517	24 %	75 %	1 %
26	Plast- og gummiindustri	508.591	23 %	75 %	2 %
34	Metalvarerindustri	889.056	22 %	75 %	3 %
38	Fremstil. af motorer, vindmøller og pumper	975.176	12 %	85 %	3 %
39	Fremstilling af andre maskiner	981.202	22 %	75 %	3 %
42	Møbelindustri	750.943	23 %	75 %	2 %
-	Sum	5.822.805	22 %	76 %	2 %

For alle brancherne i Tabel 7-2 er fordelingen undtaget elvarme skønnet af COWI, da kortlægningsrapporten fra 2015 ikke indeholdt en fordeling.

I de udvalgte brancher fordeles rumvarmeforbruget sig med 22 % på varmeanlæg, 76 % på ventilation og 2 % på elvarme.

Det er COWIs vurdering, at for de øvrige industrielle erhverv og dermed 10,5% af rumvarmeforbruget, svarer fordelingen til ovenstående udvalgte erhverv.

For landbrug og skovbrug, der kun udgør 0,5 % af forbruget, vurderes fordelingen at være 90 % varmeanlæg og 10 % ventilation. Elvarme anvendes ikke.

De to tabeller samt ovenstående vurdering for øvrige brancher kan sammenfattes i følgende tabel:

Tabel 7-3 Fordeling af rumvarmeforbrug i handel og service og udvalgte brancher

Branche	Rumvarme [PJ/år]	Varmeanlæg [PJ/år]	Ventilation [PJ/år]	Elvarme [PJ/år]
Handel og service	24,4	16,9	6,8	0,8
Udvalgte erhverv	6,4	1,4	4,8	0,1
Øvrig industri	3,6	0,8	2,7	0,1
Landbrug og fiskeri	0,2	0,2	0,0	0
Samlet	34,6	19,3	14,3	1,0
Fordeling	100 %	56 %	41 %	3 %

For varmeanlæg vurderes det, at kun 1-2 % af varmemeforbruget medgår til fremstilling af varmt vand; resten medgår primært til modvirkning af varmetab igennem klimaskærm og sekundært til modvirkning af infiltrationstab.

7.1.4 Energisparepotentialer: 2015-cases

I dette afsnit gives først en overordnet kvalitativ vurdering af besparelspotentialen inden for anvendelsesområderne varmeanlæg, ventilation og elvarme.

På basis af denne vurdering og fordelingen af rumvarmeforbruget på disse tre anvendelsesområder motiveres valg af tre cases plus en ekstra case, der skønnes relevante for at kunne vurdere det samlede besparelspotentiale for rumvarme. Dette betyder, at der samlet set er fire cases i forhold til rumvarme.

Varmeanlæg

Da rumvarmeforbruget til varmeanlæg primært medgår til varmetab igennem klimaskærm og varmetab ved infiltration, er den overordnede vurdering af energibesparelsmulighederne følgende:

- › Energibesparelser opnået ved optimering af klimaskærm er typisk karakteriseret ved høj investering i forhold til energibesparelsen og dermed lange tilbagebetalingstider.
- › Energibesparelser på varmtvandsforbrug vurderes at være ubetydelige i det samlede billede.
- › I industrien (udvalgte erhverv og øvrig industri) vurderes energibesparelser ved konvertering til varmepumpeteknologi at have et stort potentiale, da der ofte er overskudsvarme til rådighed.
- › I handel og service vurderes potentialen for energibesparelser ved konvertering til varmepumpeteknologi at være lille, da der oftest ikke er overskudsvarme til rådighed.
- › Energibesparelser ved installation af automatik på varmeanlæg vurderes at have et lille direkte potentiale, men kan være en afgørende forudsætning for at nedbringe temperaturesættet i varmeanlæg og dermed sikre konvertering til varmepumpeteknologi og udnyttelse af røggasvarme.

Ventilation

Den overordnede vurdering af energibesparelsmulighederne inden for ventilation er følgende:

- › I industrien (udvalgte erhverv og øvrig industri) vurderes det, at der er et stort potentiale for energibesparelser ved varmegenvinding på ventilation, da ventilationsanlæg særligt i ældre fabrikshaller i stort omfang ikke er udstyret med varmegenvindingsaggregater, alternativt med mindre effektive varmegenvindingsaggregater, såsom væskekoblede batterier med temperaturvirkningsgrader på 40-45 % eller tidlige versioner af enkeltkrydsveksleranlæg med temperaturvirkningsgrader på 55-60 %.

- › Inden for handel og service antages det, at bygningsmassen er af nyere dato og i høj grad består af kontorbyggeri og butiksbbyggeri, som er omfattet af bygningsreglementet og dermed af krav om varmegenvinding på ventilation. Undtagelsen er engroshandel, hvor bygningsmassen i høj grad består af lagerbygninger. Derfor skønnes det, at der generelt kun kan opnås begrænsede energibesparelser ved varmegenvinding på ventilation med undtagelse af lagre i engroshandel, hvor der forventes et stort potentiale.
- › Inden for industrien og engroshandel vurderes det, at der kan opnås visse energibesparelser ved installation af automatik på ventilationsanlæg, da en del anlæg er af ældre dato og dermed ikke er udstyret med moderne automatik. I handel og service, hvor anlæg typisk er af nyere dato og dermed i højere grad udstyret med automatik, forventes kun en mindre effekt.

Elvarme

Da elvarme primært medgår til varmetab igennem klimaskærm (elradiatorer) og varmt brugsvand, vurderes det, at der ikke generelt er større energibesparelser at hente.

Den overordnede vurdering af energibesparelsesmulighederne er følgende:

- › Det vurderes, at der er et lille direkte potentiale for energibesparelser ved installation af automatik på elvarme.

Valg af cases

Casene dækker primært energisparetiltag inden for ventilation, da det er vurderingen, at besparelser på ventilation, der står for 41 % af rumvarmeforbruget, udgør det største potentiale for en kosteffektiv nedbringelse af energiforbruget inden for rumvarme. De valgte cases er derfor:

- › Jordvarmeanlæg
- › Varmegenvinding på ventilation
- › Tidsstyring af ventilation
- › Automatik på ventilation.

Sidstnævnte er medtaget som en ekstracase om udnyttelse af varmepumpeteknologi i samspil med gratis varme fra solenergi lagret i jorden.

Casebeskrivelse 1: Jordvarmeanlæg

Casen omhandler installation af jordvarmeanlæg drevet af en mekanisk varmepumpe som erstatning for konventionel varmeforsyning på fjernvarme eller kedelanlæg. Som supplement til energibesparelsen på rumvarme indeholder casen også en besparelse på rumkøling ved udnyttelse af det gratis kølepotentiale i den afkølede/frosne jord, som efterlades, når varme suges ud af jorden med varmepumpen. Denne kølegevinst udgør en betydelig del af businesscasen for dette jordvarmeanlæg og er en medvirkende årsag til, at casens økonomi er acceptabel.

Casen stammer fra et kontorbyggeri projekteret af COWI og er medtaget, da den viser, hvordan jordvarmeanlæg kan være en løsning til særligt større kontorbygninger, og at det også har potentiale som frikølingsanlæg.

Tabel 7-4 Jordvarmeanlæg fordelt på brancher

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparel- ses- potentiale	A Anvendel- ses- potentiale	I Investe- rings- omkostning	D Æn- dret D&V
Landbrug og skovbrug (1-4)	0,2	70 %	100 %	10	For- øget
Industri (6-44)	10,0	70 %	1%	10	For- øget
Handel og service (45-57)	24,4	70 %	1%	10	For- øget

Casebeskrivelse 2: Varmegenvinding på ventilation

Casen omhandler udskiftning af eksisterende ventilationsanlæg i en industrihal bestående af separat indblæsningsanlæg og separat udsugningsanlæg med nyt ventilationsanlæg med varmegenvindingsaggregat i form af enkelt krydsveksler med en temperaturvirkningsgrad i henhold til EN308 på 70-75 %.

Casen stammer fra et energispareprojekt i en industrivirksomhed forestået af COWI fra identificering af projekt til projektering og idriftsættelse af anlæg.

Tabel 7-5 Varmegenvinding på ventilation fordelt på brancher

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparel- ses- potentiale	A Anvendel- ses- potentiale	I Investe- rings- omkostning	D Æn- dret D&V
Industri (6-44)	10,0	70-75 %	34 %	1,5-2,5	Uæn- dret
Engroshandel (47)	5,5	70-75 %	18 %	1,5-2,5	Uæn- dret
Øvrig handel og service (45-57 minus 47)	19,0	70-75 %	3 %	1,5-2,5	Uæn- dret

Casebeskrivelse 3: Tidsstyring på ventilation

Casen omhandler simpel tidsstyring/optimering af eksisterende tidsstyringsprogrammer for ventilationsanlæg i industrivirksomheder, herunder både produktionshaller og tilhørende kontorbygninger. Tidstyring er medtaget, da det er en særdeles kosteffektiv løsning til at nedbringe energiforbruget på ventilationsanlæg, da tidsstyring helt enkelt går ud på at slukke helt eller delvist for ventilationsanlæggene uden for arbejdstid eller åbningstid.

Energisparepotentialet varierer alt afhængig af faktisk benyttelsestid af de ventilerede lokaler og faktisk driftstid af ventilationsanlæg før implementering af tidsstyring. Således har COWI identificeret eksempler med besparelser på helt op til 73 % af rumvarmeforbruget til ventilation.

Casen er etableret som en gennemsnitscase baseret på input fra flere forskellige energispareprojekter COWI har været involveret i industrivirksomheder.

Tabel 7-6 Tidsstyring på ventilationen fordelt på brancher

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelser- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning	D Ændret D&V
Landbrug og skovbrug (1-4)	0,2	50 %	5 %	0,1-0,2	Uændret
Industri (6-44)	10,0	20 %	19 %	0,1-0,2	Uændret
Engroshandel (47)	5,5	20 %	13 %	0,1-0,2	Uændret
Øvrig handel og service (45-57 minus 47)	19,0	20 %	7 %	0,1-0,2	Uændret

Denne case vil også medføre betydelige elbesparelser på rumventilation.

Casebeskrivelse 4: Automatik på ventilation

Casen omhandler installation af avanceret automatik på ventilationsanlæg, der regulerer den ventilerede luftmængde efter behov; det vil sige slukker anlægget eller recirkulerer luften uden for arbejdstid/åbningstid, tilpasser friskluftmængden efter faktisk behov, regulerer indblæsningstemperaturen efter behov osv.

Energisparepotentialet varierer alt afhængig af faktisk benyttelsestid af de ventilerede lokaler og faktisk driftstid af ventilationsanlæg før implementering af automatik.

Casen er etableret som en gennemsnitscase baseret på input fra flere forskellige energispareprojekter. COWI har været involveret i industrivirksomheder.

Tabel 7-7 Automatisk på ventilationen fordelt på branche

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning	D Ændret D&V
Landbrug og skovbrug (1-4)	0,2	70 %	5 %	1-2	Uændret
Industri (6-44)	10,0	30 %	50 %	1-2	Uændret
Engroshandel (47)	5,5	30 %	20 %	1-2	Uændret
Øvrig handel og service (45-57 minus 47)	19,0	30 %	20 %	1-2	Uændret

Denne case vil også medføre betydelige elbesparelser på rumventilation.

7.1.5 Energisparepotentialer: 2015-vurdering

Da 2010-rapporten ikke indeholder en opgørelse for energianvendelsesområdet "Rumvarme" er der ikke mulighed for at foretage en revurdering af energisparepotentialet. På basis af ovenstående cases foretages en nyvurdering af besparelsespotentialet på rumvarme for de fire branchesegmenter. Det vurderes, at besparelsespotentialet inden for rumvarme er til stede for alle segmenter, med en tilbagebetalingstid på 10 år.

Tabel 7-8 Energisparepotentialer - rumvarme

Energispare- mulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelses- potentiale	Anvendelses- potentiale	Besparelses- potentiale	Anvendelses- potentiale	Besparelses- potentiale	Anvendelses- potentiale
Varmegenvinding på ventilation	NA	NA	NA	NA	70-75 %	14 %
Tidsstyring på ventilation	NA	NA	NA	NA	20 %	11 %
Automatik på ventilation	NA	NA	NA	NA	30 %	29 %
Jordvarme	NA	NA	NA	NA	70 %	2 %
Øvrige tiltag	NA	NA	NA	NA	0,9 %	95 %

Ovenstående potentialer vedrørende ventilation skal ses som enkeltstående tiltag, dvs. som energisparepotentialer for den enkelte energisparemulighed. Da der er et væsentligt overlap mellem de tre tiltag, vil en kombination af tiltagene medføre en reduktion i det samlede potentiale for ventilation. Det samlede maksimale energisparepotentiale på ventilation vurderes til ca. 33 %. Øvrige tiltag dækker over tiltag på klimaskærm og automatik på varme anlæg.

7.2 Arbejdskørsel

Energianvendelsesområdet er nyt i forhold til kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet fra 2010.

7.2.1 Teknologiens anvendelse

Arbejdskørsel omfatter i denne sammenhæng intern kørsel på arbejdssteder med såkaldte non-road eller ikke-vejgående maskiner. Det er køretøjer, som ikke er indregistreret til almindelig kørsel på vejnettet, men som er produceret til helt specifikke formål som f.eks. behandling eller bearbejdning af materialer.

Som eksempler kan nævnes traktorer og mejetærskere, der benyttes til jordbehandling og høst i landbruget, gaffeltrucks, der benyttes til intern transport på lagre og produktionsvirksomheder, samt visse entreprenørmaskiner, der benyttes til byggeri og anlægsarbejde.

Arbejdskøretøjerne er for størstedelens vedkommende specialkonstruerede køretøjer med en forbrændingsmotor. De fleste arbejdskøretøjer er dieseldrevne, men der findes også køretøjer med benzin- eller eldrevne motorer.

Arbejdskørsel omfatter ikke egentlig godstransport, dvs. transport af gods på offentlig vej med indregistrerede biler samt transport med jernbane, skib eller fly.

7.2.2 Teknologiens udvikling

I lighed med andre benzin- og dieseldrevne køretøjer (dvs. biler) er arbejdskøretøjer underlagt emissionsnormer, der angiver den maksimalt tilladte udledning af forurenende emissioner som kvælstofoxider, kulbrinter og kulilte. Normerne fastsættes af EU og skærpes løbende. Normerne afhænger af motorstørrelsen udtrykt ved effekten i kW, men i modsætning til personbiler er der ikke grænseværdier for energiforbruget.

Landbrug

I landbruget sker der løbende en udvikling, således at der bliver færre bedrifter. Til gengæld bliver de enkelte bedrifter større, og de kan dermed omlægge produktionen og opnå visse stordriftsfordele. Det indebærer bl.a., at der benyttes større maskiner med en større ydeevne.

Det største energiforbrug til arbejdskørsel i landbruget sker i markmekaniseringen, som omfatter bearbejdning af jorden. Traktorer står for 90 % af energiforbruget,

mens mejetærskere står for de sidste 10 %. Begge køretøjstyper har stort set altid dieselmotor.

En traktor har en effekt på 70-450 hk (50-330 kW), og den er typisk i drift mellem 600 og 1.000 timer om året.

I modsætning til traktorer benyttes mejetærskere kun til høstningen, og de er derfor kun i drift i 100-175 timer pr. år. En mejetærsker har typisk en større motor end en traktor. Effekten er typisk mellem 300 og 600 hk (220-440 kW).

Den samlede bestand af traktorer og mejetærskere er faldet betydeligt siden starten af 1990'erne som følge af de strukturelle ændringer i landbruget. I perioden 1990-2005 faldt antallet af traktorer i Danmark med 30 %, mens antallet af mejetærskere faldt med næsten 40 %. (www.statistikbanken.dk, Tabel MASK)

Faldet i traktorbestanden er sket for de små traktorer. I gruppen af store traktorer er bestanden derimod steget. Således benyttes i dag større maskiner med en større effekt, ligesom driftstiden pr. køretøj er øget, men alt i alt har udviklingen medført en reduktion i landbrugets energiforbrug til arbejdskørsel.

En tværministeriel arbejdsgruppe har i et virkemiddelkatalog om potentialer og omkostninger for klimatiltag [3] anført, at energiforbruget til arbejdskørsel i landbruget kan reduceres med op til 4 %, hvis man fjerner afgiftslempelsen for landbrugets indkøb af brændstof. I samme virkemiddelkatalog nævnes muligheden for reduceret jordbearbejdning i forbindelse med landbrug. Det anføres dog samtidig, at der ikke er tilstrækkeligt grundlag til at udføre omkostningsberegninger for tiltaget.

Fiskeri

Ligesom landbruget har fiskeriet undergået strukturelle ændringer i de seneste 20-30 år, således at der i dag er færre, men større fartøjer. I 1977 var der 2.500 fiskefartøjer, og i 2011 var tallet 1.400. Desuden er antallet af beskæftigede næsten blevet halveret fra 5.600 personer i 1997 til 2.900 personer i 2011.

Energiforbruget er i høj grad knyttet til selve fiskefartøjerne, hvis sejlads i denne sammenhæng er klassificeret som arbejdskørsel.

Derudover er der mindre energiforbrug i forbindelse med klargøring af fartøjer (lastning af is, tom emballage mv.) samt håndtering af fangsten, når den skal fra fartøjerne ind i en lagerhal inden videre distribution. Disse processer kan ske med transportbånd, kraner, gaffeltrucks mm.

Øvrige brancher

Da landbrug og fiskeri tilsammen står for langt den største del af energiforbruget til arbejdskørsel, er øvrige brancher ikke behandlet detaljeret i denne rapport. Det kan imidlertid konstateres, at langt de fleste brancher har en vis arbejdskørsel forbundet med intern transport af varer, dels som led i produktionsprocessen, dels som led i lagring og intern håndtering af færdigvarer. Typiske transportformer er transportbånd i forskellige udformninger samt gaffeltrucks, palleløftere osv.

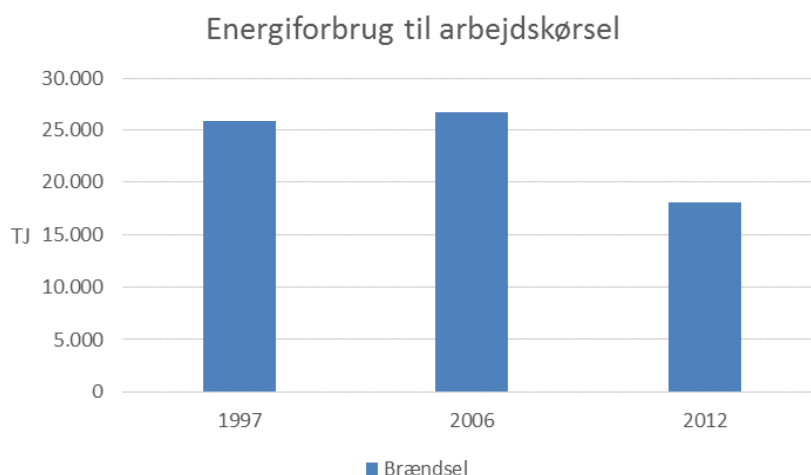
Gaffeltrucks fås både med benzin-, diesel- og eldrevne motor. Når en virksomhed benytter eldrevne trucks, er det ofte af lokale miljøhensyn, f.eks. hvis kørslen sker i en lukket hal, hvor en benzin- eller dieselmotor kan give betydelige miljø- og støjgener.

7.2.3 Energiforbruget anvendt til teknologien

Det samlede energiforbrug anvendt til arbejdskørsel i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 18,1 PJ, hvilket svarer til 9,1 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet. Brændsel udgjorde godt 99,9 % af energiforbruget til arbejdskørsel, mens forbrug af el udgjorde en forsvindende andel.

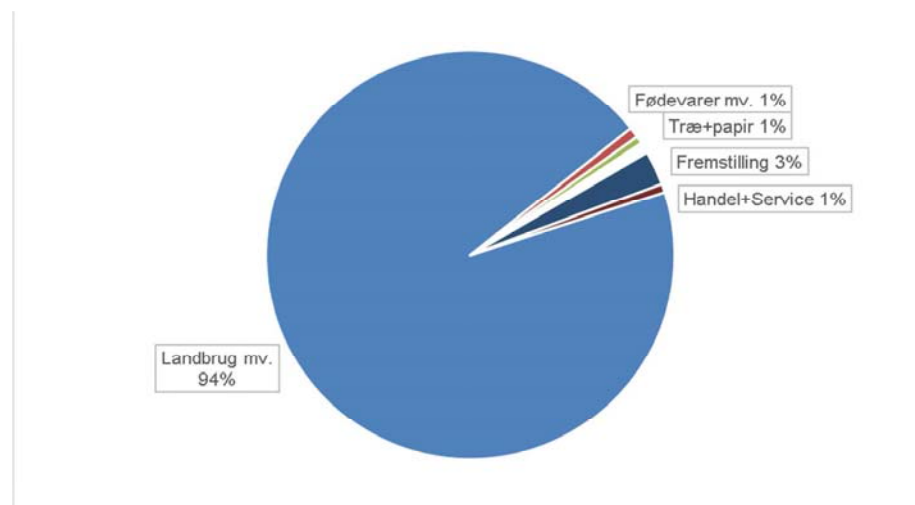
Udviklingen i energiforbruget til arbejdskørsel siden 1997 er gengivet i nedenstående figur. I forhold til den forrige kortlægning af energiforbruget i erhvervslivet udført i 2008 over 2006 data er energiforbruget til arbejdskørsel i 2012 faldet med 30 %. Opgørelsesmetoden er ændret i forhold til den tidligere kortlægningsrapport (2015 VMAS), idet transport er sorteret fra som selvstændig energianvendelse.

Figur 7-4 Energiforbrug til arbejdskørsel



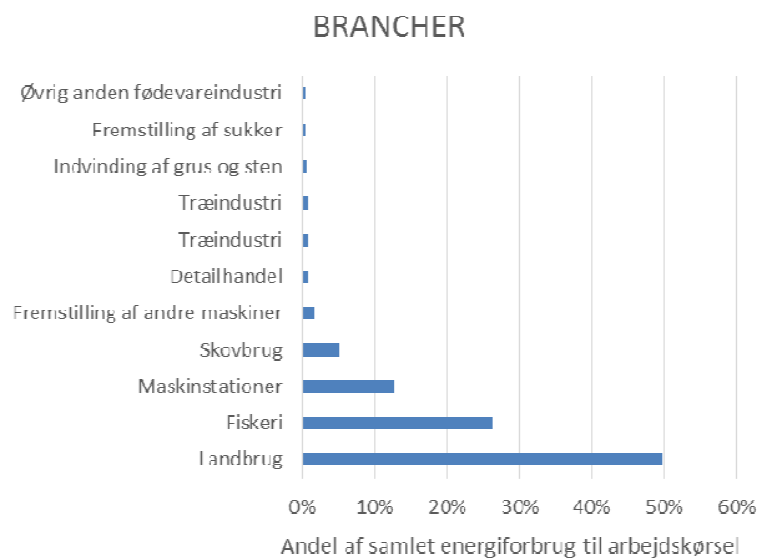
Fordelt på sektorer ser energiforbruget til arbejdskørsel i 2012 ud som angivet i nedenstående figur.

Figur 7-5 Energiforbrug til arbejdskørsel fordelt på sektorer



Endelig kan energiforbruget fordeles efter brancher, hvilket er gjort i nedenstående figur:

Figur 7-6 Energiforbrug til arbejdskørsel fordelt på brancher



Energianvendelsen til arbejdskørsel domineres primært af brancher inden for landbrug, fiskeri og maskinstationer, der tilsammen står for 95 % af det samlede energiforbrug til arbejdskørsel i erhvervslivet. Heraf står landbruget for over halvdelen af energiforbruget.

7.2.4 Energisparepotentialer: 2015-cases

Da brændsel udgør næsten hele energiforbruget til arbejdskørsel, må energibesparelserne søges i reduktion af brændselsforbruget. Det kan gøres på flere måder,

f.eks. ved optimering af drift og procedurer eller ved at benytte mere energieffektive maskiner og køretøjer.

Inden for arbejdskørsel er der udvalgt tre cases. Det har ikke været muligt at finde de store besparelspotentialer, men det er vores vurdering, at der generelt er fokus på at mindske energiforbruget for at opnå økonomiske besparelser, reduceret CO₂-udslip samt reduceret forurening med skadelige stoffer.

I dette kapitel beskrives tre mulige cases for energibesparelse:

- › Brug af energibesparende knivbjælke til traktorer
- › Fiskerbåd med hybridmotor
- › Øget brug af eldrevne gaffeltrucks.

Casebeskrivelse 1: Brug af energibesparende knivbjælke til traktorer

En knivbjælke er et instrument, der monteres på en traktor i forbindelse med såkaldt skivehøstning i landbruget. Som navnet antyder, består den af flere knive, der er monteret på en bjælke, og som kan skære i flere meters bredde.

En producent har lanceret en model, hvor hvert enkelt modul drives direkte af en drivaksel og ikke af gear, som i konventionelle modeller. Hvert modul får derfor sin krafttilførsel direkte fra drivakslen, hvorved energitab i form af friktion og varme kan minimeres. Ifølge producenten kan der spares 15-20 % af brændstofforbruget i forbindelse med skivehøstning.

Producenten anfører også, at den højere indkøbspris i forhold til andre knivbjælker opvejes af de lavere driftsomkostninger, længere levetid og mindre afskrivning.

Tabel 7-9 Case 1: Brug af energibesparende knivbjælke til traktorer (producentens vurdering)

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelspotentiale	A Anvendelsespotentiale	I Investeringsomkostning
Landbrug	9,0	15-20 %	5 %	0

Note: Det har ikke været muligt, at finde frem til præcist tal for investerings omkostningen, men vi har fundet frem til, at de øgede investeringer (ifølge producenterne!) opvejes af det sparede energiforbrug.

Casebeskrivelse 2: Fiskerbåd med hybridmotor

Fiskerbåde sejler normalt med dieselmotor, men i 2014 blev der i Norge lanceret planer om en fiskerbåd med hybridmotor. Princippet er ligesom i en hybridbil; at motoren er en kombineret diesel- og elmotor. Når båden sejler ud og hjem mellem havnen og fangstområdet, kan den sejle med dieseldrift, men under selve fangsten kan den benytte elmotor i stedet for at have dieselmotoren gående i tomgang.

Producenten anfører, at brændstofforbruget ved normal drift kan reduceres med en tredjedel. Det anføres også, at løsningen er omkostningsneutral. Båden er dyrere i indkøb, men det opvejes af lavere drifts- og vedligeholdelsesudgifter i bådens levetid.

Tabel 7-10 Case 2: Fiskerbåd med hybridmotor (producentens vurdering)

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning
Fiskeri	4,8	30 %	50 %	0

Note: Det har ikke været muligt, at finde frem til præcist tal for investerings omkostningen, men vi har fundet frem til, at de øgede investeringer (ifølge producenterne!) opvejes af det sparede energiforbrug.

Casebeskrivelse 3: Øget brug af eldrevne gaffeltrucks

Gaffeltrucks benyttes i høj grad til intern transport i forbindelse med produktion og lager. Traditionelle gaffeltrucks kører på diesel eller gas, men ved brug i lukkede haller benyttes ofte eldrevne trucks på grund af støj og luftforurening. Desuden er det i dag muligt at benytte trucks, der kører på brændselsceller, hvor brændstoffet er brint.

En dieseldreven truck forbrænder typisk 2-3 liter diesel/time ved almindeligt arbejde, svarende til et energiforbrug på ca. 70-100 MJ pr. time. Der kan imidlertid opnås betydelige besparelser ved at bruge el- eller brændselscelledrevne trucks, afhængig af de konkrete opgaver.

Ulempen er, at el- og brændselscelledrevne køretøjer har begrænset operationstid, og at opladningen tager tid. Alternativt kan man udskifte energimodulet, men det er mere besværligt end at tanke en dieseltruck.

Vurderingerne er opsummeret i nedenstående tabel. Investeringsomkostningen er skønnet ud fra prisforskellen mellem en diesel- og en eldrevne truck sammenholdt med den opnåede energibesparelse.

Tabel 7-11 Case 3: Øget brug af eldrevne gaffeltrucks

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning
Fiskeri	4,8	50 %	2 %	0,6-1,4 kr./kWh
Øvrige sektorer	13,3	50 %	5 %	0,6-1,4 kr./kWh

Opsummering af cases

De udvalgte cases dækker de brancher, der står for den største del af energiforbruget til arbejdskørsel, nemlig landbrug og fiskeri. Alle cases handler om anvendelse af en ny teknologi, der er mere energibesparende end den i dag anvendte. De to sidste cases vedrører en anden energikilde (el eller hybrid) end diesel, mens den første vedrører den tekniske udformning af en konkret maskine.

Som nævnt i indledningen antages mere energieffektiv teknologi at være det primære virkemiddel, frem for eksempelvis ændret organisering eller optimeret produktion. Både landbrug og fiskeri har allerede gennemført store strukturelle ændringer og derigennem opnået stordriftsfordele.

De to øvrige brancher, der udgør en væsentlig del af energiforbruget, er skovbrug og maskinstationer. Der er ikke fundet cases med energibesparelser i disse brancher, og det må anses for tvivlsomt, om der kan anvendes mere energibesparende køretøjer i disse brancher, da der er store krav til maskinernes ydeevne.

De omkostninger, der er anført i casene, er behæftet med en vis usikkerhed. I de to første cases har producenterne angivet, at maskinerne er dyrere i anskaffelse, men billigere i drift, og at totalomkostningen over maskinens levetid derfor er stort set på niveau med de nuværende teknologier. Der er dog ikke angivet nærmere beregninger af dette.

7.2.5 Energisparepotentialer: 2015-vurdering

Første case er vurderet at være relevant for 5 % af landbrugsbranchen med et potentiale på 15-20 %, dvs. en samlet reduktion i sektoren på 0,8-1,0 %. Der vil formentlig være andre specifikke områder i landbruget, hvor der kan opnås tilsvarende reduktioner, hvorfor den samlede reduktion i landbrugets energiforbrug til arbejdskørsel kan skønnes til 3-5 %.

Anden case er vurderet relevant for 50 % af fiskeribranchen med et potentiale på 30 %, dvs. et samlet besparelspotentiale for fiskeribranchen på 15 %, svarende til ca. 4 % af det totale energiforbrug til arbejdskørsel.

Endelig er tredje case vurderet relevant for 2 % af fiskeribranchen og 5 % af øvrige brancher med et potentiale på 50 %. Det samlede energibesparelspotentiale for alle brancher bliver dermed ca. 2 %.

Samlet set giver de udvalgte cases således et besparelspotentiale på 6-7 %, og der kan formentlig opnås yderligere 3-5 % gennem lignende cases.

På baggrund af de udvalgte cases er det muligt at udarbejde en vurdering af energisparepotentialer.

Tabel 7-12 Energisparepotentialer 2015-vurdering

Energisparemulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale
Energieffektive landbrugsredskaber	15 %	10 %	15 %	10 %	15 %	10 %
Fiskerbåd med hybridmotor	30 %	15 %	30 %	15 %	30 %	15 %
Eldrevne gaffeltrucks	50 %	4 %	50 %	4 %	50 %	4 %

7.3 Opvarmning/kogning

Energianvendelsesområdet er en ganganger i forhold til kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet fra 2010.

7.3.1 Teknologiens anvendelse

Opvarmning/kogning omfatter pasteurisering, blanchering, ekstraktion, sterilisering, rengøringsvand til produktionsanlæg, vask af råvarer, varmholdelse af tanke og rør.

Typisk bruges der damp eller vandbårne systemer, elektrisk opvarmning eller direkte afbrænding af fossile brændsler.

Der findes en række forskellige teknikker for opvarmning/kogning, hvoraf de mest fremtrædende og anvendte er angivet i nedenstående tabel:

Tabel 7-13 Mest fremtrædende teknologier inden for opvarmning/kogning

Kategori	Teknologi	Brancher	Produkter
Pasteurisering	Autoklaver Tunnelpast. Varmevekslere Regenerativ past. Radiobølgepast.	Mejerier Drikkevareindustri Fødevareindustri Medicinalindustri	Madvarer Drikkevarer Sterilisering af udstyr
Varmebehandling	Ovne	Slagterier (skoldning) Fødevareindustri Bageri og brødfabrikker Engroshandel Stålintustri	Overfladebehandling af emner Madvarer
Opvarmning	Kogning Reaktorer Direkte fyring Sterilisering	Drikkevareindustri Fødevareindustri Fremstilling af kemi og maling Fremstilling af cement Fremstilling af asfalt Fremstilling af foder Ben og fiskemel Sukkerindustri Medicinal industri	Madvarer Drikkevarer Kemikalier Pharma Asfalt Cement Foder
Rengøring/vask	CIP SIP	Drikkevareindustri Slagterier	Røranlæg Udstyr

Kategori	Teknologi	Brancher	Produkter
	Vaskeanlæg	Medicinal industri Mejeri Fødevareindustri	Produktionslokaler

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

7.3.2 Teknologiens udvikling

Kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet (2010) indeholder en uddybende beskrivelse af teknologien i 2010 samt en kort beskrivelse af nye og kommende teknologier. Kortlægningen indeholdt desuden en beskrivelse af energibesparelsesmuligheder inden for opvarmning/kogning. Følgende energibesparelsesmuligheder blev fremhævet i 2010-rapporten:

- 1 Reduceret behov for procesopvarmning
 - › Revurdering af temperaturniveau og opholdstider
 - › Revurdering af procedure for rengøring og CIP
 - › Færre steriliseringer af tanke og procesanlæg
 - › Mindre afvaskning af udstyr
 - › Brug af enzymer til at øge effekten af procesanlæg og derved mindske det relative energiforbrug.

Anlægsoptimeringer

- › Bedre intern varmegenvinding
- › Nyt udstyr med bedre virkningsgrad
- › Brug af varmepumper til lavtemperaturprocesser
- › Bedre isolering af rør, tanke og procesanlæg
- › Genbrug af varmt vand til f.eks. vask af lastbiler.

Bedre styring/driftoptimering

- › Bedre overvågning
- › Bedre drift af procesanlæg
- › Overvågning af virkningsgrader.

Drift og vedligehold

- › Rengøring/rensning for at undgå fouling.

Adfærdsmæssige energibesparelser

- › Manuelle CIP-rutiner skal gøres til Stand Operational Procedures
- › Reducering af fejlproduktion
- › Reducering af standbyforbrug.

Generelt er der i de seneste fem år ikke kommet nye teknologier eller energisparemuligheder på markedet i forhold til ovenstående, men anvendelsen af varmepumper og regenerative processer er blevet mere udbredt i hele produktionsindu-

strien og dermed også inden for opvarmning/kogning. Der pågår fortsat en kontinuerlig indsats for at optimere processerne.

Man arbejder med at sænke produktionstemperaturen for visse produkter med henblik på at reducere energiforbruget. Man er bl.a. lykkedes med dette inden for drikkevarer (juice) samt asfalt. I cementindustrien, som er den største forbruger af energi til opvarmning, forsker man i at ændre cementsammensætningen, så man kan reducere cementklinkerne og derved det relative energiforbrug pr. kg cement. Man har fortsat fokus på at kunne genvinde på de varme gasstrømme til forvarmningsprocesserne og udnytte dem til fjernvarmenettet eller elproduktion.

Ligeledes kommer der jævnligt nyt udstyr på markedet med bedre virkningsgrad inden for varmevekslere og pasteuriseringsudstyr i fødevareindustrien, og der gennemføres fortsat projekter om etableringen af intern varmegenvinding og brug af regenerative processer.

I takt med at styringer og regulatorer er blevet bedre, og der er udviklet nye matematiske modeller til styring af regulatorerne, er det lykkedes at lave prognosestyringer, der kan tilpasse temperaturniveauer og flow til den aktuelle produktion på forhånd. Man mindsker derved bl.a. overtemperaturer i pasteuriseringsprocesser, og produktionslinjerne bliver bedre til at tilpasse energiforbruget til de indkomne råvarers sammensætning. En anden effekt er, at processerne bliver mere effektive, hvorved man forbedrer processernes udbytte. Der vurderes at være et stort potentiale for energibesparelse ved indførelse af denne teknologi.

Inden for vask og rengøring er der sket en udvikling inden for desinfektion. Grundet højere krav og mere fokus på bakterier har man udviklet mere effektive teknologier. Ozondesinfektion er en proces, hvor man ved hjælp af UV-C lys skaber ozon i en luftstrøm, der kan fordeles i det rum, man ønsker skal desinficeres. Man kan bruge det sammen med ventilationsanlægget eller som en mobil enhed, man sætter op i lokalet. Processen bruges i det sidste step af rengøringen, hvorved man sparer vand, kemikalier og varmt skyllevand. Det vurderes, at man derved kan spare ca. 10 % af omkostningerne til rengøring. Systemet har dog sine begrænsninger, da der ikke må være personale til stede i lokalet, og at da man skal kunne lukke af til området, der desinficeres. Omvendt har det den fordel, at man ikke har rengøringspersonale, der jævnligt udsættes for klorholdige kemikalier til desinfektion. Man arbejder lige nu med at få en endelige godkendelse af anlægget til desinfektion, da man har nogle udfordringer med at få anlægget godkendt efter gældende test og verificeringsstandarder. Såfremt anlægget godkendes, vurderes det at have stort potentiale til desinfektion i fødevareindustrien, slagterier, hospitaler og medicinalindustrien. Man vurderer også, at man har mulighed for at bruge teknologien til desinfektion af rørsystemer.

Et område inden for brugen af ozonteknologi til udryddelse af bakterier, der har potentiale, er koldpasteurisering med aktiv ozon. Ved at bruge ozon til at dræbe bakterierne kan pasteuriseringstemperaturen sænkes til mellem 40 og 60°C, hvorved man opnår en energibesparelse, samtidig med at produktets kvalitet øges. Systemet er stadig under udvikling, og opsatte anlæg kører som testanlæg.

Varmepumper bliver konstant forbedret, og de udvikles hurtigere end udbredelsen. I takt med at det er blevet muligt at få højtemperaturvarmepumper, hvor man kan producere vand ved 90-100°C, er varmepumpeteknologien blevet mere anvendelig til pasteuriseringsprocesser og produktion af varmt vand til rengøring i mejerier, slagterier, fødevarerindustrien m.m. Typisk bruges varmepumpen i kombination med køleanlæg, hvor køleanlæggets overskudsvarme boostes til et anvendeligt niveau. Varmepumper vurderes derfor fortsat at have et stort potentiale for energibesparelser.

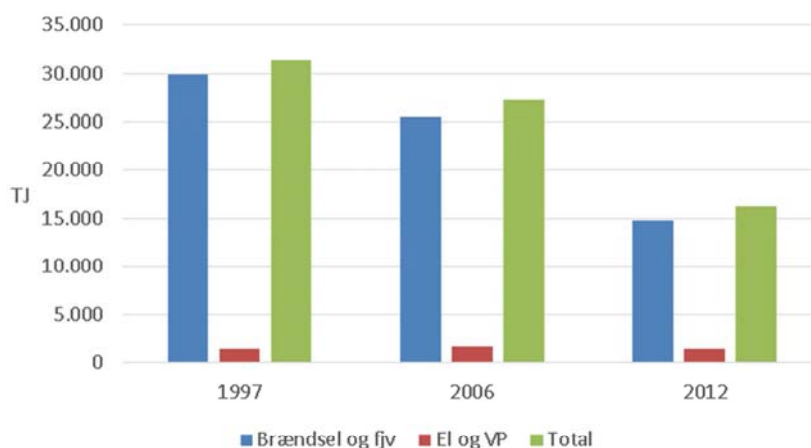
7.3.3 Energiforbruget anvendt til teknologien

Det samlede energiforbrug anvendt til opvarmning/kogning i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 16,2 PJ, hvilket svarer til 8,2 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet. Brændsel og fjernvarme udgjorde godt 91 % af energiforbruget til inddampning, mens forbrug af el (herunder varmepumper) udgjorde de resterende 9 %.

Udviklingen i energiforbruget til inddampning siden 1997 er gengivet i nedenstående figur. I forhold til den forrige kortlægning af energiforbruget i erhvervslivet udført i 2008 over 2006-data er energiforbruget til opvarmning/kogning i 2012 faldet med 48 %.

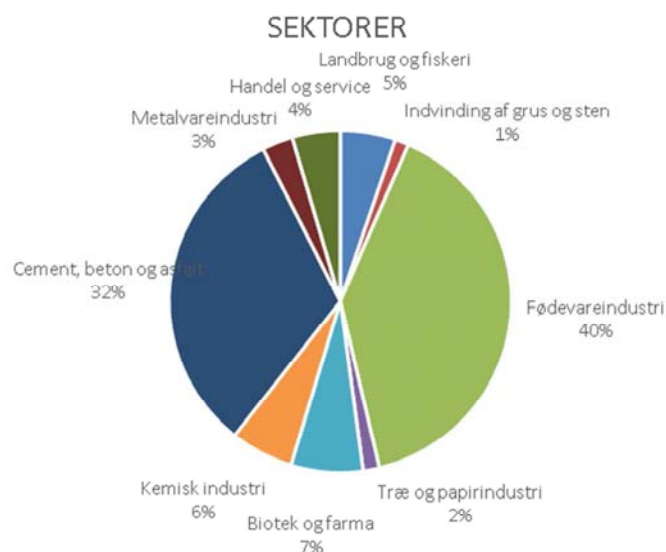
Årsagen til dette fald i energiforbruget skal blandt andet findes i lukningen af en række fabrikker og koncentration af produktionen på større og mere effektive fabrikker. Dertil kommer, at en række store energiforbrugere til opvarmning/kogning har taget varmepumper til varmegenvinding i brug. Endelig skal det tages med i betragtningerne, at en større del af energiforbruget er opgjort under anden procesvarme, samt i byggebranchen deraf mindsket forbrug til fremstilling af byggematerialer.

Figur 7-7 Energiforbrug til opvarmning/kogning

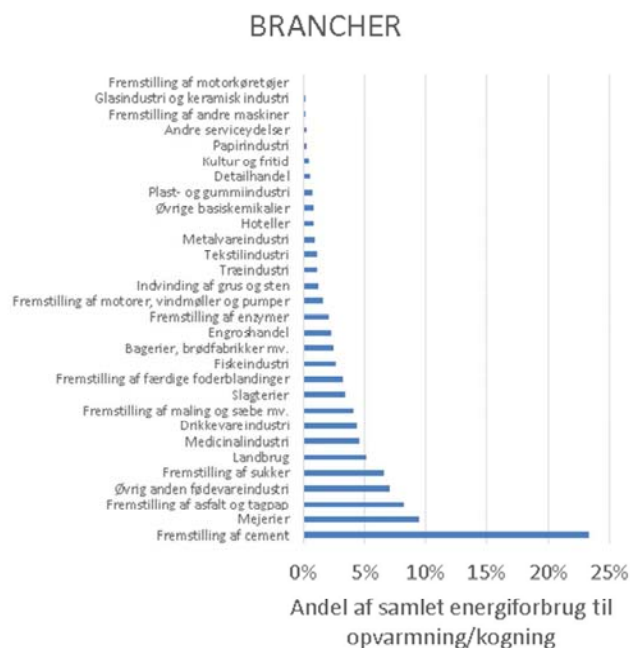


Fordelt på brancher ser energiforbruget til opvarmning/kogning i 2012 ud som angivet i nedenstående figur.

Figur 7-8 Energiforbrug til opvarmning/kogning fordelt på sektorer



Figur 7-9 Energiforbrug til opvarmning/kogning fordelt på brancher



Energianvendelsen til opvarmning/kogning domineres primært af to brancheområder; fødevareindustrien og cement-, beton- og asfaltindustrien. Tilsammen udgør disse sektorer 72 % af det samlede energiforbrug til opvarmning/kogning i erhvervslivet.

7.3.4 Energisparepotentialer: 2015–cases

I dette afsnit gennemgås en række cases, hvor det er muligt at opnå energibesparelser. For dette energianvendelsesområde er der udvalgt tre cases.

- › Case 1 er valgt på baggrund af, at energiforbruget til opvarmning i asfaltbranchen udgør en stor del af det samlede forbrug. Ligeledes vurderes det, at teknologien finder bred anvendelse inden for asfaltproducerende anlæg i Danmark. Casen bruges ligeledes til at forklare, at der er potentiale i arbejdet med at sænke produktionstemperaturerne inden for flere brancher.
- › Case 2 er valgt på baggrund af bred anvendelse i flere brancher, bl.a. inden for mejeri, drikkevareindustri, øvrig fødevarerindustri. Casen omhandler optimeret pasteuriseringsudstyr.
- › Case 3 er valgt på baggrund af udviklingen inden for varmepumpeteknologien, hvilket betyder, at teknologien kan finde bred anvendelse inden for produktion af varmt rengøringsvand samt varmt procesvand.

Casebeskrivelse 1: Sænkning af produktionstemperatur

NCC Green Asfalt er en fremstillingsproces, hvor man har lavet en procesændring, der gør det muligt at sænke produktionstemperaturen for asfalt fra normalt 160-170°C til 120-130°C. Ændringen er i selve blandingsprocessen, hvor man tilsætter bindemidlet som opskummet bitumen. Processen kan anvendes i produktionen af de fleste asfalttyper og er uafhængig af opvarmningskilde. Den vurderede energibesparelse er ca. 10 %. Asfalttypen er mest anvendelig, når der er tale om maskinudlægning. Ved manuel udlægning anbefales det at anvende normalt produceret asfalt. Ud over den energimæssige besparelse opnår man bedre arbejdsforhold grundet lavere temperaturer og emissioner.

Konceptet skal dog fortsat udvikles, da der i branchen er en vis usikkerhed omkring asfalttypens styrke, og da brugen af asfalttypen er begrænset til udlægning med maskine i varmt vejr.

Investeringsbehovet for et typisk anlæg, der kan producere 50.000 ton asfalt pr. år, er ca. 500.000 kr. Den opnåede besparelse er ca. 0,7 m³ gas pr. produceret ton asfalt.

I andre industrier arbejder man ligeledes med at sænke produktionstemperaturen, og Tetra Pak har undersøgt muligheden for at sænke pasteuriseringstemperaturen for sure juicer. Man har fundet ud af, at man opnår den ønskede effekt allerede ved 80°C i stedet for de normale 95°C. Ved at sænke temperaturen kan man opnå en energibesparelse på 15-20 % ved en relativt lav investering.

Øget proceskontrol og overvågning er ligeledes med til at sænke temperaturerne, så man ikke arbejder med en for stor overpasteurisering for at være sikker på, at produktet er blevet pasteuriseret. Ved at kunne sænke procestemperaturene opnås en energibesparelse samt en forøgelse af produktets kvalitet. Dette er bl.a. årsagen til en del af energibesparelsen beskrevet i Case 2.

Tabel 7-14 Case 1: Sænkelse af procestemperaturen

Branche	Energiforbrug PJ/år	E: Besparelses- potentialet	A: Anvendelses- potentiale	I: Investerings- omkostning	D: Ændret D&V
		%	% af samlet energiforbrug til opvarmning/kogning	Kr./kWh	Kr./GJ/år
Asfalt	1,3	10	75	1,43	NA
Drikkevareindustri	0,7	10-19	5-10	0,1-0,5	NA
Øvrig fødevarerindustri	1,2	5-10	5-10	0,5	NA
Mejerier	1,5	5-10	5-10	0,1-0,5	NA
Fremstilling af foder	0,5	5-10	5-10	0,5	NA

Casebeskrivelse 2: Pasteurisering

Tunnelpasteurisatorer, der anvendes i drikkevareindustrien og øvrig anden fødevarerindustri, kan optimeres med hensyn til energiforbrug og vandforbrug. Carlsberg UK har installeret en ny tunnelpasteurisator fra Gerbocermex (Sidel), som forventeligt vil reducere energiforbruget med 20-25 %. Besparelsen opnås ved, at systemet ikke anvender en buffertank til varmt vand, hvor der ville være et standby-tab. Samtidig er brugen af interne varmvexlere blevet forbedret. Temperaturen holdes konstant, og man leder kun varmt vand ud til pasteuriseringszonerne efter behov. Derved mindsker man overforbruget af varme, som skal afkøles i sidste del af processen, hvor produktet afkøles. Ligeledes sørger man for i centrale zoner, hvor der skiftes fra en varmesektion til en kølesektion, at holde varmt og koldt vand adskilt, så der ikke sker en opblanding af varmt og koldt vand. Energiforbruget koncentrerer derfor til opvarmning/afkøling af produktet og interne tab, eller tab til omgivelserne reduceres. I tillæg har man udviklet et styringssystem, der mere præcist kan styre pasteuriseringsprocessen, så man optimerer varmebehandlingen af produktet, samtidig med at kvaliteten øges, og overpasteurisering undgås. Investeringen i et nyt pasteuriseringsanlæg er fra 500.000 til 1.000.000 euro alt efter størrelse. Kapaciteten er 20.000 til 120.000 flasker pr. time.

Et typisk anlæg anvender 4 m³/h vand, hvor det nye system reducerer vandforbruget til 1,5 m³/h. Dampforbruget er normalt 1160 kW og kan med det nye anlæg reduceres med 25 % til 986 kW.

Tabel 7-15 Case 2: Reduceret vand- og dampforbrug

Branche	Energi- forbrug PJ/år	E: Bespa- relses- potentia- let	A: Anvendelses- potentialet	I: Inve- sterings- omkost- ning	D: Æn- dret D&V
		%	% af samlet energiforbrug til opvarm- ning/kogning	Kr./kWh	Kr./GJ /år
Drikkevarein- dustri	0,7	15-25	5-10	10,5	NA
Øvrig anden fødevareindu- stri	1,2	15-25	5-10	10,5	NA

Case beskrivelse 3: Varmepumper til opvarmning af procesvand

Mange pasteuriseringsprocesser er opvarmet med damp eller hedt vand, men med nye varmepumpeteknologier er det blevet muligt at producere 90-100°C varmt vand, hvorved man kan udnytte varmepumpeteknologien til pasteuriseringsprocesser i drikkevareindustrien, på mejerier og i øvrig fødevareindustri, hvor pasteuriseringstemperaturen for produktet typisk ligger i området 60-85°C. Ved Arla Rødkærsbro har man installeret nye, store varmepumper, der udnytter overskudsvarmen fra isvandssystemet til opvarmning af pasteurisering. Hermed har man reduceret gasforbruget pr. ton produceret ost fra 60 m³ til 38 m³ svarende til en energibesparelse på 30-35 %, når man regner elforbruget med til varmepumperne.

Et andet eksempel på brug af varmepumper til produktion af varmt vand er hos Jensen Foods, hvor man har installeret en varmepumpe til produktion af varmt rengøringsvand. Anlægget udnytter overskudsvarmen fra køleanlægget. Varmepumpen er en CO₂ varmepumpe, der er i stand til at producere varmt vand ved 70°C. Systemet opvarmer en stor buffertank på 65 m³ med vand, der er 65-68°C varmt, og som bruges under rengøringen. Den opnåede energibesparelse til produktion af varmt rengøringsvand vurderes at være på 75-80 % set i forhold til den tidligere opvarmning af rengøringsvand med en oliekedel.

Tabel 7-16 Case 3: Varmepumpe til produktion af varmt vand

Branche	Energiforbrug PJ/år	E: Besparelses- potential	A: Anvendelses- potential	I: Investe- rings- omkost- ning	D: Æn- dret D&V
		%	% af samlet energiforbrug til opvarm- ning/kogning	Kr./kWh	Kr./GJ/ år
Mejerier	1,5	35-75	40-50	1,2-3,5	NA
Øvrig anden føde- vareindustri	1,2	35-75	45-50	1,2-3,5	NA
Fremstilling af sukker	1,1	35-75	25-0	1,2-3,5	NA
Landbrug	0,8	35-75	45-55	1,2-3,5	NA
Medicinal indu- stri	0,7	35-75	25	1,2-3,5	NA
Drikkevareindu- stri	0,7	35-75	25	1,2-3,5	NA
Slakterier	0,6	35-75	20-30	1,2-3,5	NA
Fremstilling af foder	0,5	35-75	25-30	1,2-3,5	NA

Opsummering af energisparepotentialer for cases.

De tre cases, som er udvalgt, er fordelt på brancher, som dækker 7,8 PJ af energiforbruget. Dette er ca. 48 % af det samlede energiforbrug for opvarmning/kogning. I regneværktøjet er data for de enkelte cases lagt ind, hvorefter det samlede energisparepotential kan beregnes. De udvalgte cases dækker ikke hele energisparepotential for energianvendelsesområdet, da dette vil skulle dækkes af en række helt specifikke energisparemuligheder, som ikke er omfattet af denne kortlægning. De udvalgte cases danner dog sammen med en generel vurdering fra adspurgte leverandører og eksperter grundlag for en revurdering af de gamle energisparepotentialer.

7.3.5 Energisparepotentialer: 2015-vurdering

I Tabel 7-17 er der vist en revurdering af energibesparelspotentialerne fra DEA & V&M(2010). Denne vurdering er udarbejdet på baggrund af den viden, der er opnået i forbindelse med udarbejdelsen af casene. De cases, som er arbejdet med, er de nye teknologier, som rammer bredest. Disse giver et samlet besparelspotential på 9 %, hvor det gamle potential var vurderet til ca. 25-30 % (10 år tbt). Case 1 omhandler energisparemuligheden 'reduceret energibehov' og case 2 og 3 'anlægsoptimeringer'. Hvis energisparepotential skal dækkes bredere, ville en case om styringer samt yderligere cases om anlægsoptimeringer være relevante.

COWI vurderer, at der ikke er nogen ændring i forhold til energisparepotentialerne på de øvrige områder.

Tabel 7-17 *Revurderet energisparepotentiale*

Energisparemulighed	Besparelse i alt [%]	Begrundelse
Reduceret behov	Uændret	Øget fokus og forskning inden for området; på få områder er det lykkedes på nuværende tidspunkt. Der vurderes derfor stadig at være et stort potentiale, specielt med introduktion af modelbaseret styringer.
Anlægsoptimering	Uændret	Der arbejdes kontinuerligt med at forbedre processerne, samt med at implementere VP til højtemperaturprocesser.
Styring/regulering	Forøget med 50 %	Med modelregulering (adaptive styringer) vurderes potentialet at være steget i forhold til tidligere betragtninger
Drift/vedligehold og adfærd	Uændret	Ændrer sig ikke.

Kilde: COWIs vurdering

Der er lavet en opsummering af energisparepotentialerne, jf. Tabel 7-18. For at kunne beregne de samlede energisparepotentialer er både besparelspotentialet og anvendelsespotentialet lagt ind i regneværktøjet. Potentialerne ses i forhold til samlede energiforbrug inden for opvarmning/kogning på 16,2 PJ.

Tabel 7-18 *Energisparepotentialer revurderet i forhold til 2010*

Energisparemulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale
Reduktion af behov	2 %	30 %	5 %	30 %	10 %	30 %
Anlægsoptimeringer	5 %	70 %	10 %	70 %	30 %	70 %
Styring/driftoptimering	2 %	60 %	3 %	60 %	5 %	60 %
Drift & vedligehold	2 %	50 %	2 %	50 %	2 %	50 %
Adfærd	2 %	35 %	2 %	35 %	2 %	35 %

7.4 Tørring

Energianvendelsesområdet tørring er en genganger i forhold til kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet fra 2010.

7.4.1 Teknologiens anvendelse

Tørringsteknologier finder anvendelse i stort set alle brancher, og i forbindelse med bearbejdelse af de fleste produkter, hvor vand, fugt og opløsningsmidler skal fjernes fra råvarer, halvfabrikata og færdigvarer i bearbejdningsprocessen.

Der findes flere hundrede forskellige former for tørringsteknologier. I nedenstående tabel er de mest fremtrædende og anvendte opført, da tabellen langtfra er fuldstændig.

Tabel 7-19 Mest fremtrædende tørringsteknologier

Tørringskategori	Teknologi	Brancher	Produkter
Konvektionstørring	Spraytørring Fluid bed tørring Rotorovns tørring Ovn tørring Kammer tørring Frysetørring Vakuamtørring Bånd tørring Overhedet damp	Mejerier Cementfremstilling Træindustri Teglfremstilling Metal Landbrug Bagerier Fiskeindustri (fiskeemel) Sukkerindustri Drikkevareindustri	Emner Pulver Granulat
Kontaktstørring	Valsetørring Tromletørring Skivetørring	Slagterier (benmel) Fiskeindustri Papirfremstilling Foderblandinger Sukkerindustri	Emner Pulver Granulat
IR-tørring	Infrarød tørring	Møbel Metal	Emner, træ, papir
Radiobølgetørring	Mikrobølgetørring Højfrekvent		Emner

Inden for de enkelte brancher anvendes der flere forskellige tørringsteknikker, hvilket kan relateres til enten det færdige produkt eller til alderen på de specifikke anlæg

7.4.2 Teknologiens udvikling

Den forrige kortlægning af energisparepotentialer i erhvervslivet (2010) indeholder en uddybende beskrivelse af teknologien i 2010 samt nye og kommende teknologier; desuden var der en beskrivelse af energibesparelsesmuligheder inden for

tørring. I rapporten fra 2010 blev følgende energibesparelsesmuligheder identificeret:

- › Nye processer
 - › Overhedet damp
 - › Højfrekvente bølger og mikrobølger
 - › Direkte afbrænding af naturgas
 - › Vakuamtørring
- › Varmegenvinding/ombygning
 - › Forbedret luftrenseteknologi
 - › Varmepumpeteknologi
 - › Mekanisk damp rekompresion (MVR)
 - › Varmegenvinding og redesign
- › Reduceret tørrebehov
 - › Mekanisk afvanding
 - › Naturlig tørring
 - › Flydende produkter
- › Styring/regulering
 - › NIR-styring
 - › Øget instrumentering m.m.
- › Vedligehold.

Generelt er der i de seneste fem år ikke kommet nye teknologier eller energisparemuligheder på markedet i forhold til ovenstående, men anvendelsen af varmepumper er blevet mere udbredt i hele produktionsindustrien og dermed også inden for tørringsprocesserne.

Inden for spraytørring er luftrensningsteknologien blevet forbedret, hvilket muliggør øget varmegenvinding fra spraytørringsprocesser. I lande umiddelbart syd for Danmark er man begyndt at se på affugtning af tørreluft til spraytørringsanlæg, som en mulighed for at reducere energiforbruget og sikre produktkvaliteten i varme og fugtige perioder. I takt med ændrede klimatiske forhold på vore breddegrader kan anvendelse af denne teknologi finde indpas i Danmark.

Udviklingen af varmepumper sker for øjeblikket med en hastighed, der er hurtigere end udviklingen i anvendelsen heraf. Derfor forventes potentialet for energibesparelser ved anvendelse af varmepumper til tørring fortsat at være højt.

Der er sket en markedsræssig udvikling i teknologier til tørring af primært overfladebehandlede emner, idet katalytisk infrarød tørring spås en stor fremtid i møbelindustrien, papirindustrien, metal- og maskinindustrien og i et vist omfang i den grafiske industri og fremstilling af foderblandinger. Teknologien blev introduceret i Danmark i starten af 00'erne blandt andet med støtte fra Energistyrelsen, men er først inden for de seneste par blevet implementeret i industrien.

Parallelt med den løbende og fortsatte optimering af eksisterende teknologier vurderes der at eksistere et væsentligt energibesparelspotentiale forbundet med optimeret styring af processer og udstyr. Der findes, udvikles og modnes dels en række instrumenter og metoder til online måling af proces og produktparametre, heriblandt NIR-måling, mikrobølgemåling og capacitive sensorer, og dels en række intelligente processtyringsprogrammer.

Ud over de nævnte teknologier og besparelsemuligheder blev der i 2013 udviklet og lanceret et beregningsværktøj "DryPack" af blandt andre Teknologisk Institut og DTU til brug for virksomheder og rådgivere inden for optimering af tørreprocesser. Den tilhørende rapport beskrev tre cases med virkelige anlæg (kartoffelmel og asfalttørningsanlæg), som blev analyseret med dette nye beregningsprogram, og der blev afdækket væsentlige besparelspotentialer ved varmegenvinding/procesintegration, rangerende fra 24 % til 54 %. Det må formodes, at dette værktøj fremadrettet vil afdække et stort energisparepotentiale, som efterfølgende vil blive implementeret.

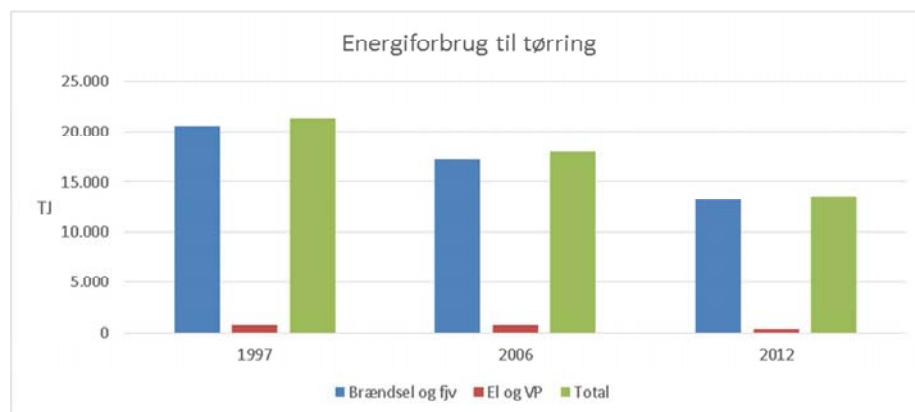
7.4.3 Energiforbruget anvendt til teknologien

Det samlede energiforbrug anvendt til tørring i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 13,6 PJ, hvilket svarer til 6,8 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet. Brændsel og fjernvarme udgjorde 96 % af energiforbruget til tørring, mens forbrug af el (herunder varmepumper) udgjorde de resterende 4 %.

Udviklingen i energiforbruget til tørring siden 1997 er gengivet i nedenstående figur. I forhold til den forrige kortlægning af energiforbruget i erhvervslivet udført i 2008 over 2006-data er energiforbruget til tørring i 2012 faldet med 25 %.

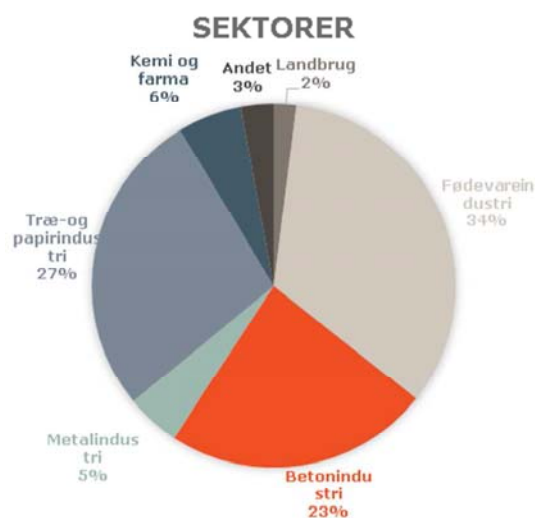
Årsagen til dette fald i energiforbruget skal blandt andet findes i lukningen af Dalum Papirfabrik og Solea i Århus. Dertil kommer, at en række store energiforbrugere inden for tørring har taget varmepumper til varmegenvinding i brug.

Figur 7-10 Energiforbrug til tørring

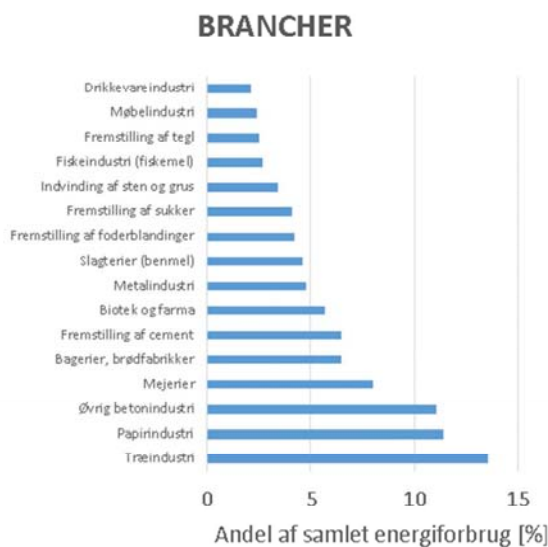


Fordelt på brancher ser energiforbruget til tørring i 2012 ud som angivet i nedenstående figur.

Figur 7-11 Energiforbrug til tørring fordelt på sektorer



Figur 7-12 Energiforbrug til tørring fordelt på brancher



Energianvendelsen til tørring domineres primært af tre brancheområder; fødevareindustrien, træ- og papirindustrien og betonindustrien. Tilsammen udgør disse sektorer 84 % af det samlede energiforbrug til tørring i erhvervslivet.

7.4.4 Energisparepotentialer: 2015-cases

Der er udvalgt tre cases inden for tørring. De udvalgte cases er inden for den branche, som har det største energiforbrug, samt de teknologier som kan anvendes bredt inden for en række brancher. Det er vores vurdering, at overfladebehandling med efterfølgende tørring og hærkning er en gennemgående proces i møbelindustrien, metalindustrien og maskinindustrien. Case 1 beskriver en teknologi til reduktion af energiforbruget i forbindelse med tørring af overfladebehandlede emner.

Teknikken kan desuden anvendes i en række andre brancher. I case 2 er fokus på træindustrien. Træindustrien er en af de største energiforbrugere trods reduktion i savværker og tørrestuer, og det er nedenfor kort beskrevet, hvordan energiforbruget til tørring af tømmer kan reduceres i case 2. Den tredje case omfatter anvendelse af online måling til optimering af produktkvalitet og reduktion af energiforbrug, idet dette vurderes at have generel anvendelse på tværs af brancherne.

For alle tre cases er besparelspotentiale, anvendelsespotentiale og investeringsomkostninger opgjort. Det har ikke været muligt klarlægge omkostninger til drift og vedligehold.

Casebeskrivelse 1: Katalytisk Infrarød tørring

Katalytisk infrarød tørring er en teknologi, der anvender en katalytisk reaktion mellem brændstof (gas), ilt og varme til at danne infrarød stråling. Gennem katalysatoren opnås en forbrændingsproces/oxidationsproces uden tilstedeværelse af en flamme og under den normale antændelsestemperatur for brændstoffet.

Infrarød tørring er særligt velegnet til tørring og hærdning af overfladebehandlede emner, som f.eks. inden for træ- og møbelindustrien og metalindustrien. Men anvendelsen kan med fordel også omfatte varmepåvirkning af plastmaterialer, tørring af korn, tekstiler og læder samt optøning af emner.

I forhold til konventionelle konvektionstørrekamre/-ovne, hvor overflader tørres og hærdes med opvarmet luft, vil katalytisk infrarød tørring kunne medføre energibesparelser på mellem 30 % til 90 %. En væsentlig årsag til dette skyldes, at det primært er de bestrålede emner, der opvarmes, og ikke den omgivende luft.

I tilgift til den store energibesparelse kan der opnås meget store driftsmæssige fordele, idet tørre- og hærdetid kan reduceres mange gange (eksempler på en faktor 7 er rapporteret).

Katalytisk infrarød tørring har desuden den fordel, at teknologien reducerer emissioner af TOC, herunder VOC fra tørring af blandt andet lakerede overflader, idet TOC-forbindelserne bliver anvendt i selve den katalytiske forbrændingsproces.

De brancher, hvor katalytisk infrarød tørring vil kunne anvendes, er primært:

- › Møbelindustrien
- › Metalindustrien
- › Papirindustri
- › Landbrug
- › Fremstilling af foderblandinger
- › Grafisk industri.

Potentialet for konvertering til katalytisk infrarød tørring vurderes at være højt, eftersom finanskrisen i 2008 og de efterfølgende år satte en midlertidig stopper for udbredelsen af teknologien.

En virksomhed, der overfladebehandler store maskinemner, har udskiftet en traditionel tørrekabine (tørring med varm luft) med en katalytisk infrarød tørrekabine.

Tørretiden i de traditionelle tørrekabiner var typisk på 18 timer med et energiforbrug på ca. 1.100-1.200 kWh. Med den nye katalytisk infrarøde tørrekabine blev tørretiden reduceret til to timer med et samlet energiforbrug på 250-300 kWh. Energiforbruget blev således reduceret med 75 %, samtidig med at tørretiden blev reduceret med knap 90 %.

Udskiftning til den nye tørrekabine betød desuden, at emissionerne af VOC fra lakken under tørringen blev reduceret med omkring 70 %, idet den katalytiske proces nedbrydes til flygtige organiske forbindelser.

Samlet vil virksomheden kunne opnå en årlig energibesparelse på 225-250 MWh på det tidligere forbrug på 900-1000 MWh/år. Investeringen i en ny katalytisk tørrekabine var omkring 2,5 millioner kr. Selvom tilbagebetalingstiden umiddelbart ser håbløs ud, betyder den øgede kapacitet (2 timer i stedet for 18 timer øger i princip kapaciteten med en faktor 9), at den nye tørrekabine er tjent hjem inden for 1,5 år. Den årlige besparelse på omkring 250 MWh svarer til en omkostningsreduktion på cirka 90.000 kr./år med en naturgaspris på 360 kr./MWh, eller 135.000 kr. på de 1,5 års faktiske tilbagebetalingstid. De øvrige ikke-energibaserede gevinster over de 1,5 år er således 2,15 millioner kr. Sammenlignet med energiforbruget før besparelsen er der således tale om en øvrig besparelse på mellem 2,15 og 2,4 kr./kWh

En anden væsentlig årsag til at virksomheden foretog udskiftningen, er den forbedrede kvalitet af overfladebehandlingen og en stærkt reduceret samlet hærdetid, som følge af infrarøde tørreprocesser.

Tabel 7-20 Case 1: Katalytisk Infrarød Tørring tørreproces

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelsepotentiale	A Anvendelsespotentiale	I Investeringsomkostning	N Øvrige gevinster
Møbelindustri	0,3	30-90 %	50 %	10 - 12 kr./kWh	~2,30 kr./kWh
Metalindustri	0,3	30-90 %	50 %	10-12 kr./kWh	~2,30 kr./kWh
Fremstilling af andre maskiner	0,2	30-90 %	50 %	10-12 kr./kWh	~2,30 kr./kWh
Fremstilling af motorkøretøjer	0,06	30-90 %	50 %	10-12 kr./kWh	~2,30 kr./kWh
Papirindustri	1,5	30-90 %	20 %	10-12 kr./kWh	~2,30 kr./kWh
Landbrug	0,3	30-90 %	25 %	10-12 kr./kWh	~2,30 kr./kWh
Fremstilling af foderbl. -	0,6	30-90 %	10 %	10-12 kr./kWh	~2,30 kr./kWh
Trykkerier	0,03	30-90 %	10 %	N/A	

Casebeskrivelse 2: Vakuamtørring

Vakuamtørring er en teknik til tørring af især trætømmer. Ved hjælp af vakuum og særlig kraftfuld ventilation styres tørreprocessen gennem styring af damptrykket i tørrekammeret. Processen foregår ved meget lavt tryk (<20 % vakuum).

Erfaringsmæssigt kan tørretiden reduceres med i størrelsesordenen 75 % i forhold til traditionelle tørrekabiner, der anvender tørring med varm luft. Da vakuumtørring foregår et i lufttomt miljø, medfører denne teknik desuden, at misfarvning af træet reduceres væsentligt i forhold til traditionelle teknikker.

Vakuumtørring kan primært anvendes inden for træindustrien, men der arbejdes på at udbrede teknologien til anvendelse i fødevareindustrien.

En producent af tømmer har udskiftet traditionelle tørreovne med et vakuumtørringsanlæg. Energiforbruget med de traditionelle tørreovne var årligt omkring 4.500 MWh. Med den nye vakuumtørreovn blev energiforbruget reduceret til en tredjedel.

Investeringen i den nye tørreovn var omkring 1,5 millioner kr. Selv med træflis som oprindelig varmekilde kunne investeringen tjenes hjem på omkring et år, idet der kunne opnås et betydeligt tilskud via energiselskabernes energispareindsats.

Tabel 7-21 Case 2: Udskiftning til vakuum tørringsanlæg

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelser- potentiale	A Anvendel- ses- potentiale	I Investe- rings- omkostning
Træindustri	1,8	60-70 %	25 %	0,5-0,6 kr./kWh
Fødevareindustrien	0,2	60-70 %	5 %	0,5-0,6 kr./kWh

Casebeskrivelse 3: Nær-infrarød lysmåling (NIR)

Traditionelt har industrien anvendt prøveudtag til måling af produktparametre i procesforløbet. Afhængig af produkt og måleparameter har analysearbejdet i laboratoriet taget timer, før resultaterne har været i hus. I langt de fleste tilfælde har processerne derfor været styret med en sikkerhedsmargin stor nok til, at variationer i råvarer, udeluft, energitilførsel m.m. ikke har ført til uacceptabel produktkvalitet.

Med online måling af de vigtigste produkt- og kvalitetsparametre er det muligt hurtigt at korrigere for variationerne og derfor styre tættere på de optimale procesparametre. Eksempelvis vil det være muligt at måle restfugtindholdet af et produkt, mens dette opholder sig i tørreprocessen og derved præcist fastsætte, hvornår tørringen kan stoppes. Derved undgås en forlængelse af tørreprocesstiden og overtørring for at være sikker på, at fugtindholdet overholder kvalitetskravet.

NIR-måling anvender infrarødt lys til bestemmelse af indholdet af fugt, fedt, protein og nikotin i det undersøgte produkt. Ud fra absorptionen af forskellige bølglængder i lysspektret kan indholdet af styringsparameteren (fugt m.m.) i produktet bestemmes, idet der forinden er opbygget en kalibreringsmodel. I forhold til at en laboratorieanalyse tager timer, måles responstiden på en NIR-måling i sekunder.

De brancher, hvor NIR-målinger vil kunne anvendes, er primært:

- › Fødevarerindustrien
- › Landbrug
- › Fremstilling af foderblandinger
- › Træindustri.

En væsentlig begrænsning i anvendelsen af NIR-målinger er dog, at metoden måler på overfladen af produktet. Hvor der er stor forskel på f.eks. fugtighed på overfladen i forhold til inde i produktet, kan metoden ikke anvendes til måling af sidstnævnte. Et eksempel er måling af træflis, der kan være væsentligt vådere på overfladen end inde i træet.

Potentialet for anvendelse af NIR-målinger eller anden online måling vurderes særdeles højt.

En frøfremstillingsfabrik har installeret NIR-målinger i forbindelse med tørringsprocessen, hvorved det har været muligt at etablere en automatisk styring af denne proces. NIR-målingerne giver fabrikken bedre muligheder for at styre tættere på de tilladte grænseværdier, idet fugtindholdet før kunne svinge $\pm 25\%$ af det ønskede.

Før installation af NIR-målingen brugte fabrikken 1,75 kWh pr. kg produkt til tørring. Dette energiforbrug blev reduceret til 1,6 kWh pr. kg, svarende til godt 9 %. Med en årlig produktion på omkring 500 tons har dette resulteret i en årlig energibesparelse på i størrelsesordenen 70.000 kWh ud af cirka 780.000 kWh/år. Med naturgas ville dette svare til en besparelse på cirka 25.000 kr./år med en naturgaspris på 360 kr./MWh.

Ud over de betydelige energibesparelser har NIR-målingen betydet, at der kunne frigives arbejdskraft til andre formål, eftersom NIR-målingen overflødiggjorde talrige prøveudtag og analyser i laboratoriet. Ved at øge vandindholdet i frøene til det maksimalt tilladelige kunne fabrikken øge kapaciteten på fluid bed-tørreren og samtidig forbedre indtjeningen på produktet.

Samlet investerede fabrikken i NIR-målingsudstyr, opstilling, software og kalibrering for et beløb på 305.000 kr.

Investeringen blev tjent hjem under 1½ år, idet den samlede besparelse beløb sig til 150-200.000 kr. Set isoleret i forhold til energibesparelsen var tilbagebetalingstiden 15 år.

De øvrige gevinster kan således værdisættes til 125-150.000 kr./år. I forhold til det nye forbrug er den øvrige gevinst altså cirka 0,2 kr./kWh.

Tabel 7-22 Case 3. NIR-måling

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning kr./kWh	N Øvrige gevin- ster kr./kWh
Fødevareindustri (7-10 & 12-15)	3,7	5-15 %	25-35 %	2,5-7,5	0,20
Landbrug (1-6)	0,3	5-15 %	5-15 %	2,5-7,5	0,20
Fremst. foderbl. (11)	0,6	5-15 %	30-45 %	2,5-7,5	0,20
Træindustri (18- 19)	1,8	5- 5 %	5-10 %	2,5-7,5	0,20
Kemi+Farma (21- 26)	0,5	5-15 %	8 %	2,5-7,5	0,20

Opsummering af energisparepotentialer for cases. De tre cases som er udvalgt er fordelt på brancher som dækker 12 PJ af energiforbruget. Dette er ca. 90% af det samlede energiforbrug for tørring. I regneværktøjet er data for de enkelte cases lagt ind, hvorefter det samlede energisparepotentiale er muligt at beregne. De udvalgte cases dækker ikke hele energisparepotentialet for energianvendelsesområdet, da dette vil skulle dækkes af en række helt specifikke energisparemuligheder, som ikke er omfattet i denne kortlægning. De udvalgte cases danner dog sammen med en generel vurdering fra adspurgte leverandører og eksperter grundlag for en revurdering af de gamle energisparepotentialer.

7.4.5 Energisparepotentialer: 2015-vurdering

I Tabel 7-23 er lavet en revurdering af energisparepotentialerne fra DEA & V&M(2010). Denne vurdering er udarbejdet på baggrund af den viden der er opstået i forbindelse med udarbejdning af cases. De cases, der er arbejdet med, er de nye teknologier, som rammer bredest. Disse giver et samlet besparelsespotentiale på 15-20 %, hvor det gamle potentiale var vurderet til ca. 25-30 %. Case 1 og 2 er i energisparemuligheden nye processer og case 3 i kategorien styring og regulering. Hvis der skal dækkes bredere så ville det hjælpe med en case med MVR og VP.

COWI vurderer, at der ikke er nogen ændring i forhold til energisparepotentialerne på de øvrige områder

Tabel 7-23 *Revurdering af energisparepotentialerne fra DEA & V&M(2010)*

Energisparemulighed	Potentiale	Begrundelse
Reduceret tørrebehov	Uændret	Stort set kun mejeriindustrien har rigtigt taget teknologien i brug. Stadig et potentiale, da blandt andet modelbaseret regulering kan optimere forbehandling før tørring.
Styring/regulering	Forøget med 50 %	Stort potentiale med modelbaseret regulering og med NIR. (case 3)
Varmegenvinding/ombygning	Uændret	I takt med udvikling og introduktion af varmepumpe-teknologien vil mulighederne for varmegenvinding internt i tørreprocessen stadig være til stede, selvom stort set alle fødevarer-virksomheder og en række virksomheder i beton-industrien er godt i gang med optimeringer. Det vurderes også, at det nye software DryPack vil føre til øget optimering af en række tørreprocesser.
Nye processer	Uændret	Selvom MVR teknologien er blevet indført i industrien, så er det primært de store anlæg, der har været på banen. Der udvikles forsat på mindre MVR anlæg. Anvendelse af overhedet damp er stadig aktuelt og anvendelse af katalytisk infrarød tørring har et potentiale. (case 1 og 2)
Vedligehold og adfærd	Uændret	

Kilde: COWIs vurdering

Der er lavet en opsummering af energisparepotentialerne, jf. Tabel 7-24. For at kunne beregne det samlede energisparepotentialer, så er både besparelspotential og anvendelsespotential lagt ind i regneværktøjet. Potentialerne ses i forhold til samlede energiforbrug inden for tørring på 13,6 PJ.

Tabel 7-24 Energisparepotentialer revurderet i forhold til 2010

Energisparemulig- hed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelser- potentiale	Anvendelses- potentiale	Besparelser- potentiale	Anvendelses- potentiale	Besparelser- potentiale	Anvendelses- potentiale
Reduceret tørrebe- hov	2 %	50 %	5 %	40%	10 %	30 %
Styring/regulering	5 %	75 %	8 %	60%	10 %	45 %
Varmegenvin- ding/ombygning	10 %	5 %	15 %	20%	30 %	30 %
Nye processer	30 %	5 %	30 %	10%	50 %	20 %
Vedligehold	2 %	50 %	2 %	50%	1 %	30 %
Adfærd	1 %	50 %	1 %	50%	1 %	30 %

7.5 Belysning

Energianvendelsesområdet belysning er en genganger i forhold til kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet fra 2010.

7.5.1 Teknologiens anvendelse

Den indendørs belysning omfatter almen belysning i arbejdslokaler og færdsels-arealer samt arbejdsbelysning på arbejdspladserne. Tilsammen skal den faste belysning og arbejdsbelysningen opfylde kravene i DS700 – kunstig belysning i arbejdslokaler. 2015 kan nærmest defineres som et transitionsår, hvor den eksisterende belysningsstandard DS700 ved årsskiftet 2016 erstattes af DS/EN12464-1. Dette betyder, at man allerede fra midten af 2015 kan vælge at projekttere efter den nye standard. Den nye standard er en europæisk standard, der fremover bliver gældende i Danmark. DS/EN12464-1 omhandler belysning på indendørs arbejdspladser og stiller generelt højere luxkrav til arbejdspladser, hvilket påvirker energiforbruget. Der er også en tendens til, at der fremover vil blive fokuseret på dynamisk lys på arbejdspladser. Dette har betydning for styringen, men vil ikke påvirke energiforbruget nævneværdigt. For at kunne overholde de nye energikrav i BR15 vil det være nødvendigt fremadrettet at anvende armaturer med høj virkningsgrad og lavt energiforbrug samt intelligent styring.

Der findes en række forskellige belysningsformer, hvoraf de mest fremtrædende og anvendte er angivet i nedenstående tabel:

Tabel 7-25 Mest fremtrædende belysningsformer

Kategori	Teknologi	Brancher
Kategori	Teknologi	Brancher
Almen belysning	LED-lyskilder T5-lysstofrør T8 både lysstofrør LED-retrofit lyskilde	Alle
Særbelysning	Vækstlys LED Vækstlys HPS- højtryksnatrium Metalhalogen LED	Gartnerier Kultur og fritid
Accentuerende effektbelysning	LED-lyskilder Retrofit LED-lyskilder Kompakt lysstofrør Metalhalogen	Rejsebureauer Information og kommunikation Hoteller Ejendomshandel og udlejning Videnservice Kultur og fritid Restauranter Bilhandel og -værksteder Detailhandel

7.5.2 Teknologiens udvikling

DEA & V&M(2010) indeholder en uddybende beskrivelse af teknologien i 2010 samt en kort beskrivelse af nye og kommende teknologier. Kortlægningen indeholder desuden en beskrivelse af energibesparelsesmuligheder inden for belysning. Følgende energibesparelsesmuligheder blev fremhævet i DEA & V&M(2010):

- › Udskiftning af lyskilder:
 - › T8-lysstofrør med konventionel forkobling skiftes til T5-lysstofrør med HF-forkobling
 - › Halogenglødelamper skiftes til metalhalogen
 - › Glødelamper skiftes til lysstofrør, kompaktlysstofrør, sparepærer eller LED.
- › Afskærmning
 - › Opalafskærmning skiftes til gitterafskærmning
 - › Direkte lysende anvendes frem for indirekte lysende armaturer
 - › Gamle armaturer udskiftes til nye armaturer med højere virkningsgrad.
- › Lysstyring
 - › Kontinuer regulering
 - › Dagslyssensorer
 - › Bevægelsesmeldere.
- › Vedligehold.

Udviklingen af LED er gået hurtigere end forventet. I dag installeres flere og flere belysningsanlæg udelukkende med LED-armaturer. Efterhånden er LED-armaturer

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.

Der er i disse år er særlig fokus på gadebelysningen. Dette skyldes først og fremmest et EU-direktiv, der betyder, at der fra 2015 ikke længere må produceres nye lyskilder med kviksølv til brug i EU. Mange kommuner står derfor over for at skulle skifte gadebelysningen i løbet af de næste år, og mange er allerede i gang. Bl.a. Københavns Kommune, der udelukkende vil have LED, når udskiftningen af omkring 44.000 lyskilder er komplet, hvilket vil give en forventet el-besparelse på 57 % i 2016 sammenlignet med elforbruget i 2010.

Århus Kommune regner med at udskifte næsten 29.000 gadelamper. Det skønnes at koste mellem 160 og 175 millioner kroner og gennemføres frem til 2018.

På landsplan vil gadebelysning nok være det største område, der bliver berørt inden for udskiftning af belysningsarmaturer og lyskilder. Dette område vil ikke blive berørt yderligere i denne rapport, da det ikke falder under industri.

Producenterne fokuserer i højere grad på LED-armaturer pga. den lange levetid og høje energieffektivitet. Omkring 70 % af alle solgte armaturer i dag LED-armaturer. Med introduktionen af nye energieffektive lyskilder og udfasningen af både glødepæren og mange halogenlyskilder er der samtidig blevet introduceret en del nye begreber i omtalen af lys. F.eks. lumen output, RA-værdi og kelvingrader, hvilket har sat fokus på lysets egenskaber. Hvor det tidligere, med introduktionen af sparepærer, handlede om energi, handler der nu også i høj grad også om kvaliteten af lys.

Der sælges generelt 30 % færre konventionelle lyskilder om året. Konventionelle lyskilder såsom lysstofrør og metalhalogen anvendes i høj grad, og belysningsanlæg med lysstofrør med konventionel forkobling eksisterer stadig i meget stor udstrækning. Fremover kommer der til at ske større udskiftning til LED-retrofitrør, da de efterhånden er blevet mere effektive og kan udskiftes direkte med T8-rør og T5-rør. Alt efter alder på anlægget kan det være mere økonomisk fordelagtigt end at skifte hele armaturet.

Metalhalogen kan i enkelte tilfælde stadig være fordelagtig at anvende. Dette gælder især i højloftede rum med luxniveauer omkring 1000 lux på gulv, f.eks. til TV-transmission. *Med udfasningen af en stor del af halogenlyskilder i 2015/2016 vil udviklingen ligge op af den generelle udskiftning, vi ser inden for konventionelle lyskilder.*

LED-lyskilden har haft nogle udfordringer, da lyset oprindeligt var for kraftigt og forårsagede blænding. Dette er efterhånden kommet under kontrol, og armaturproducenterne har nu mulighed for at udvikle optikker og afskærmninger, der kan kontrollere og udnytte lyset bedst muligt. Udviklingen af afskærmninger til LED-armaturer har de seneste år været i rivende udvikling, og de skærpede energikrav

har også skubbet til udviklingen af afskærmninger, der udnytter lysudbyttet mest muligt. Nye belysningsarmaturer har ofte virkningsgrader, der ligger 15-20 % højere end konventionelle armaturer.

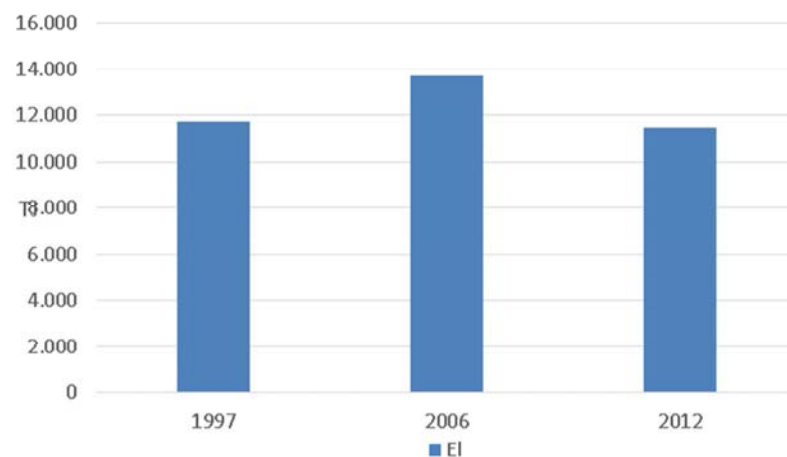
Med de kommende skærpede energikrav i BR 2015 og højere krav til belysning i DS/EN12464-1 på vej vil automatisk styring af lyset have en markant betydning for opnåelse af højere lysniveauer kontra energikrav. Sammen med energieffektive lyskilder er det nødvendigt at reducere lysforbruget – enten ved at slukke lyset, når der ikke er mennesker til stede eller regulere det i forhold til mængden af naturligt lys i lokalet.

7.5.3 Energiforbruget anvendt til teknologien

Det samlede energiforbrug anvendt til belysning i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 11 PJ, hvilket svarer til 5,8 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet og 19,8 % af det samlede elforbrug i erhvervslivet.

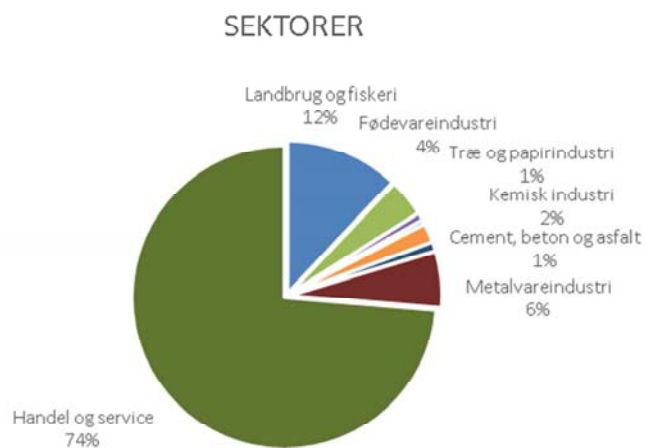
Udviklingen i energiforbruget til belysning siden 1997 er gengivet i nedenstående diagram.

Figur 7-13 Energiforbrug til belysning

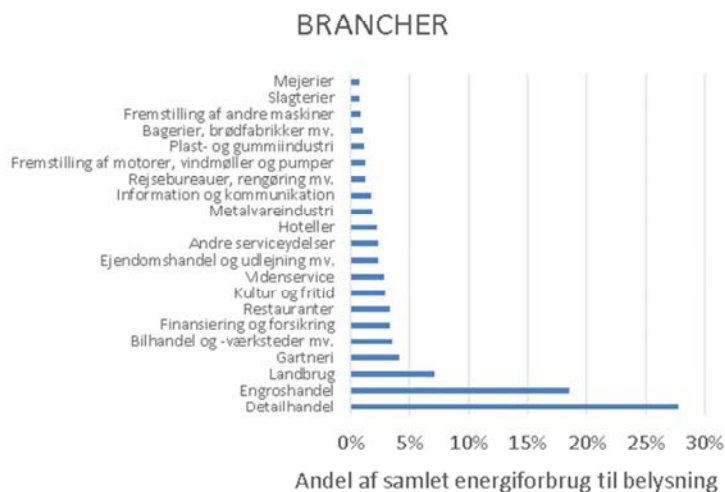


Fordelt på brancher ser energiforbruget til belysning i 2012 ud som angivet i nedenstående figur.

Figur 7-14 Energiforbrug til belysning fordelt på sektorer



Figur 7-15 Energiforbrug til belysning fordelt på brancher



Energianvendelsen til belysning domineres primært af handels- og servicebranchen, der står for 74 % af det samlede energiforbrug til belysning i erhvervslivet.

7.5.4 Energisparepotentialer: 2015-cases

For belysning er der udvalgt tre cases. Disse cases er udvalgt, da de har anvendelsespotentiale i samtlige brancher, og da de dækker de grundlæggende muligheder for energioptimering. Det skal bemærkes, at løsninger anvendt i brancher med det største energiforbrug til belysning også vil kunne finde anvendelse i andre brancher og omvendt. De tre cases repræsenterer forskellige muligheder for at optimere belysningsanlæg. Hver case kan ses som et enkeltstående eksempel. Alternativt kan man koble de tre eksempler sammen og få en større helhed. Energianvendelsen til belysning domineres primært af handels- og servicebranchen, der står for 74 % af det samlede energiforbrug til belysning i erhvervslivet.

Casebeskrivelse 1: Udskiftning af armaturer og lyskilde

Udskiftning af armaturer vil ofte betyde overgang til ny og mere energivenlig lyskilde. I enkelte tilfælde kan man udskifte lyskilden direkte med en mere energieffektiv type, i andre tilfælde skal hele armaturet udskiftes.

Energiberegninger peger på, at konventionelle belysningsarmaturer, der udskiftes til LED, bliver tjent hjem i løbet af en forholdsvis kort årrække – afhængig af driftstiden. LED-lyskildernes lange levetid, høje virkningsgrad og lave energiforbrug gør, at eksisterende lyskilder som T8-lysstofrør, T5-lysstofrør, metalhalogen, sparepærer og kompaktlysstofrør med fordel kan udskiftes til LED-lyskilder i nye armaturer. Den største gevinst ved at udskifte til LED opnås på anlæg med høj driftstid og højt eksisterende energiforbrug.

Tidligere har gennemsnitsforbruget for belysningsanlæg med T5-rør ligget på omkring 5-7W/m² for lokaler med belysningsniveau på 200 lux. I dag er det muligt med en LED-løsning at få elforbruget ned på 2,5-4 W/m² for rum med 200 lux.

En fordeling på området inden for industriproduktion med gamle/eksisterende belysningsanlæg ligger på 50 % T8-lysstofrør, 48 % T5-lysstofrør og 2 % LED-retrofitrør. Det er især disse anlæg, der kan give store energibesparelser ved udskiftning til LED, hvad enten det er hele armaturet eller kun lyskilden, der skiftes.

Andelen af belysningsanlæg, der installeres med LED, er næsten fordoblet inden for de sidste par år. En stigning der forventes at fortsætte fremover, da armaturproducenterne efterhånden udelukkende producerer belysningsarmaturer med LED-lyskilder. Industrien er dog stadig afventende med at foretage de store investeringer i totaludskiftninger, da tilbagebetalingstiden på LED-armaturer stadig er høj i forhold til udskiftning til retrofit lyskilder med LED. Dette skyldes bl.a. den fordelagtige pris, industrien betaler for el. Belysningsanlæg med T8-rør kan med fordel blive skiftet til nye armaturer med LED-lyskilder, da de nye armaturer har en højere virkningsgrad og større effektivitet, der vil kunne reducere ikke kun antallet af armaturer, men også i energiforbruget.

Nedenstående billeder viser forskellen mellem et eksisterende belysningsanlæg med T8-lysstofrør og et nyt belysningsanlæg med LED. Selvom armaturerne er skiftet fra en ellers effektiv betaafskærmning til en opal-afskærmning, produceres der mere lys med mindre energi. Begge belysningsanlæg har lyskilder med RA 80 og 3000K. Oplevelsen af de to lyskilder er meget forskellig.

Figur 7-16 Belysningsanlæg med 3X18W T8-lysstofrør.



Figur 7-17 Belysningsanlæg med 38W LED-lyskilder.



De to nedenstående tabeller angiver besparelsespotentialer for udskiftning af hhv. armatur med lysstofrør og armatur med halogen til LED-kilde. Det ses, at det største besparelsespotentiale er fra armatur med halogen, da lysstofrør er mere energieffektive end halogenlyskilder.

Tabel 7-26 Udskiftning af armatur med lysstofrør til nye armatur med LED-lyskilde

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelses- potentiale	A Anvendelse- potentiale	I Investerings- omkostning
Alle	11	30-40 %	30 %	2,5-3,5 kr./kWh

Tabel 7-27 Udskiftning af armatur med halogen til LED-lyskilde

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelses- potentiale	A Anvendelse- potentiale	I Investerings- omkostning
Detailhandel	3,2	50-90 %	25-35 %	0,5-2,5 kr./kWh
Kultur og fritid	0,3	50-90 %	35-45 %	0,5-2,5 kr./kWh
Restauranter	0,4	50-90 %	40-50 %	0,5-2,5 kr./kWh
Hoteller	0,3	50-90 %	25-35 %	0,5-2,5 kr./kWh

Casebeskrivelse 2: Optimering af belysningsanlæg

I forbindelse med udskiftning af belysningsanlæg kan det være fordelagtigt at re-vurdere hele lysdesignet. En optimering af belysningsanlægget omfatter bl.a. ud-vælgelse af de korrekte armaturer til opgaven, optimering af funktionen af lyset samt korrekt planlægning af lyset. En optimering af et belysningsanlæg betyder ikke nødvendigvis færre armaturer end oprindeligt. Der kan dog forekomme situati-oner, hvor den eksisterende belysning ikke har været tilstrækkelig, og man derfor er nødt til at øge antallet af armaturer. Med implementering af en LED-løsning vil flere armaturer endda kunne give en energibesparelse i forhold til den eksisterende løsning. Ud over at kunne påvirke antallet af armaturer og deres placering kan op-timering af belysningsanlægget også medføre yderligere forbedringer. Dette kunne f.eks. være påvirkning og forbedring af arbejdsmiljøet for de ansatte eller bedre oplevelser for kunder og dermed merværdi for virksomheden, eksempelvis inden for brancher som hoteller, kultur og fritid, restauranter og detailhandel.

I de følgende caseeksempler er der blevet taget udgangspunkt i en optimering af belysningsanlægget, hvor valg og antal af armaturer er optimeret for bedste lysud-bytte og laveste energiforbrug.

Tabel 7-28 Optimering af belysningsanlægget - Udskiftning af gang- og trappebelysning – kompakt lysstofrør til LED

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning
Hoteller	0,3	40-70 %	25-35 %	1,5-3,5 kr./kWh
Finansiering og forsikring	0,4	40-70 %	35- 45 %	1,5-3,5 kr./kWh
Videnservice	0,3	40-70 %	35- 45 %	1,5-3,5 kr./kWh
Ejendomshandel	0,3	40-70 %	35- 45 %	1,5-3,5 kr./kWh
Information og kommunikation	0,2	40-70 %	35-45 %	1,5-3,5 kr./kWh

Tabel 7-29 Optimering af valg og placering af lysarmatur

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning
Detailhandel	3,2	30-60 %	5-15 %	1,5-3,5 kr./kWh
Kultur og fritid	0,3	30-60 %	15-25 %	1,5-3,5 kr./kWh
Hoteller	0,3	30-60 %	10-20 %	1,5-3,5 kr./kWh

Casebeskrivelse 3: Lysstyring

Styring af belysningsanlægget handler om at nedbringe forbruget, når behovet er mindst, for derved at reducere energiforbruget til belysning. Der, hvor behovet for kunstig belysning er lavest, er typisk, når der er tilstrækkelig adgang til dagslys eller, når der ikke er mennesker til stede i rummet. Derfor deler man typisk lysstyring op i to principper: Dagslysstyring og bevægelse.

Dagslysstyring styrer belysningsanlægget efter mængden af naturligt lys i lokalet. Styringen består af en lux-sensor koblet til belysningsarmaturer, der typisk dæmpes efter 1-10V eller DALI. Dagslysstyring kræver naturligvis adgang til dagslys og har derfor størst effekt tættest ved vinduerne. Det kan derfor også være en fordel at zoneopdele styringen alt efter, hvor der er størst tilskud af dagslys.

Tilstedeværelsesstyring styrer lyset efter bevægelse i rummet. Tilstedeværelsen registreres af bevægelsessensorer, der registrerer bevægelse via lyd eller en infrarød sensor (PIR). Lyset kan enten tændes og slukkes ved bevægelse eller tændes manuelt og slukkes, når brugeren har forladt lokalet. Tilstedeværelsesstyring fungerer bedst i små lokaler med få beskæftigede.

Typisk vil man benytte begge lysstyringsprincipper i kombination, for at opnå mest mulig reduktion af energiforbruget.

Lyskilden, der anvendes, har også stor indvirkning på, hvilket lysstyringsprincip der kan anvendes. Eksempelvis er dæmpning af lyset med dagslysstyring mere effektivt på LED-lyskilder, da de tændes/slukkes med det samme og ikke slides på samme måde som lysstofrør.

I de følgende eksempler er udgangspunktet et belysningsystem, der ikke har automatisk styring, dvs. med manuel on/off, og hvor forskellige lysstyringskoncepter bliver benyttet.

Tabel 7-30 Udskiftningsscases uden automatisk styring - bevægelse og tilstedeværelsesmelder

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelser-potentiale	A Anvendelses-potentiale	I Investerings-omkostning
Finansiering og forsikring	0,4	20-40 %	5 %	3,0-4,0 kr./kWh
Videnservice	0,3	20-40 %	5 %	3,0-4,0 kr./kWh
Ejendomshandel og udlejn.	0,3	20-40 %	5 %	3,0-4,0 kr./kWh
Information og kommunikation	0,2	20-40 %	5 %	3,0-4,0 kr./kWh

Tabel 7-31 Udskiftningsscases uden automatisk styring - dagslys + bevægelse

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelser-potentiale	A Anvendelses-potentiale	I Investe-rings-omkostning
Finansiering og forsikring	0,4	25-50 %	5 %	3,5-5,0 kr./kWh
Videnservice	0,3	25-50 %	5 %	3,5-5,0 kr./kWh
Ejendomshandel og udlejning	0,3	25-50 %	5 %	3,5-5,0 kr./kWh
Information og kommunikation.	0,2	25-50 %	5 %	3,5-5,0 kr./kWh
Landbrug	0,8	50-70 %	15 - 25 %	1,5-2,5 kr./kWh
Gartnerier	0,5	50-70 %	25 - 35 %	1,5-2,5 kr./kWh
Metalvareindustri	0,2	50-70 %	20 - 30 %	1,5-2,5 kr./kWh
Fremst. af motorer m.m.	0,03	50-70 %	20 - 30 %	1,5-2,5 kr./kWh
Plast og gummiindustri	0,1	50-70 %	20 - 30 %	1,5-2,5 kr./kWh

Opsummering af energisparepotentialer for cases.

De udvalgte cases har belyst, hvor det er muligt at opnå et besparelspotentiale. Casen omhandlede armaturer og lyskilder og er repræsentativ for alle brancher. Hvis et gammelt belysningsanlæg skal udskiftes, vil det i hovedparten af tilfældene i dag være fordelagtigt at overgå til nye armaturer med LED med de bedre virkningsgrader og bedre distribution af lyset, som denne teknologi. I nye armaturer er afskærmningen tilpasset LED-lyskilder. Dette er ikke tilfældet når man skifter til en retrofit LED-lyskilde. Det vurderes, at der ligger et stort besparelspotentiale inden for mange af industriens områder. Virksomhederne kan dog være tilbageholdende med at foretage de store investeringer pga. korte lejemål, eller fordi de ikke selv står for driften af belysningsanlæggene.

Producenterne peger på, at tilbagebetalingstiden på nye belysningsanlæg med LED-lyskilder er faldet kraftigt de seneste år og efterhånden er ved at nå et niveau, hvor valget af armaturer med LED-lyskilder er mere attraktivt end en konventionel løsning. I case 2 blev besparelspotentialet ved optimering af belysningsanlæg demonstreret.

Ved optimering af belysningsanlæg kan det være en fordel at inddrage professionelle lysdesignere i processen. Ikke kun for at øge lyskvaliteten og spare energi, men i høj grad også for at høste den merværdi et godt lysdesign kan skabe for virksomheder. Dette er ikke kun gældende i detailhandlen, som er den branche, der konsumerer mest energi, men i høj grad også mange andre brancher. I case 3 er angivet besparelspotentialet ved lysstyring. Ved at installere den rette lysstyring kan der opnås store energibesparelsemuligheder. Lysstyring inddeles i to principper: Dagslysstyring og bevægelse. Typisk vil man benytte en kombination af begge lysstyringsprincipper for at opnå den største reduktion i energiforbruget.

De cases, som er blevet udvalgt, dækker hele energiforbruget for belysning på 11 PJ.

7.5.5 Energisparepotentialer – 2015-vurdering

Tabel 7-32 giver en revurdering af energisparepotentialerne fra DEA & V&M(2010). Denne vurdering er udarbejdet på baggrund af den viden, der er opnået i forbindelse med udarbejdelsen af casene, og danner sammen med en generel vurdering fra adspurgte producenter af armaturer og lyskilder samt andre belysningseksperter grundlag for en revurdering af de gamle energisparepotentialer.

Case 1 indgår i vurderingen af besparelspotentialet for effektive armaturer og afskærmning, samt i kategorien for udskiftning af lyskilder. Case 2 indgår i vurdering af planlægning af lyset efter indretningsplan.

Tabel 7-32 Revurdering af energisparepotentiale fra DEA & V&M(2010)

Energisparemulighed	Potentiale	Begrundelse
Mere effektive lyskilder	Fordoblet	LED-lyskilder har gjort udskiftning mere energisparende end udskiftning til konventionelle lyskilder. Case 1 indgår her.
Bevægelsesmeldere	Uændret	Har ikke givet større potentiale ift. 2010. Vurderet på baggrund af case 3.
Lysere rumfarve	Uændret	Stadig stort men uændret potentiale ved at planlægge lyset korrekt ift. indretning. På baggrund af case 2.
Effektive armaturer og af-skærmning	Fordoblet	Der kan spares ved at vælge armaturer med høj virkningsgrad og microprismatisk- eller betaafskærmning. På baggrund af case 1
Lysstyring-dagslys	Uændret	Har ikke givet større potentiale ift. 2010.

Der er lavet en opsummering af energisparepotentialerne, jf. Tabel 7-24. For at kunne beregne det samlede energisparepotentiale, er både besparelspotentialet og anvendelsespotentialet lagt ind i regneværktøjet. Besparelspotentialet i 2015-revurderingen er ganget på energiforbruget for belysning, som er på 11 PJ.

Tabel 7-33 Energisparepotentialer revurderet i forhold til 2010

Energisparemulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale
Mere effektive lyskilder	60 %	18 %	60 %	18 %		
Bevægelsesmeldere	10 %	25 %	10 %	25 %		
Lysere rumfarve	10 %	25 %	10 %	25 %		
Mere effektive armaturer			20 %	20 %		
Lysstyring			80 %	5 %		
Adfærd	2 %	100 %	2 %	100 %		
Total udskiftning af belysning med mere effektive lyskilder, armaturer, inkl. lysstyring og bevægelsesmeldere					75 %	90 %

7.6 Kedel- og nettab

Energianvendelsesområdet kedel- og nettab er en genganger i forhold til kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet fra 2010.

7.6.1 Teknologiens anvendelse

Kedel- og distributionsanlæg anvendes primært til rumopvarmning, procesvarme og varmvandsproduktion i industrien, hvor formålet er kogning, tørring og opvarmning af forskellige processer. Anlæggene kan deles op i følgende kategorier:

Tabel 7-34 Mest fremtrædende kedel- og nettab

Kategori	Teknologi	Brancher	Brændsler
Biomassekedel	Halmfyret	Landbrug	Halm

7.6.2 Teknologiens udvikling

Den forrige kortlægning af energibesparelsepotentialer i erhvervslivet (2010) indeholdt en uddybende beskrivelse af teknologien i 2010 samt nye og kommende teknologier. Desuden indeholdt den en beskrivelse af energibesparelsemuligheder inden for kedel- og nettab. I rapporten fra 2010 blev der fundet frem til følgende energibesparelsemuligheder:

- › Economisere blev i rapporten fra 2010 vurderet til at have et væsentligt potentiale i forbindelse med optimering af industrille kedelanlæg. Economisere bruges primært til opvarmning af forbrændingsluft, spædevand og kondensat til kedler samt til opvarmning af lavtemperatursystemer.
- › Det blev konkluderet, at etablering af iltstyring vil reducere luftoverskudet og dermed røggastabet. Dette vil imidlertid ikke være rentabelt på kedler mindre end 1 MW. Umiddelbart er besparelsen ikke større end 1 % af brændselsforbruget.

Der er ifølge leverandører ikke sket den store udvikling i almindelige brændselsfyrede kedler gennem de sidste fem år. Teknologien i kedler er stort set på samme niveau som i 2010 rapporten. Der, hvor der sker en udvikling, er primært på automatiseringsdelen af kedler og brændere. Hvis der installeres en economiser på en oliekedel, så røggassen kommer under dugpunkt temperaturen, vil der pga. svovlindholdet i røggassen dannes svovlsyre. Dette forhindrer kondenserende drift på oliekedler, hvis man ikke benytter fyringsolie med et lavt svovlindhold og rustfri røgafræk. Dog er de fleste industrifyrede kedler i dag gasfyrede. På brænderen udvikles der primært i optimering af selve styringsenheden (automatikstyringen).

Brændere og iltstyring

Der er ifølge leverandørerne kun sket små mekaniske ændringer på brændere, mens der på iltstyring og det elektroniske område er kommet mere fokus på opti-

mering. Ved udskiftning af en 15-års brænder uden styring til en nyere model med optimeret elektronik opnås en besparelse på omkring 4 %.

Ifølge eksperter er udskiftning dog kun rentabelt for kedler, der er større end 1 MW, hvor besparelsen vil være 1-2 % ved udskiftning af brændere, som er fem år. Hvis krav om yderligere NO_x-reducering bliver indført påkrævet, kan udskiftning også komme på tale.

Biobrændselsanlæg

Selvom der kan være store miljømæssige og økonomiske gevinster, vælger mange produktionsvirksomheder ikke at satse på konvertering til biobrændsel, da afskrivningspotentialet er bedre i selve produktionen eller fabrikken, men teknologien inden for biomasseovne er et område, der er under udvikling. Ved optimering af eksisterende biobrændselsanlæg monterer man som regel varmepumper i forbindelse med lavtemperatursystemer.

Det kan være krævende at få biomassekedler til at køre optimalt, bl.a. fordi at fugtindholdet i brændslet varierer.

Inden for landbruget udgør halmfyrede biobrændselsanlæg et stort potentiale for optimering, da disse anlæg typisk har omkring 55 % i virkningsgrad. Energiforbruget for halmfyret kedler, udgør 58 % af det samlede brændselsforbrug i landbruget.

Automatikstyring

Ifølge leverandørerne videreudvikles automatiseringen af kedelsystemer og brændere løbende. Kedelcentraler overgår i højere grad til ubemandet drift, og optimering er med hensyn til bundblæsning og afsaltning blevet afløst af automatikstyring og registrering af ledningsevnen, som er kedelvandskvaliteten.

Bundblæsning af dampkedler vil kun blive gjort, når det er nødvendigt i stedet for et fast antal gange dagligt. Kuliltestyring er blevet videreudviklet sammen med iltstyringen på selve brænderen. Gaskvaliteten i distributionsnettet varierer med en varierende brændværdi til følge. For at undgå kulilte dannelse bliver der ud over iltstyringen også kontrolleret for kulilte i forbrændingen.

7.6.3 Energiforbruget anvendt til teknologien

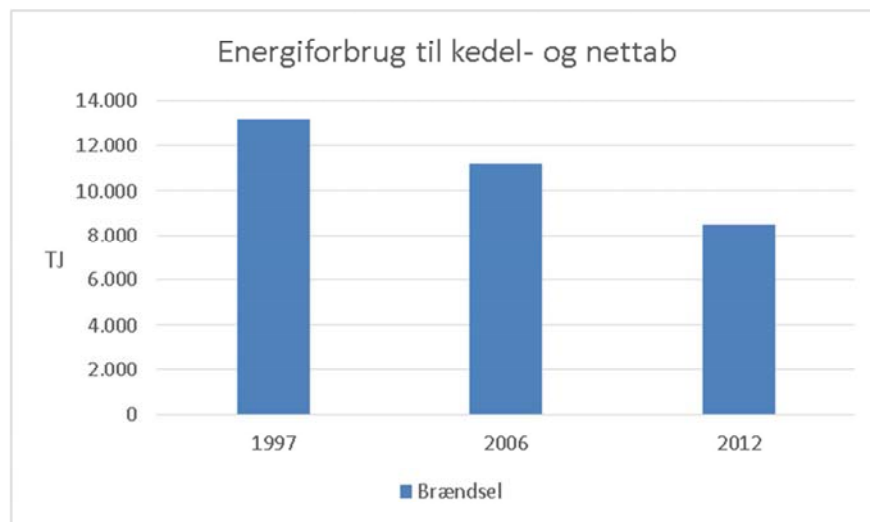
Det samlede energiforbrug til kedel- og nettab i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 8,48 PJ, hvilket svarer til 4,3 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet og 6 % af det samlede brændselsforbrug i erhvervslivet.

Udviklingen i energiforbruget til kedel- og nettab siden 1997 er gengivet i nedenstående figur. I forhold til den forrige kortlægning af energiforbruget i erhvervslivet udført i 2008 over 2006-data er energiforbruget til kedel- og nettab i 2012 faldet med 36 %.

Årsagen til dette fald i energiforbruget, eller rettere fald i energitab, skal blandt andet findes i den fokus der de senere år er kommet i forbindelse med effektiviseringer af klimaskærmen og bygninger, som har ført til at energiforbruget der særligt er

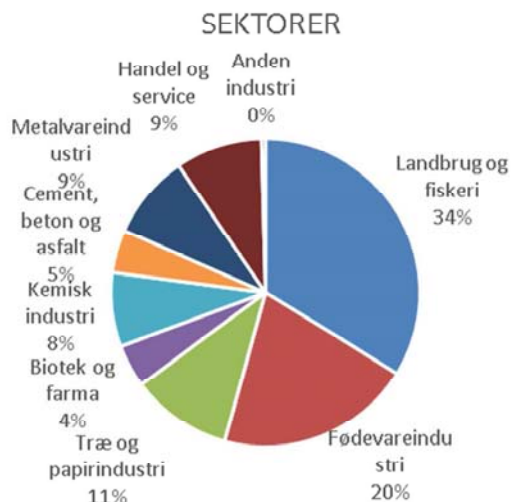
forbundet til rumvarmeformål er faldet. Mange eksisterende kedler er blevet optimeret med røggaskøling (economisere) og automatisering som sikre bedre stabil drift og kedel overvågning. Ligeledes er distributionsnet blevet isoleret eller fået efterisoleret til en bedre isoleringsklasse som sikre at energitabet er blevet mindre.

Figur 7-18 Energiforbrug til kedel- og nettab

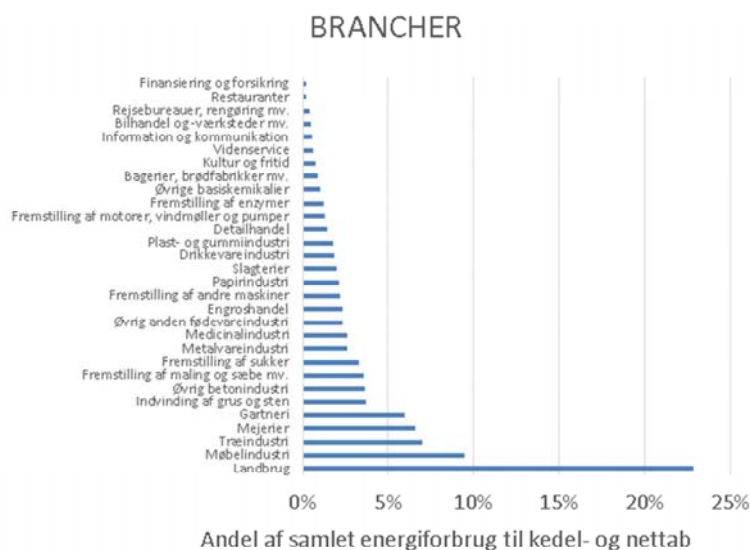


Fordelt på brancher ser energiforbruget til kedel- og nettab i 2012 ud som angivet i nedenstående figur.

Figur 7-19 Energiforbrug til kedel- og nettab fordelt på sektorer



Figur 7-20 Energiforbrug til kedel- og nettab fordelt på brancher



Energitalbet i kedel og net domineres primært af tre brancheområder; landbrug og fiskeri, fødevarerindustri og træ- og papirindustrien. Tilsammen udgør disse sektorer 65 % af det samlede energitab i kedel og net i erhvervslivet.

7.6.4 Energisparepotentialer: 2015-cases

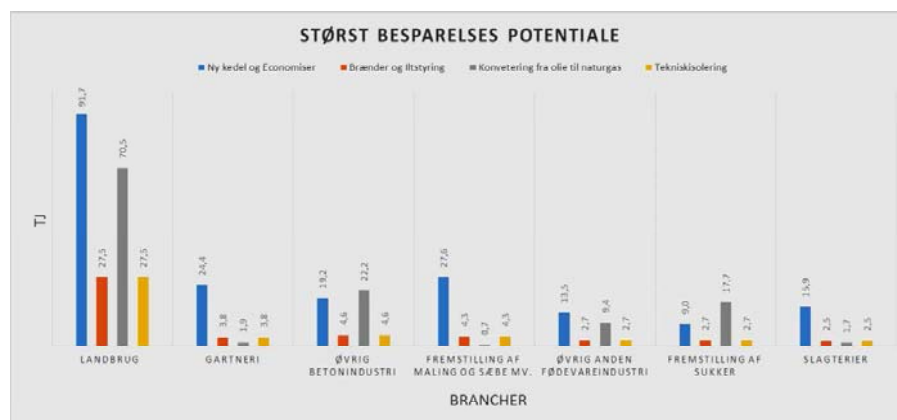
De valgte cases har været svære at fremskaffe, så der er lagt stor vægt på en tabel over brancher med de største kedel- og nettab. Ifølge eksperter vurderes teknologierne i tabellen at have de største anvendelsespotentialer inden for optimeringer i industrien. Vurderingen er lavet på basis af allerede eksisterende tiltag, da teknologien ifølge eksperter ikke er udviklet på sådan en måde, at der er fremkommet helt nye metoder de sidste fem år.

Der er taget mere specifikt udgangspunkt i følgende 10 brancher, som tilsammen udgør 62 % af det samlede kedel- og nettab:

- › Landbrug
- › Gartnerier
- › Øvrige betonindustri
- › Mejerier
- › Slakterier
- › Møbelindustri
- › Træindustri
- › Øvrige anden fødevarerindustri
- › Fremstilling af sukker
- › Fremstilling af maling, sæbe m.m.

Disse brancher har største potentiale for optimeringer, da de tilsammen står for 5,2 PJ af det samlede 8.48 PJ for kedel- og nettab.

Figur 7-21 Energiforbrug til kedel- og nettab fordelt på sektorer og brancher



Diagrammet ovenfor repræsenterer COWIs vurdering af potentialet inden for de nævnte brancher. Vurderingen er foretaget ud fra samtaler med leverandører og eksperter og vurderet på basis af data fra 2010-kataloget. Landbruget dominerer en stor del af potentialet for optimering. Energiforbruget går typisk til tørring og rumvarme, der som regel bliver leveret af biobrændselsanlæg eller oliefyrede kedler, da landbruget typisk ligger uden for naturgasnettet.

Konvertering af oliekedler til biobrændselsanlæg i landbruget kan give en vis besparelse i form af bedre og nyere anlægsdrift. Ældre oliekedler kan udskiftes til oliekedler med kondenserende drift, eller hvis det er muligt, kan der monteres en economiser på den eksisterende kedel. Ny kedel/economisere dominerer de største brancher, og ifølge leverandørerne er potentialet på niveau med 2010-rapporten, da der stadig findes kedler uden economisere, hvilket betyder, at en stor mængde energi går tabt i røggassen. Det klart, at industrien ikke altid følger udviklingen, da kedler med den rette vedligeholdelse kan holde i mange år, og da investeringsomkostningerne i et nyt anlæg tit vil komme i anden række i forhold til optimering i fabrikken/produktionen. Selvom der er kommet meget mere fokus på energioptimeringer, og at industriens nedbringelse af det samlede kedel- og nettab er én af forklaringerne herpå, er der stadig mange forbedringsmuligheder. Industrien arbejder primært med investeringer, som er tilbagebetalt på under fem år, hvorfor der helst skal være store besparelspotentialer i sigte, før at en udskiftning eller optimering bliver igangsat. Inden for teknisk isolering har der været fokus på området og også et stort marked, men ifølge eksperter er der stadig mange meter rør, som kan isoleres/efterisoleres, og derfor er det samlede potentialet vurderet til 77,6 TJ.

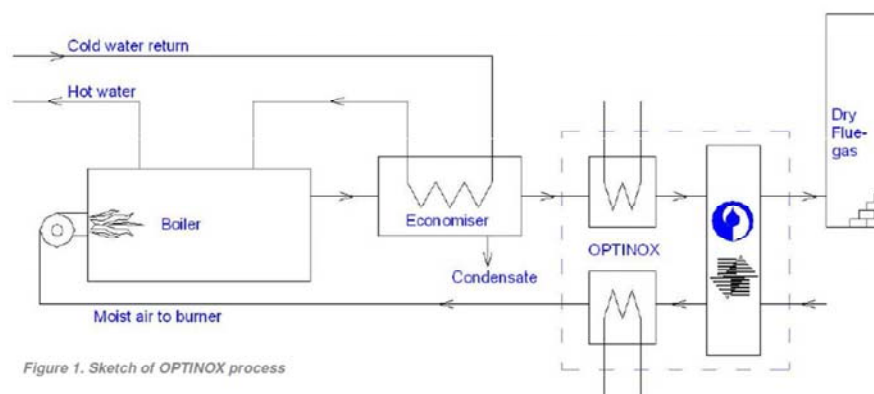
Halmfyrede biobrændselsanlæg i landbruget udgør 1,06PJ ud af det samlede 8,48 PJ, hvilket er en stor del af kedel- og nettabet. Grunden til dette er, at halmfyrede anlæg har meget ringe virkningsgrader pga. dårlig vedligeholdelse, typisk ligger de på omkring 55 % eller under. For anlæg, der er over fem år gamle, sker der en yderligere forringelse af effektiviteten, der falder jo ældre halmfyret bliver.

Casebeskrivelse 1: Befugtning af forbrændingsluften i kedelanlæg

Figur Figur 7-22 illustrerer case 1.

Ved befugtning af forbrændingsluften er der en betydelig gevinst i form af højere virkningsgrad på kedlen. Systemet fungerer ved, at en højeffektiv røggaskøler (economiser) køler røggassen ned til nogle få grader over returvandstemperaturen, hvor røggassen stadig er energirig men i en mættet tilstand. Derefter udtrækkes energi ved hjælp af en entalpi-veksler (Optinox), som affugter røggassen, hvorefter den tørre røggas bliver ledt til skorstenen. Forbrændingsluften beriges først i entalpi-veksleren, som har udtrukket den bundne energi fra røggassen, for derefter at forsætte til brænderen.

Figur 7-22 Illustration af case 1



Metoden er ikke ukendt, men den kan ifølge eksperter umiddelbart ikke svare sig på mindre kedelanlæg (Under 6-7 MW), og metoden kræver ekstra vedligeholdelse af brænderen og entalpi-veksleren. Derudover skal der anvendes en speciel brænder, som er dyr i anskaffelse, hvilket afholder mange virksomheder fra at investere i den.

Tabel 7-35 Case 1: Befugtning af forbrændingsluften i kedelanlæg

Brancher	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning	D Ændret D%V
Industri 6-44	5-10 %	5 %	2-3 kr./kWh	Forøget

Casebeskrivelse 2: Optimering af halmfyrede kedler i landbruget

Da halmfyrede kedler i landbruget dominerer kedel- og nettabet med 1,06 PJ, bliver der her taget udgangspunkt i en case, som viser potentialet i at udskifte en ældre halmfyret kedel. Typisk er landbruget selvforsynende med halm som brændsel, hvorfor der er ikke er megen fokus på disse kedlers vedligeholdelse og effektivitet af disse kedler. For at sætte fokus på området viser casen, hvilket besparellespotentiale der er en udskiftning.

Ifølge data fra Dansk Energirådgivning A/S har portionsfyrede halmkedler med manuel fyring til bigballe ældre end fire til fem år typisk en virkningsgrad på under 50 %. Der er derfor store besparelеспotentialer i en optimering af disse anlæg.

Typisk ligger virkningsgraden på 35-40 %.

Denne forholdsvis lave virkningsgrad opstår blandt andet ved, at der kun i en lille periode af hver fyring er optimale forbrændingsforhold tilstede i brandkammeret. Specielt først og sidst under forbrændingen af halmballerne vil forbrændingen ikke foregå optimalt. I starten er brændkammeret fyldt med halm, og det er derved svært at opnå god opblanding af gasser og forbrændingsluft. Desuden opnås ikke tilstrækkelig varme til, at gasserne kan antændes og forbrændes helt. Til sidst under fyringen er brændkammeret for stort, og det er også her meget svært at opnå korrekt opblanding af gasserne og forbrændingsluft. I begge tilfælde forsvinder en stor del af de brændbare gasser op gennem skorstenen uden at blive brændt af i brændkammeret, og røggastemperaturen er oftest også høj.

Nye kedler er forsynet med automatisk røggasrensning, som betyder, at de løbende vil blive holdt rene i forbrændingskammeret og dermed undgås der forringelse af kedeleffektiviteten. En mere avanceret styring af lufttilførslen resulterer i en mere jævn forbrænding af ballerne, som betyder, at effektiviteten er høj.

Virkningsgraden for nye kedler ligger på 80 %, hvilket er en forbedring på 40-45 procentpoint i forhold til kedler i typiske cases. De nye kedler har automatisk røgrørsrensning, der gør, at de løbende vil blive holdt rene, og derved undgås et fald i virkningsgraden under drift. Desuden er der kommet mere avanceret styring af lufttilførslen, der bevirker, at der i hele forbrændingsforløbet er en optimal udbrænding af halmen. De fleste nye kedler bliver udstyret med online-overvågning, som advarer mod evt. udfald i udnyttelse.

Figur 7-23 Case 2: Optimering af halmfyrede kedler i landbruget

Brancher	Energi forbrug PJ	E Besparelеспotentiale	A Anvendelеспotentiale	I Investerings- omkostning	D Ændret D%V
Landbrug	1,06	43-55 %	50-60 %	0,45-0,65 kr./kWh	

Opsummering af energisparepotentialer for cases.

De valgte cases har været svære at fremskaffe, hvorfor der kun er taget udgangspunkt i en specifik case for landbruget, som dækker 0,63 PJ af energiforbruget. Dette er ca. 7 % af det samlede energiforbrug for kedel- og nettab. Da der ikke er kommet nye teknologier inden for Kedel- og nettab, er der udarbejdet en tabel, som viser en specifik vurdering af potentialet, der dækker de 10 største brancher inden for kedel- og nettab. COWI har foretaget vurderingen på baggrund af kontakt med leverandører og eksperter, og den giver et indblik i potentialet ved implementering af de i Figur 7-36 nævnte teknologier. I regneværktøjet er data for de enkelte cases lagt ind, hvorefter det samlede energisparepotentiale kan beregnes. De udvalgte cases dækker ikke hele energisparepotentialet for energianvendelsesområdet, da dette vil skulle dækkes af en række helt specifikke energisparemuligheder, som ikke er omfattet af denne kortlægning. De udvalgte cases danner dog sammen med en generel vurdering fra adspurgte leverandører og eksperter grundlag for en revurdering af de gamle energisparepotentialer.

7.6.5 Energisparepotentialer: 2015-vurdering

I Tabel 7-23 er lavet en revurdering af energibesparelspotentialerne fra DEA & V&M(2010). Denne vurdering er udarbejdet på baggrund af den viden der er opstået i forbindelsen med udarbejdning af cases. COWI vurderer, at der ikke er nogen ændring i forhold til energisparepotentialerne på de øvrige områder, altså de områder hvor der ikke er udarbejdet cases.

Tabel 7-36 Revurdering af energisparepotentialerne fra DEA & V&M(2010)

Energisparemulighed	Besparelspotentiale i alt (%)	Begrundelse
Ny kedel/economiser	Uændret	Teknikken inden for kedler, er stort set på niveau med 2010. Ifølge leverandører er potentialet (PJ) på niveau i forhold til 2010 rapporten, selvom marked for opsætning har været stort i de forgående år.
Iltstyring/brændere	Uændret	Udviklingen af brændere er stort set på niveau med 2010. Der sker mest på automatisering af brændere som automatisk kontrol af ilt, luftfugtighed og kulilte. Potentialet (PJ) vurderes ifølge eksperter at være på niveau med 2010 rapporten.
Konvertering til naturgas/LPG	Let reduceret	For 5 år tilbage vurderedes det, at 25% af de industrielle kedler stadig anvendte olie som brændsel. I dag vurderes det, at 80 % af de industrielle kedler enten er gasfyrer eller anvender biomasse.
Isolering	Let reduceret	Ifølge eksperter, har der været en god stigning i udførsel af efterisolering af kedelcentraler og distri-

Energisparemulighed	Besparelspotentiale i alt (%)	Begrundelse
		butionsnet de sidste par år og hvis man acceptere længere tilbagebetalingstider på 10år er der også besparelser i efterisolering på eksisterende rørisolering. Potentialet vurderes dog at være faldet en smule.
Vedligehold	Uændret	Vedligehold er stadig en vigtig del for optimal kedeldrift, derfor er potentialet vurderet til at være uændret.

Kilde: COWIs vurdering

Der er lavet en opsummering af energisparepotentialerne, jf. Tabel 7-37. For at kunne beregne det samlede energisparepotentialer, så er både besparelspotentialet og anvendelsespotentialer lagt ind i regneværktøjet. Potentialerne ses i forhold til samlede energiforbrug inden for kedel- og nettab på 8,48 PJ.

Tabel 7-37 Energisparepotentialer revurderet i forhold til 2010

Energisparemulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentialer	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentialer	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentialer
Ny kedel/economisere	4	10	6	25	8	50
Iltstyring/brændere	1	8	2	20	3	20
Konvertering til gas/LPG	10	2	10	6	10	8
Varmtvandsdistribution	10	1	10	3	10	10
Isolering	0,5	65	2	70	4	45
Vedligehold	2	65	2	50	2	25

7.7 Køl/Frys

Energianvendelsesområdet køl/frys er en ganganger i forhold til kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet fra 2010.

7.7.1 Teknologiens anvendelse

Køl/frys er den del af energiforbruget, der går til proceskøling i forhold til tidligere opgørelse, hvor rumkøling var inkluderet. Proceskøling anvendes i forbindelse med køling af produktions processer, fødevareproduktion, maskinkøling, affugtning, vedligeholdelseskøl i detailhandlen og andre formål, der kræver køling over fryse-

punktet. Frysning bruges i forbindelse med indfrysning af produkter i fødevarerindustrien, frostlager, nedfrysning af varer og prøver i medicinalindustrien og sygehusvæsenet, og en række specielle formål.

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

Tabel 7-38 Mest fremtrædende Køl/frysteknikker

Kategori	Teknologi	Brancher	Produkter
Køl	Mekanisk drevne kompressionsanlæg	Detailhandel Engroshandel	
	Termisk drevne absorptionsanlæg	Slagterier Landbrug	
	Køletårne (frikøling)	Restauranter	
	Grundvandskøling	Mejerier Øvrig anden fødevarerindustri Medicinalindustri Fiskeindustri Fremstillingsindustri	
Frys	Kryogen køling	Øvrig anden fødevarerindustri	
	Mekanisk drevne kompressionsanlæg	Slagterier Medicinalindustri Mejerier Metalvarerindustri Fremstillingsindustri	

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.

7.7.2 Teknologiens udvikling

Kortlægningen af energibesparelspotentialer i erhvervslivet (2010) indeholder en uddybende beskrivelse af teknologien i 2010 samt en kort beskrivelse af nye og kommende teknologier. Kortlægningen indeholder desuden en beskrivelse af energibesparelsemuligheder inden for køl/frys. Følgende energibesparelsemuligheder blev fremhævet i 2010-rapporten:

- 1 Reduktion af kølebehov:
 - › Revurdering af modtagekrav til mælk på mejerier
 - › Indfrysning af svinekroppe ved lavere temperatur

- › Revurdering af fugtkrav i elektronik og medicinalfremstilling
- › Opdeling af kølesystemer i temperaturniveauer tilpasset aktuelle behov
- › Brug af hurtigluk-porte
- › Bedre isolering af rørsystemer
- › Tildækning fryse-/kølediske i detailhandlen.

Alternative køleprincipper

- › Køletårne, hvor temperaturniveauerne tillader dette (10-20°C)
- › Grundvandskøling, hvor temperaturniveauerne tillader dette (12°C)
- › Absorptionskøleanlæg, hvor der er overskudsvarme til produktion af 0°C kølevand.

Optimering af anlægseffektivitet

- › 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
- › Kapacitetsregulerede kompressorer
- › Optimeret kompressorstyring
- › Udskiftning af freonanlæg til anlæg med naturlige kølemidler
- › Samling af anlæg i større centraler
- › Variabel styring af kølevandspumper.

Bedre styring/driftoptimering

- › Ovenstående tiltag udgør mulighederne for driftoptimering
- › COP-overvågning for at opdage fejl i indstillinger.

Drift og vedligehold

- › Renholdelse for kalk og fouling i fordampere og kondensatorer
- › Sikring af, at olie og luftudskillere fungerer optimalt
- › Løbende vedligehold af kompressorer for at sikre kapacitet og virkningsgrad.

Adfærdsmæssige energibesparelser

- › Lukning af døre/porte
- › Bedre stabling af varer i kølerum og frysehuse
- › Afrimning af køleflader
- › Tildækning af køle-/frysemontrer uden for åbningstid
- › Kontrol af temperaturniveauer
- › Tilpasning af temperaturniveauer ved skiftende produkter/produktioner.

Generelt er der i de seneste fem år ikke kommet nye teknologier på markedet i forhold til ovenstående.

Inden for køl/frys pågår der en fortsat indsats for at optimere processernes behov for køling samt køleanlæggenes virkningsgrader.

Udviklingen inden for køleteknik er på nuværende tidspunkt præget af overgangen fra freonbaseret kølemidler til naturlige kølemidler i forbindelse med kravet om udfasning af R22 som kølemiddel, samt tendensen til stigende afgifter på syntetiske kølemidler. Der sker derfor stadig en stor udskiftning af de mindre anlæg i handels- og serviceindustrien til CO₂- eller propananlæg. Energibesparelsen for el vurderes at være 10-20 %. Flere supermarkeder er ligeledes begyndt at udnytte overskudsvarmen fra køleanlægget til rumvarmeformål eller har indgået aftaler med fjernvarmen om at levere overskudsvarmen til fjernvarmenettet. CO₂-anlæggene er blevet billigere og mere stabile, og merudgiften sammenlignet med et HFC-baseret anlæg er nede på ca. 10-15 %. Også til større køleanlæg er man begyndt at bruge CO₂ som kølemiddel.

Der er stadig gode muligheder for at anvende alternative køleteknologier som frikøling og grundvandskøling eller kombinationsanlæg, hvor temperaturniveauerne tillader dette, specielt til proceskøling ved temperaturer fra 10-30°C.

Intelligente styringer er ligeledes blevet en god mulighed for at optimere anlæggene og se dem i sammenhæng med resten af bygningens tekniske systemer. Specielt i detail- og handelssektoren kan intelligente styringer være med til at give energibesparelse på op imod 10-30 %, hvor man udnytter evt. natkøling til at akkumulere kulde i produkterne, således at de skal køles mindre i dagstimerne. Ligeledes kan modelbaseret styring af køleanlæg forbedre anlæggets elforbrug, hvor man ud fra driftsparametre fra forbrugerne og udekonditioner regulerer køleanlægget. Her sørger man for altid at have indkoblet det mest optimale antal pumper, kompressorer, køletårne m.m., således at de enkelte komponenter arbejder så tæt på deres mest optimale virkningsgrad som muligt i forhold til belastningen på anlægget.

Et udviklingsprojekt, som kan have en fremtid, er køleanlæg baseret på vanddamp. Teknologisk Institut er i samarbejde med Johnson Controls og en række japanske virksomheder langt med udviklingen af anlægget, og man forventer inden for få år at have det første anlæg klar. Man forventer, at systemet vil kunne give energibesparelser på 10-20 %. Systemet er dog stadig under udvikling, hvorfor der ikke kan beskrives en case på nuværende tidspunkt.

Et nyudviklet køletårnsprincip kan ligeledes være med til at give besparelser i forhold til traditionelle tørkølere. En vigtig faktor er, at køletårnet er optimeret, således at risikoen for spredningen af legionella minimeres, da anlægget ikke har nogen aerosoldannelse. Dette er med til at øge anvendelsespotentialet for køletårne. Systemet kan ligeledes anvende regnvand og har et mindre vandforbrug end et traditionelt køletårn, hvilket kan bidrage med besparelser til vedligehold og drift. Systemet kan give besparelser på køleanlægget op imod 10-15 % sammenlignet med køleanlæg, der anvender traditionelle tørkølere. Systemet er dog stadig under udvikling, hvorfor der ikke kan beskrives en case på nuværende tidspunkt.

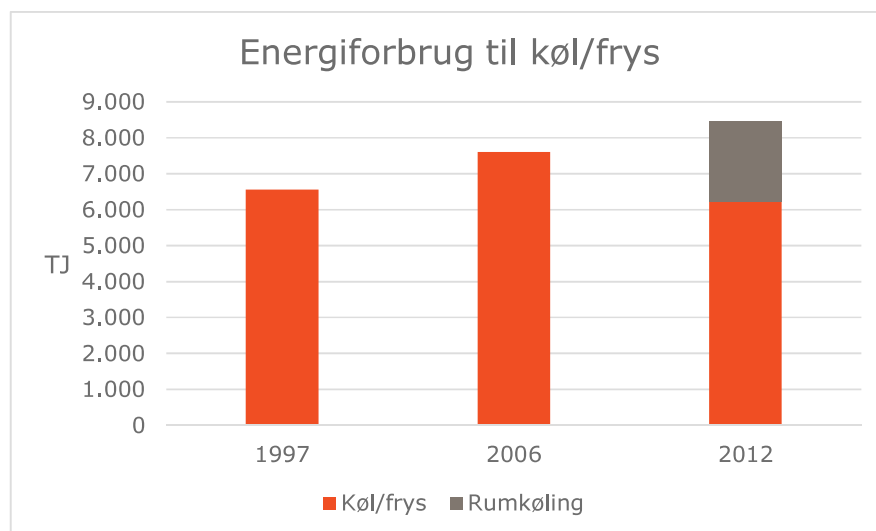
7.7.3 Energiforbruget anvendt til teknologien

Det samlede energiforbrug anvendt til køl/frys i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 6,2 PJ, hvilket svarer til 3,1 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet. El (herunder varmepumper) udgjorde 100 % af energiforbruget til køl/frys.

Udviklingen i energiforbruget siden 1997 til køl/frys, herunder rumkøling er gengivet i nedenstående figur. I forhold til den forrige kortlægning af energiforbruget i erhvervslivet udført i 2008 over 2006-data er energiforbruget til køl/frys i 2012 steget med 10%.

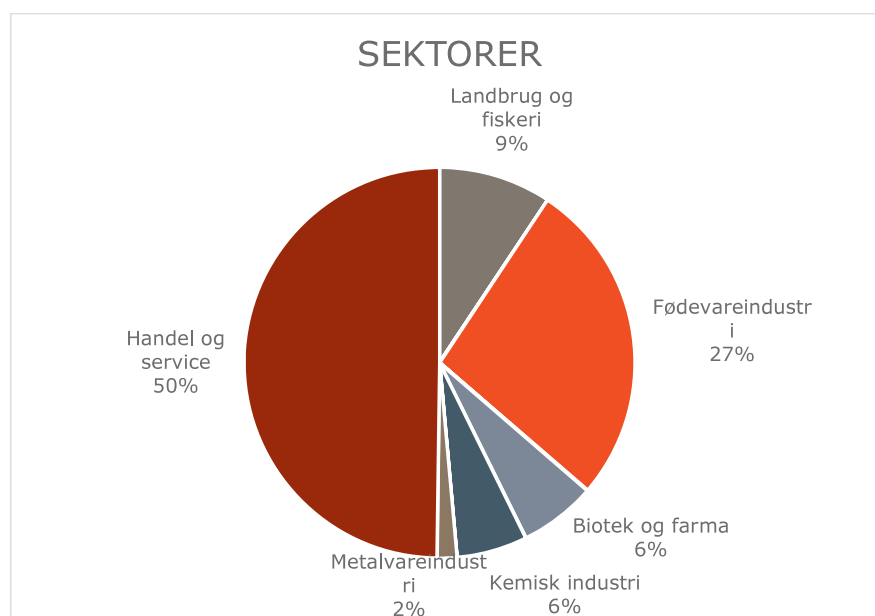
Årsagen til stigning i energiforbruget skal blandt andet findes i tendensen på verdensplan i retning af et stigende forbrug til køling. Ligeledes er det vurderet, at energiforbruget til køling på verdensplan vil stige med op til 50 % de næste 10 år.

Figur 7-24 Energiforbrug til køl/frys

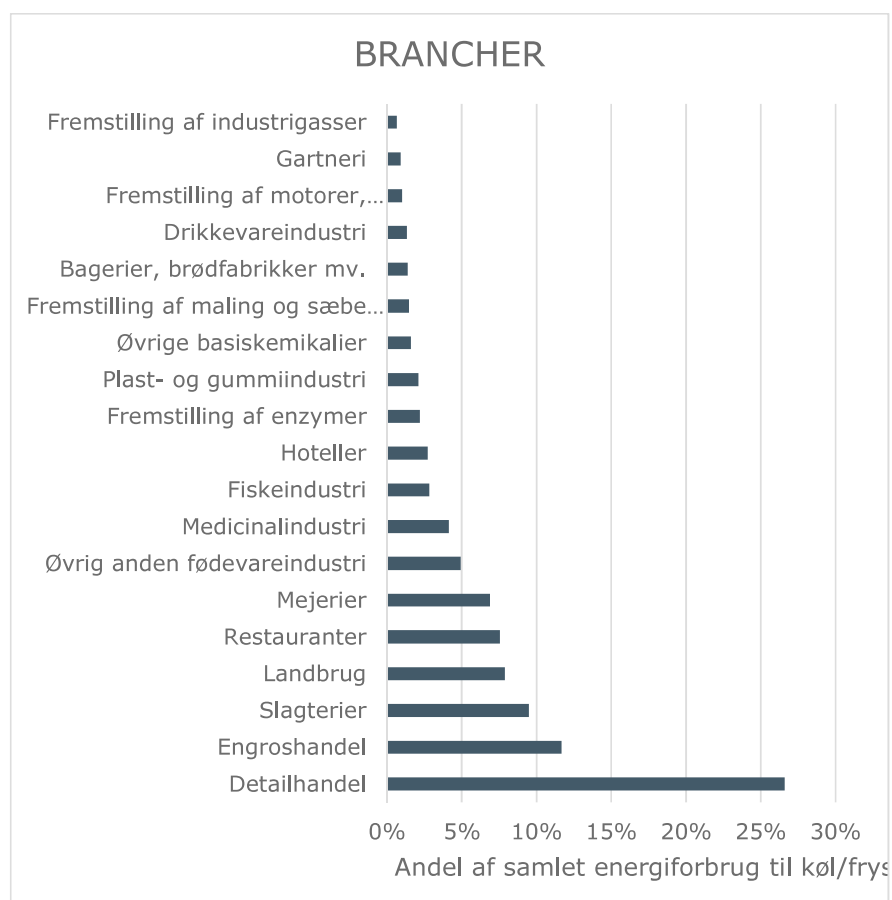


Fordelt på brancher ser energiforbruget til køl/frys i 2012 ud som angivet i nedenstående figur.

Figur 7-25 Energiforbrug til køl/frys fordelt på sektorer



Figur 7-26 Energiforbrug til køl/frys fordelt på brancher



Energianvendelsen til køl/frys domineres primært af to sektorer: fødevarerindustrien og handels- og serviceindustrien, hvor af detailhandel alene står for 26,6 %. Tilsammen står disse to sektorer for 77 % af det samlede energiforbrug til køl/frys i erhvervslivet.

7.7.4 Energisparepotentialer: 2015-cases

Der er udvalgt to cases inden for køl/frys inden for den branche, som har det største energiforbrug, samt for teknologier, der kan anvendes mere generelt inden for en række brancher

Case 1 er valgt på basis af den største forbruger 'detailhandel' og med det udgangspunkt, at der er mange, der står over for at skulle udskifte deres gamle HFC-baserede køleanlæg med nye køleanlæg baseret på naturlige kølemidler og med en bedre styring. Samme teknologi kan anvendes i flere brancher. Case 1 er medtaget, selvom tbt er lang, fordi det er et meget aktuelt emne på nuværende tidspunkt.

Case 2 er valgt, da den finder bred anvendelse inden for brancherne og omhandler optimering af styring af køleanlæg.

For de to cases er der opstillet besparelspotentialer, anvendelsespotentialer og investeringsomkostninger. Det har ikke været muligt at indhente omkostninger til drift og vedligehold.

Casebeskrivelse 1: Udskiftning af gamle HFC-anlæg til CO₂-køleanlæg

Det vurderes i kølebranchen, at 60-80 % af alle køleanlæg i detailhandlen stadig er gamle HFC-baserede køleanlæg, og potentialet for at skifte til naturlige kølemidler som CO₂ eller propan er derfor stort i forbindelse med renovering eller udskiftning af udtjente anlæg.

Man forventer typisk at kunne opnå en energibesparelse på 10 % ved skift til et CO₂-anlæg - i nogle tilfælde kan besparelser op til 30-40 % opnås.

Tager man udgangspunkt i et typisk Føtex-supermarked, vil omkostningen ved skift til CO₂ ligge på 3-4.000.000 kr., inkl. helt nye kølemøbler, køleanlæg, rørsystemer og eltavler. Energiforbruget til køling vil med et traditionelt anlæg typisk ligge på omkring 500 kWh/døgn.

Tager man udgangspunkt i et mindre supermarked som Netto, vil investeringsomkostningerne til at skifte til CO₂ ligge på omkring 500.000-750.000 kr., inkl. nye kølemøbler, køleanlæg, rørsystemer og eltavler. Energiforbruget til traditionel køling vil være omkring 250 kWh/døgn.

Omkostningerne i forbindelse med en udskiftning er relativt store, hvorfor tilbagebetalingstiden er meget lang, hvis man alene kigger på energibesparelsen på køleanlægget. Udskiftning til CO₂-køleanlæg er derfor mere interessant set i forbindelse

delse med udfasningen af Freon 22-kølemiddel, og som et alternativ til propan eller andre HFC-baserede kølemidler.

Tabel 7-39 Case 1: Udskiftning af gamle HFC anlæg til CO₂ køleanlæg

Case	Energiforbrug [PJ/år]	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning
Branche	PJ	%	%	Kr./kWh
Detailhandel (Føtexbutik)	1,65	10-30	60-80	26,5-109,5
Landbrug	0,49	10-30	60-80	40-50
Engros	0,72	10-30	60-80	40-50

Casebeskrivelse 2: Optimering af køleanlægsstyring på CO₂ anlæg

Danfoss tilbyder en komplet løsning under navnet ADAP-KOOL til styring af køleanlæg til bl.a. detailhandlen. Energibesparelsen kan i nogle tilfælde være op imod 33 % hvis den fulde løsning kan bruges til anlægget. Det ses dog desværre i mange tilfælde, at styringsanlæggets potentiale ikke udnyttes optimalt. Det vurderes, at i mange tilfældene, hvor der installeres et nyt CO₂ køleanlæg til detailhandlen, afleveres anlæggene idriftsat, men ikke optimeret og korrekt indreguleret. En korrekt indregulering og optimeret drift, hvor styringsanlæggets funktioner udnyttes, kan medføre besparelser på 10-30 % sammenlignet med den driftsform, som anlægget er afleveret med.

I casen er der taget udgangspunkt i et køleanlæg til en butiksstørrelse som Netto og Føtex med et energiforbrug på ca. 250 til 500 kWh/døgn.

Tabel 7-40 Case 2: Optimeret køleanlægsstyring på CO₂ køleanlæg

Case	Energiforbrug [PJ/år]	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning	D Ændret D%V
Branche	PJ	%	%	Kr./kWh	Kr./kWh
Detailhandel	1,65	10-30	10-20	0,11-0,21	NA
Engroshandel	0,72	10-30	10-20	0,11-0,21	NA
Landbrug	0,49	10-30	10-20	0,11-0,21	NA
Restauranter	0,47	10-30	10-20	0,11-0,21	NA

Opsummering af energisparepotentialer for cases.

De to cases, som er udvalgt, er fordelt på brancher, der dækker 3,33 PJ af energiforbruget. Dette er ca. 50-55 % af det samlede energiforbrug for køl/frys. I regne-

værktøjet er data for de enkelte cases lagt ind, hvorefter det samlede energisparepotentiale kan beregnes. De udvalgte cases dækker ikke hele energisparepotentialet for energianvendelsesområdet, da dette vil skulle dækkes af en række helt specifikke energisparemuligheder, som ikke er omfattet i denne kortlægning. De udvalgte cases danner dog sammen med en generel vurdering fra adspurgte leverandører og eksperter grundlag for en revurdering af de gamle energisparepotentialer.

7.7.5 Energisparepotentialer: 2015-vurdering

Tabel 7-41 præsenterer en revurdering af energibesparelspotentialerne fra DEA & V&M (2010). Denne vurdering er udarbejdet på baggrund af den viden, der er opnået i forbindelse med udarbejdelsen af casene. De cases, der er arbejdet med, omfatter nye teknologier, der har det bredeste sigte. Disse giver et samlet besparelspotentiale på 11 %, hvor det tidligere potentiale var vurderet til ca. 39 % (tbt 10 år). Case 1 tilhører energisparemuligheden 'optimering af anlægseffektivitet' og case 2 tilhører kategorien 'styring og regulering'. Hvis der skal dækkes bredere, ville det være hjælpe med en case med alternative køleprincipper – dog er der ikke fundet ny teknologi, der er blevet kommercielt ift. til DEA & V&M(2010) og de gængse energisparemuligheder, der er beskrevet i V&M2010 er ikke behandlet i nærværende kortlægning.

COWI vurderer, at der ikke er nogen ændring i forhold til energisparepotentialerne på de øvrige områder

Tabel 7-41 Revurdering af energisparepotentialerne fra DEA & V&M(2010)

Energisparemulighed	Potentiale	Begrundelse
Reduceret kølebehov	Reduceret 25 %	Det vurderes, at en stor del af detailhandlen har indført tildækning af kølmontrer, samt at en række større virksomheder har optimeret deres krav til temperatur- og fugtniveauer.
Alternative køleprincipper	Uændret	
Optimering af anlægseffektivitet	Uændret	På større anlæg vurderes det, at disse er optimeret, men da detailhandlen er den største forbruger, vurderes det, at der stadig er mange gamle anlæg som med fordel kan energioptimeres eller skiftes
Styring/regulering	Uændret	Med modelbaseret (intelligent) styringer, og jf. ovenstående, vurderes det, at der stadig er et stort potentiale for optimeringer
Vedligehold og adfærd	Reduceret 25 %	En række butikker inden for detailhandlen som største forbruger vurderes at have indført tildækning af montrer samt alarmer, hvis døre ikke lukkes, hvorfor potentialet er reduceret med 25 %

Kilde: COWIs vurdering

Der er lavet en opsummering af energisparepotentialerne, jf. Tabel 7-42. For at kunne beregne det samlede energisparepotentiale er både besparelspotentialet og anvendelsespotentialet lagt ind i regneværktøjet. Potentialerne ses i forhold til samlede energiforbrug inden for køl/frys på 6,2 PJ.

Tabel 7-42 Energisparepotentialer revurderet i forhold til 2010

Energisparemulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale
Reduceret behov	5	23	10	22,5	20	22,5
Alternative køleprincipper	5	30	15	30	50	30
Optimering af anlægs-effektivitet	5	25	10	25	20	25
Styring / regulering	5	50	2	50	5	50
Vedligehold	5	37,5	5	37,5	5	37,5
Adfærd	5	37,5	5	37,5	5	37,5

7.8 Rumventilation

Energianvendelsesområdet er en opdelt genganger i forhold til kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet fra 2010, idet det tidligere energianvendelsesområde ventilation i denne kortlægning er opdelt på rumventilation og på blæsere.

7.8.1 Teknologiens anvendelse

Rumventilation anvendes i det 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 slutanvendelse i 2012 kortlægningen, hvorfor energiforbruget til dette behandles under blæsere.

Der findes en række forskellige teknikker for rumventilation, hvoraf de mest fremtrædende og anvendte er angivet i nedenstående tabel:

Tabel 7-43 Mest fremtrædende rumventilationsteknikker

Kategori	Teknologi	Brancher	Produkter
Mekanisk ventilation	Ventilering af et lokale med eldrevne ventilatorer	Landbrug Detailhandel Engroshandel Restauranter Slagterier Mejerier Bilhandel og –værksteder Videnservice Hoteller Etc.	NA
Naturlig ventilation	Ventilation af lokale vha. åbning af vinduer eller friskluft ventiler uden brug af eldrevne ventilatorer	Landbrug	NA
Hybridventilation	Kombination af mekanisk ventilation og naturlig ventilation	Landbrug Detailhandel Engroshandel Restauranter Bilhandel og –værksteder Videnservice Hoteller Fremstillingsvirksomheder Etc.	NA
Personlig ventilation	Individuel ventilation ved arbejdsstation / -plads (reduceret mekanisk ventilation)	Videnservice Information og kommunikation Fremstillingsvirksomheder Finansiering og forsikring	NA

Inden for de enkelte brancher anvendes der flere forskellige teknikker for rumventilation, hvilket kan relateres til ønskede rumkonditioner eller alder af de specifikke anlæg.

7.8.2 Teknologiens udvikling

DEA & V&M (2010) indeholder en uddybende beskrivelse af teknologien i 2010, samt en kort beskrivelse af nye og kommende teknologier. Kortlægningen inde-

holdte desuden en beskrivelse af energibesparelsesmuligheder inden for rumventilation. Følgende energibesparelsesmuligheder blev fremhævet i 2010 rapporten:

- › Naturlig ventilation uden for fyringssæsonen i form af hybridventilationsløsninger.
- › Personlig ventilation, hvor man ventilerer individuelt og derved kan spare på grundventilationen og får lavere ventilationsmængder totalset.
- › En stramning af daværende bygningsreglement hvor grænserne for ventilationsanlæggets energiforbrug blev ændret fra 2500 J/m³ til 2100 J/m³ for anlæg med konstant luftmængde. Anlæg med variable luftmængde blevet strammet fra 3200 J/m³ til 2500 J/m³.

Elmotorer og ventilatorer kan skiftes til typer med forbedret virkningsgrad mellem 1-10% alt efter motorstørrelse.

Af besparelsepotentialer blev nedestående anbefalet:

- 1 Reduceret behov
 - › 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. Dette vil reducere luftmængden
 - › Tilpasning af luftskifte til det aktuelle behov

Ventilationsprincip

- › Fortrængningsventilation i stedet for opblandingsventilation
- › Edb simuleringer af luftstrømme, så anlægget opbygges til de konkrete forhold

Anlægsoptimering

- › Brug af sparerventilatorer og sparer motorer og variabel hastighedsregulering
- › Reduktion af tryktab

Styring / driftsoptimering

- › Reduktion af driftstid
- › Regulering af luftmængder med frekvensomformer eller permanentmagnet motorer

Vedligehold

- › Rensning af filtre og kanaler m.m. samt kontrol af remtræk

Adfærdsmæssige energibesparelse

- Slukke for anlæg uden for produktions - / åbningstid

Løbende tilpasning af styring til aktuel anvendelsesmønster.

Generelt er der i de seneste 5 år ikke kommet nye teknologier på markedet i forhold til ovenstående, dog er nogle af teknikkerne og komponenter blevet videreudviklet og mere udbredt.

Inden for rumventilation foregår der fortsat en kontinuerlig indsats for at optimere processerne og der er med BR10 og den kommende BR15 kommet yderligere stramninger til ventilationsanlæggenes energiforbrug. Stramning bevirker at grænserne for ventilationsanlæggets energiforbrug er blevet ændret fra 2100 J/m³ til 1800 J/m³ for anlæg med konstant luftmængde. Anlæg med variable luftmængder er blevet strammet fra 2500 J/m³ til 2100 J/m³.

Fra 2013 skal der udføres et lovpligtigt energieftersyn på større ventilationsanlæg hvert 5. år, hvorved ejeren af anlæggene bliver opmærksom på muligheder for at energirenovere deres anlæg. Dog er anlæg i bygninger til industri, håndværk, erhvervsmæssig produktion i landbrug og gartneri mv. undtaget for det lovpligtige eftersyn. Hvis alle anlæg, inkl. anlæg der ikke er omfattet af det lovpligtige eftersyn, fik udført eftersyn, vurderes det samlede afdækkede potentiale for energibesparelser at ligge mellem 15-20 % af det samlede energiforbrug til rumventilation. Det er forudsat at der kun kigges på aggregaterne ved eftersynet.

Som beskrevet i 2010-rapporten vurderes potentialet for at reducere ventilationsbehovet for at være lille og med stadig større krav til isolering og tæthed af bygninger kan tendensen være en stigning i behovet for ventilation. Fokus er derfor stadig på behovsstyret ventilation samt anlægsoptimeringer, og det vurderes, at der stadig er et stort potentiale for at energirenovere ventilationsanlæg. Det vurderes i ventilationsbranchen, at op imod 50-70 % af alle anlæg i Danmark med fordel kan energirenoveres.

Udbredelsen af ventilatorer med permanent magnetmotorer eller EC-motorer er stor i landbruget, hvor udskiftning af gamle Triac-regulerede motorer bliver skiftet. Udskiftningen af motorer er med til at give betragtelige besparelser i energiforbruget til ventilation i landbruget og andre industrier på op imod 60-70 %. Alternativt til EC-ventilatorer kan man vælge at bygge frekvensstyring på systemet og derved stadig spare op imod 50 % på energiforbruget.

Tendenserne inden for nye ventilationsteknikker er at se anlægget i sammenhæng med resten af bygningens installationer således at de arbejder sammen og ikke modarbejder hinanden energimæssigt. Man udvikler stadig bedre styringer og sensorer, der kan optimere behovsstyringen af anlæggene (CO₂ måling og fugtstyring). Tendensen går ligeledes mod hybridsystemer, som er en kombination og naturlig og mekanisk ventilation. I varmesæsonen anvendes mekanisk ventilation med god varmegenvinding og i sommerperioden bruges naturlig ventilation uden brug af eldrevne ventilatorer.

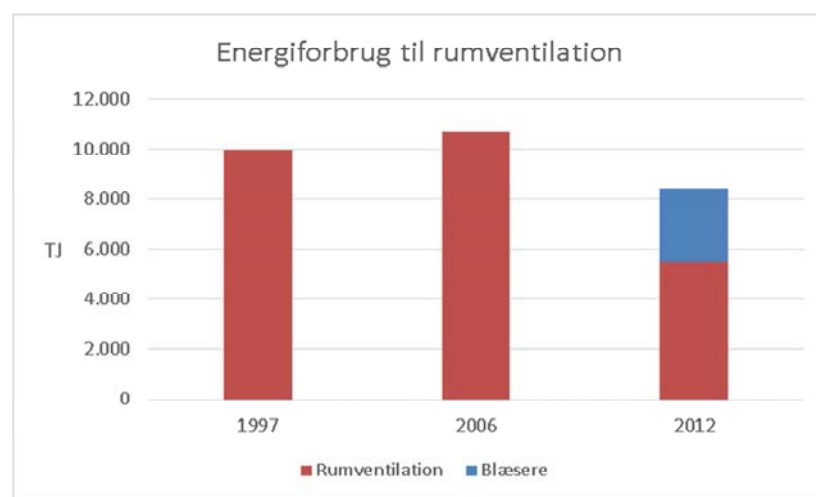
Den naturlige ventilation er blevet udviklet med henblik på at kunne varmegenvinde enten vha. specielt designede vinduer, ved at sætte varmeplader i indtagspjæld og udluftningsspjæld i kombination med varmepumpeanlæg eller brug af varmeakkumulerende materialer placeret i luftventilerne.

7.8.3 Energiforbruget anvendt til teknologien

Det samlede energiforbrug anvendt til rumventilation i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 5,45 PJ, hvilket svarer til 2,7 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet, og 9,4 % af det samlede elforbrug.

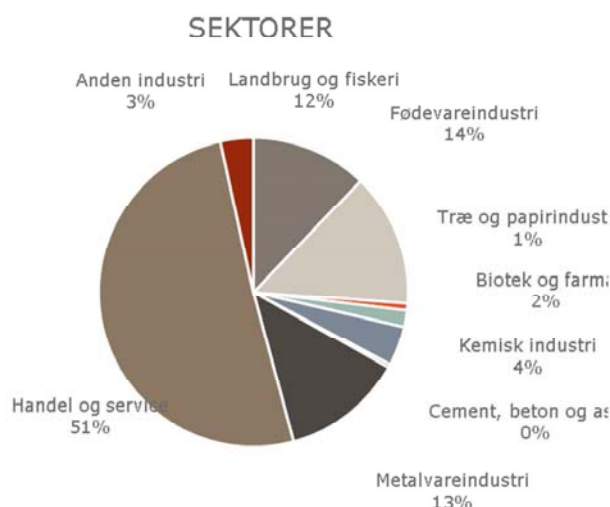
Udviklingen i energiforbruget til rumventilation inkl. blæsere, som behandles selvstændigt, siden 1997 er gengivet i nedenstående figur. I forhold til den forrige kortlægning af energiforbruget i erhvervslivet udført i 2008 over 2006-data er energiforbruget til rumventilation i 2012 faldet med 21 %. Årsagen til faldet i energiforbruget skal blandt andet findes i den nye opgørelse, hvor det vurderes, at opgørelsesmetoden er mere korrekt samt at ventilationsløsningerne bliver mere energieffektive.

Figur 7-27 Energiforbrug til rumventilation, inkl. blæsere (opdelt 2012)

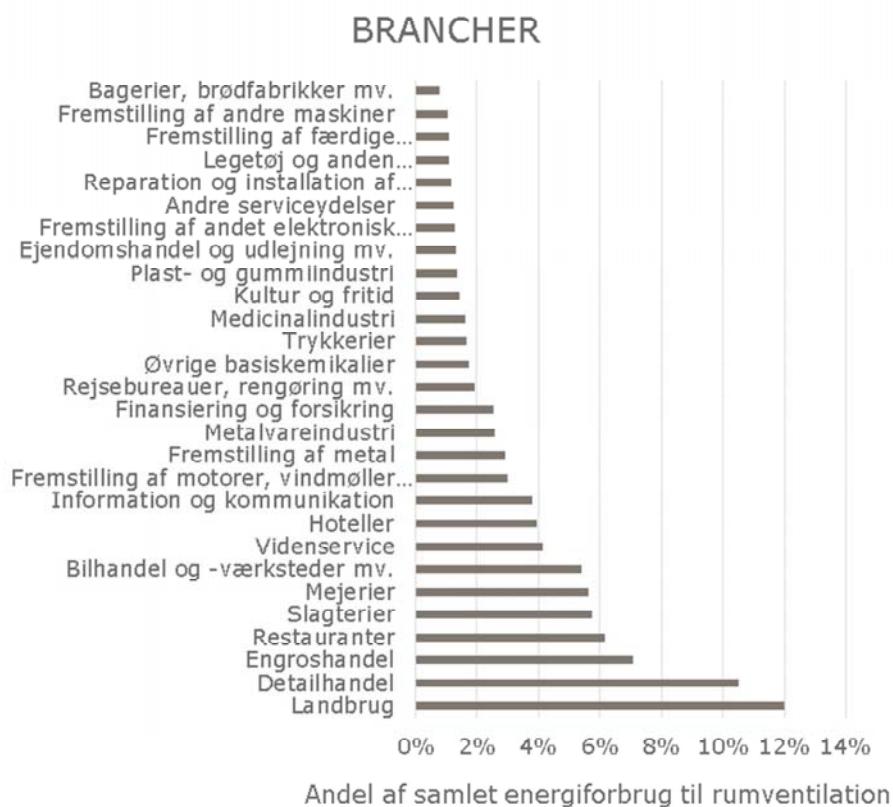


Fordelt på brancher ser energiforbruget til rumventilation i 2012 ud som angivet i nedenstående figur.

Figur 7-28 Energiforbrug til rumventilation fordelt på sektorer



Figur 7-29 Energiforbrug til rumventilation fordelt på brancher



Energianvendelsen til rumventilation fordeles mellem flere brancheområder, dog domineret af fire sektorer: Handel og service-sektoren samt landbrug, fødevarerindustri og metalvarerindustri. Tilsammen udgør disse fire sektorer 90 % af energiforbruget til rumventilation.

7.8.4 Energisparepotentialer: 2015-cases

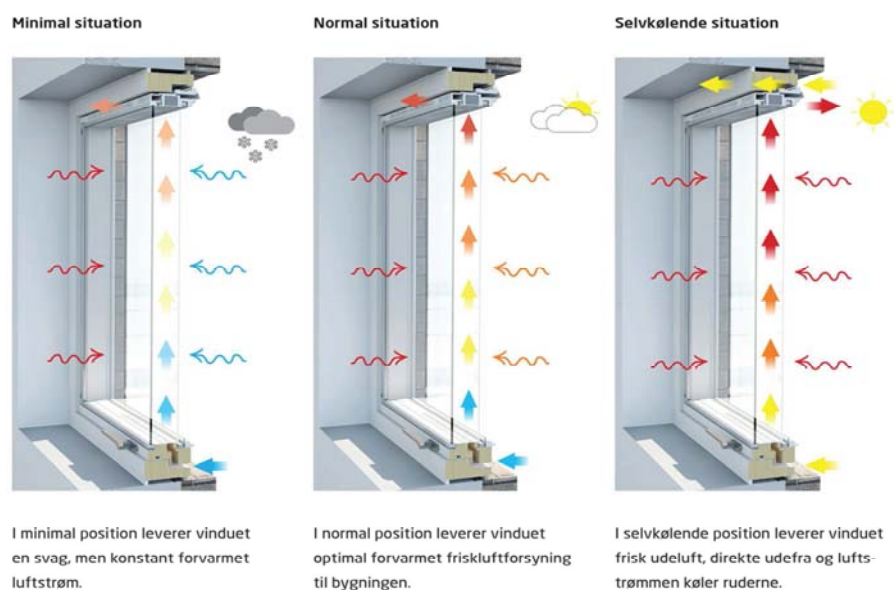
Der er udvalgt tre cases inden for rumventilation inden for den branche som rammer størst energiforbrug, samt de teknologier som kan anvendes mere generelt inden for en række brancher

- › Case 1 er valgt for at beskrive potentialet for naturlig/hybrid ventilation grundet mulighed for varmegenvinding i løsningerne. Teknologien har stort anvendelsespotentiale i handel og service brancherne. Casen er medtaget for at beskrive en mulighed for at komme væk fra mekanisk ventilation. Dog vil potentialet være aldersmotiveret og ikke energimotiveret.
- › Case 2 er valgt, da det stadig vurderes, at der er et stort potentiale i at lave behovsstyret ventilation samt at revurdere behovet til den aktuelle produktion/driftsmønstre. Teknologien kan anvendes bredt herunder i fødevareindustrien.
- › Case 3 er valgt grundet bred anvendelse og stort potentiale i forbindelse med energirenovering af ventilationsanlæg. Anvendelsen rammer blandt andet landbruget, der står for den største andel af energiforbruget til rumventilation.

Casebeskrivelse 1: CLIMAWIN (Ventilationsvinduet)

Ventilationsvinduet er udformet, så at det kan tillade frisk luft at bevæge sig op imellem de to glaslag fra vinduets bund. Luften forvarmes under opstigningen mellem de to glaslag og ved hjælp af en termostatstyret ventil ledes den varme opvarmet friske luft ind i rummet. Ventilen er konstrueret afhængig af udetemperaturen og temperatur mellem glaslagene, reguleres luftmængden, så man opnår størst mulig opvarmning af luften, som lukkes ind i bygningen. Dog sikres det, at minimum friskluftmængde bliver tilført til rummet ved brug af CO₂-måling. I sommerdrift kan ventilen tillade fuld friskluftmængde, samtidig med at der ledes luft mellem glaslagene, som afkøler vinduet. Herved kan man i sommerperioden opnå en afkøleende effekt fra vinduet. De tre driftsformer er vist i nedenstående Figur 7-30.

Figur 7-30 Tværsnit og principskitser for ventilationsvinduet.



Ved installation af et ventilationsvindue med varmegenvinding kan man opnå besparelsepotentialer på op mod 25 % på bygningens samlede udgifter til opvarmning og køling.

En vurdering af hvilke brancher systemet kan anvendes

Systemet kan bl.a. anvendes af ventilationsbranchen ved renoveringsprojekter, da omkostninger til etablering af rørføringer i ældre bygninger delvist spares. Dertil kommer at vedligeholdet systemet er lettere end vedligeholdelse af et traditionelt ventilationsanlæg.

Generelt kan Ventilationsvinduet anvendes af stat og kommune, boligforeninger, i private boliger og administrationsbygninger.

Bygninger med stor intensiv belastning i form af storkøkkener, omklædningsfaciliteter, industriproduktion o.l. er ikke oplagte steder for anvendelsen.

I en beregning foretaget af Statens Byggeforskningsinstitut er det vist at naturlig ventilation i kombination med mekanisk ventilation har et stort energibesparelsepotential på udgiften til ventilation. I rapporten har man vist at der er et besparelsepotential på 75 % for energiforbruget til ventilation. Et ventilationsvindue eller lign. koncepter med mulighed for varmegenvinding ved naturlig ventilation er derfor en interessant løsning, der forbedrer potentialet.

Isoleret set er tilbagebetalingstiden på installation af et ventilationsvindue meget lang, som det fremgår af nedenstående tabel, specielt når man kun kigger på el-besparelsen til ventilator driften. Der er en større gevinst, når det ses i sammenhæng med energiforbruget til konditionering af luften og transmissionstab.

Tabel 7-44 Case 1: Ventilationsvinduet

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning
		%	%	Kr./kWh
Videnservice	0,2	50-75	25-50	55-60
Information og kommunikation	0,2	50-75	25-50	55-60
Finansiering og forsikring	0,1	50-75	25-50	55-60
Hoteller	0,2	50-75	15-25	55-60
Kultur og fritid	0,08	50-75	25-50	55-60

Casebeskrivelse 2: Reduceret behov / behovsstyring

Resultatet af en optimeret CTS-styring på Cocios fabrik i Esbjerg er det blevet målt til en årlig energibesparelse på ca. 213.000 kWh total set (varme, køl og el) og en reduktion af CO₂-udledningen på 51 tons pr. år. Investeringsomkostningen til optimeringen var på ca. 60.000 kr.

Baggrunden for CTS-optimeringen var, at ventilationssystemerne flere steder i Cocios produktion ikke var optimalt koordineret med varmesystemet.

En af optimeringerne blev udført i produktionshallen, hvor man iværksatte en ændring i styringen af fire centrale ventilationsenheder, så de i stedet for at køre non-stop, blev behovsstyret efter en maksimalt tilladelig fugt- eller temperaturgrænse.

Både i tappehallen, ved den efterfølgende kogning af chokolademælken og i pakkeriet blev der etableret en ny styring af frekvensomformere og kaloriferer til at styre de respektive ventilationsanlæg.

I kontorlandskabet blev der monteret CO₂-følere i ventilationsanlægget, så det nu er behovsstyret efter temperatur og CO₂-niveau.

Ved drifts og styringsoptimeringen af anlægget har man ændret konceptet fra at være et tvangsstyret system med et minimum af luftskifte og konstant drift til at være et centralt styret CTS-anlæg, der automatisk regulere varme, ventilation og CO₂-niveau og kun køre i produktionstiden.

Det har ikke været muligt at få oplyst energiforbruget til ventilatorer, hvorfor det er estimeret at, af den totale energibesparelse udgør elforbruget til ventilatorer ca. 10 - 15 % svarende til 21.300-32.000 kWh. Isoleret set giver dette en længere tilbagebetalingstid, men når reduktionen i varmekonsum/køling til konditionering af luften medregnes, er tilbagebetalingstiden meget lav som beskrevet i casen.

I vurdering af investeringsomkostning er det forudsat at nødvendige reguleringsorganer er tilstede, som frekvensomformer spjæld m.m. således at der kun er tale om en CTS ændring / optimering.

Tabel 7-45 Case 2: Reduceret behov/behovsstyring

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelser- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning
Drikkevareindustri	-	40-50	50 – 75	1,9 – 2,8
Detailhandel	0,57	40-50	50 – 75	2 – 3
Engroshandel	0,39	40-50	50 – 75	2 – 3
Restauranter	0,34	40-50	50 – 75	2 – 3
Bilhandel og – værksteder	0,29	40-50	50 – 75	2 – 3
Videnservice	0,23	40-50	40 – 50	2 – 3
Metalvareindustri	0,14	40-50	50 – 75	2 – 3
Information og kom- munikation	0,21	40-50	40 – 50	2 – 3
Finansiering og forsik- ring	0,14	40-50	40 – 50	2 – 3
Kultur og fritid	0,08	40-50	40 – 50	2 – 3

Note: Besparelserpotentiale er ikke oplyst, hvorfor potentialet er vurderet af COWI.

Casebeskrivelse 3: Udskiftning af gamle ventilatorer til EC ventilator (behovsstyret)

Ved at udskifte Triac-ventilatorerne i svinestalde med nye EC-ventilatorer fra ebmpapst, har en landmand opnået et lavere elforbrug svarende til en årlig besparelse på 85.000 kr. Investeringen har en tilbagebetalingstid på ca. to år.

Ved at udskifte de gamle ventilatorer har man opnået bedre ventilation, mindre støj, bedre regulering og en større fortjeneste pr. gris grundet et reduceret energiforbrug.

Den opnåede el-besparelsen er på 50-70 % i staldene hvilket betyder at landmandens samlede elforbrug på bedriften med 4200 slagtesvin er faldet til det halve. Reduktionen i energiforbruget er dokumenteret af EnergiMidt, som har fulgt anlægget i et år efter energirenoveringen.

Der er i alt installeret 43 EC-ventilatorer over en periode på et halvt år – fra marts til september 2010.

Ventilatoren er samlet af dele, der er optimeret til hinanden, dvs. at styring, motor og vinger er udviklet til at arbejde sammen til denne EC-ventilator til staldventilation.

Det vurderes, at selv hvis ventilationsanlægget i stalden ikke er helt udtjent, er der god økonomi i at skifte til EC-ventilation.

De gamle Triac-ventilatorer har et højt grundforbrug, hvor EC-ventilatoren kan præstere et større undertryk ved det samme omdrejningstal, så vægventilerne kan åbnes tidligere. Det betyder, at omdrejningstallet kan sænkes, og dermed spares der energi.

Generelt i branchen for staldventilation vurderes der at være et stort potentiale for energibesparelser. Generelt kan man spare mindst 50 % ved at skifte til EC.

Investeringsramme for projektet i casen: 170.000 til 200.000 kr.

Tilbagebetalingstid: 2 år.

Alternativt til EC ventilatorer kan man vælge at bygge frekvensstyring på systemer og derved stadig spare op imod 50 % på energiforbruget.

I mange andre industrier er der ligeledes et stort potentiale for at energirenovere ventilationsanlæggene ved at skifte til variable hastighed og behovsstyring.

Tabel 7-46 Case 3: Energisparepotentiale ved behovsstyring

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparel- ses- potentiale	A Anvendel- ses- potentiale	I Investe- rings- omkostning	D Ændret D%V
Landbrug	0,7	30-70 %	50-75 %	2,2-3,3 kr./kWh	NA
Detailhandel	0,6	30-70 %	50-70 %	2,2-3,3 kr./kWh	NA
Engroshandel	0,4	30-70 %	50-70 %	2,2-3,3 kr./kWh	NA
Restauranter	0,3	30-70 %	50-70 %	2,2-3,3 kr./kWh	NA
Bilhandel og -værksteder	0,3	30-70 %	50-70 %	2,2-3,3 kr./kWh	NA
Videnservice	0,2	30-70 %	50-70 %	2,2-3,3 kr./kWh	NA
Hoteller	0,2	30-70 %	50-70 %	2,2-3,3 kr./kWh	NA

Opsummering af energisparepotentialer for cases.

De tre cases som er udvalgt er fordelt på brancher som dækker ca. 3,3 PJ af energiforbruget. Dette er ca. 60% af det samlede energiforbrug for rumventilation. I regneværktøjet er data for de enkelte cases lagt ind, hvorefter det samlede energisparepotentiale er muligt at beregne. De udvalgte cases dækker ikke hele energisparepotentialet for energianvendelsesområdet, da dette vil skulle dækkes af en række helt specifikke energisparemuligheder, som ikke er omfattet i denne kortlægning. De udvalgte cases danner dog sammen med en generel vurdering fra adspurgte leverandører og eksperter grundlag for en revurdering af de gamle energisparepotentialer.

7.8.5 Energisparepotentialer: 2015-vurdering

I Tabel 7-47 er der lavet en revurdering af energibesparelspotentialerne fra DEA & V&M(2010). Denne vurdering er udarbejdet på baggrund af den viden der er opstået i forbindelse med udarbejdning af cases. De cases som der er arbejdet med er de nye teknologier som rammer bredest. Disse giver et samlet besparelspotentiale på 25-30%, hvor det gamle potentiale var vurderet til ca. 40 (tbt 10år)%. Case 1 er inde i energisparemuligheden alternative principper, case 2 er i energisparemuligheden styring/regulering og case 3 er i kategorien anlægsoptimering. Hvis der skal dækkes bredere så ville det hjælpe med en case inden for drift / vedligehold

COWI vurderer, at der ikke er nogen ændring i forhold til energisparepotentialerne på de øvrige områder

Tabel 7-47 Revurderet energisparemuligheder

Energisparemulighed	Besparelspotentiale i alt [%]	Begrundelse
Reduceret behov	Uændret	Der vurderes stadig at være et potentiale reduceret behovet til det aktuelle behov.
Alternative principper	Forøget 25 %	Naturlig ventilation er under udvikling i takt med at varmegenvinding til naturlig / hybridventilation er blevet muligt. Dette gør denne type ventilation mere interessant ved nybygning og energirenovering eller total udskiftning af gamle nedslidte anlæg
Anlægsoptimering	Reduceret 25 %	Potentialet er stadig stort, men spareventilatorer er blevet mere tilgængelige, og det vurderes, at der har været mange energispareprojekter, der omfatter ventilationsanlæg.
Styring/regulering	Reduceret 25 %	Potentialet er stadig stort, men det vurderes, at der har været mange energispareprojekter, der omfatter

Energisparermulighed	Besparelspotentiale i alt [%]	Begrundelse
		ventilationsanlæg.
Drift/vedligehold	Reduceret 25 %	Vurderet på baggrund af en store andel og outsourcet vedligehold.
Adfærd	Uændret	Stadig et potentiale i takt med styringsopgraderinger af ventilationsanlæg

Der er lavet en opsummering af energisparepotentialerne, jvf. Tabel 7-48. For at kunne beregne det samlede energisparepotentialer, så er både besparelspotentialet og anvendelsespotentialet lagt ind i regneværktøjet. Potentialerne ses i forhold til samlede energiforbrug inden for rumventilation på 5,45 PJ

Tabel 7-48 Energisparepotentialer revurderet i forhold til 2010

Energisparermulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelspotentiale	Anvendelses-Potentiale	Besparelspotentiale	Anvendelses-Potentiale	Besparelspotentiale	Anvendelses-Potentiale
Mindre behov for ventilation	40 %	2 %	30 %	5%	25 %	10 %
Tilpasse luftskifte til behov	30 %	20 %	25 %	30%	20 %	50 %
Ventilationsprincip	0 %	0 %	0 %	0%	0 %	0 %
Ventilator, motor og rem.	30 %	5 %	25 %	10%	0 %	0 %
Mindre tryktab	30 %	10 %	25 %	20%	20 %	20 %
Justering af driftstid	30 %	10 %	25 %	15%	25 %	25 %
Energieffektiv regulering	30 %	10 %	30 %	15%	30 %	30 %
Vedligehold	3 %	100 %	3 %	100%	3 %	3 %
Adfærd	5 %	100 %	5 %	100%	5 %	100 %

7.9 Inddampning

Energianvendelsesområdet inddampning er en ganganger i forhold til kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet fra 2010.

7.9.1 Teknologiens anvendelse

Inddampning anvendes primært til opkoncentrering af flydende (primært vandholdige) produkter og ofte før den endelige tørreproces.

Inddampning er den mest anvendte metode til opkoncentrering, idet mejerisektoren dog har taget membranfiltrering i brug til opkoncentrering af en række produkter.

Der findes en række forskellige former for inddampningsteknologier. Fælles for alle de forskellige teknikker er, at varme tilføres for at fordampe væske. Varmekilden kan være damp, varmesystem, spildvarme/overskudsvarme eller kondensatorvarme (varmepumpe). Fordampningsprocessen i inddampningen kan ske ved atmosfæretryk og under vakuum.

Inddampning anvendes primært til fremstilling af pulver, mel, sukker og ingredienser, til indvinding af salt og til fremstilling af enzymer.

7.9.2 Teknologiens udvikling

DEA & V&M (2010) fremhævede følgende energibesparelsesmuligheder:

- › Filtrering (reduceret behov)

Flydende produkter
Filtrering
Frysetørring
Flokkulering.

- › MVR (alternative processer)

Mekanisk damp rekompresion (MVR).

- › Ekstra trin (procesintegration)

Ekstra inddampningstrin.

- › Adfærd

Fouling
Driftsoptimering.

- › Vedligehold.

Inden for inddampning sker en kontinuerlig indsats for at optimere processerne, idet energiforbruget til inddampning er en væsentlig udgiftspost for virksomhederne.

I takt med at varmepumpeteknologien er blevet moden, og i større og større grad udbredes til forskellige anvendelser, er der også installeret varmepumper til udnyttelse af overskudsvarme fra inddampningsprocessen, og der er installeret varmepumper som varmekilde til inddampningsprocessen. I sidstnævnte tilfælde anvendes kondensatorvarmen fra varmepumpen som varmekilde til inddampningsprocessen og varmepumpens fordampner henter varme fra kondensering af den fordampede væske. Denne anvendelse af varmepumper er især interessant hvor overskudsvarme ikke er til rådighed fra andre processer, som f.eks. tørring.

I saltindvindingsindustrien er varmekilden til inddampningsprocessen i høj grad blevet baseret på biomasse. Eftersom damp- og varmeproduktion ved hjælp af biomassefyrede kedler som oftest endnu ikke er så hurtigregulerende som kedler, der bruger fossile brændsler, vil en fuld konvertering til biomasse først kunne ske, når reguleringen af biomassekedler er blevet yderligere udviklet og modnet.

Der er gennemført et projekt under Fornyelsesfonden om energieffektiv regulering af separationsprocesser, hvor der ved hjælp af intelligente styringsalgoritmer blev opnået energibesparelser på mellem 5-15 % på separationsprocesserne i en virksomhed.

Der er netop søsat et udviklingsprojekt vedrørende "energieffektiv separation vha. frysekoncentrering". Teknologien baseres på energieffektive vanddampskompressorer og direkte kontaktvekslere og anses for mere energieffektiv end de mest optimerede termiske inddampningsprocesser med varmepumper og mekanisk rekompresion af damp (MVR). Teknologien åbner desuden mulighed for at konvertere til el som energikilde til inddampning.

I 2011 blev der afsluttet et projekt om udvikling af en inddampningsproces baseret på inddampning ved atmosfæretryk og anvendelse af MVR. Projektet er blevet støttet med en bevilling fra Fornyelsesfonden. Inddampningsteknologien er specielt rettet mod inddampning af proces og spildevand med henblik dels på reduktion af spildevandsmængden, dels på genvinding af vand. Teknologien vurderes at kunne reducere energiforbruget med mere end 50 % i forhold til de mere almindeligt anvendte vakuuminddampningsanlæg.

Det vurderes, at der fortsat er et væsentligt potentiale inden for optimering af inddampningsprocessen ved procesintegration, ved anvendelse af MVR, ved anvendelse af varmepumper og ved anvendelse af adaptiv styring og regulering.

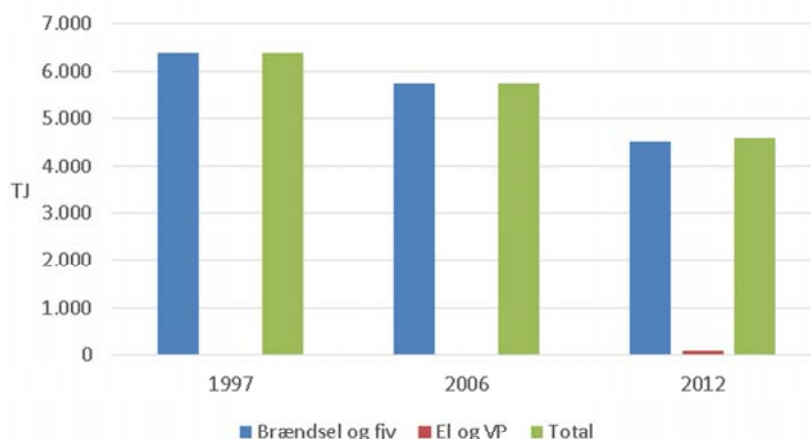
7.9.3 Energiforbruget anvendt til teknologien

Det samlede energiforbrug anvendt til inddampning i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 4,6 PJ, hvilket svarer til 2,3 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet. Brændsel og fjernvarme udgjorde godt 98 % af energiforbruget til inddampning, mens forbrug af el (herunder varmepumper) udgjorde de resterende knap 2 %.

Udviklingen i energiforbruget til inddampning siden 1997 er gengivet i nedenstående figur. I forhold til den forrige kortlægning af energiforbruget i erhvervslivet udført i 2008 over 2006-data er energiforbruget til inddampning i 2012 faldet med 20 %.

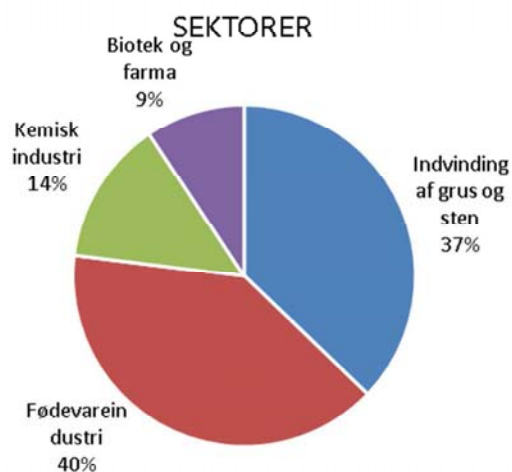
Årsagen til dette fald i energiforbruget skal blandt andet findes i lukning af fabrikker (CP Kelco og Solea) og sammenlægninger. Dertil kommer, at en række store energiforbrugere til inddampning har taget MVR og varmepumper til varmegenvinding i brug.

Figur 7-31 Energiforbrug til inddampning

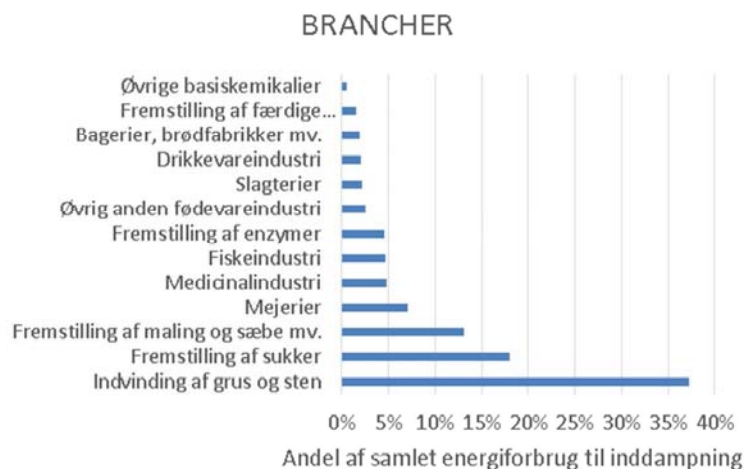


Fordelt på brancher ser energiforbruget til inddampning i 2012 ud som angivet i nedenstående figur.

Figur 7-32 Energiforbrug til inddampning fordelt på sektorer



Figur 7-33 Energiforbrug til inddampning fordelt på brancher



Energianvendelsen til inddampning domineres primært af tre brancheområder; indvinding af grus og sten (saltproduktion), fødevarerindustrien (sukker, mælkepulverprodukter, fiskemel, benmel, og kartoffelmel) og fremstilling af maling og sæbe m.m. (her primært virksomheder der fremstiller ingredienser til fødevarerindustrien). Tilsammen udgør disse sektorer 91 % af det samlede energiforbrug til inddampning i erhvervslivet.

7.9.4 Energisparepotentialer: 2015-cases

I dette afsnit gennemgås tre cases, hvor det er muligt at foretage energibesparelser. I den første case ses på anvendelse af intelligent (adaptiv) styring, da det er den teknologi, der vil have det største besparelspotentiale, idet den vil kunne anvendes generelt i alle brancher og industrier. Case 2 er en case med MVR-teknologi i mindre målestok til inddampning af spildevand og gylle. Isoleret set er det en forholdsvis begrænset andel af det samlede energiforbrug til inddampning i de enkelte brancher, men teknologien kan anvendes bredt med et stort potentiale. Som den sidste case er valgt anvendelse af varmepumpeteknologi til inddampning på anlæg, hvor der ikke er overskudsvarme til rådighed. I de tilfælde, hvor der er overskudsvarme til rådighed, foretages inddampning i stor udstrækning ved hjælp heraf.

Casebeskrivelse 1: Adaptiv styring

En stor virksomhed inden for fremstilling af kød- og benmel anvender store energimængder til inddampning og tørring af benmel ud fra en årlig mængde råvarer på 100.000 tons.

Ved at installere og etablere en adaptiv proceskontrol er det muligt at mindske udsvingene i fugtindholdet af slutproduktet med 40-60 % og dermed styre tættere på produktkravene.

Installationen omfatter montering af en adaptiv regulator og tilslutning af denne til det eksisterende styringssystem for inddamperne. Den adaptive regulator baseres på eksisterende instrumentering.

I den indledende indlæringsfase understøttes procesmålingerne desuden af en række laboratoriemålinger. Herefter udtages blot laboratorieprøver til kvalitetskontrol.

Energiforbruget (damp) til inddampning blev reduceret fra 39.000 MWh/år til 31.000 MWh/år, svarende til en reduktion på 20 %.

Hertil kommer en forøgelse af anlægskapaciteten på 8-10 % og et øget udbytte på godt 1 %.

Investeringsomkostningerne til regulator, installering, konfigurerings, kalibrering og idriftsættelse var omkring 400.000 kr. Det var ikke nødvendigt med yderligere instrumentering, idet den eksisterende procesinstrumentering kunne tilvejebringe de fornødne målinger. Tilbagebetalingstiden alene ud fra energibesparelsen var under ½ år.

Det vurderes, at teknologien kan anvendes i alle brancher og industrier, der producerer pulver og olieprodukter ud fra vegetabiliske og animalske råvarer. Det drejer sig om fremstilling af fiskemel og -olie, ben- og kødmel, mælkepulver og mælkeprotein, frø- og foderblandinger, enzymer og lignende. På grund af vanskelige valideringsbetingelser anses teknologien endnu ikke egnet til den farmaceutiske industri.

Tabel 7-49 Case 1: Adaptiv styring

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning
Slagterier	0,1	15-25 %	50 %	0,05-0,1
Fiskeindustri	0,2	15-25 %	75 %	0,05-0,1
Mejerier	0,3	15-25 %	25 %	0,05-0,1
Bagerier m.m.	0,09	15-25 %	25 %	0,05-0,1
Fremstilling af foderbl.	0,07	15-25 %	35 %	0,05-0,1
Øvrig anden føde- vareind.	0,1	15-25 %	30 %	0,05-0,1
Fremstilling af enzymer	0,2	15-25 %	50 %	0,05-0,1
Fremstilling af maling m.m.	0,6	15-25 %	35 %	0,05-0,1

Casebeskrivelse 2: Atmosfærisk inddampning med MVR

I forbindelse med bortskaffelse af spildevand fra industrivirksomheder reduceres mængden ved inddampning, idet bortskaffelsesprisen er volumenafhængig. I mange industrivirksomheder sker inddampningen typisk ved hjælp af vakuuminddampningsanlæg.

Spildevand, der inddampes, kommer ofte fra kemivirksomheder, fremstillingsvirksomheder inden for maskinanlæg, virksomheder, der anvender overfladebehandling af maskin- og metalkomponenter m.fl. Inddampningsresten sendes til KommuneNord til destruktion. I parentes bemærket anvendes hos netop KommuneNord A/S årligt en større mængde støttebrændsel for at kunne forbrænde spildevand. Dette sker på trods af, at KommuneNord har reduceret væsentligt i anvendelsen af støttebrændsel. Dersom KommuneNord A/S etablerede inddampning af spildevandet før afbrænding, ville en stor del af støttebrændslet kunne undværes.

Et nyudviklet inddampningsanlæg, der benytter en kendt teknologi som f.eks. mekanisk rekompresion af damp (MVR), kan reducere energiforbruget med 50-75 % i forhold til inddampningsanlæg baseret på vakuum. Det nyudviklede anlægskoncept benytter inddampning ved atmosfæretryk. Fordelen herved er, at MVR-kompressoren arbejder med en tættere gas (damp ved atmosfæretryk) og dermed en bedre udnyttelsesgrad. Anlægget benytter en række specialudviklede komponenter, herunder fordampningsvekslere.

Ud over selve energifortjenesten kan anvendelse af det nyudviklede koncept medføre et så lavt vandindhold i inddampningsresten, at bortskaffelsesomkostningerne reduceres og i nogle tilfælde ligefrem vendes til en indtægt. Det sidste gælder for olieholdigt spildevand. Da renhedsgraden af destillatet tilmed er meget høj med det nye koncept, vil dette kunne genanvendes internt i virksomheden.

Det vurderes, at teknologien kan anvendes inden for kemiindustrien, medicinalindustrien, metalvareindustrien, fremstilling af motorer og maskiner, bilhandel og –værksteder, landbrug, træindustri m.fl.

Det har ikke været muligt at kvantificere energiforbruget til inddampning af spildevand, da det typisk ikke opgøres separat i virksomhederne, men indgår i forbruget opvarmning og anden procesvarme.

Det har ligeledes heller ikke været muligt at kvantificere investeringsomkostningerne fra leverandøren. COWI skønner, at tilbagebetalingstiden for denne type installationer ligger på 5-15 år alene set ud fra energibesparelsen. Inkluderer reducerede spildevandsomkostninger, mulig indtægt fra oprenset olieholdigt spildevand samt lavere omkostninger til vand som følge af genbrug af vand, bliver tilbagebetalingstiden reduceret til fire år og derunder.

Tabel 7-50 Case 2: Inddampning af spildevand

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning
Landbrug	0,0	50-75 %	2-5 %	1,4-4,2 kr./kWh
Træindustri	0,0	50-75 %	2-5 %	1,4-4,2 kr./kWh
Øvrige basiskemi- kalier	0,02	50-75 %	2-3 %	1,4-4,2 kr./kWh
Medicinalindustri	0,2	50-75 %	2-3 %	1,4-4,2 kr./kWh

Casebeskrivelse 3: Varmepumpeinddampning

I produktioner og virksomheder, hvor der ikke umiddelbart er overskudsvarme til rådighed i større mængder, eller hvor varmekilden er baseret på damp, kan der med fordel anvendes enten mekanisk rekompresion af damp (MVR) eller varmepumper til inddampningsprocesser.

Indtil videre anvendes MVR-teknologien mest på store inddampningsanlæg (MW-klassen), idet de små MVR-kompressorer er under udvikling og markedsmodning. Som alternativ til de små MVR-kompressorer kan varmepumper anvendes.

Varmepumpen vil benytte kondensatorvarmen til inddampning af produktet (2-4-trins inddamper). Varmepumpens fordampere henter varmen ud af den afdampede væske, hvorved energitab reduceres.

I forhold til en traditionel 1- eller 2-trins inddamper baseret på varmetilførsel fra dampanlæg vil en varmepumpeløsning kunne reducere energiforbruget med 65-85 %. Hertil kommer tabet i dampsystemet, som også undgås ved en varmepumpeløsning. Samlet vil der kunne spares omkring 85-95 % af primærenergien.

For 3- eller 4-trins inddampere vil det stadig være muligt at reducere energiforbruget med 40-60 %, men pga. prisstrukturen på naturgas og elektricitet vil der ikke være nogen væsentlig driftsøkonomisk besparelse og dermed økonomisk incitament til at udskifte eksisterende anlæg. I forbindelse med nyanlæg vil der med fordel kunne etableres en varmepumpeløsning, eftersom dette vil forenkle den totale installation.

Anvendelsesområderne vil typisk være i farmaindustrien og i kemisk industri.

Det har pga. travlhed hos leverandører og rådgivere ikke været muligt inden for nærværende rapports rammer at indhente data på cases, herunder investeringsomkostninger.

Tabel 7-51 Case 3: Varmepumpeinddampning

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning
Øvrige basiske- mikalier (23)	0,02	85-95 %	20-40 %	1,1-2,1 kr./kWh
Fremst. af ma- ling og sæbe (24)	0,6	85-95 %	10-20 %	1,1-2,1 kr./kWh
Medicinalindustri (25)	0,2	85-95 %	10-20 %	1,1-2,1 kr./kWh

Opsummering af energisparepotentialer for cases.

De tre cases, som er udvalgt, er fordelt på brancher, som dækker 2,0 PJ af energiforbruget svarende til ca. 40-45 % af det samlede energiforbrug for inddampning. Dette skal ses i lyset af, at 55 % af energiforbruget til inddampning anvendes i forbindelse med indvinding af grus og sten og til fremstilling af sukker. I disse to brancher udgør energiomkostningerne til inddampning så stor en andel af de samlede produktionsomkostninger, at virksomhederne allerede har meget stort fokus på besparelsesmuligheder. I regneværktøjet er data for de enkelte cases lagt ind, hvorefter det samlede energisparepotentiale kan beregnes. De udvalgte cases dækker ikke hele energisparepotentialet for energianvendelsesområdet, da dette vil skulle dækkes af en række helt specifikke energisparemuligheder, som ikke er omfattet af denne kortlægning. De udvalgte cases danner dog sammen med en generel vurdering fra adspurgte leverandører og eksperter grundlag for en revurdering af de gamle energisparepotentialer.

7.9.5 Energisparepotentialet: 2015-vurdering

Af Figur 7-33 fremgår det, at 'indvinding af grus og sten' tegner sig for 37 % af det samlede energiforbrug til inddampning. I denne branche står Akzo Nobel Salt for energiforbruget til inddampning, idet de øvrige virksomheder i denne branche bruger energi til tørring (kilde: "Kortlægning af energiforbrug i virksomheder, januar 2016"). Akzo Nobel Salt har siden sidste kortlægning i 2010 etableret et ekstra sjette inddampningstrin. Omlægning af inddampningsprocessen til MVR-teknologi er mulig, men vil kræve en ny proceslinje. Eftersom halvdelen af Akzo Nobel Salts energiforbrug er baseret på biomasse, vil tilbagebetalingstiden være så lang, at en ombygning ikke anses for realistisk.

De resterende 60-65 % af energiforbruget til inddampning fordeler sig som følger:

- › 17,5 % går til sukkerproduktion. Siden kortlægningstallene blev opgjort i 2012, er dette energiforbrug blev halveret som følge af en omlægning til damptørring på den ene af de to sukkerfabrikker, hvorved der ved inddampning anvendes overskudsvarme fra tørringsprocessen. Den resterende halvdel af energiforbruget kan potentielt også fjernes.

- › 12 % går til produktionsanlæg/processer (mejerier og enzymer), hvor der anvendes spraytørring. MVR egner sig til anlæg, hvor der anvendes spraytørring, eftersom der her ikke er så store mængder overskudsvarme til rådighed.
- › 14 % går til produktioner (fremstilling af basiskemikalier, maling og sæbe), hvor der kan anvendes MVR i stedet for flertrinsinddampning og termisk rekompresion af damp (TVR).
- › 10 % går til produktioner (slagterier, fiskeindustri og bagerier), hvor der er overskudsvarme til rådighed, og hvor MVR typisk ikke kan svare sig.
- › 10 % går til produktioner hvor COWI skønner, at det er muligt at anvende MVR i halvdelen af tilfældene.

Af ovenstående kan det sluttes, at omkring 30 % af energiforbruget til inddampning anvendes til produktioner, hvor MVR kan installeres. Da en del mejerier m.fl. allerede har installeret denne teknologi, vurderer COWI, at det samlede besparelspotentiale er mellem 15-20 %. Inkluderer produktionen hos Akzo Nobel, er det samlede besparelspotentiale omkring 55 % af det samlede energiforbrug.

Det vurderes også fra COWIs side, at potentialet for anvendelse af ekstra trin/procesintegration vil være omkring 10 %, idet omlægning af den resterende sukkerproduktion alene vil bidrage med et samlet besparelspotentiale på 5-8 % af det samlede energiforbrug til inddampning.

I Tabel 7-52 vises en revurdering af potentialerne i forhold til DEA & V&M (2010):

Tabel 7-52 *Revurderede energisparemuligheder*

Energisparemulighed	Potentiale	Begrundelse
Filtrering	Uændret	Filtrering har stadig et stort potentiale. Frysetørring/kondensering endnu ikke udviklet.
MVR (alternative processer)	Halveret	Selvom de store inddampningsanlæg har installeret MVR eller VP, arbejdes der på at udvikle MVR-anlæg til mindre procesanlæg. Inkluderer energiforbruget til indvinding af grus og sten, vil potentialet dog være uforandret.
Ekstra trin/bedre procesintegration	Fordoblet	Alene omlægning af inddampning/tøringsprocessen hos den anden sukkerproducent vil medføre et dobbelt så stort samlet potentiale.
Styring/regulering	Fordoblet	Med modelbaseret regulering vurderes det, at det tidligere potentiale var undervurderet.
Vedligehold	Uændret	Den opnåelige besparelse ved øget vedligehold vurderes af COWI til at være uændret, idet det kræver en vedblivende indsats, som ikke vurderes at blive udført. I takt med at ressourcerne reduceres, flader vedligeholdindsatsen ud.

På baggrund af de udvalgte cases er det muligt at revurdere energisparepotentialer. Besparelsesprocenterne skal ses i forhold til det samlede energiforbrug på 4,6 PJ

Tabel 7-53 *Energisparepotentialer revurderet i forhold til 2010*

Energisparemulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale
Filtrering	50 %	0 %	50 %	5 %	50 %	5 %
MVR-anlæg	80 %	6 %	80 %	12 %	80 %	30 %
Procesintegration	10 %	8 %	10 %	15 %	10 %	20 %
Adfærd	5 %	75 %	5 %	75 %	2 %	75 %

7.10 Pumpning

Energianvendelsesområdet pumpning er en ganganger i forhold til kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet fra 2010.

7.10.1 Teknologiens anvendelse

Pumper bruges i vid udstrækning i alle brancher, men fødevarerindustrien, landbruget og den kemiske industri står for end 35 % af det samlede forbrug.

Pumpeteknologien omfatter pumper med tilhørende rørledninger, ventiler og armaturer. En pumpe bruges til at cirkulere eller transportere væsker og gasser og kaldes herefter for en væskepumpe. 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 foregår i åbne systemer og 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 fremtrædende og anvendte, idet tabellen ikke er fuldstændig.

Tabel 7-54 Mest anvendte pumper

Kategori	Teknologi	Brancher	Produkter
Centrifugalpumpe	Radialpumpe Aksialpumpe	Alle brancher, herunder: Landbrug Mejerier Engroshandel Fødevarerindustri Biotek og farma Kemisk Industri Fremstilling af metaller	Vand Spildevand Olie Mælk Kemikalier
Positivpumpe	Lamelpumpe Tandhjulpumpe Stempelpumpe Membranpumpe	Landbrug Fødevarerindustri Biotek og farma Kemisk Industri Træ og papirindustri Cement, beton og asfalt	Væsker, Væsker, der indeholder tørstoffer Tykflydende væsker Klæbrige væsker Syrer, Baser, Opløsningsmidler, Maling, Lak Trykfarver

7.10.2 Teknologiens udvikling

Den forrige kortlægning af energibesparelspotentialer i erhvervslivet (2010) indeholder en uddybende beskrivelse af teknologien i 2010, fremtidige lovmæssige reguleringer samt en beskrivelse af energibesparelsmuligheder inden for pumpning. I rapporten fra 2010 blev fundet frem til følgende energibesparelsmuligheder:

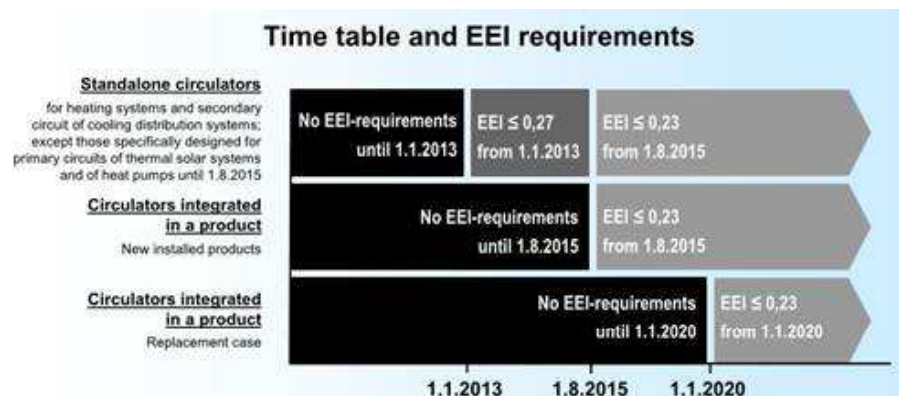
- 1 Pumper
- 2 Behovstilpasning
- 3 Udskiftning af ældre pumper til nye energieffektive
- 4 Mindskning af tryktab ved at anvende glatte rør, fjernelse af overflødige ventiler, anvendelse af ventiler og filtre med lavt tryktab m.m.
- 5 Omdrejningsregulering eller regulering med lille tab
- 6 Vedligeholdelse.

Siden rapporten fra 2010 blev udgivet, er der på europæisk plan vedtaget en ny lovgivning på området.

For små cirkulationspumper op til 2,5 kW hydraulisk effekt, som har stort energi-energieffektivitetspotentiale i europæisk regi, blev den frivillige energimærkningsordning i 2013, som er udarbejdet af den europæiske pumpefabrikantforening Europump, erstattet med *Kommissionens forordning 641/2009 (EC)* [1] og *Kommissionens forordning 622/2012 (EU)* [2].

Disse regulativer fastsætter krav til miljøvenligt design og drift af cirkulationspumper udtrykt ved et Energy Efficiency Index (EEI). Kravene ses i Figur 7-34.

Figur 7-34 Tidsplan og krav til EEI [2]



Det samlede årlige energibesparelse i 2020 er af Kommissionen i *Forordning 641/2009 (EC)* [1] og i *forordning 622/2012 (EU)* estimeret til at være på 23 TWh pr. år svarende til en ca. 40 % reduktion af nuværende forbrug.

Der er ligeledes blevet vedtaget en forordning for Water Pumps i Kommissionens forordning 547/2012 (EU) [3], som omhandler den hydrauliske virkningsgrad af pumpen. Det samlede energibesparelspotentiale for Water Pumps i 2020 på europæisk plan er af *Kommissionens forordning 547/2012 (EU)* [3] estimeret til at være på 3,3 TWh pr. år.

I løbet af de sidste 20 år er der sket en løbende teknologiudvikling af cirkulationspumper. Hvis energieffektiviteten for 20 år siden var på indeks 100 er den i 2015 på omkring indeks 20. Dog er der i de seneste år sket en udfladning af energieffektiviseringen, og denne kurve vil nok flade yderligere ud i de kommende år.

Inden for omdrejningsregulering af pumper er implementeringen af PMSM-motorer (permanent magnet synkronmotorer) og frekvensomformere blevet standard i små og store cirkulationspumper.

Cirkulationspumper er automatisk styrede efter behov. Det vil sige, at pumperne i dag selv estimerer tryk og omdrejningstal. Dog kan der være en energimæssig gevinst ved at anvende flere små pumper på fuldlast frem for én større på dellast.

Der har ligeledes været fokus på udformning af pumpehus og løber for at sikre mindre modstand og et mere naturligt flow. Herved mindskes det nødvendige pumpetryk og energiforbruget til motorer. Dog bliver det sværere og sværere at opnå yderligere energieffektiviseringer i den hydrauliske del af pumperne. Dette gælder såvel for store som for små pumper. Medmindre der sker kvantespring i materialer og teknologier, hvad angår mekanik, hydraulik og elektronik.

Der findes stadig mange uregulerede pumper, hvor der er et energisparepotentiale i at skifte til regulerede pumper. Det er især tørløberpumper til varmeanlæg, fjernvarmeanlæg, AC, vandforsyning, HVAC-systemer, trykforøgeranlæg i bygninger og generelt pumper med lange driftstider, som stadig er uregulerede og deraf energintensive. *Kommissionens forordning 547/2012 (EU)* [3] stiller krav til flere af disse typer pumper (water pumps). [Niels Bidstrup, Grundfos].

Potentialet for udskiftning af pumper er det samme og måske endda større end for fem år siden.

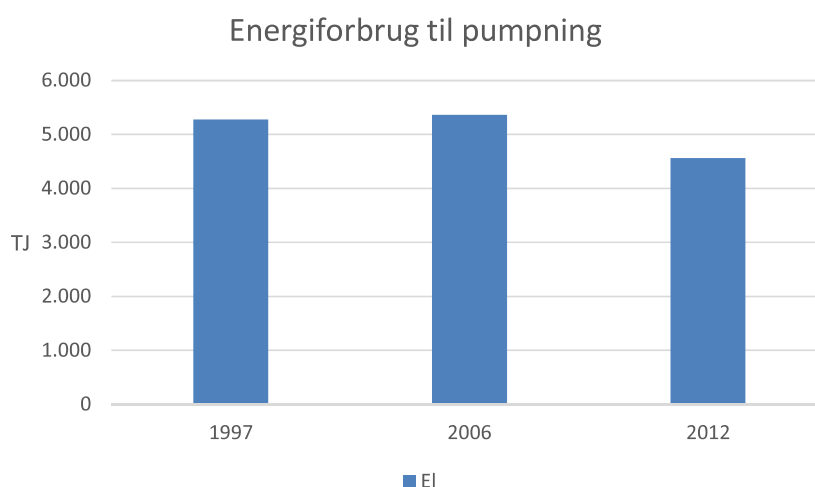
I de kommende år vil Kommissionen arbejde på et review af forordning 547/2012 (EU). Dette review samt en udvidelse af anvendelsesområdet til også at omfatte clean water pumps, wastewater pumps og booster systems, vil medføre en energibesparelse for disse typer pumper, som er ca. 10 gange større end estimeret i nuværende forordning 547/2012 (EU). Besparelsen kan opnås ved at se på Extended Product Approach, som inddrager effektforbruget til motorer, styring og brugsprofiler.

7.10.3 Energiforbruget anvendt til teknologien

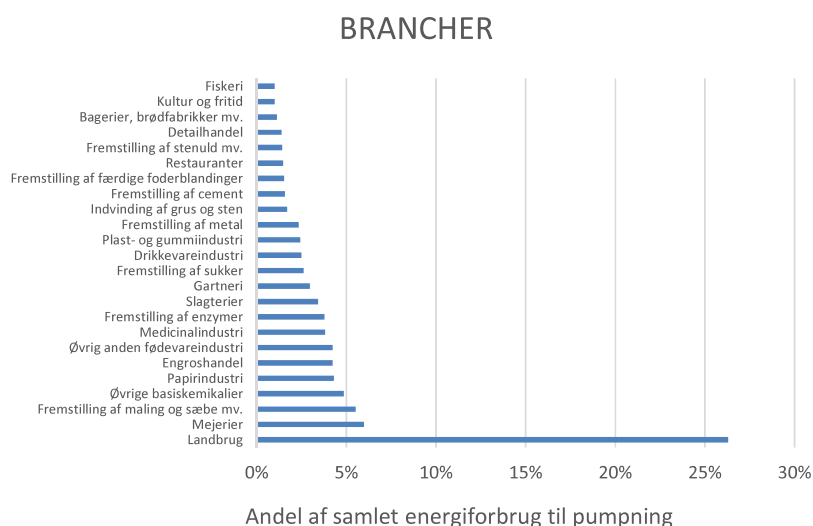
Det samlede energiforbrug anvendt til pumpning i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 4,6 PJ, hvilket svarer til 2,3 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet og 7,9 % af det samlede elforbrug i erhvervslivet

Udviklingen i energiforbruget til pumpning siden 1997 er gengivet i nedenstående figur. I forhold til den forrige kortlægning af energiforbruget i erhvervslivet udført i 2008 over 2006-data er energiforbruget til pumpning i 2012 faldet med 15 %.

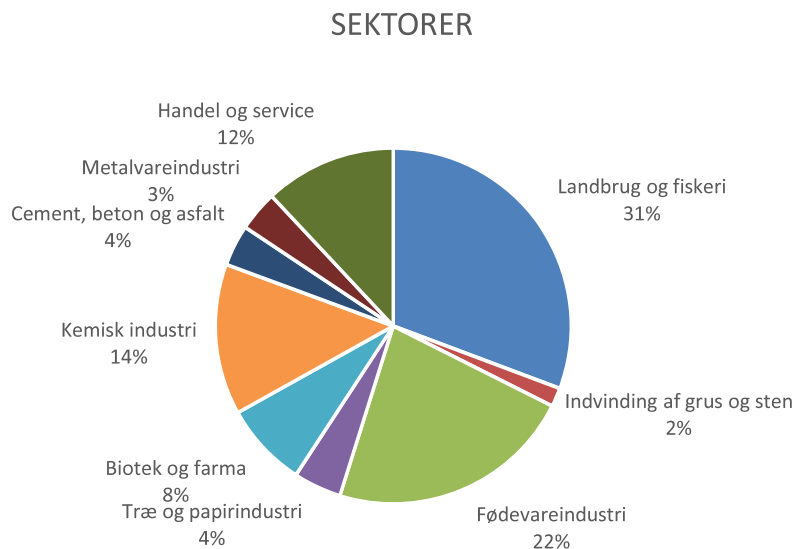
Figur 7-35 Energiforbrug til pumpning



Figur 7-36 Energiforbrug til pumpning fordelt på brancher



Figur 7-37 Energiforbrug til pumpning fordelt på sektorer



Energianvendelsen til pumpning domineres primært af tre sektorer: landbrug, fødevareindustrien og kemiindustrien. Tilsammen står disse sektorer for 67 % af det samlede energiforbrug til pumpning i erhvervslivet.

Landbruget er den største slutbruger af energi til pumpning.

7.10.4 Energisparepotentialer: 2015-cases

I det følgende beskrives kort en række energisparemuligheder, der retter sig mod den branche, der har det største energiforbrug til pumper, og også omfatter den teknologi, der er mest udbredt i branchen.

Transport af væsker er en gennemgående aktivitet i mange brancher, men energiforbruget hertil er især stort i landbruget, i mejerier og i fødevareindustrien. Casen beskriver en teknologi til reduktion af energiforbruget i forbindelse med transport af væsker. Teknikken kan anvendes i en række andre brancher.

Casebeskrivelse 1: Pumper og trykforøgeranlæg

Pumper og trykforøgeranlæg bruges typisk til transport af væsker.

Erfaringsmæssigt kan udskiftning af gamle pumper med eksterne frekvensomformere og tryktransmittere til nye styrede pumper eller trykforøgeranlæg, som er tilpasset anlægget og behovet, give store energibesparelser.

Udskiftning af eksisterende anlæg til nye løsninger kan finde sted i næsten alle industrier, hvor der pumpes væsker. Dette er især inden for landbruget, mejerier og i fødevareindustrien, hvor energiforbruget til pumpedrift er størst.

En producent af drikkevarer har udskiftet to stk. traditionelle gamle pumper hver med 90 kW motorer, tryktransmittere og eksterne frekvensomformer, til tre nye pumper hver med 18.5 kW motorer samt MPC-E styring. I den oprindelige konfiguration var der kun en pumpe i drift ad gangen, ved nyt anlæg vil antallet af pumper, som er i drift, være bestemt af, hvad der energimæssigt er mest optimalt i forhold til aktuelle behov. Energibesparelsen ved denne udskiftning blev på 51 %.

Efter udskiftning blev energiforbruget til drift af anlægget reduceret med 1.000.000 kWh efter 10 år. Dette er en besparelse, der løber op i knap 520.000 kr. efter 10 år. Investeringen beløb sig på 240.000 kr., som giver en tilbagebetalingstid på ca. 3,5 år.

Brancher	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning
Landbrug	30-50 %	50 %	0,24 kr./kWh
Mejerier	30-50 %	75 %	0,24 kr./kWh
Drikkevareindustri	30-50 %	50 %	0,24 kr./kWh

Denne case omhandler de væsentligste områder med besparelspotentialer, som påpeges i DEA & V&M(2010). Casen omfatter:

- › Behovstilpasning,
- › Energieffektive pumper
- › Energieffektive elmotorer
- › Omdrejningsregulering.

7.10.5 Energisparepotentialer: 2015-vurdering

Tabel 7-23 revurderer energibesparelspotentialerne fra DEA & V&M(2010). Denne vurdering er udarbejdet på baggrund af den viden, der er opnået i forbindelse med udarbejdelsen af casen. Casen, der er arbejdet med, omhandler den nyeste teknologi, som rammer bredest. Disse giver et samlet besparelspotentiale på 50 %, hvor det gamle potentiale var vurderet til ca. 35 %.

Tabel 7-55 *Revurdering af energisparepotentialerne fra DEA & V&M(2010)*

Energisparemulighed	Potentiale	Begrundelse
Behovstilpasning	Fordobling	Der er stadig mange uregulerede pumper. Der foretages et review af forordning 547/2012 (EU), som udvider anvendelsesområdet til også at omfatte clean water pumps, wastewater pumps og booster systems. Kan se på extended product approach, som inddrager effektforbruget til motorer, styring og brugsprofiler
Energieffektive pumper	Fordobling	Der foretages et review af forordning 547/2012 (EU), som udvider anvendelsesområdet til også at omfatte clean water pumps, wastewater pumps og booster Systems. Kan se på Extended Product Approach, som inddrager effektforbruget til motorer, styring og brugsprofiler
Energieffektive elmotorer	Fordobling	Der foretages et review af forordning 547/2012 (EU), som udvider anvendelsesområdet til også at omfatte clean water pumps, wastewater pumps og booster systems. Kan se på extended product approach, som inddrager effektforbruget til motorer, styring og brugsprofiler
Lavere systemmodstand	Uændret	Stadig det samme energibesparelspotentiale ved at reducere trykmodstand i det samlede system, herunder rørledninger, ventiler og armaturer.
Omdrejningsregulering	Fordobling	Der foretaget et review af forordning 547/2012 (EU), som udvider anvendelsesområdet til også at omfatte clean water pumps, wastewater pumps og booster systems. Kan se på extended product approach, som inddrager effektforbruget til motorer, styring og brugsprofiler
Vedligeholdelse	Uændret	Stadig det samme potentiale ved regelmæssig vedligeholdelse.

Kilde: COWIs vurdering

Det vurderes, at besparelspotentialet ud fra de initiativer, der iværksættes fra EU, er større end angivet i den tidligere DEA & V&M(2010).

Der er lavet en opsummering af energisparepotentialerne, jf. Tabel 7-24. For at kunne beregne det samlede energisparepotentialer både besparelspotentialet og anvendelsespotentialet lagt ind i regneværktøjet. Potentialerne skal ses i forhold til samlede energiforbrug for pumper på 4.6 PJ.

Tabel 7-56 Energisparepotentialer revurderet i forhold til 2010

Energisparemulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelsepotentiale	Anvendelsepotentiale	Besparelsepotentiale	Anvendelsepotentiale	Besparelsepotentiale	Anvendelsepotentiale
Behovstilpasning	50 %	8 %	50 %	12 %	40 %	20 %
Energieffektive pumper	20 %	20 %	15 %	40 %	10 %	75 %
Energieffektive elmotorer	-	-	5 %	20 %	4 %	75 %
Lavere systemmodstand	30 %	5 %	25 %	10 %	20 %	30 %
Omdrejningsregulering	60 %	20 %	50 %	40 %	45 %	60 %
Vedligeholdelse	5 %	30 %	5 %	50 %	5 %	50 %

7.11 IT og anden elektronik

Energianvendelsesområdet er nyt i forhold til 2010-kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet.

7.11.1 Beskrivelse

Teknologikataloget for it og anden elektronik omfatter de effektforbrugende enheder, der anvendes i erhvervsmæssigt henseende. Kataloget beskæftiger sig således ikke med elektronik og it-udstyr, der anvendes i den private husholdning.

7.11.2 Teknologiens anvendelse

Generelt er det EU-krav og frivillige mærkningsordninger, der sikrer energieffektive produkter, og der kommer løbende nye krav til. Dette gælder både computerskærme, digitale modtagere og komponenter, computere, printere og produkter inden for UPS og mindre datacentraler. Ud over krav til produktets forbrug er der også krav til standby-forbrug og effektive strømforsyninger.

Disse krav er defineret og beskrevet i ecodesignkravene, som primært sigter mod at fjerne de mindst energieffektive produkter fra, i første omgang, det europæiske marked. Ecodesignkravene blev udrullet i 2010, idet udrulningen foretages trinvis og i forskellige tempi afhængig af udstyrstype. I 2014 blev computere omfattet af

ecodesignkrav, og i 2015 er produkter i netværk blevet omfattet. Der er planlagt en generel stramning af effektivitetskravene pr. 1 januar 2016.

Det er vigtigt at bemærke, at ecodesignkravene ikke omfatter bladeservere og serverinstallationer, som datacentre m.m., men kun mindre computerservere.

7.11.3 Teknologiens udvikling

Generelt er der i de seneste fem år ikke kommet nye teknologier eller energisparemuligheder på markedet i forhold til ovenstående, men de fleste af de produkter, der sælges på markedet i dag, bruger mindre energi end for fem år siden. Det betyder, at der generelt er sket et fald i energiforbruget.

Samtidig betyder den igangværende implementering af nye teknologier, at energiforbruget sænkes; det drejer sig om virtualisering af servere og nye disksystemer, der giver en betragtelig energibesparelse. Fortætningen af udstyr medfører desuden øget fokus på køling af servere og disksystemer, men ved at benytte frikøling og optimere kølingen i de områder, hvor der er behov, og adskille kold og varm luft er der ikke væsentlige øgning af forbruget til køling.

Datacentre er storforbrugere af strøm og køling, men energiforbruget er en af de største omkostninger for disse centre, og derfor er der fokus på at minimere forbruget og anvende effektive løsninger for at holde strømforbruget på et lavt niveau.

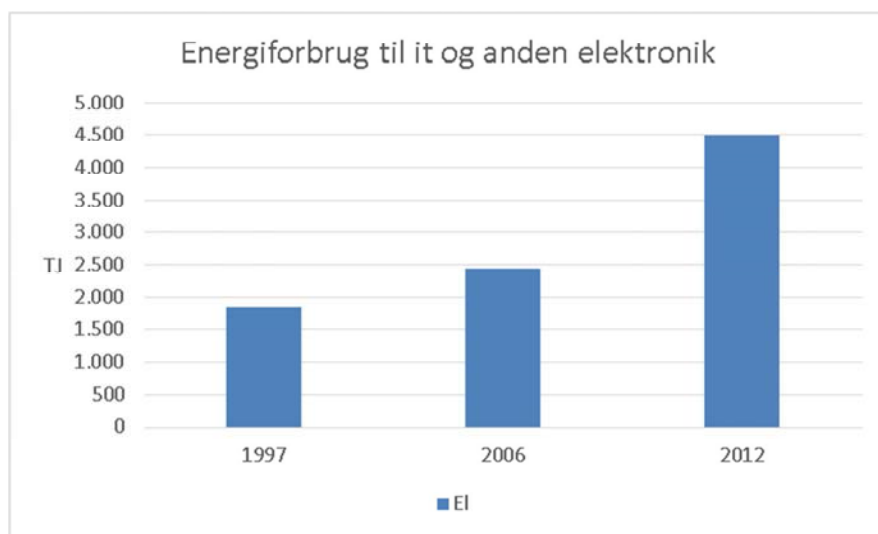
7.11.4 Energiforbruget anvendt til teknologien

Det samlede energiforbrug anvendt til it og anden elektronik i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 4,5 PJ; dette svarer til 2 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet. Af det samlede elforbrug i erhvervslivet udgør forbruget til it og anden elektronik omkring 8%.

Udviklingen i energiforbruget til it og anden elektronik siden 1997 er gengivet i nedenstående figur.

I forhold til tidligere kortlægninger, udført i 2008 over 2006-data, er energiforbruget i erhvervslivet til it og anden elektronik i 2012 steget med ca. 84,9 %.

Figur 7-38 Energiforbrug til it og anden elektronik

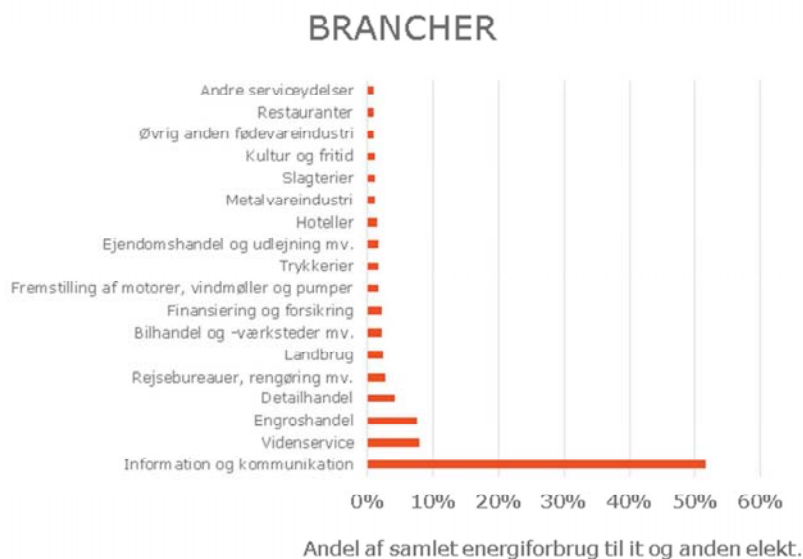


Fordelt på brancher ser energiforbruget til it og anden elektronik i 2012 ud som angivet i nedenstående figurer.

Figur 7-39 Energiforbrug til it og anden elektronik fordelt på sektorer



Figur 7-40 Energiforbrug til it og anden elektronik fordelt på brancher



Energianvendelsen til it og anden elektronik domineres primært af et brancheområde; information og kommunikation. Denne branche udgør ca. 52 % af det samlede energiforbrug til it og anden elektronik i erhvervslivet.

7.11.5 Energisparepotentialer: 2015-cases

I dette afsnit gennemgås en række cases, hvor det er muligt at opnå energibesparelser. For dette energianvendelsesområde er der udvalgt tre cases.

Både lokalt og internationalt er der stor fokus på energioptimering i forbindelse med it og anden elektronik. Der er specielt stort fokus på optimeringspotentialet i forbindelse med datacentre og datacenterdrift. Her kan eksempelvis nævnes EU's Data Centres Energy Efficiency Code of Conduct.

Teknologikataloget har af denne årsag forsøgt at identificere andre områder, hvor it og anden elektronik direkte eller indirekte kan være medvirkende til energioptimering.

Der er således valgt tre cases, hvor den første beskriver energibesparelse ved udskiftning af perifert udstyr, såsom printere og lignende. Case nummer to beskriver den energioptimering, der er opnået i forbindelse med anvendelsen af virtualisering af servere (I stedet for en server pr. system, kan en stor server håndtere 5-10 systemer virtuelt)

Den sidste case beskriver et energioptimeringsprojekt, hvor it er anvendt i forbindelse med styring og regulering af en bygnings tekniske installationer.

Casebeskrivelse 1: Udskiftning af udstyr

En større virksomhed inden for logistik og distribution i detailhandlen har udskiftet samtlige printere (235 stk.) i virksomhedens afdelinger med nye og mere energieffektive enheder. Samtidig blev en række virksomhedens ældre servere (6 systemer) og 1 stk. UPS-anlæg udskiftet med to nye energieffektive enheder.

Energiforbruget til de gamle enheder var i alt 1.300 MWh årligt. Med udskiftningen til nye enheder blev det årlige energiforbrug i alt 275 MWh. Besparelsen udgjorde hermed 80 % af det oprindelige energiforbrug. Fordelingen af besparelsen var 40 MWh for printerne og 985 MWh for servere og UPS-anlæg.

Investeringen var på godt 6 millioner kroner med en tilbagebetalingstid på 3,9 år. Herudover blev serverkapaciteten udvidet med 300 %,

Det vurderes, at udskiftning af ældre printere og servere (og især kombinationen af disse) kan foretages i alle brancher. I industrivirksomheder og ikke-liberale erhverv vil tilbagebetalingstiden dog være væsentlig længere (~100 %), idet disse virksomheder kan få elafgiften godtgjort.

Tabel 7-57 Case 1: Udskiftning af udstyr

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelsepotentiale	A Anvendelsespotentiale	I Investeringsomkostning
Liberale erhverv (53-54)	0,4	50-80 %	20%	5,5-6,5
Øvrige erhverv (1-50,52,55-57)	1,7	50-80 %	10 %	5,5-6,5

Casebeskrivelse 2: Virtualisering

Egmont har fået et virtualiseret datacenter, hvilket har medført lavere driftsomkostninger, højere driftssikkerhed, øget kapacitet og voldsomt reducerede udgifter til strøm og køling. Selvom datacentret er den største infrastrukturinvestering i Egmonts historie, er den tjent ind efter mindre end to år.

Egmont er en medievirksomhed, som har meget høje storage-krav: Man har mere end 4 Petabytes aktivt lager. Efterhånden var virksomheden løbet ind i problemer:

"Vi havde to store storage-løsninger – en i Valby hos Nordisk film og en i Vognmagergade i Egmonts hovedsæde. Løsningerne var komplekse og knopskudte gennem mange år. Kapaciteten var fuldstændig opbrugt, og driftsomkostningerne var urimeligt høje - især var service- og vedligehold samt strøm og køling meget dyrt. Så vi var nødt til at gøre 'noget', forklarer Mette Jæpelt, CIO i Egmont. I Egmont IT troede man, at det gav mening blot at skifte storage-løsning.

"Vi havde to valgmuligheder: To nye tilsvarende løsninger eller én centraliseret og konsolideret storage-løsning. Denne ville dog forudsætte et nyt netværk, som kapacitets- og performancemæssigt understøttede én samlet løsning. Det sidste regnede vi ikke med at have råd til, men vi valgte at undersøge det", fortæller Mette Jæpelt.

Egmont IT analyserede situationen og fandt ud af, at man ikke ville kunne virtualisere flere servere på grund af kapacitetsmangel på både netværk, storage og servere, samt at de eksisterende core switchere var overbelastede, og det eksisterende netværk på 1 GB ikke svarede til behovene.

Derfor gik Egmont IT i gang med at udarbejde et løsningsdesign på et nyt virtuelt datacenter baseret på IVA-konceptet, ligesom man lavede en detaljeret tids- og aktivitetsplan med henblik på at lave et nyt højhastighedsnetværk samt foretage virtualisering af størstedelen af serverparken, lave en konsolideret storage-løsning og etablere en ny, effektiv køleløsning.

Egmont IT lavede en businesscase forud for implementeringen, der viste, at man ville kunne opnå en tilbagebetalingstid på mindre end to år.

"Vores businesscase viste, at allerede ved slutningen af år 2 ville vi have 'break-even'. Det var en øjenåbner for direktionen, at vi ville tjene den største infrastrukturinvestering i Egmonts historie ind så hurtigt, og at vi ville opleve store besparelser, når først løsningen var i luften. Herudover ville vi få fordele, som en opdatering af vores gamle storage-løsninger slet ikke ville rumme".

Egmont IT har via implementeringen af det virtualiserede datacenter opnået store besparelser på elforbruget.

"Med vores gamle løsning havde vi udgifter til strøm og køling på i alt 2,3 mio. om året. Med den nye kommer vi ned på under en halv million og kan altså spare knap 2 mio. kr. om året alene i strøm og køling! Faktisk er det muligt, at DONG vil præmiere os for den store strømbesparelse", fortæller Mette Jæpelt.

"Men herudover har vi opnået en højere kvalitet, herunder højere driftssikkerhed, og vi er gået fra 1 GB til 10 GB på netværket. Dette sammen med højtydende servere og storage har givet os en højere performance, som understøtter stadig større mængder af digitale data".

"Et andet resultat er, at vi er blevet meget mere fleksible og har fået en hurtigere time-to-market, hvilket er vigtigt i den meget hurtige mediebranche. Desuden har vi fået øget kapacitet, en skalerbar løsning samt minimerede driftsomkostninger og SLA-udgifter, så alle er glade!", slutter Mette Jæpelt, CIO i Egmont-koncernen.

Det vurderes, at omlægning af servere og disksystemer kan gøres af de fleste virksomheder. Det forudsætter dog, at der benyttes flere systemer, og omlægning/udskiftningen vil normalt ske i forbindelse hvert 3.-4. år udskiftningen af hardware. Besparelspotentialet vil dog afhænge af virksomhedens størrelse, antallet af systemer, kompleksitet og behovet for udvidelse. Da virksomhedsstørrelserne inden for de enkelte brancher varierer meget, vil større virksomheder have større

besparelspotentiale end mindre virksomheder. Potentialer er vores vurdering og sammenholdt med andre eksterne vurderinger.

Tabel 7-58 Virtualisering og udskiftning af disksystemer (SAN)

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelspotentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning
Information og kommunikation	2,3	20–30 %	30–40 %	1,5–2,25
Videnservice	0,4	20–30 %	20 %	3,0–4,0
Finansiering og forsikring	0,1	20–30 %	25 %	1,5–2,250

Casebeskrivelse 3: Intelligent styring

Ved anvendelse af specifikke it-platforme kan der etableres intelligent styring af de forskellige bygningstekniske installationer, såsom bygningsautomation, sikring, mv. og af de it-installationer, der anvendes generelt, herunder IP-telefoner, skærme, computere, servere, skærme, printere m.m.

På et hospital i Holland er der installeret et energihåndteringssoftware i kernen af hospitalets netværk, der identificerer de enheder, der er tilsluttet netværket og overvåger hver enkelt enhed med hensyn til strømforbrug og udnyttelse. Softwaren administrerer strømforbruget for hver enkelt enhed.

Hospitalet opnåede en reduktion af strømforbruget til IT og anden elektronik på 30 %.

Investeringsomkostningerne i softwaren, der kun er nødvendig at installere centralt og ikke på de enkelte enheder, blev tjent hjem på under et ½ år.

Systemet vurderes anvendeligt i stort set alle brancher med centrale netværksløsninger.

Tabel 7-59 Case 3: Intelligent styring

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning
Engroshandel (47)	0,3	20-30 %	30-50 %	0,3-0,5 kr./kWh
Detailhandel (48)	0,2	20-30 %	20-30 %	0,3-0,5 kr./kWh
Hoteller (49)	0,07	20-30 %	40-60 %	0,3-0,5 kr./kWh
Finansiering og forsikring (52)	0,1	20-30 %	40-60 %	0,3-0,5 kr./kWh
Ejendomshandel og udlejning (53)	0,07	20-30 %	40-60 %	0,6-0,9 kr./kWh
Videnservice (54)	0,4	20-30 %	30-50 %	0,6-0,9 kr./kWh
Rejsebureauer (55)	0,1	20-30 %	20-40 %	0,3-0,5 kr./kWh

Opsummering af energisparepotentialer for cases.

De tre cases, som er udvalgt, er fordelt på brancher, som dækker ca. 4,4 PJ af energiforbruget. Dette er ca. 100 % af det samlede energiforbrug for it og anden elektronik. I regneværktøjet er data for de enkelte cases lagt ind, hvorefter det samlede energisparepotentiale er muligt at beregne. De udvalgte cases dækker ikke hele energisparepotentialet for energianvendelsesområdet, da dette vil skulle dækkes af en række helt specifikke energisparemuligheder, som ikke er omfattet i denne kortlægning. De udvalgte cases danner dog sammen med en generel vurdering fra adspurgte leverandører og eksperter grundlag for en revurdering af de gamle energisparepotentialer.

7.11.6 Energisparepotentialer: 2015-vurdering

Da 2010-rapporten ikke indeholder en opgørelse for energianvendelsesområdet "It og anden elektronik" er der ikke mulighed for at revurdere energisparepotentialet. På basis af ovenstående cases foretages derfor en vurdering af besparelsespotentialet inden for segmentet 'it og anden elektronik'.

Tabel 7-60 Energisparepotentialer for it og anden elektronik

Energispa-remulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale
Udskiftning af it udstyr	0 %	0 %	0 %	0 %	11 %	2 %
Virtualisering	0 %	0 %	1 %	1 %	16 %	19 %
Intelligent styring	2 %	3 %	8 %	11 %	8 %	11 %

7.12 Brænding

Energianvendelsesområdet brænding er en genganger i forhold til 2010-kortlægningen- af energisparepotentialer i erhvervslivet.

7.12.1 Teknologiens anvendelse

Brænding og den forudgående tørring af materialer er de centrale processer ved fremstilling af cement, tegl, kalk, lecaklinker og molergranulat. De to processer er tæt forbundne, da en stor del af varmen fra brændingens røggasser og fra de brændte produkter udnyttes i den forudgående tørring af råmaterialerne.

Brændingsprocessen er en kontinuer proces, der typisk er i drift året rundt. Ud over cementfabrikken Aalborg Portland omfatter området teglværker, kalkværker og fabrikker, der producerer isoleringsmaterialer og fugtabsorberende materialer ud fra ler og moler. På teglværker foregår brændingen i tunnelovne, mens den på de øvrige virksomheder foregår i roterovne.

7.12.2 Teknologiens udvikling

Som anført i VM (2010) er brændingsprocessen kendetegnet ved, at der sker en fysisk og kemisk omdannelse af materialerne, hvorved der dannes nye materialer og eventuelt også sker en sintring (smeltning) af materialerne, så partiklerne sammenkittes.

For at opnå brænding skal procestemperaturen op på 1400-1500°C for cement og 950-1050°C for ler (teglsten). Energiforbruget er således tæt knyttet til kemiske og fysiske processer, der kun kan foregå ved disse meget høje temperaturer.

Der er ikke i de seneste fem år sket nogen markant udvikling inden for selve teknologien brænding, som er blevet implementeret i industrien.

Til gengæld er der arbejdet med tiltag på råmaterialesiden og mulighederne for at ændre råmaterialernes sammensætning og egenskaber med henblik på at reducere energiforbruget til særligt afdampning af vand.

Derudover er der, jf. artikel i Ingeniøren (ref. <http://ing.dk/artikel/hu-skal-mursten-braendes-i-mikroboelgeovne-170460>), gennemført et pilotforsøg i Storbritannien, hvor mikrobølger er blevet anvendt til at erstatte gas ved tørring og brænding af tegl. Resultaterne af forsøget var følgende:

- › Brændetider reduceres med 30-50 %
- › Samlet energibesparelse op til 50 %
- › I de britiske forsøg dækkede el 10 % af energiforbruget og gas resten reduceret flouridemission.
- › Forbedret produktkvalitet på grund af mindre temperaturgradient i gods.

Af artiklen fremgår det videre, at projektet "Bæredygtig fremstilling af tegl med mikrobølger" blev igangsat i Århus i efteråret 2014 med støtte fra EUDP-midler. Projektet, der skal teste teori og teknologi i praksis, drives af Teknologisk Institut i samarbejde med følgende partnere: Aarhus Universitet, University of Nottingham, Strøjer Tegl A/S, Pipers Teglværker A/S, Helligsø Teglværk A/S og C-Tech Innovation Ltd.

Det er ikke lykkedes at indhente supplerende oplysninger hos Teknologisk Institut om projektets foreløbige resultater, der kunne give et fingerpeg om besparelspotentialet ved brug af mikrobølger i danske teglværker er på niveau med resultaterne fra Storbritannien.

Inden for cementproduktion er det lykkedes Aalborg Portland lykkedes at forbedre procesparametrene i slammet til hvid cementproduktion ved tilsætning af fluorid, hvilket har medført en reduktion i vandindholdet med ca. 4 procentpoint.

Aalborg Portland oplyser, at der på denne vis spares energi både direkte og indirekte som følger:

- › Direkte, da en fordampning af mindre vandmængde medfører et mindre brændselsbehov
- › Direkte fordi de kemiske processer, der skal gennemføres i ovnene, kan foregå ved en lavere temperatur på grund af mineralisering med fluorid.
- › Indirekte på grund af færre tilfælde af støvdrift, hvor ovnene skal tømmes for at genoprette produktionen.
- › Indirekte, da et generelt lavere støvtab i elektrofiltrene medfører mindre produkttab, som erstatter en tidligere primærproduktion.

Aalborg Portland oplyser, at det i mange år har været kendt, at fluorid har ovennævnte egenskaber, men på grund af skrappe krav til renheden af fluoridkilden til den hvide produktion, har de kendte fluoridkilder været for kostbare. Med introduktion af restproduktet aluspar ændrede den situation sig, hvilket har ført til, at Aal-

borg Portland tilbage i april 2012 indførte fluorid i processen for fremstilling af hvid cement.

7.12.3 Energiforbruget anvendt til teknologien

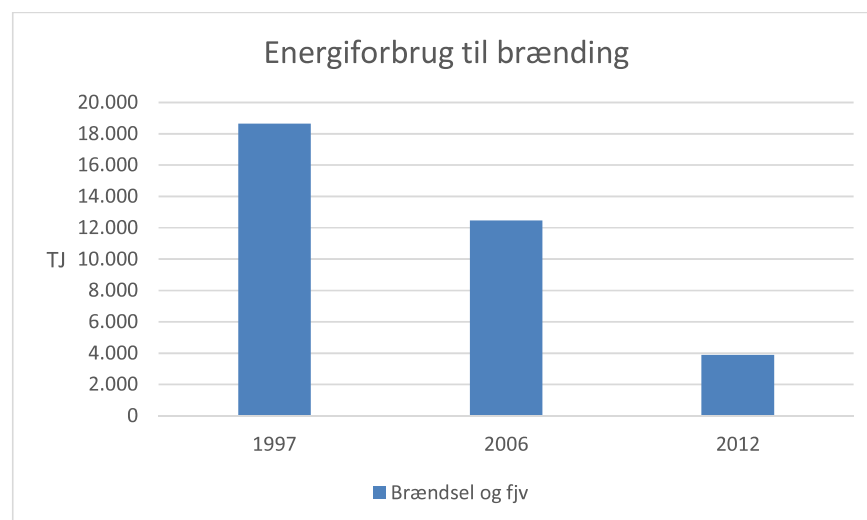
Det samlede energiforbrug anvendt til brænding i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 3,9 PJ, hvilket svarer til 2,0 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet. Brændsel udgjorde godt 99,8 % af energiforbruget til brænding, mens forbruget af el (herunder varmepumper) udgjorde de resterende 0,2 %.

I 2010 udgjorde energiforbruget til brænding 12,5 PJ, og forbruget er således blevet reduceret med 8,6 PJ eller 69 % de seneste fem år.

Fordelt på brancher ser energiforbruget til brænding i 2012 ud som angivet i nedenstående figur.

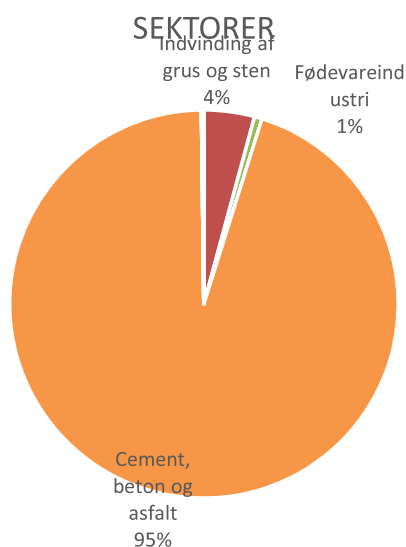
Udviklingen i energiforbruget til brænding siden 1997 er gengivet i nedenstående figur. I forhold til den forrige kortlægning af energiforbruget i erhvervslivet udført i 2008 over 2006-data er energiforbruget til brænding i 2012 faldet med 69 %.

Figur 7-41 Energiforbrug til brænding

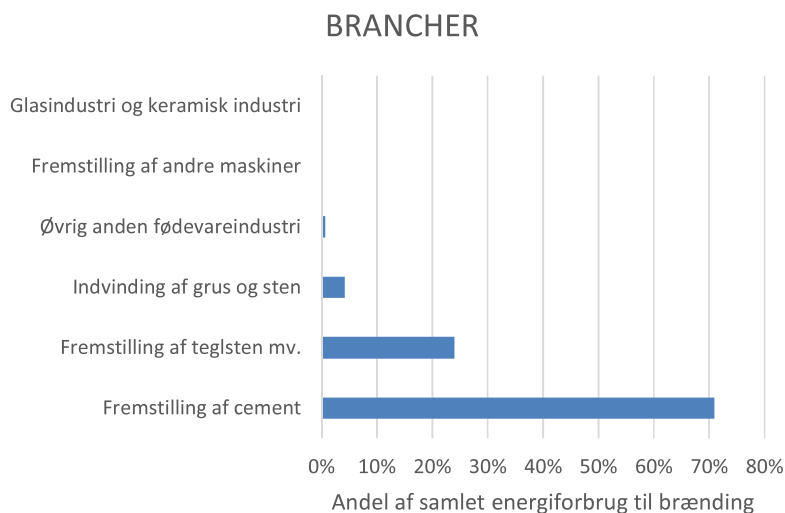


Fordelt på brancher ser energiforbruget til brænding i 2012 ud som angivet i nedenstående figur.

Figur 7-42 Energiforbrug til brænding fordelt på sektorer og brancher



Figur 7-43 Energiforbrug til brænding fordelt på sektorer og brancher



Energianvendelsen til brænding domineres primært af cementfremstillingsbranchen, der står for 95 % af energiforbruget til brænding i erhvervslivet.

Som det fremgår af figuren, finder energianvendelsen til brænding kun sted i brancherne 6) Indvinding af grus og sten, 28) Fremstilling af cement og 29) Fremstilling af teglsten m.v.

Cementfremstillingen hos Aalborg Portland udgør 71 % (2,8 PJ) af det samlede forbrug, mens fremstilling af tegl m.v. stod for 24 % (0,9 PJ) og de resterende 5 % medgår til indvinding af grus og sten.

7.12.4 Energisparepotentialer: 2015-cases

Aalborg Portland oplyser, at der p.t. ikke er igangværende projekter, der har potentiale til at reducere energiforbruget til brænding hverken for hvid eller grå cement.

For øjeblikket arbejdes der med at øge genvindingen af overskudsvarme fra processen – særligt fra ovnskallen.

Fra teglværkerne er det ikke lykkedes at fremskaffe egentlige cases for besparelspotentialer på brænding.

7.12.5 Energisparepotentialer: 2015-vurdering

Aalborg Portland oplyser, at der i cementproduktionen ikke er nogle væsentlige besparelspotentialer i sigte inden for brænding.

I DEA & V&M(2010) vurderes energisparepotentialer til 21 % inden for cementproduktion med en tilbagebetalingstid på 10 år. Hovedparten af besparelspotentialer relaterer sig ikke til en optimering af brændingsprocessen men til en ændring af råmaterialerne i processen og er i stort omfang behæftet med væsentlige usikkerheder. Ombygning af klinkerkølere er gennemført.

På basis af informationerne fra Aalborg Portland vurderes det, at potentialer for at reducere energiforbruget til brænding er yderst begrænset og i størrelsesordenen <1 %. Det samlede besparelspotentialer er <0,03 PJ.

Da det ikke er lykkedes at identificere egentlige cases for teglproduktionen, skønnes det, at energisparepotentialer er reduceret pga. det generelle fokus på energieffektivisering i teglværksbranchen.

I DEA & V&M(2010) vurderes energisparepotentialer til 14 %, hvoraf 2 % stammer fra adfærdændringer inden for fremstilling af tegl, kalk og isoleringsmaterialer ud fra ler og moler. Det er COWIs skøn, at den generelle udvikling mod mere energieffektiv produktion har reduceret potentialer til ca. 10 %. Det samlede besparelspotentialer er ca. 0,09 PJ.

7.13 Trykluft

Energianvendelsesområdet trykluft er en ganganger i forhold til 2010-kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet.

7.13.1 Teknologiens anvendelse

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 vakuum omfatter her vakuumpumper med tilhørende rørledning, ventiler m.m. En vakuumpumpe 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 vakuum, hvoraf de mest fremtrædende og anvendte er angivet i nedenstående, ikke udtømmende tabel:

Tabel 7-61 Mest fremtrædende tryklufte- og vakuumenteknikker

Kategori	Teknologi	Brancher	Produkter
Trykluft	Skruekompressorer (oliefrie og oliesmurte) Lamelkompressorer Stempelkompressorer Mobilkompressorer	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
Vakuum	Væskeringsvakuumpumper Oliesmurte lamelpumper Tørtløbende lamelpumper, Stempelvakuumpumper, Diafragma vakuumpumper, Klovakuumpumper Ejektorpumper Sidekanalblæsere	Medicinalindustri Landbrug Kemisk industri Fremstilling af enzymer Tekstilindustri Fødevareindustri Plastikindustri Fødevareindustri Engroshandel Tandbehandling Byggeri Maskinindustri	Gasser Væsker Tør luft Fugtig luft Opslæmmede væsker

7.13.2 Teknologiens udvikling

DEA & VM (2010) indeholder en uddybende beskrivelse af teknologien i 2010 samt en kort beskrivelse af nye og kommende teknologier. Kortlægningen indeholdt

desuden en beskrivelse af energibesparelsesmuligheder inden for trykluft og vakuum. Følgende energibesparelsesmuligheder blev fremhævet i 2010-rapporten:

1 Trykluft

- › Substitution
- › Tilpasning af trykforbruget til behovet eller anvendelse af flere kompressorer med forskelligt produktionstryk
- › Udskiftning af kompressorer til nye mere energieffektive kompressorer
- › Tilførsel af kold luft til kompressorer og anvendelse af nye køletørrere, f.eks. adsorptionstørrere
- › Mindskning af tryktabet i fordelingsnettet eller montering af lokale trykluftholdere
- › Omdrejningsregulering
- › Intelligent styring
- › Vedligehold og lækagesøgning
- › Brugeradfærd.

Vakuum

- › Erstatning af vakuumbaseret pneumatisk transport med selvlukkende bånd, snegle o.l. med lavere elforbrug.
- › Samling af vakuumpumper i centrale anlæg
- › Udskiftning af mindre effektive ejektorpumper og sidekanalblæsere til nye mere energieffektive apparater
- › Udskiftning af motorer
- › Reduktion af tryktab i rørnettet
- › Omdrejningsregulering eller drøvling på nettet
- › Intelligent styring
- › Vedligeholdelse, inkl. coating af indre overflader og lækagesøgning
- › Brugeradfærd.

Teknologiudvikling:

Inden for trykluft og vakuum arbejdes der fortsat med at optimere processerne.

Teknologierne er dog de samme som for 20 år siden. Medmindre der sker kvantespring i materialer og teknologier, er udviklingen underlagt suboptimering, hvad angår mekanik, hydraulik og elektronik.

Dog er omdrejningsregulering og frekvensstyring af kompressorer og pumper blevet standard. Denne regulering er mere energieffektiv og bruger ca. 30-50 % mindre energi (for 6-8-bar kompressorer) ved dellast drift end ved fuldlast.

Inden for de seneste år er der kommet kompressorer på markedet, der kan komprimere til 2 bar i stedet for 6 til 8 bar. Disse kan i mange tilfælde klare den samme opgave som kompressorer, der komprimerer til 6-8 bar. Førstnævnte bruger op til 60 % mindre energi sammenlignet med klassiske vakuumpumper. 2-bar vakuumpumper kan bruges til industrielle opgaver, hvor konstant vakuum, høj vakuumha-

stighed og helt oliefri kompression er væsentlig. Derfor er det helt afgørende, at man vælger den korrekte kompressortype til den konkrete opgave.

Vedligehold:

I eksisterende anlæg ligger der et betydeligt energibesparelspotentiale i at udskifte kompressorer og pumper til nye og mere energieffektive af slagsen, som også er tilpasset opgaven.

Eksisterende anlæg udvides ofte med forgreninger til supportering af nye processer i produktioner. Dette påfører et forøget tryktab og et unødvendigt forøget energiforbrug.

Ved nye anlæg er korrekt dimensionering af rørnet og korrekt valg af kompressorer og pumper til opgaven vigtige for at opnå en energieffektiv drift. Diego Gugliotta, fra Gugliotta & Co vurderer, at der ligger et besparelspotentiale på 30 til 40 % ved korrekt dimensionering af anlæg og ved korrekt valg af kompressorer og pumper til den konkrete opgave.

Projektering af systemer ligger ofte hos leverandøren og er mere eller mindre lovgivningsmæssigt ikke-reguleret.

Service, rengøring, smøring, rensning af filtre, udskiftning af slidte motorer, udskiftning af slidte pumper m.m. er vigtige for at fasholde elforbruget pr. ydelsesenhed. Det skønnes, at der er et besparelspotentiale på 10 til 20 % ved regelmæssig vedligeholdelse.

Årlige eller halvårslige lækagesøgninger er vigtige, især i tryklufnetsnettet, der står med tryk hele året. Lækager kan ikke helt undgås, men den skønnes ud fra lækagemålinger at være på 25 til 30 % af den producerede luft. Efter udbedring af lækager vil lækageomfanget være reduceret til et minimum, men det vil stige igen, hvis ikke der årligt eller flere gange årligt laves lækagesøgninger og service på nettet.

Brugeradfærd:

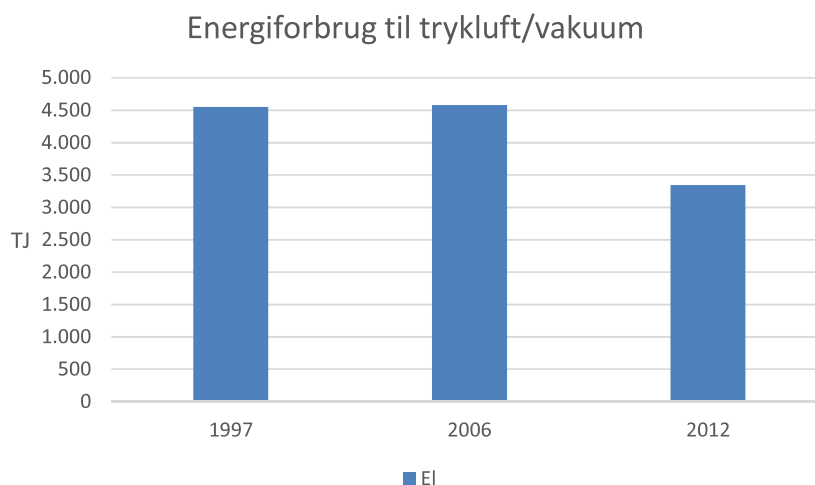
Afbrydelse af net eller frakobling af delnet ved endt arbejdsdag kan være give store energibesparelser. Dette kræver, at der sker en generel adfærdsændring i branchen.

7.13.3 Energiforbruget anvendt til teknologien

Det samlede energiforbrug anvendt til trykluft og vakuum i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 3,3 PJ, hvilket svarer til 1,7 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet og 5,8 % af elforbruget i erhvervslivet.

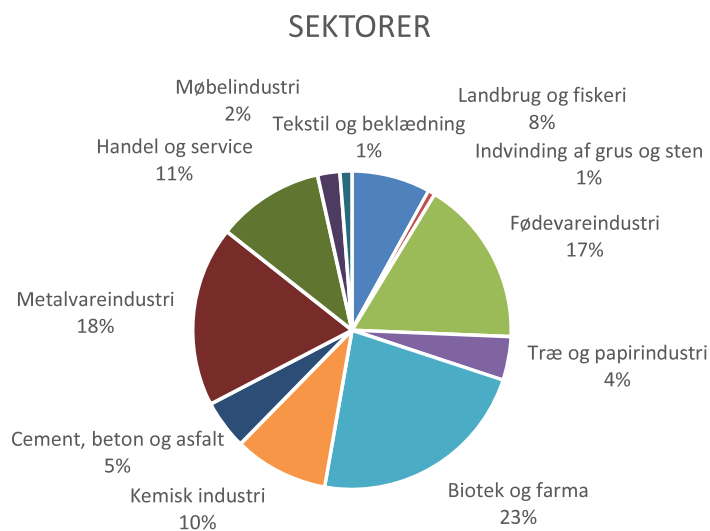
Udviklingen i energiforbruget til trykluft og vakuum siden 1997 er gengivet i nedenstående figur. I forhold til den forrige kortlægning af energiforbruget i erhvervslivet udført i 2008 over 2006-data er energiforbruget til trykluft og vakuum i 2012 faldet med 27 %.

Figur 7-44 Energiforbrug til trykluft og vakuum

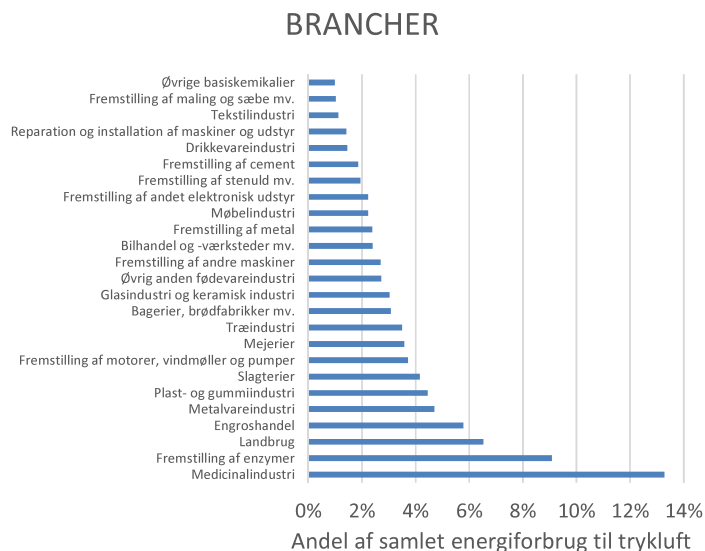


Fordelt på brancher ser energiforbruget til trykluft og vakuum i 2012 ud som angivet i nedenstående figur.

Figur 7-45 Energiforbrug til trykluft og vakuum fordelt på sektorer



Figur 7-46 Energiforbrug til trykluft og vakuum fordelt på brancher



Energianvendelsen til trykluft og vakuum domineres primært af tre brancheområder; fødevarerindustrien, biotek og farma samt metalvarerindustrien. Tilsammen udgør disse sektorer 58 % af det samlede energiforbrug til trykluft og vakuum i erhvervslivet.

7.13.4 Energisparepotentialer: 2015-cases

I det følgende beskrives kort en række energisparemuligheder, der retter sig mod den branche, der har det største energiforbrug til trykluft og vakuum, og som omfatter den teknologi der er mest udbredt i branchen.

Transport af luft er en gennemgående aktivitet i mange brancher, men energiforbruget hertil er især stort i medicinalindustrien, landbruget og i engroshandlen. Casen beskriver en teknologi, der kan reducere energiforbruget i forbindelse med transport af væsker. Teknikken kan anvendes i en række andre brancher.

Casebeskrivelse 1: Udskiftning af trykluftkompressor

En større fødevarer virksomhed har udskiftet tre ældre trykluftkompressorer med en ny frekvensstyret trykluftkompressor (160 kW) forsynet med varmegenvinding og en intelligent styring, der tager hensyn til de ældre kompressorer, der beholdes som backup-enheder.

Ved at ændre styringen fra normal on/off (belastning/aflastning) drift til frekvensstyret drift, kan anlægstrykket sænkes fra 7,9 bar til 6,4 bar, idet dette er det laveste acceptable tryk i systemet. Det specifikke elforbrug faldt fra 0,129 kWh/m³ til 0,092 kWh/m³ svarende til 29 %.

Varmegenvindingen betyder, at spildvarme fra trykluftproduktionen tilføres centralvarmesystemet, hvorved naturgasforbruget i centralvarmekedlen kan reduceres.

Den samlede elbesparelse blev 545.000 kWh pr. år, mens den samlede naturgasbesparelse (inkl. kedeltab) blev på 830.000 kWh pr. år.

Investering i ny frekvensstyret kompressor, ekstern køletørrer, kompressor kontrol-enhed samt varmegenvindingssystem var på 765.000 kr. med en samlet tilbagebe-talingstid på 1,7 år.

Det vurderes, at denne energioptimeringsmulighed stadig er aktuell for en række virksomheder med bred repræsentation inden for de forskellige brancher. Dog vil tilbagebetalingstiden være kortest inden for brancher med stort trykluft og vakuum-forbrug, idet anlægsstørrelsen har betydning for rentabiliteten. Jo større anlæg, des kortere tilbagebetalingstid.

7.13.5 Energisparepotentialer: 2015-vurdering

Tabel 7-62 revurderer energibesparelspotentialerne fra DEA & V&M(2010). Vur-deringen er udarbejdet på baggrund af den viden, der er opnået i forbindelse med projektet. Casebeskrivelsen tager udgangspunkt i den nyeste teknologi, som ram-mer bredest. Dette giver et samlet besparelspotentiale på 50 %, hvor det gamle potentiale var vurderet til ca. 36 %.

COWI vurderer, at der ikke er sket nogen ændringer i forhold til energisparepoten-tialerne på de øvrige områder, undtagen inden for regulering. Begrundelsen for dette er, at omdrejningsregulering og frekvensstyring af kompressorer og pumper blevet standard.

Tabel 7-62 *Revurdering af energisparepotentialerne fra DEA & V&M(2010), Trykluft*

Energisparemulighed	Potentiale
Mindre behov for trykluft	Uændret
Tilpasning af luftforbrug til behov	Uændret
Net og forbrug	Uændret
Kompressorcentralen	Uændret
Regulering	Fordoblet
Vedligehold	Uændret

Kilde: COWIs vurdering

Tabel 7-63 *Revurdering af energisparepotentialerne fra DEA & V&M(2010), Vakuum*

Energisparemulighed	Potentiale
Centrale anlæg	Uændret
Energieffektive pumper	Uændret
Energieffektive elmotorer	Uændret
Regulering af pumper	Uændret
Vedligeholdelse	Uændret
Centrale anlæg	Uændret

Energisparepotentialerne opsummeres i Tabel 7-64 og Tabel 7-65. For at kunne beregne det samlede energisparepotentiale, er både besparelspotentialet og anvendelsespotentialet lagt ind i regneværktøjet. Potentialerne skal ses i forhold til samlede energiforbrug inden for trykluft og vakuum på 3,3 PJ. Energiforbruget er ligeligt fordelt ud på trykluft og vakuum.

Tabel 7-64 *Energisparepotentialer revurderet i forhold til 2010, Trykluft*

Energisparemulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale
Mindre behov for trykluft	80 %	5 %	80 %	8 %	80 %	20 %
Tilpasning af luftforbrug til behov	10 %	30 %	8 %	60 %	12 %	80 %
Net og forbrug	-	-	4 %	10 %	4 %	20 %
Kompressorcentralen	-	-	%	%	10 %	40 %
Regulering	4 %	40 %	10 %	60 %	16 %	80 %
Vedligehold	15 %	80 %	15 %	90 %	15 %	90 %

Tabel 7-65 Energisparepotentialer revurderet i forhold til 2010, Vakuum

Energisparemulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale
Centrale anlæg	60 %	5 %	45 %	15 %	40 %	25 %
Energieffektive pumper	60 %	3 %	40 %	10 %	60 %	30 %
Energieffektive el-motorer	-	-	-	-	4 %	40 %
Regulering af pumper	50 %	10 %	40 %	20 %	30 %	40 %
Vedligeholdelse	5 %	50 %	8 %	70 %	10 %	90 %

7.14 Blæsere

Energianvendelsesområdet blæsere er ny i forhold til 2010-kortlægningen af energibesparelser i erhvervslivet, hvor blæsere indgik i anvendelsesområdet ventilation – dog med en selvstændig opgørelse af energiforbrug og besparelserpotentiale.

7.14.1 Teknologiens anvendelse

Blæsere benyttes i forbindelse med udstyr og processer, hvor luft eller røgasser skal transporteres eller til tryksætning af procesluft.

Eksempelvis bruges blæsere til transport af forbrændingsluft og røggas, til punktuvsugning, til materialetransport i luft, til køleluft i køletårne og tørkølere, til tørringsluft i tørringsanlæg og til transport og tryksætning af procesluft til beluftning af iltkrævende processer, såsom gæringsprocesser.

7.14.2 Teknologiens udvikling

Den teknologiske udvikling inden for blæsere er gået imod turboblæsere i mindre størrelse, airfoil hjul og EC-blæsere.

Turboblæsere er som sådan ikke en ny teknologi, men den teknologiske udvikling har gjort turboblæsere tilgængelige i mindre størrelser, hvorfor turboblæsere med bedre virkningsgrad nu kan erstatte kapselblæsere.

Airfoil hjul er bagudkrummede blade med facon som en flyvinge. Teknologien er ikke ny, men fra at være en specialvare er det blevet en standardvare hos alle større ventilatorproducenter. Virkningsgraden er typisk 3 % bedre end på almindelige planeskovle. Eftersom tab altid genererer støj, er de også mere støjsvage.

EC-blæsere er heller ikke nye, men udbredelsen og tilgængeligheden er steget markant de senere år. Alle gængse leverandører af tørkølere, kondensatorer, rumkølere og lignende tilbyder nu løsningen som standard. Fra at være en løsning, som primært var tilgængelig på meget små ventilatorer er det nu helt standard i 1-2 kW klassen, men fås også betydeligt større og helt op til 12 kW. Principielt er der udelukkende tale om motorteknologi med trinløs regulering via et styresignal, men samtidig tale om et produkt, der ofte indgår i en samlet enhed med eksempelvis en blæser/ventilator.

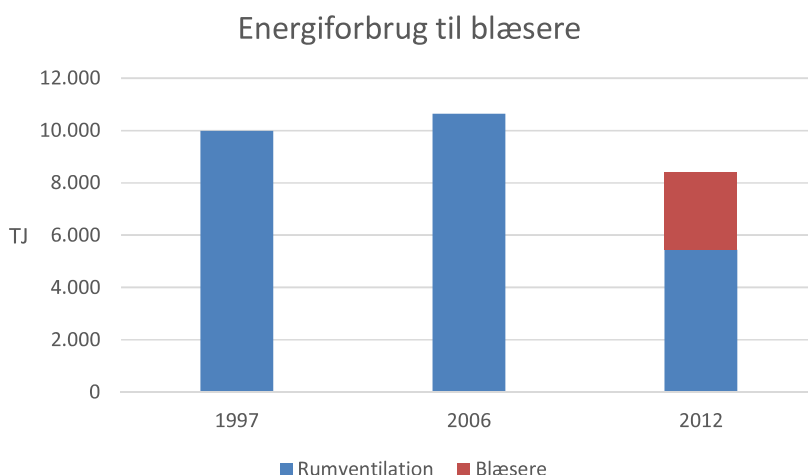
EC-motoren har et bedre moment og kan derfor reguleres længere ned end små energisparemotorer. På alle de kølevinger, som typisk sidder på tørkølere, kondensatorer, rumkølere og lignende køres der ofte med lavere omdrejningstal end 1500 o/min, hvilket er nemmere at håndtere med EC-løsninger under samtidig opretholdelse af en god virkningsgrad. Der findes mange eksempler på leverandører, der hævder, at der findes besparelspotentialer op til 70 %.

7.14.3 Energiforbruget anvendt til teknologien

Det samlede energiforbrug anvendt til blæsere i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 2.952 TJ (2,95 PJ), hvilket svarer til 5,1 % af det samlede elforbrug i erhvervslivet, men kun 1,5 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet.

Udviklingen i energiforbruget til blæsere siden 1997 er gengivet i nedenstående figur. I forhold til den forrige kortlægning af energiforbruget i erhvervslivet udført i 2008 over 2006-data er energiforbruget til ventilation i 2012 faldet med 21 %.

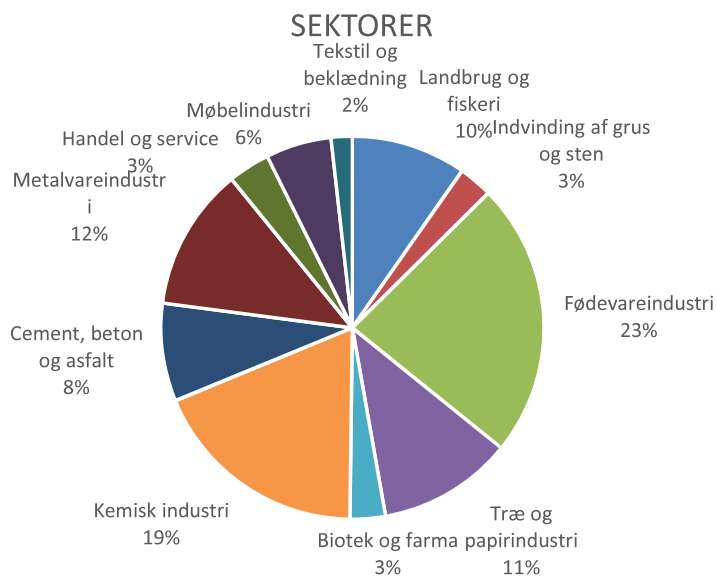
Figur 7-47 Energiforbrug til blæsere



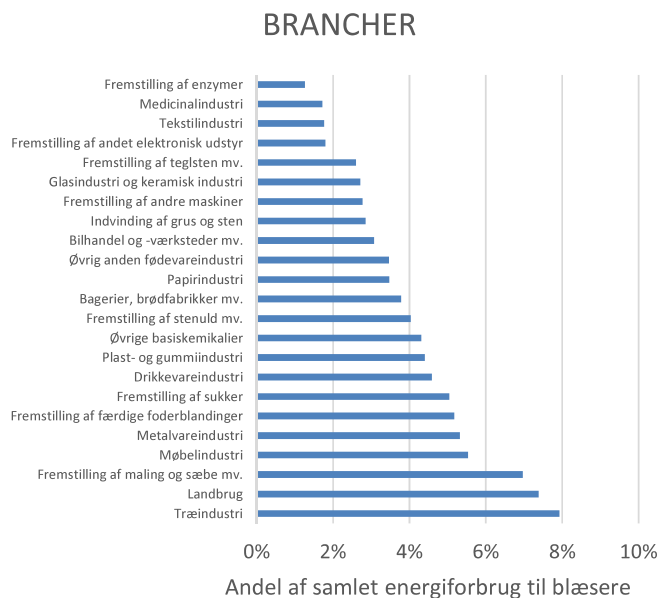
I 2010 udgjorde energiforbruget til blæsere 3,55 PJ, og forbruget er således reduceret med 0,6 PJ eller 17 % de seneste fem år.

Fordelt på brancher ser energiforbruget til blæsere i 2012 ud som angivet i nedenstående figur.

Figur 7-48 Energiforbrug til blæsere opdelt på sektorer



Figur 7-49 Energiforbrug til blæsere opdelt på brancher



Som det fremgår af figuren, finder energianvendelsen blæsere i langt ovevejende grad til i industrien (brancherne 6-44) og kun i begrænset omfang i landbrug og fiskeri og handel & serviceerhvervene.

Således står industrien for 87 % af elforbruget til blæsere, landbrug og fiskeri for 10 % og handel & service for de resterende 3 %, primært fra branche 46 Bilhandel og -værksteder mv.

7.14.4 Energisparepotentialer: 2015-cases

For at illustrere den teknologiske udvikling er der medtaget en case om turbokompressorer og en case om EC-blæsere. Derudover er der medtaget en case om optimeret drift af tørkølere, da det er COWIs vurdering, at der generelt er et stort potentiale for automation på blæserområdet, dvs. tilpasning af blæserdrift til aktuelt behov vha. optimeret styring, brug af frekvensomformere på større motorer og optimeret samdrift af flere enheder i eksempelvis tørkølere, kondensatoranlæg og køletårne.

De fundne cases er følgende:

- › Udskiftning af kapselblæser med turbokompressor
- › Udskiftning af aksialventilatorer i tørkølere med EC-aksialventilatorer
- › Optimeret drift af tørkølere.

Som supplement til den sidste case bør følgende nævnes:

Typisk består tørkølere og kondensatoranlæg af flere blæsere, der hver især trækker luft igennem et delafsnit af den samlede køler. Typisk reguleres kølerens kapacitet ved at koble ventilatorer ind/ud én ad gangen eller to parallelt ad gangen ved fuld hastighed. Herved udnyttes kun en del af kølerens areal, mens der bruges uforholdsmæssigt meget energi på at trække et stort volumen luft igennem et lille areal. Anlægsopbygning giver et simpelt anlæg med en simpel on/off styring, men medfører altså et uforholdsmæssigt højt energiforbrug pr. kWh køleeffekt.

Casebeskrivelse 1: Udskiftning af kapselblæsere med turbokompressorer

Casen omhandler udskiftning af 4 stk. frekvensstyrede kapselblæsere (30 kW) til beluftning med to nye frekvensstyrede kompakte turbokompressorer, hvorved der opnås en virkningsgradsforbedring på 15 %. Ved samtidig optimering af styringen forventes en samlet besparelse på 25 %.

Investeringsomkostningen er 28 kr./kWh, hvilket giver en meget lang tilbagebetalingstid. Casen skal derfor ses i forhold til anlægsnedbrud eller en nyanlægssituation, hvor der skal udskiftes/installeres en ny blæser. Her vil merprisen for en turbokompressor sammenlignet med en kapselblæser formentlig have en attraktiv energikøkonomi.

Casen stammer fra et forslag til et energispareprojekt på et rensningsanlæg forestået af COWI.

Tabel 7-66 Udskiftning af kapselblæsere med turbokompressorer fordelt på brancher

Branche	Energiforbrug PJ	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning	D Ændret D&V
Industri (6-44)	2,6	25 %	10 %	28	Uændret

Casebeskrivelse 2: Udskiftning af aksialventilatorer i tørkølere med EC-aksialventilatorer

Casen omhandler udskiftning af eksisterende aksialventilatorer med frekvensomformere til moderne EC aksialventilatorer i en række over 10 år gamle frikølere.

Tørkølerne er bestykket med 2 x 14 ventilatorer, dvs. 28 ventilatorer i alt. Der er tale om en 1:1 udskiftning af ventilatorerne til EC-ventilatorer fra ebmpapst med integreret styring og trinløs hastighedskontrol.

- › Besparelse: 56 % el samt en vedligeholdelsesbesparelse på 900 kr. pr. ventilator pr. år.
- › Investeringsomkostning: 3,0 kr./kWh.

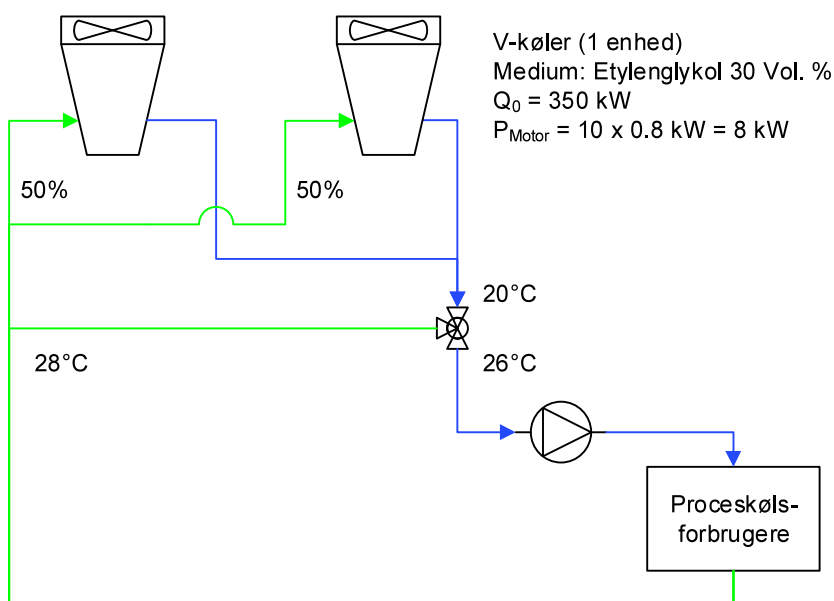
Casen stammer fra Odense Universitetshospital og er leveret af ebmpapst Danmark Aps.

Tabel 7-67 Varmegenvinding på ventilation fordelt på branche

Branche	Energiforbrug GJ	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning	D Ændret D&V
Industri (6-44)	2,6	56 %	20 %	3,0	Lavere

Casebeskrivelse 3: Optimeret drift af tørkølere

Casen omhandler optimeret drift af 2 stk. V-kølere (tørkølere) med otte ventilatorer i hver køler, der bruges til køling af proceskølevand (glykol), se nedenstående figur.



Den nuværende driftsform er kaskadedrift med start af to ventilatorer parallelt i én køler ad gangen og så fremdeles, indtil den ene køler ikke længere kan holde temperatursetpunktet. Herefter starter køler nr. 2 med start af to ventilatorer parallelt og så fremdeles. Som det fremgår af figuren, fordeles kølevandet 50/50 over begge kølere, også selvom der kun ydes køling på den først startende køler. Dette er langt fra optimalt, da der således bruges uforholdsmæssigt meget energi på at køle glykolen i den ene køler længere ned end nødvendigt.

Ved at installere en fælles frekvensomformer for de otte ventilatorer på hver køler og implementere en styring, hvor begge kølere yder køling og ventilatorernes hastighed reguleres efter behov, dvs. overholdelse af temperatursetpunktet, kan der opnås en besparelse på ca. 60 %.

Investeringsomkostning: 1,0 kr./kWh.

Casen er baseret på et energispareprojekt foreslået af COWI til en dansk industri-virksomhed.

Som supplement til casen kan det tilføjes, at COWI også vurderer, at casens principper om at fordele køleydelsen på flere enheder med regulerbar ydelse i form af frekvensreguleret ventilator også vil have potentiale for våde køletårne.

Tabel 7-68 Optimeret drift på tørkølere fordelt på branche

Branche	Energiforbrug GJ	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning	D Ændret D&V
Industri (6-44)	2,6	60 %	10 %	1,0	Lavere

7.14.5 Energisparepotentialer: 2015-vurdering

I Tabel 7-81 er der udarbejdet en revurdering af energibesparelspotentialerne fra DEA & V&M(2010). Denne vurdering er udarbejdet på baggrund af den viden, der er opnået i forbindelse med udarbejdelsen af casene. De cases, der er arbejdet med, repræsenterer efter COWIs vurdering et bredt udsnit af de energisparemuligheder, der er inden for blæsere.

Samlet set repræsenterer casene et besparelspotentiale på 0,5 PJ svarende til 20 % af energiforbruget til blæsere.

I 2010 blev det tekniske potentiale vurderet til 26 % (tbt 10 år) og 0,96 PJ/år.

Case 1 er inden for kategorien substitution, case 2 er inden for kategorierne ventilator og motor samt energieffektiv regulering og case 3 er i kategorierne tilpasning af luftmængde til behov og energieffektiv regulering

COWI vurderer, at der ikke er nogen ændring i forhold til energisparepotentialerne på de øvrige områder.

Tabel 7-69 *Revurdering af energisparepotentialerne fra DEA & V&M(2010)*

Energisparemulighed	Potentiale	Begrundelse
Mindre behov	Uændret	Det vurderes, at det er begrænset, hvor meget der sket, da maskiner typisk udskiftes på baggrund af aldersmotiveret potentiale
Substitution	Mindre	Det vurderes, at der er sket en vis udskiftning til nyere udstyr de seneste fem år
Tilpasning af luftmængde til behov	Uændret	Ingen bemærkninger
Effektiv punktudsugning	Mindre	Det vurderes, at der er sket en vis effektivisering de seneste fem år
Ventilator og motor	Fordoblet	Det vurderes, at udbredelsen af EC-blæsere kan fordoble potentialet
Mindre tryktab plus energieffektiv regulering	Mindre	Det vurderes, at der er sket en vis implementering af særligt energieffektiv regulering de seneste fem år
Vedligehold	Uændret	Ingen bemærkninger
Adfærd	Uændret	Ingen bemærkninger

Kilde: COWIs vurdering

Samlet set giver revurderingen et energisparepotentiale på ca. 25 % (tbt 10 år) svarende til 0,7 PJ/år mod 0,96 PJ/år i 2010.

Tabel 7-70 Energisparepotentialer revurderet i forhold til 2010

Energisparemulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale
Mindre behov	0 %	0 %			40 %	5 %
Substitution	0 %	0 %	50 %	4 %	40 %	7,5 %
Tilpasning af luft-mængden til behov	40 %	2%	30 %	5 %	15 %	20 %
Effektiv punktudsugning	0 %	0 %	40 %	1 %	40 %	4 %
Ventilator og motor	30%	10 %	20 %	30 %	15 %	60 %
Mindre tryktab plus energieffektiv regulering	30 %	10 %	25 %	25 %	20 %	40 %
Vedligehold	2 %	100 %	2 %	100 %	2 %	100 %
Adfærd	1 %	100 %	1 %	100 %	1 %	100 %

7.15 Rumkøling

Energianvendelsesområdet er en opdelt genganger fra 2010-kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet, idet den tidligere energianvendelse køl/frys i 2012 er blevet opdelt i rumkøling og køl/frys.

7.15.1 Teknologiens anvendelse

Komfortkøling/rumkøling anvendes i stor set hele handels- og serviceindustrien samt privat erhvervsbyggeri og offentligt byggeri. Ligeledes omfatter rumkøling også it og kommunikation, herunder datacentre, som er blevet den største forbruger inden for dette område. Dette skyldes primært afregningsmæssige forhold, idet køling af datacentre burde henregnes under køl/frys som proceskøling, men er indberettet som rumkøling grundet manglende afregningsmålere.

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.

I den nedenstående tabel er de mest fremtrædende og anvendte teknologier beskrevet. Teknikkerne skal ses i forbindelse med ventilationsanlæg eller fan coils:

Tabel 7-71 De mest fremtrædende rumkøleteknikker

Kategori	Teknologi	Brancher	Produkter
Rumkøling	Mekanisk drevne kompressions køleanlæg	Information og kommunikation	NA
	Termisk drevne absorptionsanlæg	Detailhandel Slagterier	
	Kombineret frikøling og mekanisk køling	Videnservice Restauranter	
	Grundvandskøling	Engroshandel	
	Fjernkøling	Hoteller Finansiering og forsikring Kultur og fritid	

7.15.2 Teknologiens udvikling

DEA & V&M(2010) fremhævede følgende energibesparelsesmuligheder:

- 1 Reduktion af kølebehov
 - 1.1 Revurdering af fugtkrav i medicinal- og elektronikindustrien
- › Alternative køleprincipper
 - a. Køletårne/tørkølere
 - b. Absorptionskøling
Grundvandskøling.
- › Optimering af anlægseffekt
 - a. Brug af pladevarmevekslere i stedet for rørfordampere
 - b. Indirekte anlæg ombygges til direkte anlæg
 - c. Større kondensatorer for at sænke kondenseringstryk
 - d. Variabelt kondensatortryk
 - e. Kapacitetsreguleret kompressorer
 - f. Udskiftning af freonanlæg til anlæg med naturlige kølemidler
 - g. Samling af anlæg i større centraler
 - h. Variable styring af kølevandspumper.
- › Bedre styring/driftoptimering
 - a. Ovenstående tiltag udgør mulighederne for driftoptimering
 - b. COP-overvågning for at opdage fejl i indstillinger
- › Drift og vedligehold
 - a. Renholdelse for kalk og fouling i fordampere og kondensatorer
 - b. Sikring af, at olie og luftudskiller fungerer optimalt

- C. Løbende vedligehold af kompressorer for at sikre kapacitet og virkningsgrad.

Generelt er der i de seneste fem år ikke kommet nye teknologier på markedet inden for ovenstående.

Udviklingen på køleområdet er stadig præget af overgangen fra freonbaseret kølemedier til naturlige kølemedier. Der sker en stor udskiftning af mindre anlæg i handels- og serviceindustrien til CO₂ eller propananlæg.

Ved større byggerier er alternative køleteknologier blevet udbredt i form af frikøling og grundvandskøling eller kombinationsanlæg, hvor der bruges både mekanisk køling og frikøling, hvor temperaturniveauerne tillader dette.

Generelt har der været fokus på at optimere køleanlæggenes COP i form af bedre komponenter, kapacitetsregulering og setpointsregulering, men det vurderes, at der stadig er potentiale for forbedringer.

Kølebehovet reduceres i forbindelse med, at man laver bedre klimaskærmsløsninger, og at der sker en reduktion i energiforbruget til belysning gennem konvertering til LED og lavenergielektronik.

Af nye potentialer, ift. tidligere beskrevne, er nedenstående kølemetoder ved at blive implementeret.

I København har HOFOR bygget to fjernkølecentraler, der leverer køling til komfortkøleanlæg og proceskøling. Kølingen leveres som frikøling, hvor kølemediet afkøles ved hjælp af havvand, og i sommerperioden leveres kølingen med et mekanisk køleanlæg, hvor overskudsvarmen bortkøles ved hjælp af havvand. Dette giver gode konditioner for køleanlægget og dermed en god virkningsgrad. Specielt i områder hvor der sker byfornyelse omkring havne, er der potentiale for at anvende havvand til frikøling og bortkøling af overskudsvarme fra køleanlæggets kondensatorer i sommerperioderne.

Adiabatisk køling direkte i ventilationsanlægget har potentiale inden for it- og serverrumskøling, hvor der kan være tale om køling ved temperaturer over 30°C, samt optimerede versioner til komfortkøling. Der findes ligeledes løsninger, hvor man bruger fordampning i luftstrømme til at skabe køling. Denne teknologi har potentiale i forbindelse med almindelig komfortkøling i kontorbyggeri m.m. Anlæggene medfører dog et øget vandforbrug, da det er fordampning af vand, der skaber afkøling af luftstrømmen, og nogle anlægstyper skal bruge overskudsvarme til driften. Ofte vil anlægget skulle kombineres med et mindre køleanlæg for at sikre tilstrækkelig køling på de varmeste dage.

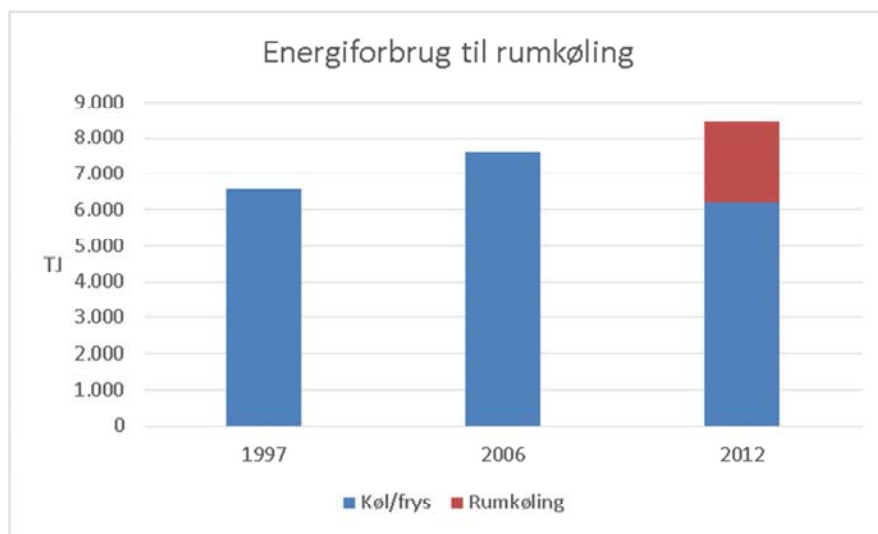
7.15.3 Energiforbruget anvendt til teknologien

Det samlede energiforbrug anvendt til rumkøling i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 2,2 PJ, hvilket svarer til 1,1 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet og til knap 4 % af det samlede elforbrug.

Udviklingen i energiforbruget siden 1997 til køl/frys, herunder rumkøling, er gengivet i nedenstående figur. I forhold til den forrige kortlægning af energiforbruget i erhvervslivet udført i 2008 over 2006-data er energiforbruget til køl/frys i 2012 steget med 10 %.

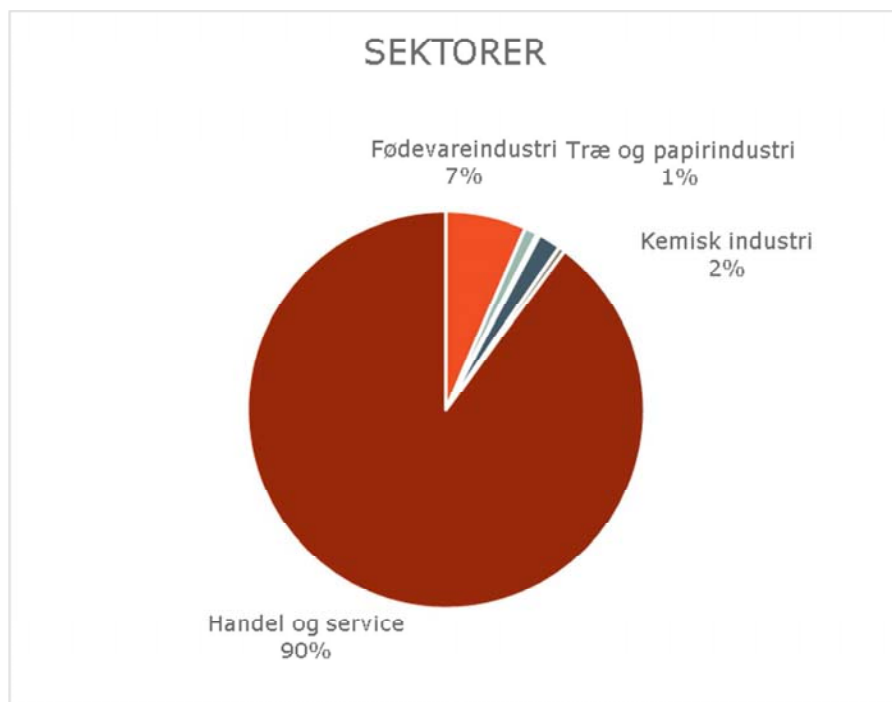
Årsagen til stigningen i energiforbruget skal blandt andet findes i en mere udbredt anvendelse af glasfacader i nybyggeri samt øget brug af elektronik og flere data-centraller, hvilket giver en stigning i energiforbruget til rumkøling. Ligeledes er det vurderet, at energiforbruget til køling på verdensplan (inklusive DK) vil stige med op til 50 % de næste 10 år.

Figur 7-50 Energiforbrug til rumkøling inkl. køl/frys (opdelt 2012)

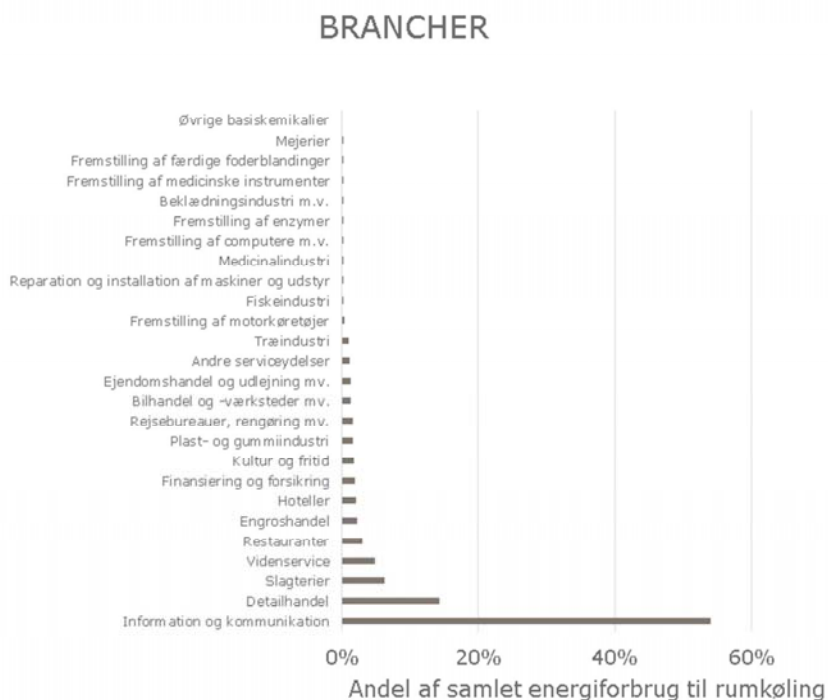


Fordelt på brancher ser energiforbruget til rumkøling i 2012 ud som angivet i nedenstående figur.

Figur 7-51 Energiforbrug til rumkøling fordelt på sektorer



Figur 7-52 Energiforbrug til rumkøling fordelt på brancher



Energianvendelsen til rumkøling domineres primært af to brancheområder; detailhandel samt information og kommunikation. Tilsammen udgør disse brancher 68 % af det samlede energiforbrug til rumkøling i erhvervslivet.

7.15.4 Energisparepotentiale: 2015-cases

Der er udvalgt tre cases inden for rumkøling inden for den branche, som har det største energiforbrug. Derudover er udvalgt teknologier, som kan anvendes mere generelt inden for en række brancher. Der er ikke valgt cases med gængse energioptimeringsmuligheder, da disse er beskrevet i VM (2010).

- › Case 1 er valgt, da den har det største energiforbrug for slutanvendelsen. Køling af datacentre og kommunikationsudstyr udgør 54 % af energiforbruget.
- › Case 2 kan bruges bredt, hvor der er brug for komfortkøling, og skal ses som en mulighed for at udfase mekanisk køling.
- › Case 3 har et stort potentiale i større byer, hvor havvand kan udnyttes til køling, samtidig med at besparelsen er stor.

Casebeskrivelse 1: Munters evaporative kølingsystem (OASIS)

Munters Oasis™ Indirekte Evaporative kølesystem benytter fordampere til at fjerne overskudsvarmen fra datacentre, uden at man tilfører fugt til luften eller bruger udeluft, der skal filtreres.

Datacentret opbygges med et kølegulv og udsugning under loft, hvorved de kolde og varme luftstrømme holdes adskilt. Dette er med til at sikre en højere returtemperatur til kølesystemet, hvilket er en fordel, når der anvendes et indirekte fordampningskølesystem.

Den varme luft køles ved at blive ledt igennem en polymervarmevexler, hvor man som regel ikke har brug for vand eller mekanisk køling.

På kolde dage opererer polymervarmevexleren i tør drift og virker som en luft-til-luft varmegæksler, hvor kold udeluft køler den varme returluft fra datacentret.

Når udetemperaturen stiger til et vist punkt, er polymervarmevexleren ikke i stand til at levere den nødvendige køleeffekt, når den opererer i tør drift. Ved hjælp af et spraysystem og pumper fordeles vand over polymervarmevexleren, så der ligger en tynd vandfilm på udvendige side af varmegækslerens polymerrør. Når varm udeluft ledes over veksleren, sker der en fordampning af vandet med en deraf følgende afkøling. Denne afkøling køler den varme returluft fra datacentret, uden at returluften er i kontakt med vandet eller udeluft.

Få dage om året vil udetemperaturen og luftfugtigheden være så høj, at anlægget, selv i våd drift, ikke kan levere den nødvendige køling. På disse dage bruges et mekanisk køleanlæg til at levere den sidste afkøling af returluften fra datacentret. Det mekaniske køleanlæg er indbygget således, at kondensatoren placeres i afkastsektionen efter polymervarmevexleren og dråbeudskilleren. Afkastluften vil som regel have en lavere temperatur end udeluften, som følge af den fordampning, der sker i polymervarmevexleren. Dette system har dog begrænset anvendelse i Danmark grundet begrænsningerne for kølemiddelsfyldning for et HFC-baseret anlæg. Man skal derfor med stor sandsynlighed etablere et chiller-anlæg til afkøling de dage om året, hvor temperaturen er for høj. Dette er med til at reducere potentialet i Danmark, da udgifterne til etablering og kompleksitet stiger.

Ved installation af et Munters Oasis™ Indirekte Evaporative Kølesystem har man opnået pPUE værdier ved normal drift på 1,03 til 1,06. pPUE står for partial power usage effectiveness og er et udtryk for energieffektiviteten for et datacenter. Tallet er baseret på returluft fra datacentret på 35°C og tilluft til datacentret på 23°C.

Et normalt datacenter med mekanisk køling vil operere med PUE-værdier på 1,33, og datacentre, der anvender frikøling, vil typisk have PUE-værdier på 1,20.

Man skal huske, at systemet bruger vand, og alt efter vandkvalitet og vandpris kan dette påvirke den årlige drift af anlægget. Systemet er dog i stand til f.eks. at anvende opsamlet regnvand til fordampningsprocessen.

Besparelsespotentialet til energiforbrug vurderes at være 65-80 %.

Investeringsomkostningen vurderes at svare til udgiften til etablering af et chiller-anlæg med tørkølere til frikøleledning. For et tænkt eksempel på 1 MW køl vurderes besparelsen at være 1.500.000 kWh i forhold til et chiller-anlæg med optimeret frikøleledning.

Potentialet for systemet vurderes at være stort i forbindelse med nyetablering af anlæg eller til udskiftning af nedslidte anlæg, hvor bygningen passer til systemet, da kølingen er baseret på store luftmængder i forhold til et traditionelt system baseret på et chilleranlæg. Dog vurderes potentialet for eksisterende anlæg at være relativt lille på nuværende tidspunkt, da der ikke er så mange steder, hvor anlægget kan bruges, og da det er nødvendigt at installere et mindre chiller-anlæg samtidig for at kunne leve op til kravene om køling i det danske klima.

Tabel 7-72 Case 1: Energisparepotentiale ved indirekte eEvaporative kølesystem

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelser- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning
		%	%	Kr./kWh
Information og kommunikation	1,2	65-80	10	6,5-7,5

Casebeskrivelse 2: Menerga Adconair

Menerga har udviklet en ny teknologi for optimering af adiabatisk fordampningskøling i deres ventilationsanlæg, kaldet AdiabaticPro hvor man under sommerkonditioner kan opnå en nedkøling af luften på op til 16°C.

I deres tidligere systemer udnyttede man adiabatisk køling af fraluften ved at bestøve vand i krydsveksleren. I den gamle løsning var man begrænset af dugpunktstemperaturen på fraluften i forhold til, hvor meget man kunne sænke indblæsningstemperaturen ved varmeveksling i krydsveksleren.

I det nye system har man tilføjet ekstra køling af fraluften fra rummene i form af et kølebatteri, inden luften kommer til krydsvarmeveksleren. Den afkølede fraluft bliver herefter tilført mere forstøvet vand i veksleren end tidligere. Det øger den kølekapacitet, der er til rådighed for overførsel via vekslerpladerne til tilluften. Kølingen til kølebatteriet i fraluften før krydsveksleren skabes via det adiabatisk kølede vand fra karret under hele veksleren. Dette sker ved, at en lille cirkulationspumpe pumper det kølede vand gennem batteriet samt til forstøverne i krydsveksleren. Ved at køle fraluften for at sænke dugpunktet, før det kommer til krydsveksleren, samt yderligere adiabatisk køling i veksleren, sænkes temperaturen på tilluften yderligere 2°C, og det betyder, at det generelt vil være muligt at få tilluftstemperaturen ned til 18°C. Denne sænkning af tilluftstemperaturen svarer til, at køleydelsen bliver øget med op til 30 %, og det bidrager til, at man bedre kan opnå den ønskede rumtemperatur. AdiabaticPro bruges i Menerga's Adconair-aggregater til komfortventilation, hvor temperaturen på den insugede udeluft sænkes med op til 16°C. I tidligere systemer har man kun opnået en afkøling på 14°C.

Løsningen gør aggregaterne til et energibesparende alternativ til konventionelle aggregater – uden brug af kølekompressorer.

Investeringsomkostningen for et typisk anlæg på 6.600-10.000 m³/hr forventes at ligge på 350.000 til 450.000 kr., inkl. montage og idriftsætning. Den øgede investering til ventilationsanlægget skal holdes op imod besparelsen ved ikke at skulle etablere eller udskifte et mekanisk køleanlæg.

Begrænsninger:

- › Køleffekten afhænger af, hvor meget luften kan befugtes, dvs. hvor meget vand (inde)luften indeholder i forvejen, og hvor effektivt veksleren kan overføre varmen
- › Anlægget kræver en vandressource, f.eks. grundvand eller regnvand
- › Der skal helst anvendes blødt vand på grund af tilkalkning
- › Bakteriefrit vand ikke nødvendigt (her), fordi kun afkastluften befugtes, men man skal være opmærksom på, hvor afkastluften sendes hen.

Man skal huske, at systemet bruger vand, og alt efter vandkvalitet og vandpris kan dette have en indvirkning på den årlige drift af anlægget.

Potentialet til brug af systemet vurderes at være stort i forbindelse med nyetablering af anlæg eller udskiftning af gamle, nedslidte anlæg og i forbindelse med udfasningen af gamle HFC-baserede køleanlæg til komfortkøl. Potentialet for installation vurderes at være op imod 50 % til komfortkøleformål.

Tabel 7-73 Case 2: Menerga Adconair

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparel- ses- potentiale	A Anvendel- ses- potentiale	I Investe- rings- omkost- ning	D Ændret D%V
		%	%	kr./kWh	Kr./kWh
Information og kommunikation	1,2	50-75	10	12,5-16	0,5
Detailhandel	0,3	50-75	50	12,5-16	0,5
Videnservice	0,1	50-75	50	12,5-16	0,5
Restauranter	0,07	50-75	50	12,5-16	0,5
Engroshandel	0,05	50-75	50	12,5-16	0,5
Hoteller	0,05	50-75	50	12,5-16	0,5
Finansiering og forsikring	0,04	50-75	50	12,5-16	0,5

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparel- ses- potentiale	A Anvendel- ses- potentiale	I Investe- rings- omkost- ning	D Ændret D%V
Kultur og fritid	0,04	50-75	50	12,5-16	0,5

Casebeskrivelse 3: Fjernkøling

I København har HOFOR investeret i to fjernkølecentraler, og der er forventninger om yderligere udvidelser/dækning af områder. Fjernkølecentralerne leverer typisk køling til museer, hoteller, kontorbygninger og stormagasiner, hvor der vil være mange driftstimer og en forholdsvis stor tilslutningseffekt. Disse undgår derved installation og drift/vedligehold af egne kølemaskiner.

HOFORs fjernkølingscentraler er opbygget med frikøling gennem anvendelse af det naturligt kolde havvand om vinteren og veksling til fjernkølevand, der distribueres til forbrugerne på samme måde som fjernvarme. Om sommeren bruger man termiske eller eldrevne kompressorer kølet med havvand til at producere koldt fjernkølevand, således at man hele året kan levere fjernkølevand med en temperatur på 6°C. Brugen af havvand til at fjerne overskudsvarmen fra kølekompressorernes kondensatorer er med til at forbedre kølekompressorernes virkningsgrad i forhold til luftkølede kondensatorer.

Ved at vælge fjernkøling frem for traditionel eldreven, mekanisk køling kan man opnå elbesparelser på op mod 20–50 %. Samtidig reduceres CO₂-udledningen med op mod 42-70 %. Kunderne undgår desuden etablering og drift af egne køleanlæg.

Man forventer en stigende efterspørgsel på fjernkøling, og der er planer om yderligere fjernkølecentraler i København samt udbygning af eksisterende.

Investeringsomkostningen er afhængig af, hvor mange der tilsluttes anlægget og størrelsen og driftstimerne for forbrugeren. Man betaler for kølingen på samme måde som fjernvarme, og man sparer derfor egen investering og drift af et køleanlæg.

Potentialet til brug af systemet vurderes at være stort grundet de reducerede udgifter til drift af eget anlæg samt værdien i, at man kan være med til at reducere energiforbruget til køling med 20-50 %.

Potentialet for fjernkøling vurderes af Rambøll på landsplan til at være på ca. 40 % af den samlede køleeffekt i Danmark. Tallet vurderes dog lavere af HOFOR i København, hvorfor der regnes med et potentiale på 20-40 % af det totale kølebehov i Danmark.

Den økonomiske besparelse på drift og vedligehold for kunden vurderes at være på op til 40 %.

I København vurderer HOFOR, at der er et potentiale på 200 MW. Der er dog mange flere virksomheder, der bruger aircondition eller proceskøl, men deres belastningsprofil eller virksomhedens fysiske placering gør, at det ikke vurderes at være rentabelt at etablere fjernkøling til disse kunder på nuværende tidspunkt.

Tabel 7-74 Energisparepotentiale ved fjernkøling

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Bespares- ses- potentiale	A Anvendel- ses- potentiale	I Investe- rings- omkostning	D Ændret D%V
		%	%	Kr./kWh	Kr./kWh
Information og kommunikation	1,2	20-50	20-40	2,4-8,2	0,4
Detailhandel	0,3	20-50	20-40	2,4-8,2	0,4
Videnservice	0,1	20-50	20-40	2,4-8,2	0,4
Restauranter	0,07	20-50	20-40	2,4-8,2	0,4
Engroshandel	0,05	20-50	20-40	2,4-8,2	0,4
Hoteller	0,05	20-50	20-40	2,4-8,2	0,4
Finansiering og forsikring	0,04	20-50	20-40	2,4-8,2	0,4
Kultur og fritid	0,04	20-50	20-40	2,4-8,2	0,4

Opsummering af energisparepotentialer for cases.

De tre cases, som er udvalgt, er fordelt på brancher, som dækker 1,85 PJ af energiforbruget. Dette er ca. 84 % af det samlede energiforbrug for rumkøling. I regneværktøjet er data for de enkelte cases lagt ind, hvorefter det samlede energisparepotentiale er muligt at beregne. De udvalgte cases dækker ikke hele energisparepotentialet for energianvendelsesområdet, da dette vil skulle dækkes af en række helt specifikke energisparemuligheder, som ikke er omfattet i denne kortlægning. De udvalgte cases danner dog sammen med en generel vurdering fra adspurgte leverandører og eksperter grundlag for en revurdering af de gamle energisparepotentialer.

7.15.5 Energisparepotentialer: 2015-vurdering

I Tabel 7-75 er der lavet en revurdering af energibesparelspotentialerne fra DEA & V&M(2010). Denne vurdering er udarbejdet på baggrund af den viden, der er opnået i forbindelse med udarbejdelsen af casene. De cases, der er arbejdet med, omhandler nye teknologier, som rammer bredest. Disse giver et samlet besparelspotentiale på 20-25 %, hvor det gamle potentiale var vurderet til ca. 39 % (10 års tbt, inkl. besparelsemuligheder for slutanvendelsen køl/frys). Case 1, 2 og 3 er inde i energisparemuligheden alternative principper. Hvis der skal dækkes bredere,

ville det være fordelagtigt med en case, der omfatter styring/regulering for at af-dække muligheden for intelligente styringer beskrevet under køl/frys.

COWI vurderer, at der ikke er nogen ændring i forhold til energisparepotentialerne på de øvrige områder med undtagelse af reduceret behov.

Tabel 7-75 *Revurderede energisparemuligheder*

Energisparemulighed	Potentiale	Begrundelse
Reduceret behov	Halveret	Vurderes at være implementeret i en række større virksomheder
Alternative principper	Fordoblet	Med udviklingen af ventilationsanlæg med adiabatisk køling er potentialet for alternativ køling steget. Den gamle rapport omfatter ikke rumkøling med ventilationsanlæg der anvender adiabatisk køling. Ligeledes arbejdes der meget med fjernkøling bl.a. i København.
Anlægsoptimering	Uændret	Der vurderes stadig at være potentiale for de nævnte optimeringer i 2010-rapporten specielt vedr. udskiftning af gamle Freon 22-køleanlæg
Styring/regulering	Uændret	Mulighederne indgår i anlægsoptimeringerne, hvorfor dette er uændret
Drift/vedligehold	Uændret	Ændrer sig ikke
Adfærd	NA	NA

Der er lavet en opsummering af energisparepotentialerne, jf. Tabel 7-76. For at kunne beregne det samlede energisparepotentiale, er både besparelspotentialet og anvendelsespotentialet lagt ind i regneværktøjet. Potentialerne ses i forhold til samlede energiforbrug inden for rumkøling på 2,2 PJ.

Tabel 7-76 Energisparepotentialer revurderet i forhold til 2010

Energisparemulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelser- potentiale	Anvendelses- potentiale	Besparelser- potentiale	Anvendelses- potentiale	Besparelser- potentiale	Anvendelses- potentiale
Reduceret behov	5	15	10	15	20	15
Alternative teknologier	5	60	15	60	50	60
Anlægsoptimering	5	3	10	3	20	3
Styring / regulering	5	20	10	20	20	20
Drift/vedligehold	5	50	2	50	5	50
Adfærd	5	50	5	50	5	50

7.16 Hydraulik

Energianvendelsesområdet hydraulik er en ganganger i forhold til 2010-kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet.

I DEA & V&M(2010) er energiforbrug til hydrauliksystemer opgjort under øvrig el-motordrift, der omhandler udstyr, der drives af elmotorer.

Hydraulik var en væsentlig energiomsætter i det udstyr, der anvender elmotordrift, og hydraulik er derfor behandlet separat i under øvrig elmotordrift DEA & V&M(2010). I nærværende teknologikatalog er hydraulik behandlet som et selvstændigt energianvendelsesområde.

7.16.1 Teknologiens anvendelse

Hydraulik anvendes som energiomsætter 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 fremtrædende og anvendte er angivet i nedenstående tabel:

Tabel 7-77 Mest fremtrædende hydrauliksystemer

Kategori	Teknologi	Brancher	Produkter
CNC-maskiner Sprøjtestøbemaskiner Støbemaskiner Presse Stansemaskiner Pladebukker Briket- og pillepresse- re	Oliehydraulik	Metalvareindustri Øvrig betonindustri Plast- og gummiindustri Fremstilling af motorer, vindmøller og pumper Træindustri	Plastemner Metaldele Motorer Piller Briketter Betonelementer
Ventilaktuatorer Cylindere	Vandhydraulik	Slagterier Øvrig anden fødevarerindustri Mejerier	Fødevarer
Entreprenørmaskiner Landbrugsmaskiner	Mobil hydraulik	Landbrug	Fødevarer

Inden for de enkelte brancher anvendes der flere forskellige hydrauliksystemer, hvilket kan relateres til enten det færdige produkt eller alder af de specifikke anlæg.

7.16.2 Teknologiens udvikling

Kortlægningen af energibesparelspotentialer i erhvervslivet (2010) indeholder en uddybende beskrivelse af teknologien i 2010 samt en kort beskrivelse af nye og kommende teknologier. Kortlægningen indeholder desuden en beskrivelse af energibesparelsemuligheder inden for hydrauliksystemer. Følgende blev fremhævet i 2010 rapporten:

Udviklingen er koncentreret omkring vindmøller og mobile hydrauliksystemer for at nedbringe dieselforbruget i bl.a. landbrugsmaskiner, entreprenørmaskiner m.m. Det er ligeledes beskrevet, at tendensen inden for udvikling af hydrauliksystemer ligger inden for intelligente styringer og intelligente sensorer for at kunne udvikle anlæg med høj virkningsgrad i hele systemets arbejdsområde. Følgende energibesparelsemuligheder blev fremhævet i VM 2010:

- 1 Substitution
Udskiftning af hydrauliksystem til direkte eldrev med omdrejningsregulering eller elektriske aktuatorer.
- 2 Omdrejningsregulering af pumper
Nedregulering af pumpen med frekvensomformer til aktuelt behov, evt. ved load sensing control.

- 3 Tomgang
Stop af hydraulikpumpen efter kort tid i tomgang eller aflastning af pumpen.
Ved lange pauser kan hydraulikpumpen stoppes med timerfunktion.
- 4 Andre muligheder
Skift til mere effektive hydraulikpumper.
Isætning af en akkumulator til at dække spidsbelastninger, så pumpestørrelsen kan reduceres.
Sammenbygning af anlæg, så hydraulikpumpen kan udnyttes mere effektivt.
Hvis en forbruger kræver et højere tryk, kan en lille boosterpumpe bruges ved forbrugeren. Herved sænkes det generelle tryk i det samlede hydrauliksystem.
- 5 Udskiftning af anlæg
Ovennævnte muligheder vil medføre mange ændringer i systemets opbygning og regulering, hvorfor et alternativ kan være komplet udskiftning. Dette er specielt attraktivt, hvor der er mange ens anlæg.
- 6 Adfærd
Nedlukning af udstyr, når det ikke anvendes. Specielt ved pauser eller uden for arbejdstid.
Udskydelse af opstart af maskinerne, til der er brug for dem.

Generelt er der i de seneste fem år ikke kommet nye teknologier på markedet i forhold til ovenstående.

Udviklingsmulighederne beskrevet i VM 2010-rapporten dækker stadig mange af de muligheder, der findes og arbejdes med.

Ved udskiftning af maskiner eller kraftig ombygning/renovering kan der med fordel bruges variable pumper, der er styret af frekvensomformere.

Alternativt kan der bruges servopumper, som starter og stopper alt efter, hvornår der er brug for det hydrauliske flow og tryk.

Ved skift til variable pumper eller pumper, der følger princippet "energy on demand" opnås der typisk energibesparelsepotentialer på op imod 40-80 %, da man sparer tomgangstab, og der kun leveres tryk og flow til det aktuelle behov, eller når der er brug for det. Ligeledes reduceres støjniveauet og behovet for køling af olien.

Der tilbydes også løsninger med udskiftning til mere effektive mindre pumper med brug af akkumulatorer for at klare spidsbelastningen, således at grundforbruget sænkes.

Man kan i nogle tilfælde med fordel kigge på hele systemet, således at systemet optimeres til det aktuelle behov og ikke driftes til at imødekomme en worst case-belastning med et evt. stort energispild til følge. Når man kigger på hele systemer, kan man bl.a. optimere rørdimensioner, ventiltyper, pumper og styring/regulering,

og som regel opnår man betragtelige energibesparelser. Det kan dog være en stor omkostning at optimere det komplette system, hvorfor fokus på en evt. øget effektivitet som følge af optimeringen vil give den største effekt og bedste tilbagebetalingstid.

For de mobile systemer er udviklingen fortsat stor, bl.a. via udviklingen af systemer, der kan optage bremseenergien eller deaccelerationer og genbruge energien i hydrauliksystemet.

I industrimaskiner er man også begyndt at kigge på, om man kan optage og genbruge energien fra deaccelerationer, enten ved at akkumulere energien i hydrauliksystemet eller ved at bruge pumpen som motor og føre effekten tilbage til nettet. Teknologien vil dog kræve, at man kan gøre dette meget kontrolleret, således at maskinen stadig kan styres.

Som alternativ til hydrauliksystemer er man inden for bl.a. sprøjtestøbemaskiner begyndt at lave modeller, der er opbygget som hybridsystemer med en kombination af servodrevne hydraulikpumper og eldrev eller maskiner, der kun anvender elektriske drev. Energibesparelsen sammenlignet med traditionelle hydraulikbaserede sprøjtemaskiner i samme arbejdsområder kan være op imod 25-50 %.

I branchen anses den største barriere for at reducere energiforbruget stadig at være det forhold, at de nye energieffektive komponenter koster mere end de traditionelle systemer. I industrien kigges der meget på anskaffelsespriser for udstyret, og tilbagebetalingstiderne på meromkostningen skal derfor som regel være et til fire år, for at industrien vil acceptere at købe et energioptimeret system. For OEM/maskinbyggere, der skal sælge et specielt opbygget system, kan det være endnu sværere, da de skal sælge det til deres kunder.

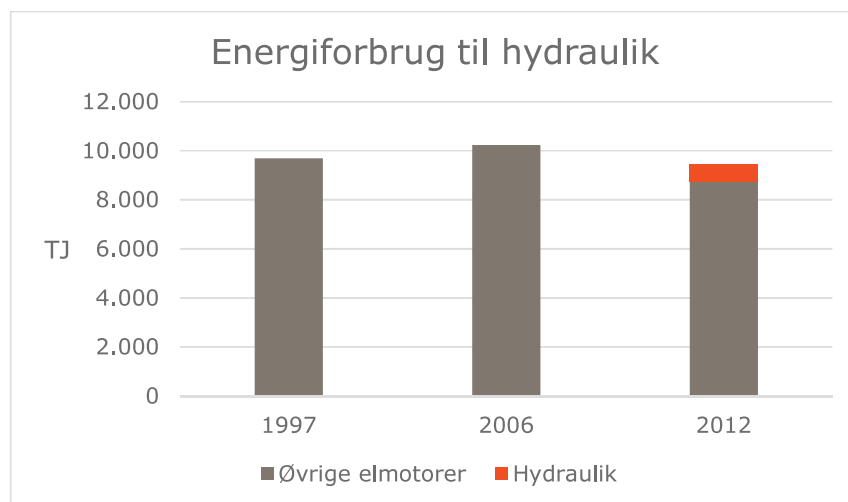
7.16.3 Energiforbruget anvendt til teknologien

Det samlede energiforbrug anvendt til hydraulik i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 751 TJ, hvilket svarer til 0,4 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet. Energiforbruget til hydraulik udgøres 100 % af el.

Udviklingen i energiforbruget til hydraulik siden 1997 er gengivet i nedenstående figur. I den tidligere kortlægning var hydraulik opgjort under øvrige elmotorer. I forhold til den forrige kortlægning af energiforbruget i erhvervslivet udført i 2008 over 2006-data er energiforbruget til øvrige elmotorer i 2012 faldet med 8 %.

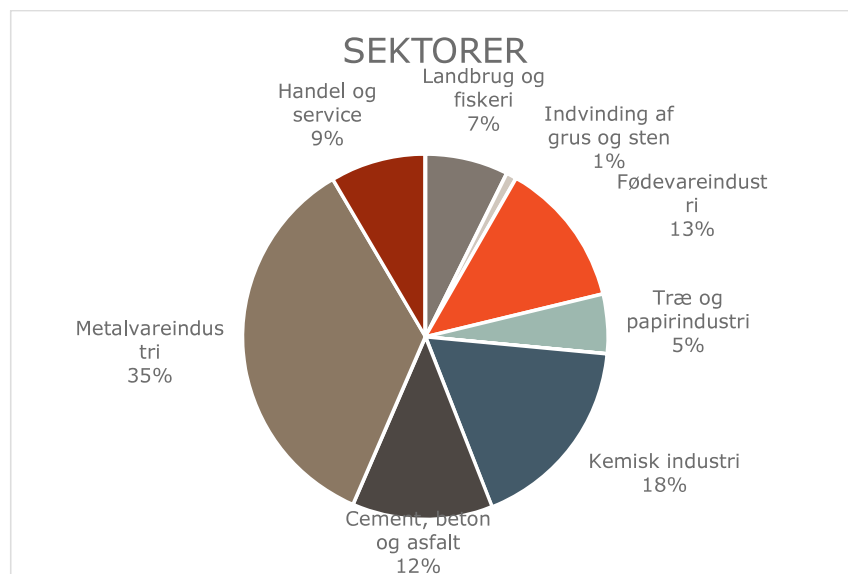
Årsagen til dette fald i energiforbruget skal findes i udskiftningen af gamle elmotorer til nye energibesparende motorer samt installation af frekvensomformere på elmotorer eller skift til servomotorer.

Figur 7-53 Energiforbrug til hydraulik

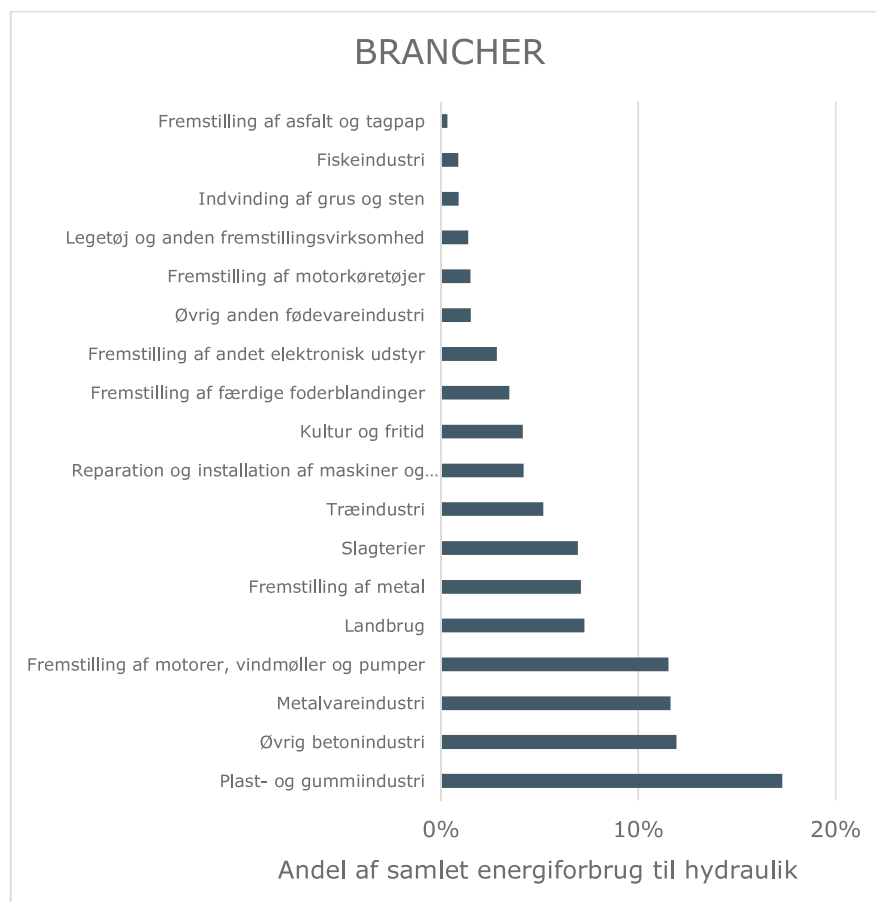


Fordelt på brancher ser energiforbruget til hydraulik i 2012 ud som angivet i nedenstående figur.

Figur 7-54 Energiforbrug til hydraulik fordelt på sektorer



Figur 7-55 Energiforbrug til hydraulik fordelt på brancher



Energianvendelsen til hydraulik domineres primært af fire brancher bestående af plast- og gummiindustri, øvrig betonindustri, metalvareindustri og fremstilling af motorer. Tilsammen udgør disse brancher 52,3 % af det samlede energiforbrug til hydraulik i erhvervslivet.

7.16.4 Energisparepotentialer: 2015-cases

Der er udvalgt tre cases inden for hydraulik inden for den branche, som har det største energiforbrug, samt de teknologier, som kan anvendes mere bredt inden for en række brancher.

Case 1 beskriver muligheden for at overgå fra hydrauliksystemer til hybrid- eller rene elmaskiner inden for plast- og gummiindustrien.

Case 2 beskriver en mere generel løsning, hvor en hydraulikpumpestation ændres fra traditionel opbygning til en løsning med servopumpe.

Case 3 beskriver muligheden for optimering af hydraulikpumper anvendt til maskiner i metalvareindustrien.

Casebeskrivelse 1: Ulstrup Plast – udskiftning til hybrid sprøjtestøbemaskine

Ved Ulstrup plast har man i samarbejde med Arburg installeret en hybrid sprøjtestøbemaskine, der er opbygget med elektriske drev i stedet for traditionel hydraulik og med optimeret hydraulik med servopumper til nogle funktioner, hvor der stadig kræves hydraulik.

I en periode har man målt energiforbruget på den nye maskine sammenholdt med en af virksomhedens traditionelle hydraulikmaskiner, der anvendes til at producere samme opgave. Man er kommet frem til en specifik energibesparelse på 50 %. Reduktion af elforbruget er dog ikke den væsentlige faktor; det er derimod ønsket om at øge udstyrets kapacitet. Den årlige produktion på den nye maskine er 33 % højere end virksomhedens traditionelle hydraulikmaskiner. De elektriske drev er med til at forkorte maskinens taktider. Dette reducerer i højere grad energiforbruget pr. produceret emne (kg) og er med til, at virksomheden fremadrettet vil vælge hybrid- eller elektriske sprøjtestøbemaskiner frem for traditionelle hydrauliske sprøjtestøbemaskiner.

Ud over den øgede produktionskapacitet og det reducerede strømforbrug skal maskinen bruge mindre proceskøling, og støjniveauet reduceres dermed.

Ved nyanskaffelse af en sprøjtestøbemaskine vil meromkostningen ved valg af en hybrid eller elektrisk maskine sammenlignet med en normal hydraulikmaskine være ca. 15-30 %, alt efter typen af emner, der produceres.

Den tekniske levetid på udstyret er normalt 20 år.

Tabel 7-78 Case 1: Ulstrup Plast – udskiftning til hybrid sprøjtestøbemaskine

Case	Energiforbrug [PJ]/år	E Besparelsepotentiale	A Anvendelsespotentiale	I Investeringsomkostning	D Ændret D%V
Branche	PJ	%	%	Kr./kWh	Kr./kWh
Plast- og gummiindustri	0,13	30-50	20-35	18,5	NA
Metalvare industri	0,09	30-50	20-35	18-25	NA

Casebeskrivelse 2: Optimering af hydraulikstationer

Rexroth kan bl.a. levere løsninger til hydraulikstationer under navnet "Rexroth Sytronix solution", hvor man udskifter hydraulikstationens standardpumpe med fast omdrejningstal med en servopumpe, der er behovsstyret. Herved opnår man, at pumpen kun kører, når der er behov. Samtidig reguleres flow og tryk til det aktuelle forbrug.

Bypass-ventiler kan derved udelades, og kølesystemet kan reduceres, da unødig opvarmning undgås. Den reducerede driftstid og opvarmning af olien er ligeledes med til at mindske slidtagen af olien.

Man opnår energibesparelser på op imod 40-70 % på hydrauliksystemet samt hjælpesystemer som f.eks. køling.

Tabel 7-79 Case 2: Optimering af hydraulikstationer

Case	Energiforbrug [PJ/år]	E Besparelser- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning	D Ændret D%V
Branche	PJ	%	%	Kr./kWh	Kr./kWh
Plast- og gummiindustri	0,13	40-70	20-35	2,5-3,5	0,2
Øvrig betonindustri	0,89	40-70	20-35	2,5-3,5	0,2
Metalvareindustri	0,87	40-70	20-35	2,5-3,5	0,2
Fremstilling af motorer	0,86	40-70	20-35	2,5-3,5	0,2
Landbrug	0,54	40-70	20-35	2,5-3,5	0,2
Fremstilling af metal	0,53	40-70	20-35	2,5-3,5	0,2
Slagterier	0,52	40-70	20-35	2,5-3,5	0,2
Træindustri	0,39	40-70	20-35	2,5-3,5	0,2

Casebeskrivelse 3: Rexroth - Optimering af bearbejdningscenter

Ved at optimere et af bearbejdningscenter, der oprindeligt brugte hydraulikpumper med fast omdrejningstal til et system med variable pumper kan anlæggets energiforbrug til hydraulik reduceres.

Hydraulikken anvendes til at tage fat i emner, fastholdelse af emner, opretning og vægt kompensation. Ligeledes var der monteret en pumpe med fast omdrejningstal til filter/kølevandssystemet.

De gamle pumper med fast omdrejningstal blev skiftet til Rexroth Sytronix servopumper, der kun leverer flow og tryk efter behov, og styringen blev opdateret for at minimere standbyforbrug og cyklustiden.

Man har opnået energibesparelser på op imod 30 %, samtidig med at støjniveau og kølebehov er blevet reduceret og oliens levetid forlænget.

Tabel 7-80 Case 3: Rexroth - Optimering af bearbejdningscenter

Case	Energiforbrug [PJ/år]	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning	D Ændret D%V
Branche	PJ	%	%	Kr./kWh	Kr./kWh
Metalvareindu- stri	0,87	30	20-35	3,3	NA
Fremstilling af motorer	0,86	30	20-35	3,3	NA
Træindustri	0,39	30	20-35	3,3	NA

Opsummering af energisparepotentialer for cases.

De tre cases, som er udvalgt, er fordelt på brancher, der dækker 0,59 PJ af energiforbruget. Dette er ca. 78 % af det samlede energiforbrug for hydraulik. I regneværktøjet er data for de enkelte cases lagt ind, hvorefter det samlede energisparepotentiale er muligt at beregne. De udvalgte cases dækker ikke hele energisparepotentialet for energianvendelsesområdet, da dette vil skulle dækkes af en række helt specifikke energisparemuligheder, som ikke er omfattet i denne kortlægning. De udvalgte cases danner dog sammen med en generel vurdering fra adspurgte leverandører og eksperter grundlag for en revurdering af de gamle energisparepotentialer.

7.16.5 Energisparepotentialer: 2015-vurdering

I Tabel 7-81 er der lavet en revurdering af energibesparelspotentialerne fra DEA & V&M(2010). Denne vurdering er udarbejdet på baggrund af den viden, der er opnået i forbindelse med udarbejdelsen af cases. De udvalgte cases, omhandler de nye teknologier som rammer bredest. Disse giver et samlet besparelspotentiale på 17,5 %, hvor det gamle potentiale var vurderet til ca. 28 % (tbt 10 år). Case 1 omhandler energisparemuligheden substitution og case 2 og 3 omhandler omdrejningsregulering.

COWI vurderer, at der ikke er nogen ændring i forhold til energisparepotentialerne på de øvrige områder.

Tabel 7-81 Revurdering af energisparepotentialerne fra DEA & V&M(2010)

Energisparemulighed	Potentiale	Begrundelse
Substitution	Uændret	Det vurderes, at der er begrænset, hvor meget der sket, da maskiner typisk udskifte på baggrund af et 'aldersmotiveret' potentiale
Omdrejningsregulering af pumper	Fordoblet	Med anvendelsen af servohydraulikmotorer vurderes potentialet for energibesparelser at være steget
Tomgang	Forøget 25 %	Med anvendelsen af servohydraulikmotorer vurderes potentialet for energibesparelser at være steget, da servomotorer har lav start-/stoptid
Andre muligheder	Uændret	Der vurderes stadig at være et potentiale, da det vurderes at relativt få virksomheder har energioptimeret deres hydraulik systemer
Udskiftning af anlæg	Uændret	Det vurderes, at virksomhederne ofte vil have krav om lave tilbagebetalingstider, og at man derfor typisk vil udskifte anlægget som følge af et 'aldersmotiveret' potentiale
Adfærd	Uændret	Vurderes stadig at være et potentiale, da gamle maskiner kan have lange opstartstider, hvorfor de evt. ikke slukkes i korte pauser

Kilde: COWIs vurdering

Der er lavet en opsummering af energisparepotentialerne, jf. Tabel 7-82. For at kunne beregne det samlede energisparepotentialer er både besparelspotentialet og anvendelsespotentialet lagt ind i regneværktøjet. Potentialerne ses i forhold til samlede energiforbrug inden for hydraulik på 0,751 PJ.

Tabel 7-82 Energisparepotentialer revurderet i forhold til 2010

Energisparemulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale
Substitution	0	0	40	3	40	10
Omdrejningsregulering af pumper	20	3	20	5	20	20
Tomgang	25	20	25	40	38	30
Andre muligheder	20	2	20	5	20	20
Udskiftning af anlæg	0	0	40	5	40	20
Adfærd	20	10	20	10	20	10

7.17 Varmepumper

Energianvendelsesområdet er ny i forhold til 2010-kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet.

7.17.1 Teknologiens anvendelse

Varmepumper i erhvervslivet omfatter varmepumper, der anvendes til rumopvarmning, rengøring og i forskellige varmekrævende processer.

Varmepumper erstatter i mange tilfælde gasfyr og oliefyr til rumopvarmning. I mange tilfælde forsynes ventilationsanlæggenes varmeflader med varmt vand produceret af en varmepumpe. Varmepumpens varmekilde er ofte varme fra processer i produktionen. I de tilfælde, hvor varmepumpens køleside også kan udnyttes, er det særdeles fordelagtigt. Dette udnyttes ofte på plastfabrikker, hvor sprøjtestøbemasinerne skal køles. Problemet ved den type anvendelse er ofte det manglende sammenfald mellem, hvornår der skal bruges køl, og hvornår der skal bruges varme. Dette imødegås bl.a. ved at installere akkumuleringsstanke.

I takt med at varmepumperne kan levere vand ved en højere temperatur, kan varmepumper opstillet i industrien også levere varmt vand til fjernvarmenettet. Der er installeret adskillige varmepumper med det formål, men mange af projekterne kuldsejler pga. afgiftsreglerne.

I fødevarerindustrien, hvor man ofte har store køleanlæg installeret, udnyttes kondensatorvarmen fra disse hyppigere og hyppigere som varmekilde for en varmepumpe. Varmepumpen producerer varmt vand ved en høj temperatur, som anvendes til rengøringsformål i fødevarerproduktionen.

De mest fremtrædende varmepumpeteknikker, der anvendes i erhvervslivet, er angivet i nedenstående tabel:

Tabel 7-83 Mest fremtrædende varmepumpeløsninger

Kategori	Teknologi	Brancher	Produkter
Ammoniak	Kompression	Større fødevarerfabrikker og fremstillingsindustri	Vand/vand varmepumper
HC - HydroCarboner (propan, ethan m.fl.)	Kompression	Mindre industri generelt	Vand/vand Luft/vand
HFC - HydroFluor-Carboner	Kompression	Mindre industri generelt	Vand/vand Luft/vand Luft/luft
CO₂	Kompression	Ingen typisk industri	Vand/vand

Inden for de enkelte brancher anvendes der flere forskellige løsningsmodeller med varmepumper, hvilket kan relateres til enten den tilgængelige varmekilde eller til, hvor varmen skal anvendes i det specifikke område.

7.17.2 Teknologiens udvikling

Teknologiens udvikling er tæt forbundet med de anvendte kølemidler. Derfor er den teknologiske udvikling er beskrevet i underafsnit opdelt efter de mest anvendte kølemidler.

Ammoniak

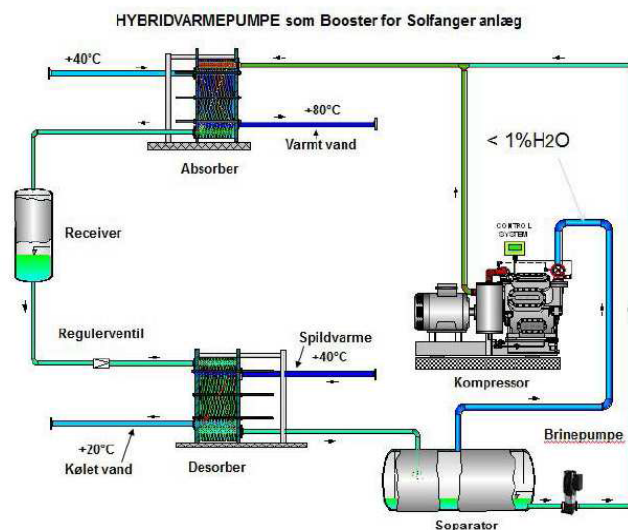
Anvendelse af ammoniak (R717) som kølemiddel er ikke nyt – heller ikke til varmepumper. Indtil for ca. 10 år siden var anvendelsen begrænset af, at de største kommercielt tilgængelige kompressorer havde et designtryk på 40 bar. Dette tillod varmepumper, der kunne levere op til 70°C varmt vand.

I dag har de store producenter som Johnson Controls, Grasso og Mycom kompressorer til 60-65 bar, hvilket betyder, at det er muligt at opnå vandtemperaturer på 90°C. Derved er anvendelsesmulighederne væsentlig forøget, og det er f.eks. muligt at producere fjernvarme på R717.

Ammoniak/vand

Tilsvarende er der inden for de sidste år kommet hybridvarmepumper på markedet. Det er et system, der kombinerer kompressions- og absorptionsystemerne, idet der sprøjtes vand ind i kompressorens trykgas ved absorbereren, hvorved temperaturen stiger. Efterfølgende fjernes vandet igen i desorbereren – se nedenstående skitse.

Figur 7-56 Hybridvarmepumpe



Ved denne anvendelse opnås temperaturer på op mod 105°C med et 25 bars anlæg. Der er i Danmark bygget et sådant anlæg ved ARLA's mælkepulverfabrik Arinco i Videbæk. Dette anlæg producerer kølevand på desorbersiden og forvarmer procesluften til tørreprocessen.

En anden hybridvarmepumpe efter samme princip bliver installeret ved Løgumkloster Fjernvarme.

Et karakteristika ved hybridsystemet er, at der er et stort glid på både den kolde og den varme side. Dette er en fordel ved anlæg, hvor der er stor temperaturforskel på indgangs- og udgangstemperaturerne – som f.eks. fjernvarme.

Anlæg bygges i størrelser op til ca. 4 MW.

Kulbrinter

er naturlige kølemidler, og da de ligesom freonerne kan laves med kobberør, er de nemme at montere. Inden for de seneste år har flere store fabrikker opbygget standardunits med specielt propan som kølemiddel. De fås i størrelsen op til ca. 500 kW.

Vand

Teknologisk Institut har sammen med bl.a. Johnson Controls udviklet en varmepumpe, der bruger vanddamp som kølemiddel. Første prototype skal opstilles ved Lego i løbet af 2015, og først når der er driftserfaringer med denne, vil en produktion blive planlagt.

HFO-1234yf (CF₃CF=CH₂ - Tetrafluorpropene)

Nyudviklet HFC-kølemiddel med lavt GWP (Global Warming Potential). Disse er ikke tilladt i Danmark, hvis kølemiddelfyldningen overstiger 10 kg, men der er i

forbindelse med komfortanlæg givet adskillige dispensationer til sådanne anlæg med henvisning til TEWI-beregninger (Total Equivalent Warming Impact). HFO-kølemidlets indvirkning på atmosfæren er reduceret til faktor 4, hvor kølemidlet R134a har en indvirkning på faktor 1.300. Der er tale om anlæg op til 1,2 MW.

CO₂

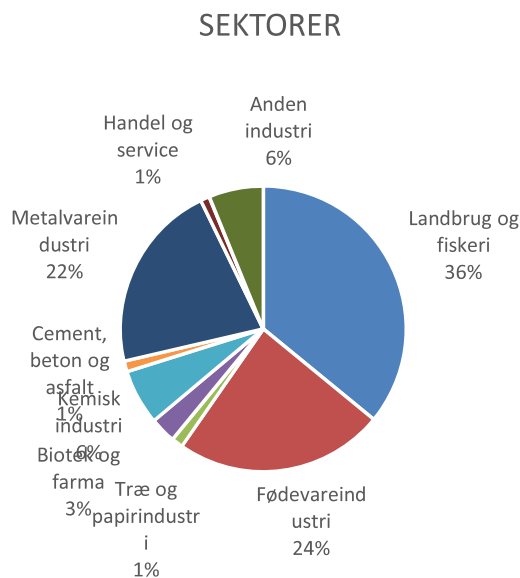
Transkritiske CO₂ anlæg som varmepumper er inden for de sidste fem år kommet på markedet. Anlæggene er ikke store, idet højtrykskompressorerne (designtryk 120 bar) kun er tilgængelige i små størrelser.

7.17.3 Energiforbruget anvendt til teknologien

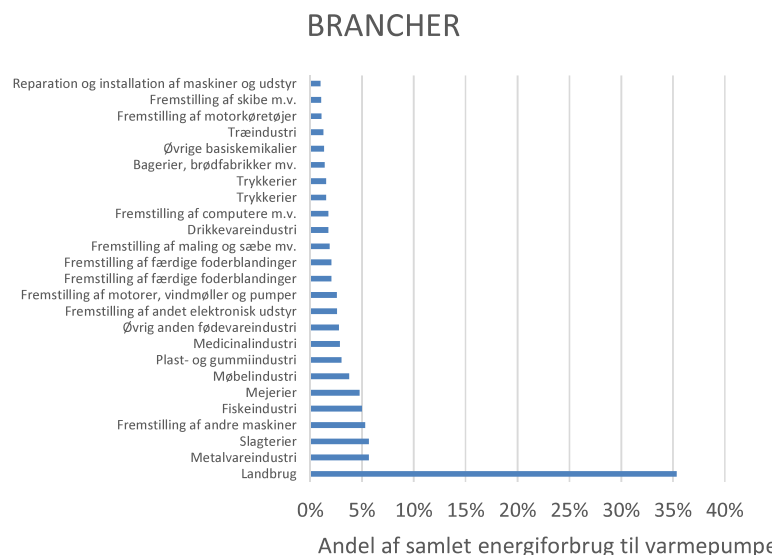
Det samlede energiforbrug anvendt til varmepumper i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 0,6 PJ, hvilket svarer til 0,3 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet og 1 % af det samlede elforbrug i erhvervslivet.

Fordelt på brancher ser energiforbruget til varmepumper i 2012 ud som angivet i nedenstående figur.

Figur 7-57 Energiforbrug til varmepumper fordelt på sektorer



Figur 7-58 Energiforbrug til varmepumper fordelt på brancher



Energianvendelsen til varmepumper domineres primært af to brancheområder; landbruget og fødevarerindustrien. Tilsammen udgør disse sektorer 60 % af det samlede energiforbrug til varmepumper i erhvervslivet.

7.17.4 Energisparepotentialer: 2015-cases

For varmepumper er der udvalgt to cases, hvor fokus har været at se på teknologien varmepumper og optimeringsmulighederne for disse.

Casebeskrivelse 1: Energibesparelse ved anvendelse af varmevekslere med flade aluminiumsrør (MPE-rør) også benævnt microchannel heat exchangers.

Aluminiumsvarmevekslere har været anvendt i automobilindustrien til aircondition-anlæg. De er fremstillet af flade rør i parallel med korrugerede finner i mellemrummet mellem rørene. På grund af disse varmeveksleres høje ydelse er varmevekslerne begyndt at finde indpas i stationære køleanlæg og i varmepumper. I automobilindustrien har hensynet til størrelsen og vægten af varmeveksleren haft størst indflydelse på udformningen af varmevekslere, og der har ikke været stor fokus på effektiviteten af varmevekslerne. Nu hvor varmevekslerne er ved at udbrede sig på stationære køleanlæg, er det mere effektiviteten, der er fokus på. Den indvendige overflade kan ligeledes udformes med indvendige korrugeringer, der forbedrer det indvendige varmeovergangstal under kondensering og fordampning. Der er gennemført målinger på MPE-rør, der viser meget høje varmeovergangstal under henholdsvis kondensering og fordampning. Erfaringer vidner om, at varmevekslere med flade aluminiumsrør (MPE-rør) kan medføre energibesparelser på op til 15 % i

køleanlæg og varmepumper. Varmedeviklerne er kun tilgængelig for udvalgte kølemidler og har derfor indtil videre kun fået en mindre udbredelse.

Tabel 7-84 Case 1: Microchannel

Case	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning
Landbruget	5-15 %	50 %	1,0
Fødevareindustrien (7-14)	5-15 %	50 %	1,0

Casebeskrivelse 2: Ammoniakvarmepumper

Casen viser, at der er en driftsbesparelse ved at anvende en 2-trins ammoniakvarmepumpe i stedet for en 1-trins ammoniakhøjtemperaturvarmepumpe.

I casen sammenlignes følgende varmepumpesystemer ved en indgående vandtemperatur på +10°C (varmekilden) og en fremløbstemperatur på +80°C (forbrugeren).

1-trins skruekompressor COP = 3,63

2-trins stempelkompressor COP = 3,82

2-trins stempel-/skruekompressor COP = 4,28.

Det er ikke muligt at anvende en 1-trins skruekompressor i det aktuelle driftsområde da maks. fremløbstemperaturen er ca. 70°C.

De viste COP-værdier er kun for kompressorblokken uden øvrigt tab.

Tabel 7-85 Case 2: 2-trins ammoniakvarmepumper vs 1-trins ammoniakvarmepumper

Case	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning	D Ændret D&V
Landbruget	5-18 %	100 %	1,3-1,8	1,1
Fødevareindustrien (7-14)	5-18 %	100 %	1,3-1,8	1,1

7.17.5 Energisparepotentialer – 2015-Vurdering

Da 2010-rapporten ikke indeholder en opgørelse for energianvendelsesområdet "varmepumper", er der ikke mulighed for at foretage en revurdering af energisparepotentialer. På basis af ovenstående cases foretages en nyvurdering af besparelsespotentialer på varmepumper for de to branchesegmenter.

Tabel 7-86 Energisparepotentialer - varmepumper

Energisparemulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelser- potentiale	Anvendelses- potentiale	Besparelser- potentiale	Anvendelses- potentiale	Besparelser- potentiale	Anvendelses- potentiale
Optimering af komponenter. Kompressorer, varmevekslere, ventiler og automatik.	5 %	25 %	10 %	25 %	20 %	25 %
Optimering af anlægs-effektivitet. Valg af den mest energifordelagtige løsning f.eks. 2-trins kompression frem for 1-trins kompression.	10 %	30 %	15 %	30 %	20 %	30 %

8 Teknologikatalog- Tværgående energianvendelsesområder

8.1 Automation

Energianvendelsesområdet er ny i forhold til 2010-kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet. Energienvendelsen er tværgående, idet alle de øvrige energianvendelsesområder på den ene eller anden måde er omfattet af automation i gennem styring og proceskontrol.

8.1.1 Beskrivelse

Med automation skelnes der først og fremmest mellem procesautomation og bygningsautomation. Overordnet set omfatter automation inden for de to områder det samme, men bygningsautomation er historisk set en "light"-udgave af procesautomation, idet krav til nøjagtighed og pålidelighed ikke er så stor i bygningsautomation. Procesautomation udgør primært tre ting; proceskontrol, automatisering og HMI (human machine interface). Proceskontrol omfatter digital eller analog kontrol af en proces i et maskinanlæg. Det sker ved, at man regulerer på maskinanlægget, måler på resultatet og behandler målingerne, hvorefter man korrigerer reguleringerne.

Automatisering omfatter erstatning af menneskelige ressourcer med maskinressourcer. Der kan være tale fysiske aktiviteter, eller der kan være tale om behandling af data og informationer, hvor der i større eller mindre omfang også kan indgå beslutningstagen ud fra kendte mønstre og i forhold til ønskede resultater.

HMI omfatter grafiske brugerflader til visualisering af input og output fra maskinanlæg. Automation består her i selve måden, hvorpå man overfører og læser data og oplysninger fra og til proces/automationsanlæg.

Automation breder sig over styringssystemer, instrumentering og reguleringskomponenter. Styringssystemerne kan være lokale styringer på delanlæg og maskin-komponenter, eller det kan være centrale styringssystemer, der varetager en produktionsafsnit eller en hel fabrik. Instrumenteringen omfatter typisk følere for tryk, temperatur, pH, fugt, kontakt og bevægelse samt målere for energi, flow og ha-

stighed. Reguleringskomponenter omfatter typisk aktuatorer på ventiler, frekvensomformere på motorer.

Hertil kommer selve kommunikationsdelen mellem styringer, målinger og regulatorer, såsom netværk, hoved- og understationer og kommunikationssprog (protokoller).

Ved bygningsautomation forstås en automatisk styring og regulering af de tekniske anlæg i en bygning såsom varmeanlæg, køleanlæg, ventilation og belysning m.m. Området omfatter CTS-anlæg (centralt tilstands- og styringsanlæg), IBI-anlæg (intelligente bygningsinstallationer) og selvstændige automatiskløsninger for f.eks. solafskærmninger. CTS-anlæggene er populært sagt placeret i teknikrum, mens IBI-anlæg er placeret ude i bygningens rum.

Tabel 8-1 Mest fremtrædende automationsteknikker

Kategori	Teknologi	Brancher
SRO	Procesanlæg Maskinanlæg Kedelanlæg Køleanlæg Trykluftanlæg Elmotorer Ventilationsanlæg	Landbrug Fiskeri Fremstillingserhverv
CTS/BMS/IBI	Varmesystem Ventilation Køling Belysning	Handel og Service

8.1.2 Teknologiens anvendelse

Automation finder anvendelse i alle brancher og i alle industrier. Typisk vil anvendelsesgraden af automation afhænge af virksomhedens størrelse og produktionsapparatets alder, idet gamle og små produktioner vil anvende mindre automation end nye og/eller store anlæg/virksomheder. Desuden vil automation finde anvendelse, så snart til er tale om komplicerede processer eller høje kvalitetskrav til produktet.

8.1.3 Teknologiens udvikling

Generelt har udviklingen inden for automation ikke omfattet introduktion af nye banebrydende komponenter eller systemer, men der er sket en voldsom vækst i tilgængelig og distribueret information.

Intelligente styringer har eksisteret i en lang årrække, men er blev mere tilgængelige nu. Hvor det tidligere typisk har været skræddersyede specialløsninger til specifikke industrier og processer udviklet af matematiske institutter, findes der nu en række udbydere af mere eller mindre standardiserede løsninger/produkter. Intelligente styringer omfatter de såkaldte modelbaseret regulering (prædikativ og/eller

adaptiv). Disse reguleringer anvender neurale netværker og omfattende dataindsamling og -behandling til fastlæggelse af en reguleringsmodel for den givne proces/anlæg, i stedet for en i forvejen defineret reguleringsmodel.

De avancerede reguleringer kan selv ændre modellen, når de grundlæggende forhold ændres. De mindre avancerede reguleringer skal kalibreres, når disse ændringer sker. Anvendelse af modelbaseret regulering er oftest drevet af ønsket om bedre kontrol med slutproduktet. Ved at styre processerne mere optimalt opnås der en øget kvalitet af produkt med en betydelig lavere andel off-spec produkter, hvorved værdien af produktet øges. Hertil opleves det, at kapaciteten af procesudstyret øges, da man "kører mere skarpt" på produktkrav. Den energimæssige besparelse er ofte en sidegevinst, som kan være ret væsentlig.

Der er sket en udvikling i mere nøjagtige instrumenter for måling af temperatur, tryk, fugt og flow både til måling af almindelige medier og af specielle procesmedier.

I takt med udviklingen og implementeringen af Ethernet og af trådløse netværk er der sket en markant forøgelse af de informationer, der er tilgængelige for komponenter som især frekvensomformere. Ud over at kunne regulere omløbstal på motorer kan der gives information om energiforbrug m.m., og mange nye frekvensomformere har også indbygget simple reguleringsalgoritmer for f.eks. styring af pumper og blæsere, hvorved en lokal PLC vil være overflødig. Inden for de seneste fem til ti år er udbredelsen af frekvensomformere blevet så omfattende, at stort set alle nye maskinanlæg er forsynet med en hastighedsregulering.

Udvikling og modning af servo-teknikken, således at disse nu er hurtige, præcise og pålidelige, har betydet, at pneumatiske og hydrauliske aktuatorer udskiftes med servomotorer. Herved opnås der betydelige besparelser i energiforbruget til procesluft i de enkelte virksomheder, idet 90 % af energien brugt til produktion af pneumatik-luft til hydraulik ender som varme og dermed tab.

Inden for bygningsautomation er CTS- anlæg ikke længere til diskussion i forbindelse med nybyggeri eller renovering. Diskussionen går nu mere på i hvilket omfang. Der er set nogle få eksempler på et så omfattende brug og installation af automation i kontorbyggerier, at tomgangsforbruget (el) i automationskomponenterne er det halve af det almindelige elforbrug. Der er derfor kommet et forøget fokus på automationskomponenternes eget energiforbrug. EU barsler med en række minimumskrav til komponenternes egetforbrug i form af maksimale effekttal.

Fra at det tidligere primært var store CTS-leverandører, der dominerede markedet, er der kommet en række mindre og mellemstore udbydere på markedet.

Ligesom for procesautomation er den væsentligste udvikling inden for bygningsautomation en markant øget kommunikationsfunktionalitet af systemerne. De fleste systemer fås nu med indbygget webserver og mulighed for kommunikation via netværk.

Der er en række trends, som forventes at trænge frem på markedet inden for den nærmeste fremtid. De er næsten alle sammen relateret til øget information og kommunikation.

Alfa og omega for automation er etablering af netværk. Ud over den nuværende udbredelse af Ethernet, forventes det, at der vil ske en udvikling i og forøget brug af trådløse netværk og mobilnetværksløsninger. Dette vil især være interessant i eksisterende produktioner og gamle bygninger, da dette vil lette etablering af automation.

Energiforbrugende maskiner og apparater vil inden for en årrække selv kunne registrere og fortælle, hvor meget energi de forbruger. Dette vil være muligt, da de fleste elmotorer m.m. efterhånden vil være forsynet med elektronisk styring eller styres via frekvensomformere. Dette vil få stor betydning for optimeringsmulighederne, da det ofte er et stort og vanskeligt arbejde at gøre rede for det aktuelle energiforbrug på maskinniveau, medmindre der som udgangspunkt er etableret et omfattende antal energimålere. Erfaringsmæssigt fører nøjagtigt kendskab til det løbende energiforbrug til interesse og mulighed for at optimere driften med det formål at mindste energiforbruget.

En tendens, der så småt er på vej, er komponenter, der ikke blot fortæller, når en alarmgrænse er nået, men registrerer et forløb og advarer om fortsat brug uden korrigerende handlinger. Eksempelvis er en tysk kompressorproducent i færd med at udstyre kompressorer og motorer med sensorer og kommunikationsmoduler, der kan advarer om, at eksempelvis motorer er ved at blive for varme.

Anvendelse af mobiltelefoner til kommunikation med maskinanlæg og komponenter via apps er allerede en teknologi, der benyttes for enkelte producenters produkter. Fremover vil denne form for interface, dels til overvågning, dels til styring og regulering, vokse drastisk. Dette vil få stor betydning under fejlfinding og optimering af især mindre anlæg.

Det forventes desuden, at modelbaseret regulering vil vinde større og større udbredelse, idet det fortsat vurderes at eksistere et stort potentiale for anvendelse af denne reguleringsteknik. Indtil videre er det mest brancher med pulver og frø produktion, der har taget metoden til sig. Der er blandt andet på grund faglig stolthed en tilbageholdenhed med at tage teknologien til sig.

Inden for bygningsautomation forventes det, at udviklingen med stigende grad af integrerede webservere i styringsbokse forsættes. Hvor man tidligere spåede de integrerede systemer en stor fremtid, går tendensen mere mod selvstændige systemer (eventuelt forskellige produkter/leverandører), der taler sammen via netværker.

I takt med de stadigt stigende krav fra bygningsreglementet vil bygningsautomation og styring af bygningernes installationer vil CTS og IBI fremover være "need to have" og ikke blot "nice to have".

8.1.4 Energiforbruget anvendt til teknologien

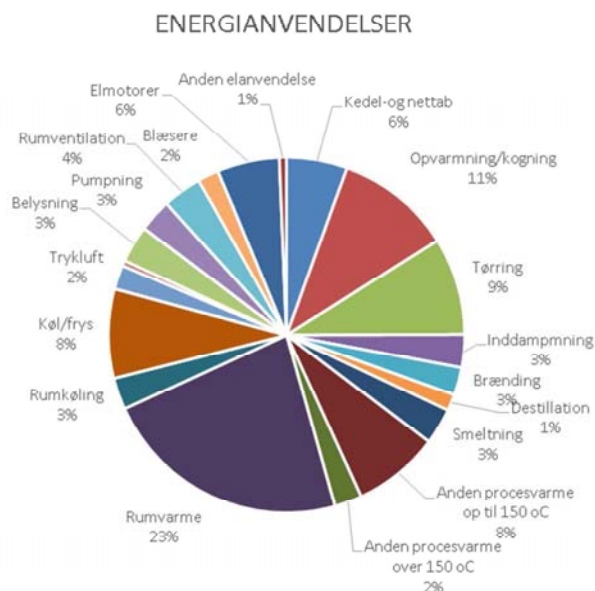
Det samlede energiforbrug anvendt til selve automation i erhvervslivet, dvs. PLC'er, instrumentering, aktuatorer med mere har historisk generelt udgjort en mindre del af det samlede energiforbrug i virksomhederne og ikke opgjort i kortlægningen af energiforbrug i erhvervslivet i 2012.

Ser man derimod på det energiforbrug, som er eller kan være underlagt automation, så skønner COWI, at 133 PJ, hvilket svarer til 67 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet, vil være omfattet. Dette skøn er baseret på en opgørelse af energiforbruget til de energianvendelsesområder, som anses relevante i forbindelse med proceskontrol/styring. Procesformål udgør godt 45 % af energiforbruget potentielt underlagt automation, mens energiforbrug til hjælpeudstyr og rumvarme udgør potentielt omkring 55 %.

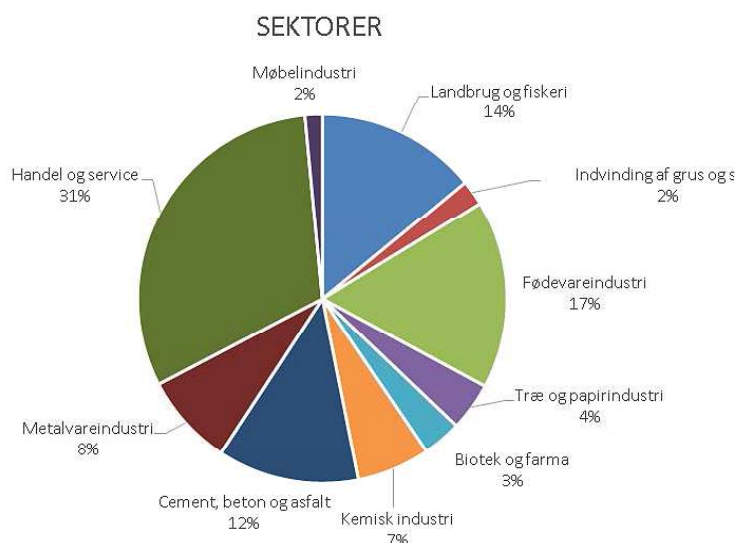
Industrien står for omkring to tredjedele af energiforbruget, der potentielt kan være omfattet af automation, mens handel og service står for den resterende tredjedel.

Nedenfor er der angivet to figurer, der viser, hvordan henholdsvis energianvendelserne og brancher/sektorerne potentielt vurderes at være omfattet af eller anvende automation. Hvor alle brancher og sektorer vurderes at være omfattet, vurderes transport og arbejdskørsel ikke at være potentielt omfattet af automation, mens øvrige processer og maskiner vurderes omfattet af den ene eller anden form for styring.

Figur 8-1 Energiforbrug potentielt omfattet af automation fordelt på energianvendelsesområder og sektorer



Figur 8-2 Energiforbrug potentielt omfattet af automation fordelt på sektorer



8.1.5 Energisparepotentialer: 2015-cases

For automation er der udvalgt syv cases, de fem første cases, som er præsenteret danner et grundlag for en revurdering af energisparepotentialet. De to sidste cases er mere specifikke og dækker ikke hele området. Der er fuldt overlap mellem de fem og de to cases.

Casebeskrivelse 1: Etablering af procesautomation.

Det vurderes, at det kun er for de små og ældre produktionsvirksomheder, at der eksisterer et energisparepotentiale for at etablere procesautomation. De øvrige industrivirksomheder anvender allerede automation.

Automationsløsningerne kan typisk omfatte automatik og styring af hjælpeanlæg som ventilation, varme, køling, belysning og trykluft, samt automatik til minimering af tomgangsforbrug af produktionsudstyr. Energibesparelserne vil dermed både omfatte el- og varmekonsum.

Tabel 8-2 Etablering af proceskontrol: Energibesparelsesmuligheder fordelt på branche

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparel- ses- potentiale	A Anvendel- ses- potentiale	I Investe- rings- omkost- ning
Landbrug	14,0	10-20 %	< 5 %	0,5-1,0
Metalvareindustri	2,5	10-20 %	< 5 %	0,75-1,5
Fremstilling af motorer	1,9	10-20 %	< 5 %	0,75-1,5
Fremstilling af maski- ner	1,8	10-20 %	< 5 %	0,75-1,5

Kilde: COWI

Casebeskrivelse 2: Optimering af eksisterende procesautomation.

Optimering af eksisterende procesautomation omfatter anvendelse af mere præcise instrumenter sammen med justering af styringsparametre.

Det vurderes, at optimering af eksisterende automation og proceskontrol kan implementeres i alle industrier og brancher, dog er de fleste store industrivirksomheder løbende igennem en optimeringsproces.

Det vurderes ud fra tidligere optimeringsprojekter at der eksisterer et typisk besparelsespotentiale på 5-10 %

Optimeringsløsningerne går typisk på justering af sætpunkter, integration af behovsstyret sætpunkter, etablering af supplerende målinger/instrumentering, optimering af eksisterende måleudstyr ved udskiftning til mere præcise instrumenter. Optimering af driftsparametre og processer vil oftest baseres på etablering af energiovervågning og analyse af energiforbrug.

Det vurderes, at optimering af eksisterende automation kan foretages i stort set samtlige brancher, dog vurderes gartnerier, maskinstationer, skovbrug og fiskeri ikke at være omfattet.

Det vil typisk være både elbesparelser og varmebesparelser, som kan opnås ved optimeret procesautomation, og det vil generelt også være på samtlige energianvendelsesområder.

Tabel 8-3 Optimering af eksisterende procesautomation: Energisparemuligheder fordelt på branche

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelser-potentiale	A Anvendelses-potentiale	I Investeringsomkostning
Landbrug (1)	14,0	5-15 %	25 %	0,55-0,70
Indvinding af grus/sten (5)	2,9	5-10 %	25 %	0,35-0,70
Fødevareindustri (7-14)	21,8	5-10 %	15 %	0,35-0,70
Tekstil- og beklædningsindustri (16+17)	0,5	5-10 %	10 %	0,35-0,70
Træ- og Papirindustri (18-19)	5,6	5 %	10 %	0,35-0,70
Kemiindustri (21-27)	12,9	5%	15 %	0,35-0,70
Fremst. af beton m.m. (28-32)	16,3	5-10 %	25 %	0,35-0,70
Metalvareindustri (34)	2,7	5-15 %	20 %	0,35-0,70
Fremstil. af motorer mm (35-41, 43-44)	5,8	5-15 %	20 %	0,35- 0,70
Møbelindustri (42)	2,0	5-15 %	20 %	0,35-0,70

Kilde: COWI

Casebeskrivelse 3: Etablering af modelbaseret regulering

Etablering af modelbaseret regulering vurderes at have et stort potentiale i de fleste industrivirksomheder, dog især inden for fødevareindustri, cementindustri, kemisk industri, fremstilling af isoleringsmaterialer, indvinding af grus og sten samt delvist træindustrien. Inden for pulverfremstilling er teknologien allerede implementeret i en række virksomheder.

Anvendelse af modelbaseret regulering har vist energibesparelser fra 5-25 %. Oven i disse energibesparelser opnås forøget produktion på 2-10 % og øget kvalitet på 20-75 % målt på reduceret mængde produkt uden for specifikationerne.

For hvert udstyr (inddamper, tørrer, centrifuge, pasteuriseringsenhed, presse m.m.) installeres en regulator. Investeringen vil typisk være den samme for en lille enhed som for en stor enhed, idet der vil optræde forskelle i "engineering"-delen, som omfatter konfigurerings af enheden afhængigt af anlægskompleksiteten.

Besparelserne vil typisk opnås på de procesrelaterede energianvendelsesområder og vil tilknyttes varmekonsumet i større grad end elforbruget:

› Opvarmning/kogning

- › Tørring
- › Inddampning
- › Brænding
- › Destillation
- › Anden procesvarme under og over 150°C.

Nedenstående potentialer kan ikke adderes til energisparepotentialerne angivet for optimeret procesautomation ovenfor, da der herved vil opstå et vist overlap. Modelbaseret regulering vil typisk erstatte optimering af procesautomation.

Tabel 8-4 Modelbaseret regulering: Potentiale fordelt på brancher

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning
Landbrug (1)	14	5-25 %	8 %	0,5-0,7
Fødevareindustri (7-14)	21,8	5-25 %	40 %	0,15-0,7
Træindustri (18)	3,5	5-25 %	10 %	0,5-0,7
Indv. af grus og sten (6)	2,9	5-25 %	45 %	0,15-0,7
Cementfremstilling (28)	9,2	5-25 %	10 %	0,15-0,7
Kemisk industri (21-24, 26-27)	10,2	5-25 %	10 %	0,15-0,7
Glas- og stenudd (31)	1,8	5-25 %	5 %	0,15-0,7

Kilde: COWI

Casebeskrivelse 4: Etablering af bygningsautomation.

Det vurderes, at det primært er for ikke-renoverede erhvervsbygninger ældre end 15 år, at der eksisterer et væsentligt potentiale for etablering af bygningsautomatik (CTS-anlæg, IBI-installationer m.m.), idet langt de fleste erhvervsbygninger opført eller renoveret inden for de sidste 15 år er forsynet med bygningsautomation.

Energisparepotentialet, som kan realiseres gennem automation, vurderes at være 20-30 %.

Automationsløsningerne kan typisk omfatte automatik og styring af ventilation, varme, køling og belysning, samt automatik til styring af solafskærmning. Energi-besparelserne vil dermed både omfatte el- og varmekonsum.

Tabel 8-5 Etablering af bygningsautomation: Energisparepotentiale fordelt på branche

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelses-potentiale	A Anvendelses-potentiale	I Investerings-omkostning
Maskinstationer (3)	0,1	20- 30 %	5 %	0,7-1,75
Indvinding af grus og sten (5)	0,1	20-30 %	5 %	0,7-1,75
Bagerier og brødfabrikker (10)	2,1	20-30 %	<5 %	0,7-1,75
Øvrig anden fødevareind.(13)	3,5	20-30 %	<5 %	0,7-1,75
Fremstil. af tegl, beton mm.(29-32)	7,1	20-30 %	<5 %	0,7-1,75
Metalvareindustri (34)	2,7	20-30 %	<5 %	0,7-1,75
Fremstilling af motorer m.m. (35-41, 43-44)	5,8	20-30 %	5-10 %	0,7-1,75
Reparation m.m. (45)	0,4	20-30 %	5-10 %	0,7-1,75
Handel (46-48)	18,2	20-30 %	5-10 %	0,7-1,75
Ikke-liberalt erhverv (49-52, 55-57)	18,8	20-30 %	5-10 %	0,7-1,75
Libertalt erhverv (53-54)	3,6	20-30 %	5-10 %	1,4-3,5

Kilde: COWI

Casebeskrivelse 5: Optimering af eksisterende bygningsautomation.

Optimering af eksisterende bygningsautomation omfatter primært anvendelse af nyere komponenter og justering af styringsparametre.

Det vurderes, at optimering af eksisterende automation potentielt kan implementeres i alle industrier og brancher, idet der dog for de fleste nyere erhvervsbygninger et generelt lavere potentiale.

Det vurderes ud fra tidligere optimeringsprojekter, at der eksisterer et typisk besparelsespotentiale på 10-15 %.

Optimeringsløsningerne går typisk på justering af sætpunkter, integration af behovsstyret sætpunkter, etablering af supplerende målinger/instrumentering, optimering af eksisterende måleudstyr ved udskiftning til nye komponenter. Optimering

af driftsparametre vil oftest baseres på etablering af energiovervågning og analyse af energiforbrug.

Det vurderes, at optimering af eksisterende automation kan foretages i stort set samtlige brancher, dog vil skovbrug og fiskeri ikke være omfattet.

Det vil typisk være både elbesparelser til rumventilation, belysning, køling og pumpning samt varmebesparelser til rumvarme, som kan opnås ved optimeret bygningsautomation.

Tabel 8-6 Optimering af eksisterende bygningsautomation. Elbesparelspotentiale fordelt på brancher

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelspotentiale	A Anvendelsespotentiale	I Investeringsomkostning
Landbrug og gartnerier (1,2)	18,3	10-15 %	<5 %	0,18-0,35
Fødevareindustri (7-14)	21,8	10-15 %	<5 %	0,18-0,35
Kemiindustri (21-27)	12,9	10-15 %	5 %	0,18-0,35
Fremstil. af tegl, beton mm. (29-32)	7,1	10-15 %	<5 %	0,18-0,35
Metalvareindustri (34)	2,7	10-15 %	15 %	0,18-0,35
Fremstil. af motorer m.m. 35-41)	5,2	10-15 %	15 %	0,18-0,35
Engroshandel (47)	8,1	10-15 %	25 %	0,18-0,35
Detailhandel (48)	8,6	10-15 %	10 %	0,18-0,35
Hoteller og restauranter (49,50)	5,8	10-15 %	15 %	0,18-0,35
Information, finans, viden mm. (51-57)	16,5	10-15 %	25 %	0,35-0,7

Kilde: COWI

Casebeskrivelse 6: Etablering af overvågning

Ved etablering af målinger af udvalgte procesparametre på strategisk placeringer i processer og hjælpeanlæg, er det muligt at registrere uregelmæssig drift og foretage korrigerende handlinger. Udviklingen af mere præcise måleinstrumenter for temperatur, tryk og flow samt anvendelse af indbygget trådløs kommunikation, giver mulighed for rentable optimeringsprojekter inden for en anvendelsesområde.

En stor kemifabrik har installeret realtidsovervågning af temperatur og flow på dampsystemets kondensatsystemer. Hensigten med overvågningen er detektering af defekte dampudladere, som er anledning til væsentlige tab af damp og energi.

Det lykkes ved overvågningen at finde dampudladere, der er utætte, og dampudladere, der er blokerede.

Ved at udskifte defekte dampudladere blev der realiseret energibesparelser på 2.000 MWh svarende til 10 % af energiforbruget til dampproduktion.

Investeringen i måleudstyr (kombineret temperatur- og flowmåler med integreret trådløs kommunikation), analysearbejde og efterfølgende udskiftning af dampudladere beløb sig til 825.000 kr. Investeringen blev betalt tilbage på 1,5 år.

Det vurderes, at den specifikke overvågning af dampudladere umiddelbart kan anvendes i alle brancher, der anvender damp (tørring, inddampning, destillation, procesvarme op til og over 150°C).

Tabel 8-7 Energibesparelsesmulighed ved etablering af overvågning fordelt på branche

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparelses- potentiale	A Anvendelses- potentiale	I Investerings- omkostning	D Ændret D%V
Fødevareindustri (7-14)	21,8	10 %	5 %	0,3-0,4 kr./kWh	
Tobaksindustri (15)	0,1	10 %	15 %	0,3-0,4 kr./kWh	
Tekstilindustri (16)	0,4	10 %	5 %	0,3-0,4 kr./kWh	
Papirindustri (19)	2,1	10 %	15 %	0,3-0,4 kr./kWh	
Kemiindustri (21-27)	12,9	10 %	5 %	0,3-0,4 kr./kWh	
Betonindustri (29-32)	7,1	10 %	5 %	0,3-0,4 kr./kWh	
Møbelindustri (42)	2,0	10 %	<5 %	0,3-0,4 kr./kWh	

Casebeskrivelse 7: Optimering af CTS

CTS-anlæg er som udgangspunkt ikke mere intelligent end den programmering/konfigurerings, der er lagt i den. For eksisterende CTS-anlæg kan behov, forudsætninger og forhold ændre sig for de anlæg, som CTS-anlægget styrer. For nyinstallerede CTS-anlæg kan der være forhold, som ikke er blevet indtænkt fra start af. Registrering og analyse af energiforbrug kan være vejen til optimering af selv nye CTS-anlæg.

I et stort nyt kontorhus i København er CTS-styringen blevet optimeret ved etablering af et energiovervågningssystem. På trods af at CTS-anlægget var helt nyt, var styringen og samspillet mellem bygningens installationer ikke optimal.

Ved at se på, hvor energiforbruget bruges i bygningen og analysere dette, blev de skjulte energiforbrug afdækket. Dels blev rumventilationen i de enkelte rum afpasset det faktiske behov, dels blev frikøling brugt i størst muligt omfang og endelig blev solafskærmning afpasset behovet ud fra, om lokalerne var i brug eller ej.

Styringen af solafskærmningen blev aktivt brugt til dels at reducere behovet for køling og dels til at reducere behovet for opvarmning om natten.

De realiserede besparelser udgjorde omkring 100 MWh el og 240 MWh varme om året. Det har ikke været muligt at få oplyst det samlede energiforbrug for bygningen, men det skønnes, at besparelsen svarer til 10-15 % af det samlede årlige energiforbrug.

Med en typisk skønnet tilbagebetalingstid på to til tre år for liberalt erhverv (tre til fem år for øvrigt erhverv), estimeres investeringen at have beløbet sig til 700-1.000.000 kr. samlet fordelt på 30 % til hardware og 70 % til konfigurerings, analyse og rådgivning.

Tabel 8-8 Energibesparelsesmulighed ved optimering af CTS

Branche	Energiforbrug PJ/år	E Besparel- ses- potentiale	A Anvendel- ses- potentiale	I Investerings- omkostning	D Æn- dret D%V
Information og kommunikation	6,7	10-15 %	20 %	2,1-2,9 kr./kWh	
Finansiering og forsikring	1,5	10-15 %	20 %	2,1-2,9 kr./kWh	
Ejendomshandel og udlejning	0,7	10-15 %	25 %	2,1-2,9 kr./kWh	
Videnservice	2,9	10-15 %	20 %	2,1-2,9 kr./kWh	
Rejsebureauer mv.	2,1	10-15 %	25 %	2,1-2,9 kr./kWh	

Opsummering af energisparepotentialer for cases.

De to cases som er udvalgt er fordelt på brancher som dækker 31,2 PJ af energiforbruget. Dette er ca. 23 % af det samlede energiforbrug potentielt underlagt automation. Sammenholdes dette med de cases, der omfatter automation/styring/CTS m.m. fra hvert af de beskrevne energianvendelsesområder, dækkes PJ af energiforbruget svarende til %. I regneværktøjet er data for de fem første cases lagt ind, hvorefter det samlede energisparepotentiale kan beregnes.

8.1.6 Energisparepotentialer: 2015 vurdering

Energisparepotentialer, som kan realiseres gennem automation, vurderes at være omkring 5 %.

Tabel 8-9 Energisparemuligheder

Energisparemulighed	Teknisk potentiale (PJ/år)	Energiforbrug (PJ/år)	Besparelspotentiale (%)
Etablering af automation	0,2	20,2	0,8
Optimering af eksisterende automation	1,3	84,5	1,5
Etablering af intelligent automation	2,0	42,2	4,6
Etablering af bygningsautomation	0,8	41,9	1,9
Optimering af eksisterende bygningsautomation	1,4	47,4	3,0
Samlet	5,6	133*	4,2

Kilde: COWI

I tabellen nedenfor er angivet 2015-vurderingerne som er anvendt til at udregne besparelspotentialet.

Tabel 8-10 Energisparepotentialer

Energisparemulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale	Besparelspotentiale	Anvendelsespotentiale
Etablering af proceskontrol	0 %	0 %	2 %	1 %	3 %	1 %
Optimering af eksisterende procesautomation	0 %	0 %	0 %	0 %	4 %	7 %
Modelbaseret regulering	6 %	7 %	10 %	9 %	12 %	10 %
Etablering af bygningsautomation	0 %	0 %	7 %	2 %	15 %	3 %
Optimering af bygningsautomation	3 %	3 %	12 %	9 %	12 %	9 %

8.2 Overskudsvarme/procesintegration

Overskudsvarme er en ganganger fra 2010-kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet.

8.2.1 Beskrivelse

Overskudsvarme er ifølge Energistyrelsens definition *"den varme, der er til rådighed, når de enkelte anlæg og processer i en virksomhed er optimeret så meget som muligt, hvad angår udnyttelse af spildvarme"*.

Heraf kan det konkluderes, at optimeret udnyttelse af spildvarme fra anlæg og processer er identisk med procesintegration.

Det er endvidere COWIs forståelse, at procesintegration er direkte energiudveksling mellem to processtrømme, hvor den ene har behov for at blive kølet og dermed kan afgive varme til den anden strøm, som har behov for at blive opvarmet.

Det vil sige, at udnyttelse af lavtemperaturspildvarme fra en proces ved hjælp af varmepumpeteknologi til at tilføre højtemperaturvarme til selvsamme proces eller en anden proces ikke anses for at være procesintegration. Her er der tale om udnyttelse af overskudsvarme.

Energisparepotentialet ved udnyttelse af overskudsvarme er så sent som i august 2013 grundigt afdækket i rapporten "Analyse af mulighederne for bedre udnyttelse af overskudsvarme fra industrien" udarbejdet af Viegand & Maagøe for Energistyrelsen (V&M(2013)).

Hovedkonklusionen i denne rapport er følgende:

- › Med simple tilbagebetalingstider på op til fire år er potentialet for udnyttelse af overskudsvarme 9 PJ/år, svarende til 8 % af erhvervslivets brændsels- og fjernvarmeforbrug (fraregnet råstofindvinding, raffinaderier og bygge- og anlægssektoren).
- › Af de 9 PJ/år kan 5 PJ/år anvendes internt til rumvarmeformål og opvarmning af varmt brugsvand, mens 4 PJ/år kan afsættes eksternt som fjernvarme.
- › Af det samlede potentiale vil 7 PJ/år skulle udnyttes via varmepumper.
- › Med simple tilbagebetalingstider på op til 10 år er potentialet for udnyttelse af overskudsvarme 25 PJ/år, hvoraf størsteparten kun kan udnyttes via varmepumper.

V&M (2013) gør opmærksom på, at ovennævnte besparelsepotentialer er baseret på rammevilkår for erhvervslivet gældende pr. 1. maj 2013.

Som udgangspunkt vil energisparepotentialet på dette område tage udgangspunkt i DEA & V&M(2010). Som i 2010-rapporten vil der dog blive set bort fra potentialet for ekstern afsætning af overskudsvarme som fjernvarme (rumvarme).

Dette teknologikatalog vil derfor fokusere på:

- › Med de nyeste kortlægningstal at se på udnyttelse af overskudsvarme til rumvarme – særligt inden for handel & service, der står for 71 % af varmeforbruget til rumvarme.

- › Vurdering af potentialet for intern udnyttelse af overskudsvarme til procesvarmeformål fra de tre største slutanvendelser "Anden procesvarme <150°C", "Opvarmning og kogning" og "Tørring".

8.2.2 Teknologiens anvendelse

Overskudsvarme ses i forhold til procesintegration og overskudsvarme.

Procesintegration

Procesintegration, der som oven for defineret er direkte energiudveksling mellem to processtrømme, finder primært anvendelse inden for energianvendelsesområderne inddampning, tørring, enhedsoperationer såsom pasteurisering, destillering og genvinding af røggasvarme til forvarmning af forbrændingsluft.

Anden procesintegration, hvor en varm strøm fra én proces udnyttes til opvarmning af en kold strøm i en anden proces, vurderes kun at finde sted i begrænset omfang, da fysiske afstande, forskellige medier og samtidighedsfaktorer i praksis gør det meget lidt attraktivt at implementere denne form for procesintegration.

For al procesintegration gælder, at energiudvekslingen sker ved hjælp af en varmeveksler, der opererer med en given temperaturdifference ΔT mellem den kolde og varme strøm.

For slutanvendelsen brænding/sintring sker der en speciel form for procesintegration, i og med at denne proces er tæt knyttet til den tørreproces, der ligger forud for brænding og sintring. Således udnyttes varmen fra brænding/sintring i stor stil direkte i den forudgående tørreproces ved at genbruge de varme røggasser fra brænding/sintring i tørreprocessen.

Overskudsvarme

Udnyttelse af overskudsvarme byder på en række forskellige muligheder, hvoraf de mest fremtrædende og anvendte er angivet nedenfor:

- › Tryklufanlæg: direkte udnyttelse af overskudsvarme fra oliesmurte skruekompressorer til fremstilling af varmt vand eller centralvarme.
- › Køleanlæg: direkte udnyttelse af overskudsvarme fra overhedningsfjernere, kondensatorer og smøreoliekøling til fremstilling af varmt brugsvand.
- › Kedler: direkte udnyttelse af overskudsvarme i røggassen ved hjælp af economizere til fremstilling af varmt vand eller centralvarme.
- › Tørreanlæg: indirekte udnyttelse af overskudsvarme i afkastluft fra tørreanlæg ved hjælp af varmepumpe til fremstilling af varmt vand eller centralvarme.
- › Køletårne: indirekte udnyttelse af overskudsvarme ved hjælp af varmepumpe til fremstilling af varmt vand eller centralvarme.
- › Processer 1: direkte udnyttelse af overskudsvarme til fremstilling af varmt brugsvand eller centralvarme.

- › Processer 2: indirekte udnyttelse af overskudsvarme ved hjælp af varmepumpe til fremstilling af varmt brugsvand eller centralvarme.

Særligt for processer og køleanlæg bemærkes det, at udnyttelse af overskudsvarme vil medføre en reduktion i kølebehov og dermed også føre til elbesparelser i køleanlæg og køletårnsanlæg.

8.2.3 Teknologiens udvikling

DEA & V&M(2010) indeholder en uddybende beskrivelse af teknologien i 2010 samt en kort beskrivelse af teknologiens udvikling.

Hverken i forhold til DEA & V&M(2010) eller V&M (2013) er der kommet ny og banebrydende teknologi, der har potentiale til at revolutionere brugen af procesintegration og udnyttelsen af overskudsvarme.

Energiudvekslingen sker som nævnt via varmevekslere, og inden for dette område sker der kontinuerligt en indsats for at optimere design og finde materialer med de rette egenskaber i forhold til eksempelvis korrosive medier, temperaturbestandighed m.m.

Det er dog ikke vurderingen, at den kontinuerlige indsats de seneste fem år har medført væsentlige ændringer i energisparepotentialet ved procesintegration og udnyttelse af overskudsvarme.

Den væsentligste udvikling er sket inden for varmepumper, hvor en modning af teknologien har betydet mere pålidelige varmepumper, anvendelse af flere forskellige kølemidler (NH₃, CO₂ og kulbrinter) og et generelt bredere udbud af varmepumpeleverandører. Typisk kan disse velafprøvede varmepumper levere varme ved temperaturer fra 55°C til 90°C ved brug af almindelige komponenter. Med specialkomponenter kan ammoniakanlæg levere varme ved 90-100°C.

Derudover sker der en udvikling inden for området hybridvarmepumper, der p.t. har potentiale til at levere varme ved temperaturer på op til 110°C. Af konkrete og officielt tilgængelige cases fremgår det, at hybridvarmepumper leverer varme ved 90°C.

8.2.4 Energiforbruget anvendt til teknologien

Det samlede energiforbrug anvendt til overskudsvarme/procesintegration er ikke opgjort særskilt i V&M(2015).

COWI har opstillet følgende liste over kilder til overskudsvarme:

- › Køleanlæg 1 (elforbrug til proceskøling og rumkøling)
- › Køleanlæg 2 (elforbrug til indfrysning og frostlagre)
- › Trykluftanlæg (elforbrug)
- › Kedeltab (brændselsforbrug til røggastab)
- › Hydraulik (elforbrug)

- › Gæringsprocesser (overskudsvarme fra sukkeromsætning)
- › Køl og affugtning af ventilationsluft ("solvarme")
- › Nedkøling af fersk kød, fisk, råmælk, grøntsager ("solvarme")
- › Indfrysning af fersk kød, fisk, råmælk, grøntsager ("solvarme")
- › Frysetørring ("solvarme")
- › Nedkøling af juice ("solvarme")
- › Tørreprocesser (varmeforbrug)
- › Inddampningsprocesser (el- og varmeforbrug)
- › Opvarmnings- og kogeprocesser (el- og varmeforbrug)
- › Brændings- og sintringsprocesser (varmeforbrug)*
- › It (elforbrug).

Med "solvarme" menes energi tilført fra naturen, eksempelvis energien i varm og fugtig ventilationsluft, der skal køles. Da naturens energi ultimativt er drevet af energi fra solen, er det valgt at kalde det "solvarme".

For at få et tal for den samlede mængde tilgængelige overskudsvarme er der gjort følgende antagelser om udnyttelsespotentiale:

Tabel 8-11 Udnyttelsespotentialer for tilgængelige overskudsvarmekilder

	Udnyttelses- grad [%]	Udnyttelsesgrad i forhold til forbrug [%]	Samlet ud- nyttelses- procent
Trykluft	70 %	50 %	35 %
Røggastab (kedel- og nettab)	90 %	50 %	45 %
Hydraulik	90 %	100 %	90 %
It	95 %	100 %	95 %
Opvarmning/kogning	100 %	100 %	100 %
Tørring	100 %	100 %	100 %
Inddampning	100 %	100 %	100 %
Brænding/sintring*	100 %	20 %	100 %
Anden procesvarme <150°C	100 %	50 %	50 %
Anden procesvarme >150°C	100 %	75 %	75 %
Rumkøling	90 %	100 %	90 %
Køl og frys	90 %	50 %	45 %

*80 % af brændselsenergien til brænding/sintring anvendes i roterovne eller tunnelovne, hvor røggasserne genbruges direkte i den forudgående tørreproces; derfor vurderes det, at det reelt kun er 20 % af brændselsenergien, der bliver til overskudsvarme.

For køleanlæg til rumkøling er det COWIs vurdering, at anlæggets gennemsnitlige COP-faktor er på 4, hvilket betyder, at mængden af overskudsvarme fra rumkøling kan anslås til fem gange elforbruget til rumkøling.

For køleanlæg til proceskøl og frys er det COWIs vurdering, at anlæggets gennemsnitlige COP-faktor er på 2,5, hvilket betyder, at mængden af overskudsvarme fra proceskøl og frys anslås til 3,5 gange elforbruget til proceskøl og frys.

Med ovenstående forudsætninger kan den samlede mængde tilgængelig overskudsvarme opgøres til ca. 74 PJ/år.

8.2.5 Energisparepotentialer: 2015-cases

For overskudsvarme/procesintegration er der valgt tre cases. Det er vurderet, at det største besparelspotentiale til overskudsvarme udnyttes ved hjælp af varmepumpeteknologi. Dette forhold er en logisk konsekvens af mange års fokus på at udnytte de mest attraktive overskudsvarmekilder i form af højtemperaturkilder, der kan udnyttes direkte ved procesintegration eller til fremstilling af rumvarme. Hermed ikke sagt, at alle muligheder for direkte udnyttelse af overskudsvarme er udtømte, men som også V&M(2013) anfører, ligger det store energisparepotentiale i anvendelse af varmepumpeteknologi.

De to cases, som vil blive gennemgået, beskæftiger sig med varmepumpeteknologien og den sidste inden for ventilation.

Casebeskrivelse 1: Varmepumpe på proceskøl / lavtemperatur-overskudsvarme til fremstilling af procesvarme

Cronborg Aps har en række referencer på varmepumpeprojekter på deres hjemmeside¹⁵, som viser, at varmepumper er en attraktiv løsning til genvinding af overskudsvarme til rumvarme og procesvarme.

På virksomhedens hjemmeside, under referencer, findes en case fra Esbjerg Mejeri, hvor spildvarmen fra processen udnyttes til rumvarme, varmt brugsvand og procesvarme.

Den årlige energibesparelse er 940.000 kW og tilbagebetalingstiden er to år. Investeringsomkostning ca. 1,6 kr./kWh.

Casebeskrivelse 2: Udnyttelse af overskudsvarme vha. varmepumpe

Casen omhandler udnyttelse af overskudsvarme i kølevand til fremstilling af procesvarme 75-80°C ved hjælp af en tottrins ammoniakvarmepumpe under samtidig fremstilling af proceskøl ved to temperaturniveauer, henholdsvis 10°C og 20°C.

- › Temperatursæt kølevandsstrømme: 15°C/10°C og 30°C/20°C
- › Temperatursæt procesvarme: 40°C/75-80°C

¹⁵ www.cronborg.dk

- › $COP_{VARME} = 4,5$.

Investeringsomkostningen er estimeret til ca. 1,0 kr. pr. kWh varme produceret. Som supplement hertil kommer en kølebesparelse, der medfører reduceret elforbrug på køletårne, reduceret kemikalieforbrug og reduceret vandforbrug.

Casen stammer fra et overskudsvarmeprojekt, COWI arbejder med.

Casebeskrivelse 3: Ventilationsanlæg med varmegenvinding på staldventilation

I landbrugets husdyrproduktion viser der sig et varmegenvindingspotentiale inden for udskiftning af staldluften, som i princippet er gammelkendt teknologi inden for varmegenvinding på ventilation. Da potentialet er vurderet til at være stort, og genvindingsteknologien er forholdsvis kosteffektiv, er der medtaget en case omhandlende varmegenvinding i ventilation af kyllingehuse.

Casen omhandler udnyttelse af overskudsvarme i afkastluft fra kyllingehuse til forvarmning af friskluft ved installation af ventilationsanlæg med varmegenvinding på staldventilation (procesvarme).

Casen er baseret på data fra rapporten "Klimavenlige tiltag i slagtekyllingeproduktionen og den økologiske konsumægsproduktion" udarbejdet af Videncenteret for Landbrug i 2013.

Rapporten gengiver to eksempler fra to forskellige leverandører, der i sammenligning med en referencestald sparer ca. 80 % af varmeforbruget ved installation af ventilationsanlæg med varmegenvinding.

Årlig besparelse 430.000-450.000 kWh pr. stald med en produktion på 250.000-300.000 kyllinger pr. år.

Investeringsomkostning er estimeret til 0,8-1,0 kr. pr. kWh varme sparet.

8.2.6 Energisparepotentialer: 2015-vurdering

For at udnytte overskudsvarmen skal der være mulighed for at afsætte varmen inden for den enkelte virksomhed. I dette teknologikatalog ses ikke på mulighederne for at afsætte overskudsvarmen eksternt som fjernvarme. Fokus vil derfor være på afsætning af overskudsvarmen som rumvarme og sekundært som procesvarme.

For at kunne kvantificere besparelspotentialet for anvendelse af overskudsvarme til rumvarme og overskudsvarme til procesvarme har COWI foretaget følgende detaljerede gennemgang af kortlægningsdata:

- › For energianvendelsesområdet "rumvarme" er der foretaget en detaljeret sammenligning af rumvarmeforbrug og tilgængelig overskudsvarme på brancheniveau med henblik på at afdække potentialet for at afsætte overskudsvarme direkte eller via varmepumpe til rumvarme.

- › For de tre største energianvendelser på procesniveau "Opvarmning og kogning" (14,8 PJ), "Tørring" (13,2 PJ) og "Anden procesvarme T <150°C" (11,1 PJ) er der foretaget en analyse på brancheniveau af potentialet for at afsætte overskudsvarme fra proces til proces.

Nedenfor gennemgås besparelspotentialet inden for ovenstående områder.

1. Rumvarme

Dette afsnit redegør kort for besparelspotentialet i forbindelse med udnyttelse af overskudsvarme til rumvarme. Ved udnyttelse af overskudsvarme til rumvarme er besparelspotentialet vurderet ved at matche tilgængelig overskudsvarme i vinterhalvåret (oktober-marts) med forbruget af rumvarme.

Kilden til bestemmelse af tilgængelig overskudsvarme i vinterhalvåret er identisk med alle overskudsvarmekilder med undtagelse af rumkøling, dog inkl. rumkøling fra brancher, hvor rumkøling for en stor dels vedkommende hidrører fra serverkøling – eksempelvis branchen information og kommunikation.

Rumkøling er undtaget, da overskudsvarme fra rumkøling vil være til stede i sommerhalvåret, hvor forbruget af rumvarme er minimalt.

Tabel 8-12 Energibesparelsemuligheder i forhold til rumvarme

	Tilgængelig overskudsvarme [PJ/år]	Rumvarme match [PJ/år]	Teknisk besparelspotentiale [PJ/år]
Handel og service (45-53)	5,2	5,2	2,0
Metalvareindustri (33-41+43)	1,8	1,3	0,8
Fødevareindustri (7-14)	8,7	1,4	1,1
Kemisk industri (21,23-24,26-27)	1,6	0,8	0,5
Andet erhverv (15-17,20,42,44)	0,6	0,6	0,3
Øvrig industri (18-19,22,25,28-32)	11,5	1,1	1,0
Landbrug, skovbrug og fiskeri (1-5)	0,2	0,0	0
Total	29,5	10,4	5,7

Det vurderes, at ovenstående tekniske potentiale på 5,7 PJ/år er realiserbart inden for en 10-årig horisont.

Ud over ovenstående vurderes der, jf. afsnittet rumvarme, at være et potentiale ved varmegenvinding på ventilationsanlæg i størrelsesordenen 3,5 PJ/år.

2. Anden procesvarme $T < 150^{\circ}\text{C}$

Dette afsnit giver en kort redegørelse for potentialet for at udnytte overskudsvarme fra de 12,0 PJ, der anvendes til "anden procesvarme $T < 150^{\circ}\text{C}$ " til andre formål end rumvarme.

Landbrug og gartneri

Segmentet 'landbrug og gartneri' står for 9,9 PJ/år svarende til 83 % af det samlede varmekonsum for slutanvendelsen "anden procesvarme $T < 150^{\circ}\text{C}$ " og dermed langt størsteparten af varmekonsumet.

Gartnerier står for 3,6 PJ/år (36 %), som medgår til opvarmning af væksthuse, dvs. til at imødegå varmetab gennem væksthuses klimaskærm. På dette forbrug kan der ikke genvindes varme.

Landbrug står for 6,3 PJ/år (64%), heraf 0,7 MW elvarme og varmepumper, som medgår til staldkonditionering i svinebedrifter og kyllingehuse samt opvarmning af vand til rensning af mælkeanlæg og temperering af drikkevand til kvæg.

På basis af nøgletal for kyllingeproduktion vurderes det, at varmekonsumet i kyllingehuse udgør 1 PJ/år. For de resterende 4,6 PJ/år vurderes det, at hovedparten medgår til opvarmning af svinestalde (smågrise- og farestalde), heraf skønnet 1 PJ/år til ventilation.

Samlet set skønnes det, at 2 PJ/år medgår til ventilation af stalde, hvorfor der er et potentiale for at genvinde varme fra varm og fugtig afkastluft til forvarmning af den tilførte friskluft.

For kyllingehuse findes der gennemprøvede ventilationsanlæg med varmegenvinding, der kan reducere varmekonsumet til staldkonditionering med 70-80 %. Igennem de seneste år er installeret mange ventilationsanlæg med varmegenvinding i kyllingehuse med tilskud fra energispareindsatsen.

På den baggrund vurderes det, at af de 2 PJ/år medgår de 20 % til stalde, hvor der er etableret varmegenvinding. Det vil sige, at der forbruges i størrelsesordenen 1,6 PJ på staldventilation uden varmegenvinding.

Det vurderes således, at der ved varmegenvinding på staldventilation er et teknisk besparelspotentiale på ca. 1 PJ/år.

I landbruget er der yderligere 1,7 PJ, som stammer fra kedeltab. Udnyttelse af overskudsvarmen fra kedlerne vil typisk ske med en economiser. Da 55 % af overskudsvarmen fra kedeltab stammer fra halmkedler, 36 % fra fyringsgasolie og 5 % fra kulkedler er det ikke oplagt at installere economisere på disse kedler.

Øvrige erhverv

For de øvrige erhverv udgør varmekonsumet til "anden procesvarme $T < 150^{\circ}\text{C}$ " samlet set 2,1 PJ, hvoraf 1,1 PJ anvendes i segmentet 'Cement, beton og asfalt' og 0,7 PJ i segmentet 'handel og service'.

De 1,1 PJ/år i segmentet 'cement, beton og asfalt' medgår til strålevarmetab fra roterovnene hos Aalborg Portland.

De 0,7 PJ i segmentet "handel og service" forbruges i restauranter og forventes ikke at kunne reduceres ved anvendelse af overskudsvarme.

Tabel 8-13 Udnyttelse af overskudsvarme inden for Anden procesvarme $T < 150^{\circ}\text{C}$

	Varmeforbrug [PJ/år]	Teknisk besparelspotentiale [PJ/år]
Landbrug	6,3	1,0
Total	6,3	1,0

Det vurderes, at ovenstående tekniske potentiale på 1,0 PJ/år er realiserbart inden for en 10-årig horisont.

3. Opvarmning og kogning

Dette afsnit giver en kort redegørelse for potentialet for at udnytte overskudsvarme fra de 16,2 PJ, der anvendes til 'opvarmning og kogning' til andre formål end rumvarme.

Fødevareindustri

Varmeforbruget til opvarmning og kogning i segmentet 'fødevareindustri' udgør 6,4 PJ eller ca. 40 % af forbruget. Ved gennemgang af segmentets varmekonsum i kortlægningsrapporten vurderes det, at halvdelen af dette forbrug kan forsynes med overskudsvarmen ved $70-90^{\circ}\text{C}$.

Med 18 PJ tilgængelig overskudsvarme vurderes det, at der primært ved anvendelse af varmepumpeteknologi kan udnyttes overskudsvarme i størrelsesordenen 3 PJ.

Cement, beton og asfalt

Varmeforbruget til opvarmning og kogning i segmentet 'cement, beton og asfalt' udgør 5,1 PJ eller ca. 31 % af forbruget. 3,8 PJ anvendes i cementindustrien og 1,3 PJ anvendes i asfaltindustrien.

Efter en gennemgang af segmentets varmekonsum i kortlægningsrapporten vurderes det, at anvendelse af overskudsvarmen kun vil kunne ske i begrænset omfang til opvarmning og kogning i dette segment.

På trods af 13,1 PJ tilgængelig overskudsvarme vurderes det ikke, at der kan udnyttes mere end maksimalt 0,5 PJ.

Biotek og farma

Varmeforbruget til opvarmning og kogning i segmentet 'biotek og farma' udgør 1,1 PJ eller ca. 7 % af forbruget.

Efter en gennemgang af segmentets varmemeforbrug i kortlægningsrapporten vurderes det, at anvendelse af overskudsvarmen, primært ved brug af varmepumpeteknologi, vil kunne dække op mod 50 % af varmemeforbruget til opvarmning og kogning i dette segment. Det vil sige op mod 0,5 PJ.

Kemisk industri

Varmeforbruget til opvarmning og kogning i segmentet 'kemi' udgør 1,0 PJ eller ca. 6 % af forbruget.

En gennemgang af segmentets varmemeforbrug i kortlægningsrapporten viser, at størstedelen af varmemeforbruget til opvarmning og kogning kræver damp eller en varmekilde, der er mere end 100°C varm. Det vurderes derfor, at der med nuværende varmepumpeteknologi ikke er de store muligheder for at udnytte overskudsvarme.

Øvrige erhverv

Varmeforbruget til opvarmning og kogning i øvrige segmenter udgør 2,6 PJ – heraf landbrug 0,8 PJ og handel og service 0,7 PJ. For landbrug er de 0,8 PJ stort set udelukkende baseret på el. Da kortlægningsrapporten ikke anfører, hvad energiforbruget til opvarmning og kogning anvendes til i landbruget, skønnes det, at der er tale om højtemperaturprocesser drevet af el, som ikke umiddelbart kan udnytte overskudsvarme.

En gennemgang af handel og services varmemeforbrug i kortlægningsrapporten viser, at anvendelse af overskudsvarmen kun i begrænset omfang kan udnyttes til opvarmning og kogning.

For de resterende øvrige erhverv med et varmemeforbrug på 1,1 PJ til opvarmning og kogning vurderes det ligeledes, at anvendelse af overskudsvarmen kun i begrænset omfang kan udnyttes til opvarmning og kogning.

Samlet set vurderes øvrige erhverv at have et udnyttelsespotentiale på maksimum 0,2 PJ, der skal udnyttes ved hjælp af varmepumpeteknologi.

Tabel 8-14 Udnyttelse af overskudsvarme inden for opvarmning og kogning

	Varmeforbrug [PJ/år]	Teknisk besparelspotentiale [PJ/år]
Fødevarerindustri (7-14)	6,4	3,0
Cement, beton, asfalt (28-32)	5,1	<0,5
Biotek og farma (22,25)	1,1	<0,5
Kemisk industri (21,23-24,26-27)	1,0	0
Øvrige erhverv	2,6	<0,2
Total	16,2	4,0

Det vurderes, at ovenstående tekniske potentiale på 4 PJ/år er realiserbart inden for en 10-årig horisont.

4. Tørring

Dette afsnit giver en kort redegørelse for potentialet for at udnytte overskudsvarme fra de 13,6 PJ, der anvendes til 'tørring' til andre formål end rumvarme.

Fødevarerindustri

For slutanvendelsen 'tørring' udgør segmentet 'fødevarerindustri' 4,6 PJ af totalt set 13,6 PJ, det vil sige 34 %.

En gennemgang af segmentets varmekonsum til tørring i kortlægningsrapporten viser, at overskudsvarmen fra tørreprocesser typisk er lavtemperaturvarme, hvor varmebehovet typisk er ved høje temperaturer. Dog er fødevarerindustrien karakteriseret ved at have en række opvarmningsprocesser, hvortil overskudsvarme fra tørreprocesser muligvis kan udnyttes.

Der er en række udviklingstiltag i gang om anvendelse af hybridvarmepumper i bl.a. mejeriindustrien, hvor varmepumpen kan dække dele af opvarmningsbehovet i tørreprocessen.

Det vurderes, at der er et teknisk potentiale for udnyttelse af varmepumper i størrelsesordenen 0,5-1,0 PJ.

Træ- og papirindustri

For slutanvendelsen 'tørring' udgør segmentet 'træ og papirindustri' 3,4 PJ af totalt set 13,6 PJ, det vil sige 25 %.

En gennemgang af segmentets varmekonsum til tørring i kortlægningsrapporten viser, at overskudsvarmen fra tørreprocesser typisk er lavtemperaturvarme, hvor varmebehovet typisk er ved høje temperaturer.

Da tørreprocesser er langt den største varmemeforbruger i træ- og papirindustrien, er der ikke mange andre processer, hvor overskudsvarme fra tørreprocesserne kan afsættes, heller ikke via varmepumper.

Det vurderes derfor, at der kun er et begrænset teknisk potentiale for udnyttelse af overskudsvarme fra tørreprocesser via varmepumper i denne industri, i størrelsesordenen 10-15 % eller ca. 0,4 PJ.

Cement, beton og asfalt

For slutanvendelsen 'tørring' udgør segmentet 'cement, beton og asfalt' 2,7 PJ af totalt set 13,6 PJ, det vil sige 20 %.

En gennemgang af segmentets varmemeforbrug til tørring i kortlægningsrapporten viser, at overskudsvarmen fra tørreprocesser typisk er lavtemperaturvarme, hvor varmebehovet typisk er ved høj temperatur.

Da de øvrige processer i dette segment primært kræver meget høje temperaturniveauer, kan overskudsvarme fra tørreprocesserne kun afsættes i meget begrænset omfang og primært via varmepumpe, i størrelsesordenen 5-10 % eller ca. <0,2 PJ.

Tabel 8-15 Udnyttelse af overskudsvarme inden for tørring

	Varmemeforbrug [PJ/år]	Teknisk besparelspotentiale [PJ/år]
Fødevareindustri (7-14)	4,6	0,5-1,0
Træ- og papirindustri (18-19)	3,4	0,4
Cement, beton, asfalt (28-32)	2,7	<0,2
Total	10,7	1,0-1,5

Det vurderes, at ovenstående tekniske potentiale på 1,0-1,5 PJ/år er realiserbart inden for en 10-årig horisont.

Samlet energibesparepotentiale

Nedenfor opsummeres energisparepotentialet for intern udnyttelse af overskudsvarme i nedenstående tabel:

Tabel 8-16 Energibesparelsesmuligheder

	Teknisk potentiale [PJ/år]	Energiforbrug [PJ]	Besparelsespotentiale [%]
Rumvarme	5,7	34,6	16 %
Anden procesvarme T <150°C	1	12,0	8 %
Opvarmning og kogning	4	16,2	25 %
Tørring	1,0-1,5	13,6	9 %
Total	12,0	76,4	16 %

Det vurderes, at ovenstående energisparepotentiale er realiserbart inden for en 10-årig horisont.

DEA & V&M(2010) indeholder også et energisparepotentiale på adfærd under overskudsvarme og procesintegration opgjort til 1 % af det samlede brændsels- og fjernvarmeforbrug i erhvervslivet, svarende til ca. 1,5 PJ/år. Adfærd er ikke undersøgt nærmere i nærværende rapport, men det er COWIs vurdering, at det ikke er på niveau med 2010, men betydeligt lavere end de 1,5 PJ/år vurderet dengang. Det er COWIs vurdering, at forbedret adfærd kun har et energisparepotentiale i størrelsesordenen 0,5 % af erhvervslivets brændsels- og fjernvarmeforbrug, dvs. 0,5 % af 141 PJ/år.

I nedenstående tabel gives en kvalitativ revurdering af DEA & V&M(2010).

Tabel 8-17 Revurdering af energisparepotentiale med 10 års tilbagebetalingstid

Energisparemulighed	Potentiale	Begrundelse
Rumvarmeindustri (7-45)	Mere end halveret	Behovet for rumvarme i industrien og muligheden for at matche rumvarme med overskudsvarme medfører mere end en halvering af potentialet.
Rumvarme handel & service (46-57)	Forøget	Potentialet i handel & service er let forøget.
Procesintegration og anden udnyttelse af overskudsvarme	Fordoblet	Primært grundet muligheder for anvendelse af varmepumper
Adfærd	Halveret	COWIs skøn, jf. ovenstående

Der er lavet en opsummering af energisparepotentialerne, jf. Tabel 8-17. For at kunne beregne det samlede energisparepotentiale, er både besparelsespotentialet og anvendelsespotentialet lagt ind i regneværktøjet. Besparelsespotentialet i 2015-revurderingen er ganget på energiforbruget for overskudsvarme, som er på 74 PJ.

Tabel 8-18 Energisparepotentialer revurderet i forhold til 2010

Energisparemulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelser- potentiale	Anvendelses- potentiale	Besparelser- potentiale	Anvendelses- potentiale	Besparelser- potentiale	Anvendelses- potentiale
Rumvarme industri	5	50	15	50	50	50
Rumvarme handel & service	0	30	7	30	30	30
Procesintegration og anden udnyttelse af overskudsvarme	2	82	4	82	10	82
Adfærd	0,5	100	0,5	100	0,5	100

Note: I modellen er anvendelsespotentialet justeret for energianvendelse til henholdsvis rumvarme og opvarmning af det samlede energiforbrug. Af industriens energiforbrug går 40 % til rumvarme og 60 % til opvarmning. Af energiforbruget i handel og service går 92 % til rumvarme og 8 % til opvarmning.

8.3 Elmotorer/transmission

Elmotorer/transmission er en genganger fra 2010-kortlægningen af energisparepotentialer i erhvervslivet.

8.3.1 Teknologiens anvendelse

Elmotorer anvendes til forskellige formål i industrien. De indgår i mange forskellige maskiner som pumper, ventilatorer, hydraulik, kompressorer, køleanlæg, transportbånd m.m. Elmotoren omsætter elektrisk energi til mekanisk energi, hvor der i de fleste tilfælde indgår en form for gearing eller transmission til udførelse af en arbejdsproces. Transmission har ligeledes til formål at hastigheds- eller momentregulere for optimal udnyttelse af elmotorens effekt. Nyere elmotorer, som har behov for regulering af last, mængde eller tryk, overgår mere fra mekanisk gear til elektronisk styring som frekvensomformer.

Der findes en række forskellige typer af elmotorer, hvoraf de mest fremtrædende og anvendte er angivet i nedenstående tabel:

Tabel 8-19 Mest fremtrædende typer og teknologier af elmotorer

Kategori	Teknologi	Brancher
Elmotorer	Asynkronmotor	Alle brancher
Transmissioner	Snekkegear	Alle brancher
	Keglegear	
	Planetgear	
	Remtræk	

8.3.2 Teknologiens udvikling

Kortlægningen af energibesparelspotentialer i erhvervslivet (2010) indeholder en uddybende beskrivelse af teknologien i 2010 samt en kort beskrivelse af nye og kommende teknologier. Kortlægningen indeholder desuden en beskrivelse af energibesparelsemuligheder inden for elmotorer og transmission. Følgende energibesparelsemuligheder blev fremhævet i 2010-rapporten:

- › Mere energieffektive motorer
 - › Gennemsnitsmotorens virkningsgrad i 1995 er ifølge DEA & V&M(2010) rapporten, tabel 15.1, på 88 %. Hvis alle elmotorer i erhvervslivet (fra 1 til 1000 kW) med de i DEA & V&M(2010) angivne virkningsgrader (tabel 15.3) blev udskiftet til motorer, som opfylder kravene til klasse IE3, der er den nye internationale standard for energikrav til elmotorer, vil energitabene være op til 28 % mindre end vurderet i DEA & V&M(2010), tabel 15.3.
- › Mindre motorer
 - › Ekspertter har konkluderet, at mange motorer er lavt belastet i normal drift for at opnå tilstrækkelig højt startmoment, eller fordi belastningen er ble-

vet reduceret med tiden. Overdimensionering ligger også til grund for tab af effektivitet, fordi ydelsen falder meget ved lave belastninger, der er under 30 % af mærkeeffekten. Hvis problemet er et højt startmoment, kan det være nødvendigt at vælge en motor af mindre størrelse, som er forsynet med stjerne-/trekantstart, frekvensomformer eller softstarter.

› **Motorstyringer**

- › Ved montering af frekvensomformere til hastighedsregulering kan der være en forholdsvis stor energibesparelse for meget lavt belastede elmotorer. Det blev konkluderet, at besparelsen dog er størst, hvis belastningen er under 30 % af mærkeeffekten, og at der her vil kunne spares omkring 0,5 til 3 % af selve motorens mærkeeffekt.

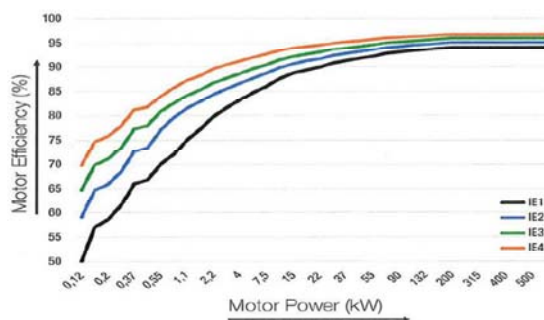
Udviklingen inden for elmotorer er omtrent på samme niveau som i DEA & V&M(2010). Det er primært krav fra EU til kvalificering af elmotorer, som har betydning for udviklingen af elmotorerne, da det tvinger industrien til at investere i mere energieffektive motorer ved udskiftning. Siden starten af 1990'erne er kravene til energieffektiviteten i elmotorer steget gradvist. I 2008 blev der indført en international standard IEC 60034-30:2008, som introducerede de nye energieffektivitetsklasser kaldet IE1 (standard efficiency), IE2 (high efficiency) og IE3 (premium efficiency). IE står for international efficiency. Disse indebar en stramning af kravene, da IE2 svarer til EFF1 fra den gamle klassificering, og IE3 har en højere effektivitet end EFF1.

Der har siden juni 2011 været krav til energiklasse IE2 på motorer fra 0,75 til 375 kW, og fra januar 2015 har motorer fra 7,5 til 375 kW skullet være mindst IE3. Dog skal motorer med en mærkeeffekt under 7,5 kW først være IE3-mærkede efter januar 2017. En undtagelse fra reglen om IE3-klassificering gælder for motorer, som styres ved hjælp af en hastighedsregulering i form af en frekvensomformer. Her er kravet stadig IE2 (også efter 2017), da man anser frekvensomformere for at være energibesparende og drifts optimerende.

I marts 2014 blev den Internationale Elektrotekniske Kommissions standard IEC 60034-30-1:2014 lanceret. Denne indeholder krav til IE4-kvalificering, men der er endnu ikke fastlagt en dato for ikrafttrædelsen. Nogle leverandører har allerede udviklet IE4- og IE5-kvalificerede motorer, som bliver styret sammen med frekvensomformere for optimal udnyttelse af motorens effekt.

Som det ses af figuren nedenfor, er energisparepotentialet størst ved de mindre motorer under 15 kW.

Figur 8-3 Energisparepotentiale



Source: IEC 60034-30-1

Som følge af de skærpede krav til energieffektivitet i elmotorer er producenterne begyndt at udvikle mere effektive elmotorer. Bl.a. har motorproducenten WEG som en af de første fået kvalificeret deres motor model "W22 permanent magnet synkronmotor" til effektivitets klasse "ekstra Premium" IE5. Denne motor styres sammen med en frekvensomformer model CFW11. Lavvoltmotorer i IE5 skal bruge omtrent 20 % mindre energi end motorer i effektivitetsklasse IE4.

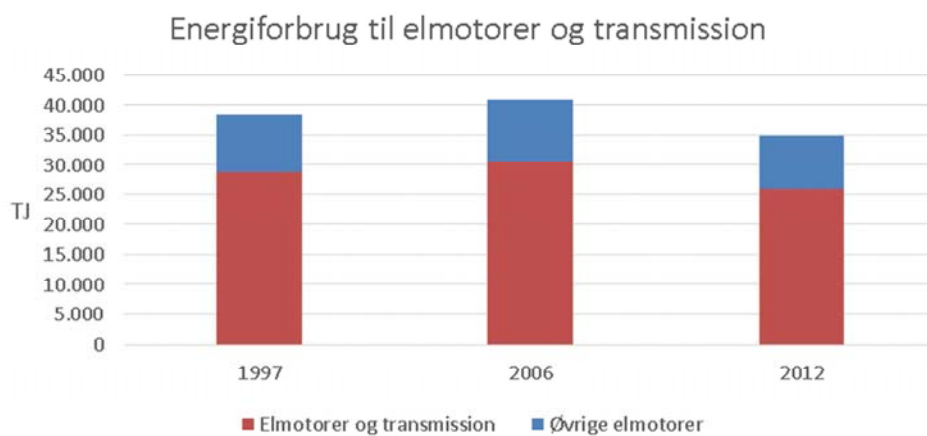
Den nye permanent magnet synkronmotor er en AC (vekselstrøm) synkronmotor. Selve frekvensomformeren opererer ved hjælp af speciel software til open-loop hastighedskontrol af PMSM-motorer (Permanent Magnet Synkron Motor). Det, som gør den speciel, er selve softwaren, fordi den er baseret på en drevstrategi, som er designet for at tilpasse moment og effekt for optimal drift.

8.3.3 Energiforbrug anvendt til teknologien

Det samlede energiforbrug anvendt til elmotorer og transmission i erhvervslivet i 2012 er opgjort til 34,8 PJ, hvilket svarer til 17,5 % af det samlede energiforbrug i erhvervslivet og svarende til 61,9 % af erhvervslivets samlede elforbrug.

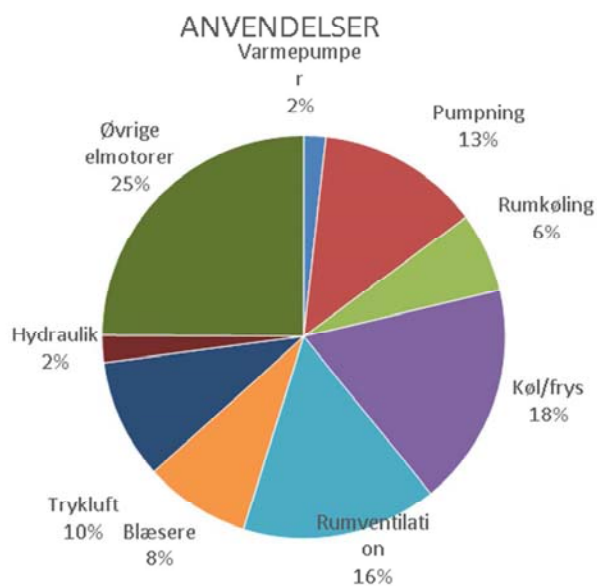
Udviklingen i energiforbruget til elmotorer siden 1997 er gengivet i nedenstående figur. I forhold til den forrige kortlægning af energiforbruget i erhvervslivet udført i 2008 over 2006-data er energiforbruget til elmotorer og transmission i 2012 faldet med 15 %.

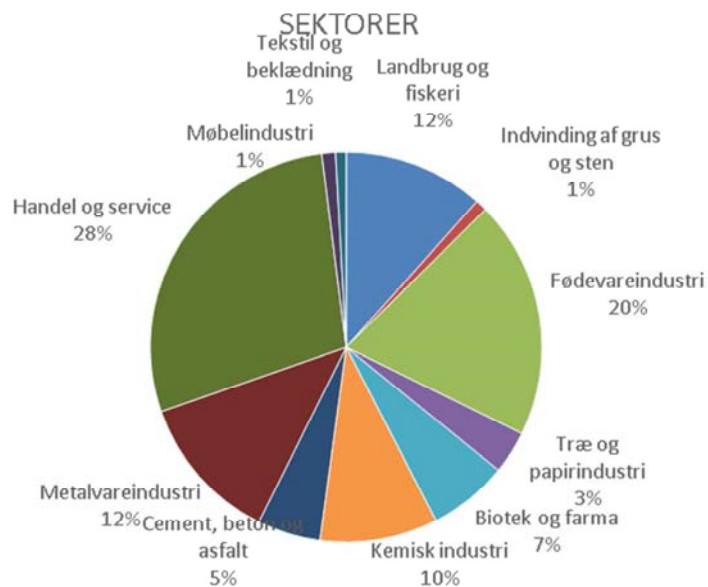
Figur 8-4 Energiforbrug til elmotorer og transmission



Fordelt på brancher ser energiforbruget til elmotorer og transmission i 2012 ud som angivet i nedenstående figurer.

Figur 8-5 Energiforbrug til elmotorer og transmission fordelt på sektorer

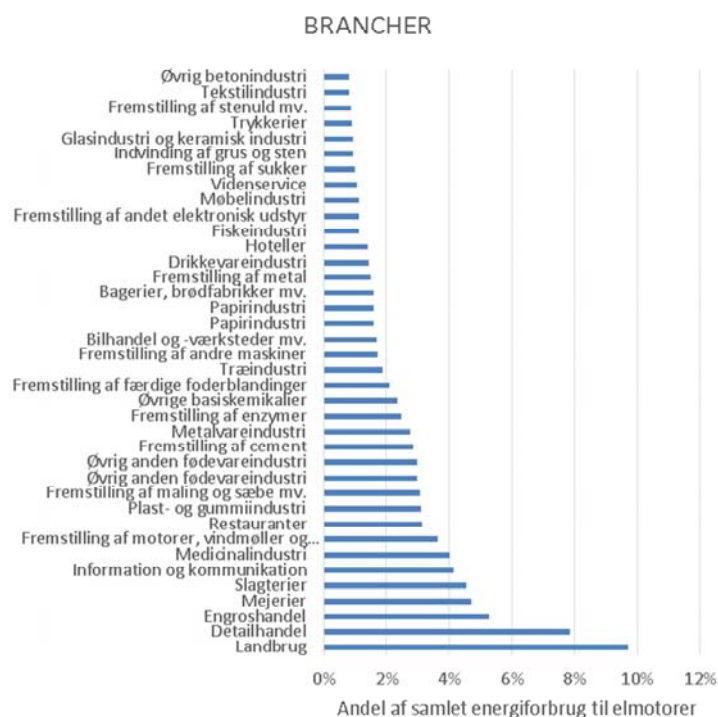




Energianvendelsen til elmotorer og transmission domineres primært af to brancherområder: fødevarerindustrien og handel og service. Tilsammen udgør disse sektorer knap halvdelen af det samlede energiforbrug til elmotorer og transmission i erhvervslivet.

Elforbrug til køling og ventilation udgør omkring halvdelen af det samlede energiforbrug til elmotorer og transmission.

Figur 8-6 Energiforbrug til elmotorer og transmission fordelt på brancher



På brancheniveau er der ikke nogen udtalt dominans, idet energiforbruget til elmotorer og transmission udgøres af en lang række anvendelser. Dog er landbruget og detailhandlen store enkeltforbrugere af energi til elmotorer.

8.3.4 Energibesparelser: 2015- cases

Efter kontakt til leverandører og eksperter er der beskrevet cases, der viser et besparelses- og anvendelsespotentiale for den valgte teknologi. Det skal bemærkes, at der er bedst økonomi i direkte udskiftning af større motorer ved mærkeeffekter på 75 kW og op efter, da mindre motorer under 30 kW skal tænkes ind ved planlægning af nye anlæg, medmindre der er tale om gammeldags motorteknologi.

Eftersom at potentialet stadig er stort i industrien, har COWI valgt at tage udgangspunkt i cases, som allerede findes på markedet for at sætte fokus på området. Casene er valgt, så de dækker forholdsvis bredt inden for forskellige brancher. Der er mange faktorer, som spiller ind i, hvorfor det vurderede besparelspotentiale er forbundet med en vis usikkerhed.

Casebeskrivelse 1: Udskiftning af ældre 8-polet motor til ny permanent magnetmotor med styring.

Horsens Vand arbejder målrettet på at sænke energiforbruget, og i den forbindelse var udskiftning af spildevandspumper et af de tiltag, der blev udført. Udviklingen inden for elmotorer med frekvensregulering er steget de sidste par år, og det har betydet større muligheder for motorer, der skal hastighedsreguleres.

Hastighedsregulering af motorer kan typisk anvendes inden for rensningsanlæg, fødevarerindustri, landbrug m.m., hvor belastningsgraden og hastigheden kan variere, og derfor kan en frekvensomformer sammen med en PMSM-motor (permanent magnet synkron motor) benyttes i stedet for transmission som gear til hastighedsregulering.

Hele udskiftningen blev tænkt ind i en samlet løsning, hvor pumpehuset, motorer og styringen blev udskiftet. De ældre 8-polede motorer er blevet udskiftet til nyere, permanent magnetmotorer af typen LSRPM (Leroy-Somer permanent magnet motor) på 75 kW og 750 omdr./min. De nye motorer bliver drevet sammen med Leroy-somer Powerdrive frekvensomformere og sammen kommer de til at hastighedsregulere flowet af spildevand.

Kombinationen af disse to er beregnet til at øge DOL (direct online) virkningsgraden fra 85,8 % til 93,6 % og samtidig give et besparellespotentiale på omkring 9 % om året pr. motor.

Eksempler på grundbetingelser for at vælge en permanent magnetmotor:

- › Krav om hastighedsregulering
- › Mange driftstimer
- › Behov for modernisering af eksisterende anlæg.

Tabel 8-20 Case 1: Udskiftning af motorer

Brancher	Energi forbrug PJ	E Besparellespotentiale	A Anvendelsespotentiale	I Investeringsomkostning	D Ændret D%V
Alle brancher, undtagen Branchekode 3+4+15+17+21+29 -31+35+37+45+49-57	34,31	5-15 %	5-15 %	2-4 kr./kWh	

Casebeskrivelse 2: Udskiftning af ældre EFF2-kvalificeret motor til IE3-asynkronmotor.

Potentialet er ifølge eksperter stadig stort ved udskiftning af ældre EFF2-kvalificerede motorer til de nye IE3-kvalificerede motorer, eftersom det pr. 1. januar 2015 blev obligatorisk for virksomheder at udskifte defekte elmotorer med et effektivt tag mellem 7,5 og 375 kW til nye kvalificerede IE3 motorer (dog kan IE2 motorer med frekvensomformer undlades).

Følgende case handler om besparellespotentialet ved 1:1-udskiftning af en ældre kapselblæsemotor, der har etableret en motormodel VEM K21R 200 I4, som er effektivitetsklasse EFF2, til en nyere IE3-model LSES 200 LU. Der er primært tale om defekte, ældre elmotorer, som optimeres til nye energieffektive motorer, da omkostningerne til reparationer hurtigt kan stige.

Oplysninger om den gamle motor:

Nuværende EFF2-motor

Ny IE3-motor

- › Belastningsgrad 29 kW
- › Driftstimer 5600t/år
- › Virkningsgrad 0,91

Virkningsgrad 0,938

Besparelsen ved en udskiftning med ovenstående forbrugsdata er 5.327 kWh, som svarer til omkring 3 %. Det kan konkluderes, at der ikke er den store besparelse ved at foretage en direkte udskiftning, og at der er størst potentiale ved udskiftning af defekte og nedslidte elmotorer.

Tabel 8-21 Case 2: Udskiftning af motorer

Brancher	Energi forbrug PJ	E Bespares-potentiale	A Anvendelses-potentiale	I Investe-rings-omkostning	D Æn-dret D%V
Alle brancher, undtagen branchekode 3+4+15+17+45+51+52+ (54-57)	34,36	2-5 %	15-25 %	4,5-6,5 kr./kWh	

Casebeskrivelse 3: Udskiftning af gearmotor til tromlemotor

Der kan opnås forholdsvis store besparelser ved at udskifte gearmotorer til f.eks. tromlemotorer, som denne case handler om. Tromlemotorer er monteret direkte i et transportbånd og er indbygget i "rullerne" på båndet. Fordelen ved en tromlemotor kontra f.eks. snækkegear er blandt andet lav vedligeholdelse og mindre transmissi-onstab, i og med at gear ikke er nødvendigt.

Mange transportbånd har stadig monteret snækkegear, og især ved store udveks-lingsforhold er der store tab. Udvekslingsforhold betyder, at ved forholdet 1:53, le-verer motoren 53 omdrejninger, og ud af gearet leveres 1 omdrejning. F.eks. ved forhold 1:53 har snækkegearet typisk en virkningsgrad på mellem 55-63 %, ved forholdet 1:5 øges effektiviteten dog til omkring 91%-96 %. Snækkegear har lave virkningsgrader, fordi overførslen fra motorens aksel til gearet sker via friktion og dermed går store energimængder tabt. Derfor er der ved store udvekslingsforhold et besparelsepotentiale ved udskiftning.

Hos ArdaghGroup Holmegaard (Holmegaard Glasværk) har man udskiftet 15 æl-dre motorer med gear og remtræk til nye tromlemotorer på mellem 2,2 og 7,5 kW fra Rulmeca. De nye tromlemotorer kræver ingen vedligeholdelse i de første 5-10 år. Derefter skal der udføres et olieskift ved motoren. Samtidig vil støjniveauet blive reduceret med omkring 4-5 dB, som i det pågældende tilfælde er en halvering af

lydeffekten i forhold til de gamle motorer. Virkningsgraden for de nye motorer er helt oppe på omkring 95-97 %.

Det samlede energiforbrug til motorer blev reduceret med 92.816 kWh svarende til 38 %, hvilket er en betydeligt forbedring i forhold til det tidligere system.

Tabel 8-22 Case 3: Udsiftning af gearmotor til tromlemotor

Brancher	Energiforbrug PJ	E Besparel- ses- potentiale	A Anvendel- ses- potentiale	I Investe- rings- omkost- ning	D Ændret D%V
Alle brancher, undtagen branchekode 3+4+15+17+21+42+45+46+48+49+(51-57)	34,3	5-15%	20-30%	1-2 kr./kWh	

Opsummering af energisparepotentialer for cases.

De tre cases, som er udvalgt, er fordelt på brancher, som dækker 34,3 PJ af energiforbruget. Dette er ca. 98 % af det samlede energiforbrug for elmotorer og transmission. I regneværktøjet er data for de enkelte cases lagt ind, hvorefter det samlede energisparepotentiale kan beregnes. De udvalgte cases dækker ikke hele energisparepotentialet for energianvendelsesområdet, da dette vil skulle dækkes af en række helt specifikke energisparemuligheder, som ikke er omfattet af denne kortlægning. De udvalgte cases danner dog sammen med en generel vurdering fra adspurgte leverandører og eksperter grundlag for en revurdering af de gamle energisparepotentialer.

8.3.5 Energisparepotentialer: 2015-vurdering

Tabel 7-23 viser en revurdering af energibesparelspotentialerne fra DEA & V&M(2010). Denne vurdering er udarbejdet på baggrund af den viden, der er opnået i forbindelse med udarbejdelsen af cases. De cases, der er arbejdet med, er de nye teknologier, som rammer bredest. Disse giver et samlet besparelspotentiale på 2-15 %, hvor det gamle potentiale var vurderet til ca. 1-30 %.

COWI vurderer, at der ikke er sket nogen ændring i forhold til energisparepotentialerne på de øvrige områder.

Tabel 8-23 Revurdering af energisparepotentialerne fra DEA & V&M(2010)

Energisparemulighed	Potentiale	Begrundelse
Mindre og mere effektive motorer (inkl. PMSM)	Uændret	Der er stadig ifølge eksperter et forholdsvis stort potentiale i industrien for udskiftning til mere effektive motorer. Den nye lovgivning om IE3-motorer gælder dog kun ved udskiftning, og ældre motorer holder som regel mange år hvilket betyder, at potentialet er uændret.
Motorstyringer	Let reduceret	Markedet for opsætning af hastighedsregulering og softstartere har været stort. Derfor vurderes det, at potentialet er reduceret med 2 %. Frekvensomformere er blevet bedre og billigere i indkøb, og så leveres de som regel med integreret filter mod harmoniske strømme.
Mere effektive motorer	Uændret	Som følge af lovgivningen om energieffektivitet i elmotorer udvikles der hele tiden i bedre motorer. Industrien følger ikke så hurtigt med, og derfor vurderes potentialet til at være uændret.
Direkte drev	Let reduceret	Det vurderes, at potentialet er reduceret pga. øget fokus på området.
Udskift af snækkegear	Uændret	Udskiftning af snækkegear til fordel for keglegear eller anden geartype med forbedret virkningsgrad vurderes at have et potentiale på niveau med 2010-rapporten.
Bedre dimensionering af remtræk	Let reduceret	Det vurderes, at potentialet er let reduceret i forhold til 2010-rapporten. Da remtræk mere overgår til direkte drev
Vedligehold af elmotorer og transmission	Uændret	Selv om nyere elmotorer og styringer bliver mere vedligeholdelsesfri, og nyere gearmotorer har lange olieskiftsintervaller, er der stadig stort potentiale i industrien. Vedligeholdelse af især ældre gear og transmissioner er vigtigt, såsom udskiftning af olie i gearkasser, korrekt efterspænding af remme m.m.

Kilde: COWIs vurdering

Energisparepotentialerne er opsummeret i Tabel 7-24. For at kunne beregne det samlede energisparepotentiale er både besparelspotentialet og anvendelsespotentialet lagt ind i regneværktøjet. Potentialerne skal ses i forhold til samlede energiforbrug inden for elmotorer og transmissioner på 34,8 PJ.

Tabel 8-24 Energisparepotentialer revurderet i forhold til 2010, elmotorer

Energisparemulighed	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale
Mindre og mere effektive motorer (inkl. PMSM)			50 %	3 %	40 %	20 %
Mere effektive motorer					40 %	3 %
Meget mindre motorer					60 %	1 %
Udskiftning af jævnstrømsmotorer					50 %	1 %
Motorstyringer					5 %	3 %
Vedligehold	5 %	20 %	5 %	20 %	5 %	20 %

Tabel 8-25 Energisparepotentialer revurderet i forhold til 2010, transmissioner

-	2 års tilbagebetalingstid		4 års tilbagebetalingstid		10 års tilbagebetalingstid	
	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale	Besparelser-potentiale	Anvendelses-potentiale
Direkte drev					40	2 %
Udskift snekegear			75 %	3 %	75 %	8 %
Bedre dimensionering af remtræk	50 %	2 %	50	7 %	50	16 %
Energieffektive komponenter i remtræk	80 %	5 %	70 %	12 %	60 %	23 %
Vedligehold	10 %	50 %	10 %	50 %	10 %	50 %

Bilag A Referencer

A.1 Overordnede referencer (alle områder)

DEA & V&M(2010): Dansk Energi Analyse og Viegand & Maagøe, *Kortlægning af erhvervslivets energiforbrug*, Denmark

V&M (2015): Viegand & Maagøe, *Kortlægning af energiforbrug i virksomheder*, Denmark

V&M og EA (2015): Viegand & Maagøe og Ea Energianalyse, *Virksomheders erfaringer med energibesparelser*, Denmark (foreløbig udgave)

A.2 Referencer til energianvendelsesområder

A.2.1 Rumvarme

I Tabel Bilag A-1 er angivet de personer som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-1 Interviewpersoner for rumvarme

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
COWI	Egne erfaringer			

A.2.2 Arbejdskørsel

Nedenstående af en liste over relevante dokumenter:

- › Energistyrelsen: Kortlægning af energiforbrug i virksomheder. Januar 2015. Viegand Maagøe.
- › Danmarks Miljøundersøgelser: Energiforbrug og emissioner fra non-road maskiner i Danmark 1985-2020. Paper fra Trafikdage 2006.
- › Tværministeriel arbejdsgruppe: Virkemiddelkatalog. Potentialer og omkostninger for klimatiltag. August 2013

Endvidere er der indhentet oplysninger fra nedenstående hjemmesider:

www.statistikbanken.dk

http://www.lely.com/dk/grovfoder-teknik/skrivning/triplo-st/hvorfor-lely_5/knivbilen/splendimo-knivbilen-er-energibesparende

www.still.dk

www.gemini.no

www.selfa.no

A.2.3 Opvarmning/kogning

I Tabel Bilag A-2 er angivet de personer som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-2 Interviewpersoner for opvarmning/kogning

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
JIMCO	Jimmy K. Larsen	Sterilisering med ozon	x	
CDfoods	Jørn Erik Johannsen	Autoklave – intern varme-genvinding	x	
NCC	Bjarne Bo Jensen	Opvarmning – sænkning af produktionstemperatur	x	x
Sidel	Andrea Fofa	Pasteurisering – optimeret tunnel pasteurisator	x	
Tetra Park	Marting Gros	Pasteurisering – sænkning af pasteuriseringstemperatur i juicefremstilling	x	
Arla	Poul Erik Madsen	Varmepumpe til produktion af varmt vand til pasteurisering	x	x
Jensen Foods	Klaus Skouenborg	Varmepumpe til produktion af varmt rengøringsvand	x	

Nedenstående af en liste over relevante dokumenter:

Tetra Pak White paper – Juice pasteurization – can we do better?

NCC Green Asphalt – Beregning af CO₂-reduktion

Højtemperatur varmepumper til industriel køling. Elforsk-projekt nr. 342-078, 2013

A.2.4 Tørring

I Tabel Bilag A-3 er anført de personer, som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-3 Interviewpersoner for tørring

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
Netek A/S	Knud Rasmussen	Katalytisk Infrarød tørring	X	X
SE Big Blue	Knud Aage Iversen	Katalytisk Infrarød tørring	X	X
Drying Mate	Ebbe Nørgaard	Damptørring	X	
InsaTech	Heidi Herup	NIR	X	
TECH	Kim Andersen	NIR og online måling	X	
DWT	Kell Thomas	Højfrekvent bølgeenergi		X
Gea	Rikke A. Andersen	Spraytørring	X	X
Enerdry	Kasper Larsen	Damptørring	X	
WTT	Peter Klaas	Vakuamtørring	X	X
Teknologisk Institut	Marcin Andreasen	DryPack	X	

Nedenstående af en liste over relevante dokumenter:

Energistyrelsen 2003. Katalytisk infrarød tørring delrapport 1. Oversigt over teknik-
kens stade og anvendelser. Marts 2003. Carl Bro A/S.

Elforsk. PSU projekt 343-028. Udvikling og demonstration af "DryPack" – energi-
besparelser på industrielle tørreanlæg. Marts 2013. Teknologisk Institut, DTU MEK,
Lokal Energi, SE Big Blue og Enervision.

A.2.5 Belysning

I Tabel Bilag A-4 er anført de personer, som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-4 Interviewpersoner for belysning

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
Glamox	Anders Olsen	Armaturer og energibereg- ninger	X	X
ERCO	Lars Barthold Hansen	Armaturer og energibereg- ning	X	X
Fagerhult	Lars Flink	Energiberegning og lyskilder	X	X
Servodan	Steen Lefoli Maibom	Lysstyring	X	X

Nedenstående af en liste over relevante dokumenter:

DS700 Kunstig belysning i arbejdslokaler

DS/EN12464-1 Belysning ved indendørs arbejdspladser

SBi Anvisning 220: *Lysstyring* (2008)

Thorn Lighting: *Sensa Lysstyring* (2012)

Servodan: *Lysstyring gjort enkelt* (2012)

A.2.6 Kedel- og nettab

I Tabel Bilag A-5 er anført de personer, som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-5 Interviewpersoner for Kedel- og nettab

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
Weishaupt	Søren Jespersen	Kedel Brændere	x	
Airfröhlich	Claus Stadler Bjærg	Economiser og befugtning af forbrændingsluft	x	
Dall Energy	Jens Dahl Bentzen	Biobrændsel anlæg	x	x
Dansk Energi Service	Palle Jensen	Automatisering, befugtning af forbrændingsluft	x	
COWI A/S	Niels Otto Clausen	Sønderborg Fjernevarmeværk	x	
Rockwool	Erling Olsen	Teknisk isolering	x	
Dansk energirådgivning A/S	Dan F. Christiansen	Halmfyret kedel	x	x

A.2.7 Køl/frys

I Tabel Bilag A-6 er anført de personer, som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-6 Interviewpersoner for køl/frys

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
Danfoss	Tommy D. Lorentsen	CO ₂ køleanlæg til detailhandlen	X	X
INNTOTEK	Klaus Klinge	Styring af køleanlæg	x	

Nedenstående af en liste over relevante dokumenter:

- › Elforsk projekt 341-026. Fremtidens køletårn.
- › Energistyrelsen. Kortlægning af energiforbrug i virksomheder. Januar 2015. Viegand Maagøe.

A.2.8 Rumventilation

I Tabel Bilag A-7 er anført de personer, som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-7 Interviewpersoner for rumventilation

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
Ventilationsvinduet	Peter Clausen	Naturlig ventilation	X	X
Ebmpapst		EC-ventilatorer		
Elincon	Morten Christensen	Naturlig ventilation med varmegenvinding og køling	x	x
COCIO	Bo Boesen	Behovsstyring af ventilationsanlæg	x	x

Nedenstående af en liste over relevante dokumenter:

Energistyrelsen. Temahæfte: Energieffektivisering af ventilation. December 2013

Teknologisk Institut – Trends og regulativer frem mod 2020.

Statens Byggeforskningsinstitut – Energoptimering af kontorbygninger, 2011.

A.2.9 Inddampning

I Tabel Bilag A-8 er anført de personer, som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-8 Interviewpersoner

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
CORE A/S	Preben Alstrøm	Styring	X	X
Gea Filtration	Ole Lillevang	Membranfiltrering	X	
FF Skagen	Thomas Rasmussen	Spildvarmeudnyttelse		X
Nordic Sugar	Jakob Lyager	Inddampningserfaringer	X	
Process Enginee- ring A/S	Peter Schneider	Varmepumper	X	
Christian Berner	Jan Dehn	MVR leverandør	X	
Akzo Nobel Salt	Hans Jørgen Schmidt	Inddampningserfaringer		
Envotherm	Richard D. Schmidt	Inddampning med MVR	X	X

Nedenstående af en liste over relevante dokumenter:

Energistyrelsen. Temahæfte "Energieffektivisering af tørring, inddampning og destillation". December 2013.

A.2.10 Pumpning

I Tabel Bilag A-9 er angivet de personer som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-9 Interviewpersoner for pumpning

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
Grundfoss	Flemming Hedegård	Pumper	X	
Grundfoss	Henrik Ørskov Peder- sen	Pumper	X	
Grundfoss	Iben Sommer Dons- lund	Pumper	X	X
Grundfoss Europump	Niels Bidstrup	Pumper	X	X

Nedenstående af en liste over relevante dokumenter:

Energistyrelsen. Kortlægning af energiforbrug i virksomheder. Januar 2015. Vie-
gand Maagøe.

Nedenstående af en liste over relevante dokumenter:

- › [1] Energistyrelsen. Kortlægning af energiforbrug i virksomheder. Januar 2015. Viegand Maagøe.
- › [2] <http://europump.net/>
- › [3] Commission Regulation 641/2009 (EC), Brussels: European Commission, 2009.
- › [4] Commission Regulation 622/2012 (EU), Brussels: European Commission, 2012.
- › [5] Commission regulation 547/2012 (EU), Brussels: European Commission, 2012.
- › [6] Extended product approach for pumps, Draft version, Brussels, 2014

A.2.11 It og anden elektronik

I Tabel Bilag A-10 er anført de personer, som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-10 Interviewpersoner for it og anden elektronik

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
CISCO	Kasper Skriver		X	X

A.2.12 Brænding

I Tabel Bilag A-11 er anført de personer, som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-11 Interviewpersoner for brænding

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
Aalborg Portland	Søren Ullits Sørensen	Cementproduktion generelt		X

A.2.13 Trykluft

I Tabel Bilag A-12 er angivet de personer, som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-12 Interviewpersoner for trykluft

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
Gram Vakuump Teknik	Jesper Gram	Vakuump	X	
Gugliotta & Co	Diego Gugliotta	Trykluft og Vakuump	X	

A.2.14 Blæsere

I Tabel Bilag A-13 er angivet de personer som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-13 Interviewpersoner for blæsere

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
ebmpapst Den- mark	Jens Hedegaard	EC ventilatorer	X	X

A.2.15 Rumkøling

I Tabel Bilag A-14 er angivet de personer, som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-14 Interviewpersoner for rumkøling

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
Munters	xxx	Evaporativ køling	X	X
Menerga	Claus Bonde Peder- sen	Adiabatisk køling	x	x
COWI	Søren Bo Voss	Evaporativ køling	X	
COWI	Niels Henrik Harbo	Fjernkøling	X	
HOFOR	Henrik Bøgeskov	Fjernkøling	x	x

Cundall - Munters Oasis Indirect Evaporative Cooler - Product Engineering Review
– Desktop Study

Rambøll – Analyse af det danske fjernkølepotentiale

A.2.16 Hydraulik

I Tabel Bilag A-15 er angivet de personer, som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-15 Interviewpersoner for hydraulik

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
REXROTH Bosch Group	Kristoffer Amtoft	Servo hydraulik pumper m.m.	X	x
Arburg	Claus Petersen	Sprøjtstøbmaskiner Hybridsystemer / brug af servo motor	x	x
Ulstrup Plast	Nic Dipo	El – drevne sprøjtstøbmaskiner	x	x
ALSMATIK	Michael Staal	Oliehydraulik	x	x

Nedenstående af en liste over relevante dokumenter:

Energistyrelsen. Kortlægning af energiforbrug i virksomheder. Januar 2015. Vie-gand Maagøe.

A.2.17 Varmepumper

Nedenstående er en liste over referencer:

Industriel varmegenvinding med CO₂- og NH₃-baserede varmepumper, DTU(2010)

Utilization of industrial low-grade waste heat by means of new emerging high-temperature heat pumps, 2011

A.3 Referencer til tværgående energianvendelsesområder

A.3.1 Automation

I Tabel Bilag A-16 er angivet de personer, som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-16 Interviewpersoner, tværgående energianvendelser

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
CORE A/S	Preben Alstrøm	Procesautomation	X	X
Innotek	Claus Klinge	Procesautomation	X	
Schneider Electric	Jens Ellevang	Automation	X	
Rockwell Automation	Per Thyme	Procesautomation	X	
InsaTech	Heidi Hørup	Procesautomation	X	X
COWI A/S	Kåre Nilsson	Bygningsautomation	X	
Emerson	Malthe Hansen	Procesautomation		X

A.3.2 Overskudsvarme/procesintegration

I Tabel Bilag A-17 er angivet de personer som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-17 Interviewpersoner for overskudsvarme/procesintegration

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
Cronborg Aps	Hjemmeside	Referencer på varmepumper	-	-
Videncenteret for Landbrug	-	Varmegenvinding i kyllingehuse	-	-
COWI	Egne erfaringer	Varmepumper, overskudsvarme m.m.		

A.3.3 Elmotorer og transmission

I Tabel Bilag A-18 er angivet de personer, som vi har været i kontakt med.

Tabel Bilag A-18 Interviewpersoner, elmotorer og transmission

Virksomhed	Kontakt	Teknologi	Telefon	Email
Eegholm	Jørgen Kiilerich	Kvalificerings klasser IE4 – IE5 Permanent magnet motor	X	
Eegholm	Gunner Johannsen	Udviklingen af elmotorer og markeds potentiale	X	
Ellegaard	Kenneth Christensen	Tromlemotor	X	
Emerson Industrial automation	Carl-Erik Niemann	Elmotorer og cases	X	X
SEW Eurodrive	Kurt Holt	Gear og transmissioner	X	

Bilag B COWIs principper for kvalitet i regneark

I dette afsnit beskrives COWIs generelle overvejelser om kvalitet i regneark. COWI arbejder med en række principper for, hvordan regneark bedst muligt indrettes, så de bliver nemme at bruge og gå til, transparente og veldokumenterede. Principperne vil blive præcist beskrevet i metodenotatet, men kan i kort form opsummeres som følgende:

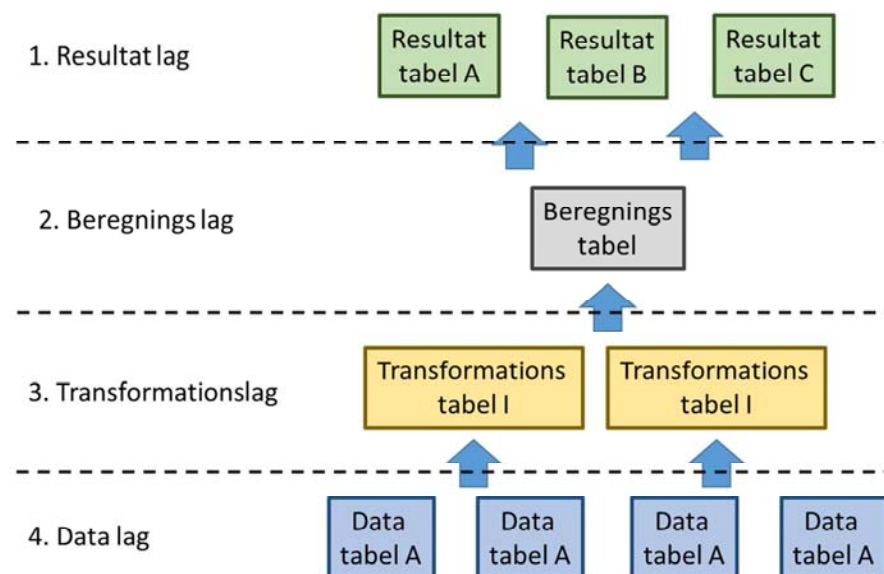
- › **Struktur og lagdeling:** Beregningerne stilles op på en sådan måde, at de kan gøres "en vej", således at referencer på kryds og tværs mellem forskellige ark så vidt muligt undgås.
- › **Layout:** "Det skal se pænt ud!" COWI har udviklet et farvelayout, som gør, at formler, henvisninger og data let kan skelnes fra hinanden. Ligeledes opstilles tabeller velordnet under eller ved siden af hinanden, så det er nemt at visualisere eventuelle sammenhænge. Dette letter gennemsigtigheden af regnearket betydeligt.
- › **Kilder og henvisninger** til data skrives konsekvent for alle indtastede data.
- › **Simple formler.** Formler skal være korte og så simple som muligt. Hvis der benyttes formler, som sjældent anvendes af gennemsnitlige brugere, dokumenteres disse i regneværktøjets brugervejledning.
- › **Logning:** COWI har udviklet en logningsfunktion, hvor brugeren nemt kan opdage, markere og dokumentere ændringer i resultaterne som følge af ændringer i forudsætninger og regnemetoder. Det skaber tryghed blandt beregningens interessenter, når ændringer kan dokumenteres på en overskuelig og konsekvent måde.

B.1 Struktur og lagdeling

Regneark er med tiden blevet større og større, og det er løbende en udfordring at sikre, at beregningerne vedbliver at være velstrukturerede og overskuelige. Dette gælder særligt for regneark, som løbende udvides og genbruges. Derfor har COWI udviklet et princip for strukturering af regneark, som vi kalder "lagdeling".

Lagdeling betyder at forskellige trin i beregningen holdes separat på forskellige grupper af faneblade, og at der mellem hvert lag findes en veldefineret grænseflade, som så vidt muligt holdes uændret på tværs af forskellige input og beregninger. Dette medfører, at regnearket fremstår langt mere overskueligt, og at brugere af arket lettere kan fokusere deres interesse i bestemte dele af beregningen. Endvidere minimeres risikoen for, at mindre ændringer i beregningsmetoder og datatabeller medfører utilsigtede fejl. Endelig giver den stramme struktur også et bedre overblik over hvilke kilder, data og forudsætninger, der er anvendt. Figur 6-1 præsenterer en principskitse for COWIs lagdelingsfilosofi, som er tilpasset ønsket om genbrugelige og generelle moduler i dette projekt.

Tabel 8-26 Lagdeling af regneark



Som det fremgår af figuren, er COWIs lagdelingstruktur opdelt i 4 lag, hvor beregningsgangen er "ensrettet" fra de lavere til de højere lag. De 4 lag – præsenteret fra bunden og op – er

- Lag 4 – Forudsætninger og datakataloger, som f.eks. data om forskellige relevante teknologier, enten i form af tabeller fra eksisterende officielle kataloger såsom Miljøstyrelsens, Transportministeriets og Energistyrelsens nøgletalskatalog eller mere ad hoc baserede dataindsamlinger.
- Lag 3 – Transformation af inputs til ensartede og hensigtsmæssige data-strukturer, f.eks. en række eller søjleopstilling af ens dimensioner såsom år, brancher, teknologier el.
- Lag 2 – Resultatberegninger på baggrund af de transformerede data opstilles et beregningsark, hvor beregningens formler i så vid udstrækning som muligt er ens hvor det giver mening. Hermed bliver det langt nemmere at kvalitetssikre beregningen, og risikoen for fejl falder også.
- Lag 1 – Præsentation af resultater: Tabellen til resultatberegninger kan blive ganske omfattende, og derfor udtrækker lag 1 samlede resultater fra beregningslaget i en passende detaljeret grad.

B.2 Layout

Regneark er generelt meget lettere at læse, når de er formateret pænt og overskueligt. Derfor har COWI udviklet standardformater, så programmører og brugere med et klik på en knap i Excel let kan indikere hvad de enkelte celler indeholder. Dette er illustreret med eksempler i Tabel 6-1.

Tabel 8-27 Farvekoder til celleindhold

	Formler	Data	Links	År	Usikre tal
Baggrund	Hvid	Lyseblå	Lysegrøn	Hvid	Hvid
Tekst	Sort	Mørkeblå	Mørkegrøn	Sort kursiv	Lyserød

De valgte farver kan naturligvis efter ønske tilpasses til Miljøstyrelsens layoutregler, omend det også af genkendelighedsårsager kan være fordelagtigt at læne sig op af eksisterende udbredte modeller, som f.eks. TERESA.

Det er også COWIs erfaring, at et layout, der understøtter udskrivning af centrale tabeller og faneblade på A4- eller A3-ark, kan være meget fordelagtigt i en kvalitetssikringsproces, også hvor eksterne interessenter deltager.

B.3 Data, kilder og henvisninger

COWI har endvidere en række "håndregler" om, hvordan et regneark bedst dokumenteres.

- Ingen tal i formler sikrer sammen med farvekoden "blå data tal", at de anvendte forudsætninger er gennemskuelige. Reglen er dog til en vis grad fleksibel. Med for eksempel omregning til millioner kroner, kWh til MJ kan det være mere gennemskueligt at indtaste det relevante tal direkte i formelen.
- "Ét tal - en gang" sikrer at der ikke opstår regnefejl fordi et tal der skal opdateres ikke blev opdateret i alle de celler det optræder. Reglen læner sig igen op af "blå data tal" layoutreglen.
- Kildehenvisninger på alle data bliver meget indlysende nødvendigt, når "blå data tal" reglen følges strikt. Blå tal uden kilder vækker helt rutinemæssigt kritiske kommentarer i intern COWI kvalitetssikring, fordi manglen er så åbenlys, når celler indeholdende data er tydeligt grafisk markeret.
- Med konsekvent tabelnummerering kan hver enkelt reference mellem tabeller i modellen dokumenteres konsekvent uden at brugeren nødvendigvis skal inspicere formlerne for at finde den interne kilde til data. Dette er særligt nyttigt, da den lagdelte struktur til en vis grad fordrer brug af interne referencer ("grønne links") på tværs af faneblade.

Det er COWIs erfaring, at programmøren ved at følge disse håndregler gør regnearket langt mere gennemskueligt. Dette medfører, at der i kvalitetssikringen frigøres endnu flere resurser på at tjekke rigtigheden af beregninger og data, frem for bare at få en ide om hvordan regnearket er skruet sammen.

B.4 Simple formler og gentagelse

Det er afgørende for kvalitetssikringen af regneark, at de anvendte formler er let gennemskuelige. For at opnå gennemskuelighed følger COWI to principper:

- Korte formler og simple funktioner: En lang formel er sværere at læse end en kort formel, så det foretrækkes at lange formler brydes op i flere celler. Dette øger også gennemsigtigheden i kvalitetssikringen.
- Mange "links" til andre faneblade. Formler kan også blive lange, hvis der refereres til celler på andre faneblade. Af denne årsag er det oftest en fordel at lave en ekstra række eller kolonne hvor data fra et andet faneblad gentages med en reference ("grønne links"). Når alle celler, der indgår i en formel ligger på samme faneblad som formelen selv, kan man benytte en Excel funktion ("F2") som grafisk (små farvede boxe) viser hvilke celler der indgår i formelen. Dette er en stor kvalitetssikringsmæssig fordel. Endvidere kan de "grønne links" inspiceres visuelt for at tjekke, om de indeholder det tal, der refereres til, hvilket ikke er helt så ligetil, hvis linket indgår i en formel.

Et andet element af gennemsiguelighed er, at der ikke er for mange forskellige formler. COWIs foretrukne metode med store regneark er, at så mange formler som muligt er direkte kopier af hinanden, f.eks. at formelen for beregning af en specifik delomkostning er ens for alle år. Det betyder, at der er langt færre formler at kvalitetssikre. Til gengæld kan det i visse tilfælde betyde, at formlerne kan blive mere komplekse og indeholde mere komplicerede funktioner.

Forholdet mellem enkle formler og gentagelse af formler kan således ofte være en afvejning af, hvilken løsning der bidrager med mest gennemsigtighed.

Brug af Visual Basic (VBA) makroer søges begrænset til det aller mest nødvendige - i praksis kun simple handlinger, der må forventes at skulle gentages ofte, f.eks.:

- Beregning af en række af følsomhedsanalyser, hvor en liste med prædefinerede følsomhedsantagelser erstatter de centrale antagelser;
- Udskrift til PDF af tabeller med f.eks. forskellige basisår.

VBA-koden vil altid være kortfattet og foretager kun handlinger, som ikke med rimelighed kan programmeres i almindelige Excel-formler. Koden bliver fulgt af en udførlig beskrivelse i kommentarform af, præcis hvilke handlinger VBA-koden foretager.

B.5 Logningsfunktion

På et større og længerevarende projekt sker det ind i mellem, at forudsætninger og regnemetoder revideres, nogle gange også efter første aflevering til kunder og interessenter. Det giver tryghed og gennemsigtighed for kunder og interessenter, når ændringerne er velforklarede.

COWI har udarbejdet en logningsfunktion, som tilbyder brugeren af regnearket at overvåge, hvorvidt hovedresultaterne ændrer sig, og systematisk med et tryk på en knap at logge dato, konsekvens for resultatet og angivet årsag, hver gang der sker en ændring i resultatet. Denne logning kan bruges til præcist at dokumentere histo-

rikken i, hvilke forudsætninger der har ændret sig, og hvordan dette har påvirket resultaterne undervejs.

Bilag C Branchelister

Nedenfor ses listen over de 57 brancher fra V&M (2015).

Landbrug	1
Gartneri	2
Maskinstationer	3
Skovbrug	4
Fiskeri	5
Indvinding af grus og sten	6
Slagterier	7
Fiskeindustri	8
Mejerier	9
Bagerier, brødfabrikker mv.	10
Fremstilling af færdige foderblandinger	11
Fremstilling af sukker	12
Øvrig anden fødevarerindustri	13
Drikkevarerindustri	14
Tobaksindustri	15
Tekstilindustri	16
Beklædningsindustri m.v.	17
Træindustri	18
Papirindustri	19
Trykkerier	20
Fremstilling af industrigasser	21
Fremstilling af enzymer	22
Øvrige basiskemikalier	23
Fremstilling af maling og sæbe mv.	24
Medicinalindustri	25
Plast- og gummiindustri	26
Glasindustri og keramisk industri	27
Fremstilling af cement	28
Fremstilling af teglsten mv.	29
Fremstilling af asfalt og tagpap	30
Fremstilling af stenvuld mv.	31
Øvrig betonindustri	32
Fremstilling af metal	33
Metalvarerindustri	34
Fremstilling af computere m.v.	35
Fremstilling af andet elektronisk udstyr	36
Fremstilling af husholdningsapparater mv.	37
Fremstilling af motorer, vindmøller og pumper	38
Fremstilling af andre maskiner	39
Fremstilling af motorkøretøjer	40
Fremstilling af skibe m.v.	41
Møbelindustri	42
Fremstilling af medicinske instrumenter	43

Legetøj og anden fremstillingsvirksomhed	44
Reparation og installation af maskiner og udstyr	45
Bilhandel og -værksteder mv.	46
Engroshandel	47
Detailhandel	48
Hoteller	49
Restauranter	50
Information og kommunikation	51
Finansiering og forsikring	52
Ejendomshandel og udlejning mv.	53
Vidensservice	54
Rejsebureauer, rengøring mv.	55
Kultur og fritid	56
Andre serviceydelser	57