

Potentialer, omkostninger og virkemidler for ambitiøs grøn omstilling i erhvervet

Arbejdsnotater udarbejdet af Viegand Maagøe for Klimarådet,
oktober 2019 - januar 2020



Projekt nr:	2011
Version:	Februar 2020
Udarbejdet af:	Peter Maagøe, Viegand Maagøe Carsten Glenting, Viegand Maagøe Jette Ellegaard Vejen, Viegand Maagøe Louise Hedelund Sørensen, Viegand Maagøe Christian Aage Lundsgaard, Viegand Maagøe Niklas Bagge Mogensen, Viegand Maagøe
Udarbejdet for:	Klimarådet
Kvalitetssikret af:	Carsten Glenting, Viegand Maagøe
Godkendt af:	Peter Maagøe, Viegand Maagøe

Viegand Maagøe A/S

Nr. Farimagsgade 37
1364 København K
Telefon: +45 33 34 90 00
www.viegandmaagoe.dk

Forbehold: Til baggrund for Klimarådets udarbejdelse af analyser af mulige elementer for omstilling i forskellige sektorer ift. at nå Regeringens mål om 70% reduktion af Danmarks CO2-udledning, har Viegand Maagøe udarbejdet fire arbejdsnotater. Arbejdsnotaterne er udarbejdet som oplæg til fire møder mellem Klimarådet og Viegand Maagøe, og efterfølgende justeret på baggrund af drøftelser på disse møder. Endvidere har Viegand Maagøe udarbejdet et arbejdsnotat om rentabilitet af elkedler. Baggrundsdata i notaterne bygger efter aftale med Klimarådet på en række tidligere undersøgelser og analyser, som ikke har været udarbejdet med netop dette arbejde for øje, ligesom de ikke alle er udført af Viegand Maagøe, hvorfor det i denne analyse udelukkende har været muligt at arbejde videre ud fra de konklusioner der er draget i disse analyser. Analyserne i arbejdsnotaterne bygger således på forskellige datagrundlag. Konklusioner i arbejdsnotaterne om konkrete potentialer, omkostninger og tidslinjer, skal derfor ses i lyset af, at de ikke bygger på større nye analysearbejder, men i høj grad på samstilling af forskellige tidligere analyser, samt drøftelser og konklusioner på møderne mellem Klimarådet og Viegand Maagøe.

Resumé og konklusion

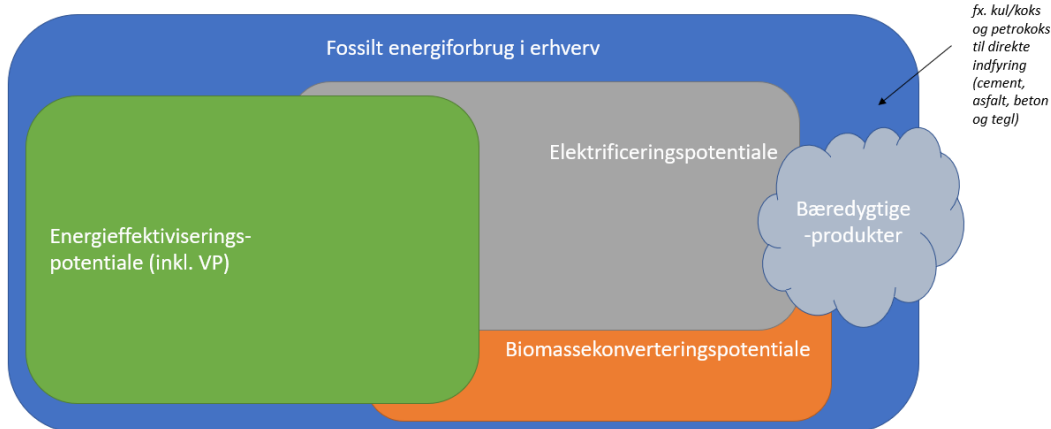
Erhverv dækker i denne opgave produktionserhverv samt handel og service. Det samlede energiforbrug i erhverv er opgjort til 213 PJ i 2017 samt forventet 265 PJ i 2030. CO₂ udledningen fra erhverv er opgjort til 10,62 mio. tons i 2017 og forventes at være 9,74 i 2030, ifølge Energistyrelsens basisfremskrivning.

Det vurderes samlet set, at det er muligt frem mod 2050 at de-karbonisere næsten hele energiforbruget i erhverv gennem forskellige elementer, som energieffektivisering inkl. anvendelse af varmepumper, elektrificering af produktionsprocesser, konvertering til biomasse samt fokusering på bæredygtige produkter og cirkulær økonomi. Der vil dog være et residual til produktionsprocesser, der kræver direkte indfyring med brændsler, som ikke med de behandlede elementer vil kunne de-karboniseres.

Under forudsætning af en række vilkår, fx økonomiske rammevilkår, og antagelser om fx teknologiudvikling, vurderes det at være muligt, at udnytte hele eller en væsentlig del af energieffektiviseringspotentialerne med korte til mellemlange tilbagebetalingstider inden 2030. Potentialet ved elektrificering vil kun delvist kunne indfries inden 2030, og vil i høj grad være afhængig af bl.a. teknologiudvikling og rammevilkår. Det er vurderet, at energieffektivisering og elektrificering vil kunne sikre de-karbonisering af hele handel og servicesektoren og at der derfor ikke er behov for biomassekonvertering. Derimod vil der være behov for at anvende biomasse i den grønne omstilling af fremstillingserhverv, men det vurderes dog, at biomasse i høj grad vil kunne blive udfaset igen i perioden efter 2030.

Både omkostningerne ved realisering af potentialerne og forventningen til, hvornår de vil kunne være indfriet, vil kunne ændres eller understøttes ved forskellige virkemidler. Flere virkemidler er økonomiske, som afgifter, tariffer, tilskud m.m. og er allerede kendte og har vist sig effektive. Andre virkemidler vil skulle designes på ny. Det gælder fx aftaleordningen for energibesparelser i virksomheder, som med en ny CO₂-afgift vil være et effektivt virkemiddel, samt andre virkemidler, som sætter fokus på rammevilkår for fx sektorkoblinger. Endelig vil indfrielse af en række af elementerne kræve at der afsættes midler til forskning og udvikling for det lidt længere perspektiv og til forceret demonstration på det lidt kortere perspektiv.

Reduktionspotentialer erhverv



Indholdsfortegnelse

Arbejdsnotat 1 - Datagrundlag

Arbejdsnotat 2 - Identifikation af elementer i grøn omstilling i erhverv

Arbejdsnotat 3 - Vurdering af potentialer for elementer i grøn omstilling i erhverv

Arbejdsnotat 4 - Vurdering af omkostninger, virkemidler og tidslinjer for realisering af potentialer for elementer i grøn omstilling i erhverv

Arbejdsnotat - Appendiks - Rentabilitet af elkedler til erhverv

Arbejdsnotat 1

PROJEKT: Assistance til Klimarådet – Grøn omstilling i erhverv

EMNE: Datagrundlag

DATO: 25.10.2019

TIL: Ulla Blatt Bendtsen, Klimarådet
Chris Agerfeld Svenning, Klimarådet
Karsten Capion, Klimarådet

KOPI TIL:

FRA: Peter Maagøe, Viegand Maagøe
Carsten Glenting, Viegand Maagøe
Jette Ellegaard Vejen, Viegand Maagøe
Louise Hedelund Sørensen, Viegand Maagøe

Nærværende arbejdsnotat 1 har dannet baggrund for det første møde med Klimarådet den 9. oktober 2019, og behandler indledningsvis det datagrundlag der lægges til grund for det videre arbejde.

Notatet er drøftet ved mødet og er efterfølgende opdateret og vil blive efterfulgt af flere arbejdsnotater, som tilsammen vil udgøre leverancen fra Viegand Maagøe til Klimarådet. På mødet den 9. oktober 2019 drøftedes ligeledes et udkast til arbejdsnotat 2, om identifikation af elementer i en grøn omstilling af erhvervslivet.

Grundlaget for beskrivelse af energiforbrug og CO2 udledning i erhverv, er hovedsaligt hentet fra Energistyrelsens Energistatistik 2018 og Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019. Det samlede energiforbrug i erhverv er opgjort til 213 PJ i 2017 samt forventet 265 PJ i 2030. CO2 udledningen fra erhverv er opgjort til 10,62 mio. tons i 2017 og ifølge basisfremskrivningen vil den være på 9,74 i 2030.

1 UDVIKLINGEN I ENERGIFORBRUGET I ERHVERV

1.1 UDVIKLINGEN I ENDELIGT ENERGIFORBRUG I ERHVERV SIDEN 2012

Det endelige energiforbrug i TJ for erhverv er herunder delt i hovedsektorerne produktionserhverv og handel og service. Energiforbruget for 2012, 2015 og 2017 er alle baseret på data fra Energistyrelsens Energistatistik. Data fra 2018 forventes offentliggjort den 21. november 2019, ifølge Energistyrelsens hjemmeside.

Med det endelige energiforbrug menes energiforbruget leveret til slutbrugerne, dvs. private og offentlige erhverv. Der er benyttet det faktiske forbrug, dvs. det registrerede energiforbrug i kalenderårene. Energiforbrugene er ikke graddagekorrigerede.

1.1.1 Energiforbruget fordelt på hovedsektorer

I tabellen nedenfor er det endelige, ikke graddagekorrigerede energiforbrug for erhverv for årene 2012, 2015 og 2017 opgjort.

Tabel 1

Energiforbrug i TJ	2012	2015	2017
Landbrug, skovbrug, gartneri og fiskeri	32.924	32.333	30.835
Fremstillingsvirksomhed	90.413	85.473	91.141
Bygge- og anlægsvirksomhed	6.718	6.526	7.218
Produktionserhverv i alt	130.054	124.333	129.194
Handel	21.842	20.859	21.292
Privat service	36.308	34.756	37.610
Offentlig service	24.529	23.888	25.013
Handels- og serviceerhverv i alt	82.679	79.502	83.916
Erhverv i alt	212.733	203.835	213.110

Kilde: Energistyrelsens Energistatistik, 2018

1.1.2 Energiforbruget fordelt på energiarter

Det endelige, ikke graddagekorrigerede energiforbrug fordelt på energiarter for produktionserhverv (Landbrug, skovbrug, gartneri og fiskeri, Fremstillingsvirksomhed, Bygge- og anlægsvirksomhed).

Tabel 2

Produktionserhverv i alt i TJ	2012	2015	2017
Elektricitet	37.487	36.700	37.465
Brændsler	56.394	51.737	53.531
Naturgas	30.251	29.406	30.717
Olieprodukter (fyringsolie)	20.663	16.731	17.810
Kul/koks	4.823	4.931	5.003
Affald, ikke bio-nedbrydeligt	657	669	-
VE	10.371	13.057	14.994
Biomasse (inkl. biogas og biololie)	8.258	10.580	12.279
Solvarme	-	-	-
Varmepumper	2.113	2.477	2.714
Fjernvarme	6.743	3.985	4.987
Brændsler til transport og arbejdskørsel	19.059	18.854	18.218
Diesel	18.585	18.451	17.737
Benzin	63	73	106
LPG	410	330	375
Andet	-	-	-
I alt	130.054	124.333	129.194

Kilde: Energistyrelsens Energistatistik, 2018.

Note: For energiararten Varmepumper definerer Energistyrelsens Energistatistik den på følgende måde: Energimængden produceret af varmepumpen beregnes som forskellen mellem den mængde energi, som varmepumpen leverer, og varmepumpens el-forbrug.

I tabel 3 nedenfor er det endelige, ikke graddagekorrigerede energiforbrug fordelt på energiarter for handel og servicesektoren (Handel, Privat service, Offentlig service) opgjort.

Tabel 3

Handels- og serviceerhverv i alt i TJ	2012	2015	2017
Elektricitet	37.265	36.290	38.239
Brændsler	11.319	9.624	10.052
Naturgas	8.707	7.430	7.840
Olieprodukter (fyringsolie)	2.370	2.063	1.898
Kul/koks	-	-	-
Affald, ikke bio-nedbrydeligt	242	131	315
VE	1.606	1.708	2.748
Biomasse (inkl. biogas og biololie)	1.526	1.621	2.658
Solvarme	80	87	90
Varmepumper	-	-	-
Fjernvarme	32.011	31.356	32.385
Brændsler til arbejdskørsel	478	524	491
Diesel	251	223	184
Benzin	-	-	-
LPG	227	301	308
Andet	-	-	-
I alt	82.679	79.502	83.916

Kilde: Energistyrelsens Energistatistik, 2018.

Note: For energiarten Varmepumper definerer Energistyrelsens Energistatistik den på følgende måde: Energimængden produceret af varmepumpen beregnes som forskellen mellem den mængde energi, som varmepumpen leverer, og varmepumpens el-forbrug.

1.2 FREMSKRIVNING AF ENERGIFORBRUGET I ERHVERV

Fremskrivning af det endelige energiforbrug i erhverv baseret på Energistyrelsens basisfremskrivning 2019.

Tabel 4

Energiforbrug i TJ	2030
Landbrug, skovbrug, gartneri og fiskeri	31.440
Fremstillingsvirksomhed	96.820
Bygge- og anlægsvirksomhed	7.670
Produktionserhverv i alt	135.930
Handel	
Privat service	94.400
Offentlig service	26.270
Handels- og serviceerhverv i alt	120.670
Erhverv i alt	256.600

Kilde: Energistyrelsens basisfremskrivning, 2019.

I Energistyrelsens basisfremskrivning 2019 er Handel og Privat service ikke adskilt, hvorfor de er angivet som en samlet kategori i tabel 4.

2 CO2-EMISSIONER I ERHVERV

Der blev på mødet den 9. oktober drøftet niveauet af data for CO2 emissioner i erhverv, herunder hvilken kilde der skal anvendes, samt omfanget af CO2 emissionen der skal medregnes. Afsnittet om CO2 emissioner er færdiggjort med udgangspunkt i dette møde.

2.1 UDVIKLINGEN I EMISSIONER FRA ERHVERV SIDEN 2012

Der findes en række forskellige kilder til opgørelse af CO2 emissionerne fra erhverv, herunder hvilke kilder til CO2-emissioner der medgår i de forskellige opgørelser. I det efterfølgende skelnes der mellem direkte energirelaterede emissioner og andre emissioner. Andre emissioner kan fx være fra energi og konverteringsprocesser, emissioner fra landbrug, deponi og spildevand.

De direkte energirelaterede CO2 emissioner, der kan henføres til det i tabel nr. 1, 2 og 3 ovenfor, for erhverv i 2012, 2015 og 2017 er baseret på Energistyrelsens Energistatistik.

I tabel 5 nedenfor medregnes *både* de direkte energirelaterede emissioner og de ikke energirelaterede emissioner i opgørelsen udviklingen af CO2 emissioner (CO2-ækvivalenter).

Tabel 5 Historiske CO_{2e} emissioner

Mio. tons CO ₂ ækvi- valenter	2012	2015	2017
Produktionserhverv	4,02	3,83	4,03
Produktionserhverv, procesrelateret	2,08	1,83	2,01
Serviceerhverv	0,84	0,73	0,74
Raffinering	0,93	0,98	0,93
Andre energiindustrier (olie/gas udvinding)	1,50	1,44	1,37
Landbrug, skov og akvakultur	1,75	1,61	1,54
I alt	11,12	10,43	10,62

Kilde: ENS Basisfremskrivning

2.2 KVOTEVIRKSOMHEDER

Det fremgår af Energistyrelsens Energistatistik, 2017, at ca. 1/3 af den samlede CO2 emission i 2016 er omfattet af kvotesystemet.

Viegand Maagøe har i 2013, i forbindelse med udarbejdelse af rapporten "Kortlægning VE til proces – kortlægning af potentialer", vurderet, at andelen fordelingen af energiforbruget i fremstillingsvirksomheder fordeler sig ca. 50/50 mellem kvote- og ikke-kvotefordelte virksomheder.

2.3 FREMSKRIVNING AF EMISSIONER FRA ERHVERV

Baseret på Energistyrelsens basisfremskrivning kan fremskrivningen af den samlede (såvel direkte som ikke direkte energirelateret) CO_{2e} emission for erhverv i 2030 opgøres i tabel 7 neden for.

Tabel 6 Fremskrivning af CO_{2e} emissioner

Mio. tons CO ₂ ækvi- valenter	2030
Produktionserhverv	3,63
Produktionserhverv, procesrelateret	2,07

Serviceerhverv	0,57
Raffinering	0,97
Andre energiindustrier (olie/gas udvinding)	1,05
Landbrug, skov og akvakultur	1,45
I alt	9,74

Kilde: ENS Basisfremskrivning

3 UDVIKLINGEN I ERHVERV

Udviklingen i energiforbruget i erhverv kan ses på mange andre parametre, bl.a. aktivitetsniveauet, erhvervsstrukturen (sammensætning af brancher), energiintensitet (gennemførte energibesparelser) m.m.

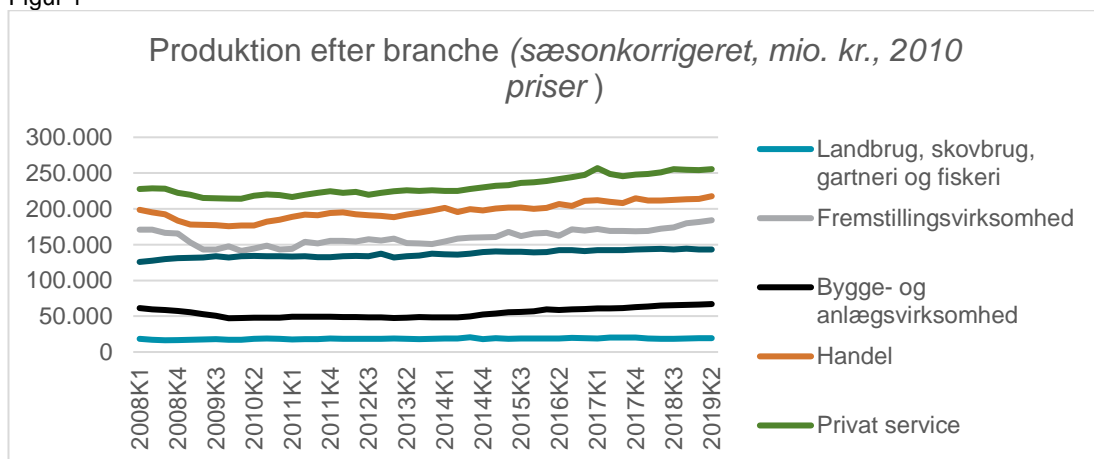
Dansk industri er generelt sammensat af ikke-energitunge produktioner. Desuden har de mange forskellige tiltag til energieffektivisering, herunder økonomiske incitamenter, udviklet industrien til i dag at have en meget energieffektiv industri.

Der er ikke sket de store ændringer i industristrukturen siden 2012, men i den nære fremtid kan fx opførelse af store datacentre påvirke handel og servicesektorens energiforbrug væsentligt.

3.1 DEN ØKONOMISKE UDVIKLING I ERHVERV

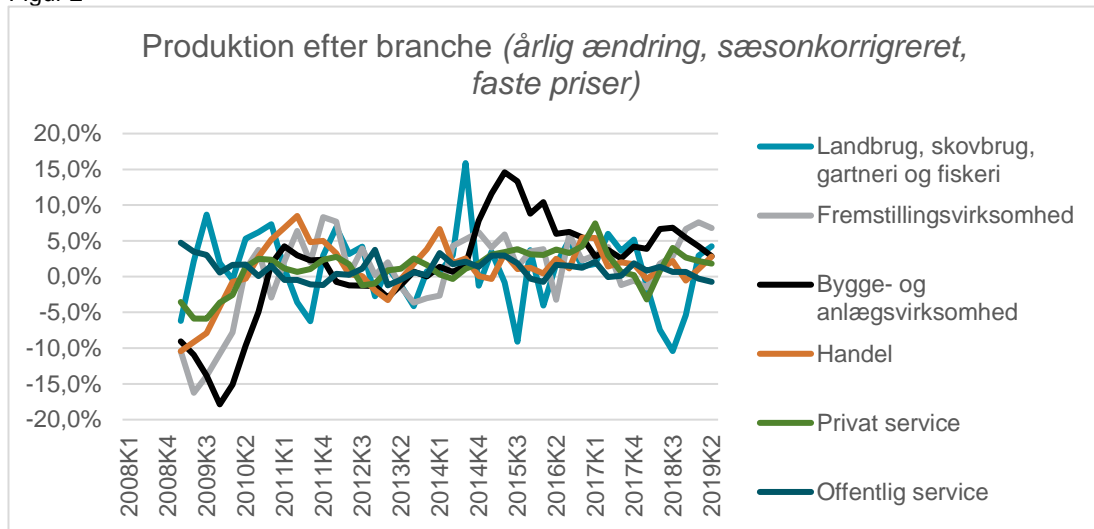
I figurerne nedenfor er den økonomiske udvikling i erhverv, opgjort som produktion målt på omsætning fra 2008 til medio 2019 i produktionserhverv samt handel- og servicesektoren vist. Data er hentet fra Danmarks Statistiks Statistikbanken.

Figur 1



Kilde: Danmarks Statistik, www.statistikbanken.dk/NKBP10 (hentet den 7-10-2019)

Figur 2



Kilde: Danmarks Statistik, www.statistikbanken.dk/NKBP10 (hentet den 7-10-2019)

Arbejdsnotat 2

PROJEKT:	Assistance til Klimarådet – Grøn omstilling i erhverv
EMNE:	Identifikation af elementer i grøn omstilling i erhverv
DATO:	13.11.2019
TIL:	Ulla Blatt Bendtsen, Klimarådet Chris Agerfeld Svenning, Klimarådet Karsten Capion, Klimarådet
KOPI TIL:	-
FRA:	Peter Maagøe, Viegand Maagøe Carsten Glenting, Viegand Maagøe Jette Ellegaard Vejen, Viegand Maagøe

Nærværende arbejdsnotat 2 har dannet baggrund for det første møde med Klimarådet den 9. oktober 2019, og indeholder en indledende beskrivelse af mulige elementer i en grøn omstilling af erhvervslivet (fremstillingsindustri og handel og service).

Notatet er drøftet ved mødet og er efterfølgende opdateret og vil blive efterfulgt af flere arbejdsnotater, som tilsammen vil udgøre leverancen fra Viegand Maagøe til Klimarådet. På mødet den 9. oktober 2019 drøftedes ligeledes et udkast til arbejdsnotat 1, om datagrundlag.

Sidst i notatet og efter drøftelser på mødet den 9. oktober konkluderes, at der arbejdes videre med disse elementer:

1. Energieffektivisering
2. Elektrificering og varmepumper
3. VE til Proces (biomasse)
4. Bæredygtige produkter
5. Overskudsvarme til fjernvarme

1 IDENTIFIKATION AF ELEMENTER I EN GRØN OMSTILLING

Her diskuterer vi en række forskellige elementer, som kan indgå i den grønne omstilling inden for erhverv. I første omgang er det en mere general introduktion til elementerne. I senere arbejdsnotater drøfter/analyserer/vurderer vi potentialer for realisering af elementerne, herunder forventede CO2 reduktioner, omkostninger, nødvendige virkemidler og en tidslinje.

Elementerne i en grøn omstilling kan være:

- Energieffektivisering
- Elektrificering og varmepumper
- VE til proces – og lignende ordninger til fremme af omlægning til VE
- CC (S) / CC (U)
- Fremstilling af mere bæredygtige produkter
- Etablering af symbioser på tværs af virksomheder
- Fremme af løsninger indenfor cirkulær økonomi
- Fjernvarme til proces m.m.

Flere af disse elementer kan overlape med hinanden – for eksempel er grænsefladerne mellem fremstilling af mere ”bæredygtige produkter” og løsninger inden for ”cirkulær økonomi” relativt uklare. Disse var derfor en del af drøftelserne af elementerne ved møde den 9. oktober.

I det følgende uddybes hvert element i sit eget afsnit inklusive med fokus på en forklaring og definition af de enkelte elementer.

1.1 ENERGIEFFEKTIVISERING

Elementet energieffektivisering omfatter alle teknologiske ændringer af en produktion eller anden energiudnyttelse, hvor der anvendes løsninger, som bruger mindre energi for at frembringe den samme tjeneste. Eksempler på energieffektivisering er udskiftning af komponenter eller maskiner, som er mere energieffektive, ændring af produktionsprocesser, så de tilrettelægges med et mindre energiforbrug, ændring af adfærd med fokus på energiforbruget.

Ændring af produktionsprocesser til mere energieffektive, omfatter også internt udnyttelse af overskudsvarme fra produktionsprocessen. Evt. ekstern udnyttelse af overskudsvarme defineres til at høre under symbiose, se afsnit 1.6 nedenfor.

De konkrete løsninger, herunder også potentialet for yderligere besparelser vil være forskellige for hhv. fremstillingserhverv og handel og servicesektoren, og vil herefter delvist blive behandlet hver for sig.

En fortsat indsats for at anvende så lidt energi som muligt til en given tjeneste bør fortsættes – det er et område, hvor Danmark har mange erfaringer og hvor evalueringer viser en endog meget høj kost-effektivitet af indsatsen.

Relevante kilder om potentialer er:

- Kortlægning af erhvervslivets energiforbrug, se https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Energibesparelser/kortlaegning_af_energiforbrug_i_virksomheder.pdf
- Kortlægning af energisparepotentialer, se https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Energibesparelser/kortlaegning_af_energisparepotentialer_i_erhvervslivet.pdf
- Status for energisyn, se https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Energibesparelser/status_energisyn_2017_rapport_2.pdf og https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Energibesparelser/rapport_-_spoergeundersoegelse_energisyn.pdf

Dansk Energi vurderer i en opdateret potentialeopgørelse fra 2018, at der fortsat er et væsentligt potentiale for energieffektiviseringer i erhverv. De vurderer i deres analyse¹, at der i 2020 er et potentiale for energieffektivisering i produktionserhverv på 23% og i handel og service på 16% med en tilbagebetalingstid på op til 10 år, hvor potentialet er størst for projekter med længst tilbagebetalingstid.

1.2 ELEKTRIFICERING OG VARMEPUMPER

Med elektrificering og varmepumper menes omlægning af produktionsprocesser, så de baseres på el evt. gennem en varmepumpe og intern udnyttelse af spild- og overskudsvarme. Typisk vil en sådan omlægning kunne erstatte fossilt brændsel.

En lang række processer i fremstillingsvirksomheder vil kunne elektrificeres, enten ved øget anvendelse af varmepumper eller en række andre el-teknologier – herunder simple el-stave/”dyppekogere”. Skal der

¹ Energieffektiviseringspotentialer 2020-2030, Dansk Energi, marts 2018.

opnås CO2 reduktioner ved elektrificering, forudsætter det naturligvis, at elproduktionen bliver baseret på VE og dermed CO2 neutral.

Handel & service har måske større muligheder for omstilling til varmepumper, da de i høj grad bruger fx rumvarme, som allerede med kendt teknologi vil kunne erstattes med fx varmepumper. Dette vil især være interessant uden for fjernvarmeområder, og potentialet for anvendelse af varmepumper her, vil derfor bl.a. afhænge af i hvor høj grad handel og service ligger uden for fjernvarmeområder.

Relevante kilder at bygge potentialevurderinger er:

- Den oprindelige potentialevurdering af overskudsvarme fra 2013, se https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Energibesparelser/analyse_af_mulighederne_for_bedre_udnyttelse_af_overskudsvarme_fra_industrien.pdf
- EAs rapport om fleksibelt energiforbrug, se https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Energibesparelser/kortlaegning_af_potentialet_for_fleksibelt_elforbrug_i_industri_handel_og_service.pdf
- Igangværende ELFORSK-projekt om elektrificering i konkrete virksomheder (DTU, Viegand Maagøe m.fl.).

Specielt for overskudsvarmeområdet mangler der opdateret potentialevurderinger som følge af, at PSO-ordningen er under udfasning og øvrige lovændringer er på vej.

Udover ovennævnte har Viegand Maagøe for Energistyrelsen i 2017/2018 udarbejdet en række teknologinotater vedr. grøn omstilling af erhvervslivet procesenergiforbrug.

Grænseflader mellem "energieffektivisering" og "varmepumper" skal defineres og PJ-potentialer skilles ad i det videre arbejde.

1.3 OMLÆGNING TIL VEDVARENDE ENERGI

En del af energiforbruget i fremstillingsvirksomheder og handel og servicesektoren vil kunne leveres af vedvarende energikilder direkte på virksomheden. Elementet om omlægning til vedvarende energi handler således om omlægning fra fossile brændsler til vedvarende energi direkte på virksomheden og ikke omlægning til ledningsført vedvarende energi, som fx CO2 neutralt fjernvarme m.m. Dog vil udnyttelse af biogas, som kan være ledningsført, være omfattet. Dette gælder ikke biogas, som er opgraderet til naturgasniveau.

Potentialet for omstilling til vedvarende energi i erhverv er vurderet af Viegand Maagøe for Energistyrelsen i ialt 5 rapporter ifm. etablering af tilskudsordningen "VE til Proces" i 2012 vedr.:

- Biomasse (afbrænding, forgasning)
- Fjernvarme
- Varmepumper
- Vindmøller
- M.m.

VE til Procesordningen

VE til procesordningen løb fra august 2013 til ultimo 2016. Ordningens formål var at yde tilskud til virksomheder, som omlagde deres procesenergiforbrug fra fossilt til vedvarende energi. Ordningen havde oprindeligt et budget på 3,75 mia. kr. og en forventning om at reducere det fossile energiforbrug med 16PJ, øge andelen af vedvarende energi med 1,1 % og reducere CO₂ udledningen med 1 mio. tons,

svarende til en reduktion på 1,5 %. Det var oprindeligt planlagt, at ordningen skulle løbe til udgangen af 2020, hvilket senere blev ændret til udgangen af 2021. Af forskellige politiske grunde stoppede ordningen med udgangen af 2016.

I puljens levetid blev der udbetalt ca. 1,2 mia. kr. i tilskud, og gennemført projekter som tilsammen medførte en reduktion i det fossile energiforbrug på ca. 7,2 PJ, med en øgning i forbruget af vedvarende energi på ca. 6,3 PJ og en reduktion i CO₂ udledningen på ca. 0,5 mio. tons. Der blev behandlet over 600 ansøgninger².

Projekterne der blev gennemført med tilskud fra ordningen, var primært konvertering fra kul, olie eller gas til biomasse. Især i landbruget blev der også givet en række tilskud til konvertering til varmepumper.

Da ordningen havde fokus på procesenergi, er der stort set kun givet tilskud til fremstillingsvirksomheder samt landbrug. Inden for handel & service er der et potentiale for konvertering til VE til fx rumvarme. Dette er især interessant uden for fjernvarmeområder.

Ovennævnte teknologinotater om grøn omstilling er også relevant ift. VE-området.

1.4 CCS/CCU

CCS er primært interessant for energiproduktionsanlæg, mens CCU henvender sig mere til industrirelæ. CCU er endnu en relativ ny teknologi, som fortsat har behov for udviklingsstøtte. Med CCU opsamles CO₂ fra industriprocesser og anvendes enten direkte i processen igen, transporteres til andre industrier, som kan anvende den eller oplagres i produkter, som fx bygningsmaterialer eller kemisk industri.

EU Kommissionen har medio 2019 offentliggjort en rapport om potentialet for CCS og CCU i Europa³. Potentialet for udnyttelse af CCU er bl.a. drøftet i rapporten. Det fremgår af rapporten, at CCU ikke indgår i nogle af IPCCs scenarier for at holde 1,5 grader scenariet. CCS indgår allerede i disse scenarier.

Det er ved mødet 9. oktober besluttet at lade CCS/CCU udgå som element i erhvervsomstillingen i det videre arbejde.

1.5 FREMSTILLING AF BÆREDYGTIGE PRODUKTER

Der kan gives flere eksempler på, at produkter produceres til ét højt kvalitetsniveau, selvom der kan være et marked for produkter med en anden kvalitet. Produkter som fremstilles i en til kunden mere tilpasset kvalitet med mindre CO₂-emissioner til følge, for eksempel:

- Cementklinker med tilsætning af calcineret ler – en mindre stærk type cement, som har meget lavere emissioner
- Asfalt med genbrugsasfalt (reference til projekt) sparer 30% af energien i produktionen
- Nitrogen i fødevarerindustrien ved separation af udeluft fremfor flydende i medicinsk kvalitet

Med elementet bæredygtige produkter forstås således produktion af produkter i en kvalitet, som er tilpasset kundens faktiske behov, og hvor der derigennem bliver mulighed for at producere med et lavere energiforbrug og en reduceret CO₂ udledning.

² Tallene er baseret på benyttede og gældende tilsagn pr. 4/8 2017. Der tages derfor forbehold for, at der kan komme tilsagn, der ikke realiseres inden der lukkes for udbetalinger den 31/12 2021.

Kilde: Notat fra Energistyrelsen om udbyttet af VE til proces. Energistyrelsen, 5. oktober 2017 [Det er ikke verificeret om denne kilde kan anvendes officielt...]

³ The potential for CCS and CCU in Europe REPORT TO THE THIRTY SECOND MEETING OF THE EU-ROPEAN GAS REGULATORY FORUM 5-6 JUNE 2019 COORDINATED BY IOGP https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/iogp_-_report_-_ccs_ccu.pdf

Det er vanskeligt umiddelbart at sætte økonomi og potentialer på, men det tekniske potentiale vurderes at være meget stort.

Der er for Energistyrelsen af COWI (af Peter Maagøe) i starten af 2000-tallet udarbejdet et idekatalog om "energiritige produkter".

1.6 ETABLERING AF SYMBIOSER PÅ TVÆRS AF VIRKSOMHEDER

Med symbioser forstås udveksling af materialestrømme og energi mellem virksomheder.

Det bedst kendte eksempel på industriel symbiose i Danmark er Kalundborg Symbiosen, hvor flere store virksomheder udnytter energi- og materialestrømme fra hinanden. Ift energi indeholder symbiosen i Kalundborg damp, el og fjernvarme, hvor fx overskudsvarme fra en partner bliver til fjernvarme hos en anden.

Copenhagen Economics har bl.a. udarbejdet en beskrivelse af nogle centrale symbioser i Danmark og vurderet deres økonomiske effekt ⁴.

Energimæssige symbioser er beskrevet i overskudsvarmerapporten henvist til ovenfor.

1.7 FREMME AF LØSNINGER INDENFOR CIRKULÆR ØKONOMI

Langt de fleste produktionsvirksomheder har processer, som omfatter et komplekst flow af materialer og ressourcer. Det er derfor afgørende, at der tænkes i helheder, hvis der skal opnås effektiviseringer. Det kan bl.a. cirkulær økonomi (tankegangen) sikre.

Elementet cirkulær økonomi vil her blive defineret ud fra fem centrale hovedområder:

1. Cirkulære råmaterialer: fokus på fornybare, genanvendelige eller biobaserede ressourcer.
2. Ressource genindvinding: fokus på at genindvinde og udnytte spild fra produktionen eller ressourcer fra udtjente produkter.
3. Forlænget levetid og cirkularitet: fokus på at give produkterne en længere levetid og at materialer kan genbruges.
4. Deling af produkter: fokus på at optimere indtjeningen på produkter med lavere brugsrate.
5. Produkt som service: fokus på produktet som kan omsættes til en serviceydelse, der f.eks. sælges på abonnementsvilkår.

Der er mange kilder, som beskriver cirkulær økonomi, herunder økonomiske og miljømæssige potentialer. Bl.a. har the Ellen MacArthur Foundation i 2015 udarbejdet en undersøgelse af potentialet for cirkulær økonomi i Danmark⁵. Undersøgelsen antyder, at Danmark frem mod 2035, ved at satse mere på cirkulær økonomi, vil kunne opnå en reduktion af CO2 udledningen på 3-7 % og reducere anvendelse af nye (jømfruelige) ressourcer med op til 50% på udvalgte materialer. Desuden antyder undersøgelsen, at Danmarks BNP vil stige med 0,8-1,4%, at der vil skabes 7-13.000 nye jobs og at nettoeksporten vil stige med 3-6%.

1. Ellen MacArthur: POTENTIAL FOR DENMARK AS A CIRCULAR ECONOMY

Se konklusioner på s14-15, der omtaler potentialer indenfor økonomi, CO2 reduktion og jobskabelse indenfor en række områder:

https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/government/20151113_DenmarkCaseStudy.pdf

⁴ <https://www.copenhageneconomics.com/dyn/resources/Publication/publicationPDF/1/421/1515678923/danmarks-industrielle-hotspot-14nov17.pdf>

⁵ https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/government/20151113_DenmarkCaseStudy.pdf

Denne rapport bliver iøvrigt hyppigt citeret, bla. af Dansk Industri [her](#)

2. McKinseys Rapport: "THE NEW PLASTICS ECONOMY - A Research, Innovation, and Business opportunity for Denmark"

Rapporten handler mest om, at undgå plastforurening, men der er også information om den CO₂, der udledes som følge af Danmarks plastproduktion og en inddeling af hvor den danske plast ender henne med tilhørende CO₂ udledninger. **Se figur 2, side 7**

[THE NEW PLASTICS ECONOMY A Research, Innovation, and Business opportunity for Denmark](#)

3. MUDP projekt om asfalt

Projekt udarbejdet af MST, Teknologisk Institut, YIT, asfaltindustrien, KL og Vejdirektoratet. Konklusionen er, at vi har genbrugt asfalt i de lavere grus-bærelag i mange år, men at vi sagtens kunne øge genanvendelsesandelen i de øvre bindelag og slidlag op til 25-30% med store økonomiske materialebesparelser (12%) og CO₂ reduktioner (14-22%) til følge.

<https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/10/978-87-93710-95-5.pdf>

4. Debatindlæg i Ingeniøren om koblingen mellem CO₂ reduktionen og cirkulær økonomi.

Langt indlæg, men han beskriver indholdet i de første par afsnit.

<https://ing.dk/blog/cirkulaer-oekonomi-del-nationers-virksomheders-klimastrategi-228997>

5. Regeringen CØ strategi.

CO₂ reduktioner behandles ikke rigtigt, men det er et katalog over relevante tiltag for DK.

https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/MFVM/Miljoe/Cirkulaer_oekonomi/Strategi_for_cirkulaer_oekonomi.pdf

2 FORESLÅEDE ELEMENTER

Der foreslås følgende struktur ift. videre vurdering af potentialer og omkostningseffektivitet:

1. Energieffektivisering
2. Elektrificering og varmepumper
3. VE til Proces (biomasse)
4. Bæredygtige produkter
5. Overskudsvarme til fjernvarme

I denne struktur omfatter "bæredygtige produkter" alt vedr. cirkulær økonomi, symbioser m.m. på nær at overskudsvarme ("energisybioser") er udskilt som sit eget element.

"Wording" og kommunikationsvenlighed af disse elementer skal drøftes og evt. elementer med lille potentiale eller med store udfordringer skal vurderes udeladt osv. i det videre arbejde.

Arbejdsnotat 3

PROJEKT:	Assistance til Klimarådet – Grøn omstilling i erhverv
EMNE:	Vurdering af potentialer for elementer i grøn omstilling i erhverv
DATO:	22.11.2019
TIL:	Ulla Blatt Bendtsen, Klimarådet Chris Agerfeld Svenning, Klimarådet Karsten Capion, Klimarådet
KOPI TIL:	-
FRA:	Peter Maagøe, Viegand Maagøe Carsten Glenting, Viegand Maagøe Jette Ellegaard Vejen, Viegand Maagøe Louise Hedelund Sørensen, Viegand Maagøe Christian Aage Lundsgaard, Viegand Maagøe

Nærværende arbejdsnotat 3 er udarbejdet som baggrund for det andet møde med Klimarådet den 6. november 2019 samt det tredje møde den 20. november 2019 og efterfølgende opdateret på en række områder. Notatet indeholder en vurdering af potentialet for de elementer i en grøn omstilling af erhvervs-livet (fremstillingsindustri og handel og service), som er blevet identificeret i Arbejdsnotat 2.

Notatet vil blive efterfulgt af flere arbejdsnotater, som tilsammen vil udgøre leverancen fra Viegand Maagøe til Klimarådet.

1 VURDERING AF POTENTIALET AF ELEMENTER I EN GRØN OMSTILLING I ERHVERV

I arbejdsnotat 2 er der blevet identificeret en række elementer, som vurderes at være væsentlige for den grønne omstilling i erhverv frem mod 2030. I dette arbejdsnotat 3 vil potentialet for de enkelte elementer blive vurderet. Der er tidligere udarbejdet analyser af potentialet for omstillingen i især industrien inden for de sidste 5-10 år. Vurderingen i dette notat baserer sig på disse tidligere analyser og en kvalitativ opdateret vurdering af potentialet, baseret på ændringer i rammevilkår og Viegand Maagøes generelle viden om udviklingen i erhverv.

Elementerne i en grøn omstilling, der behandles i dette arbejdsnotat, blev identificeret i arbejdsnotat 2, og er:

- Energieffektivisering
- Elektrificering og varmepumper
- Overskudsvarme til fjernvarme
- Biomasse og fjernvarme til proces
- Bæredygtige produkter

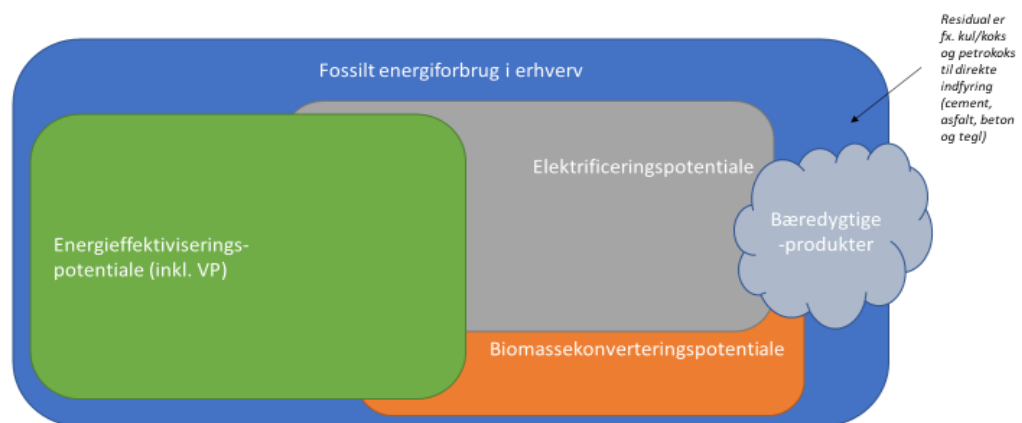
I det følgende diskuteres og vurderes det fremtidige potentiale for hvert element partielt. Der er en del overlap mellem de forskellige elementer, så den energimængde de hver især repræsenterer tilsammen udgør mere end det faktiske samlede energiforbrug i erhverv. I sammenfatningen nedenfor er der derfor

gennemført en prioritering af elementerne, så der tages højde for det overlap af energiforbrug de repræsenterer hver for sig.

1.1 SAMMENFATNING

En grøn omstilling i erhverv kan realiseres på mange måder, som til dels vil være afhængige af teknologiudvikling, økonomiske og andre rammebetingelser, politisk tiltag, som fx tilskudsordninger m.m. Potentialet for hver af de fem elementer, som er behandlet i dette notat, kan således ikke alle udnyttes fuldt ud, da de til dels vil omhandle det samme energiforbrug. Således kan fx olieforbrug til den samme proces ikke både elektrificeres og omstilles til biomasse. Samtidig vil omstilling til biomasse betyde, at der kommer et større potentiale for udnyttelse af fx overskudsvarme, som igen kan have indvirkning på udnyttelse af varmepumper. Endelig vil større fokus på bæredygtige produkter kunne have indflydelse på flere af potentialerne, idet fx der kan komme en reduktion i det egentlige produktionsbehov osv.

Denne afhængighed kan illustreres i denne figur:



Som det fremgår af figuren, vurderes det, at ikke al energiforbrug i erhverv vil kunne reduceres eller konverteres til grøn energi. Dette residual er fast fossilt brændsel som kul og koks, som bruges til direkte indfyrring i visse processer (fremstilling af cement, asfalt og tegl).

I nedenstående oversigtvurderingen af potentialer for elementer i grøn omstilling i erhverv er resultaterne af de partiale analyser af elementerne (afsnit 2-6) sammenfattet og prioriteret. Prioriteringen betyder, at der først og fremmest sikres gennemført de mulige energieffektiviseringer, således at det samlede energiforbrug reduceres mest muligt. Sammen med energieffektiviseringen vil der også blive foretaget en konvertering til anvendelse af varmepumper. Derefter forventes det, at der vil blive gennemført en omfattende elektrificering af energiforbruget, mens en mindre del af energiforbruget forventes omstillet til biomasse. Endelig forventes det, at der frem mod 2030 vil være et residual af fossilt brændsel til direkte indfyrring, som ikke kan reduceres yderligere eller omlægges til grøn energi. I analysen nedenfor er dette residual vurderet til at være ca. 12 PJ, men vil i høj grad fx afhænge af teknologiudviklingen¹ og øget fokus på bæredygtige produkter.

I den samlede oversigt i tabel 1, er der taget udgangspunkt i de nugældende rammebetingelser samt energiforbruget fordelt på hovedsektorer i Energistyrelsens energistatistik 2018, mens resultaterne fra de partiale analyser af elementerne er indført i den nævnte, prioriterede rækkefølge.

¹ Det anses for muligt, at der på mellemlang sigt kan blive produceret "biokoks" ud fra gyllefibre og slam fra spildevandsanlæg. Med den rette processering vil biokoks sandsynligvis helt eller delvist kunne erstatte eller supplere petrokoks.

Samfundsøkonomisk potentiale (10 års tilbagetalingstid eller mindre), korrigeret for additionalitet mellem tiltag									
	Energiforbrug (BF 2017)	Energi-effektiviserings-potentiale		Elektrificering	Overskuds-varme til ekstern anvendelse	Biomasse (brændselskift og udnyttelse af kondenseringsvarme)		Energiforbrug og eksport efter energieffektivisering, elektrificering og biomassekonvertering	
		Total	Total - Direkte			Total - Varme-pumpe	Total	Eksport til FJV	Total forbrug	Heraf fossilt
	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ
Fremstillingsvirksomhed	91,1	16,1	13,0	10,3	8,0	4,9	0,7	46,9	12,0
Konverterings- og nettab	5,9	1,0	1,3	1,2		0,3		2,0	0,6
Tung proces	12,1	2,1		2,5		1,7		5,8	3,9
Øvrig proces	35,7	6,3	8,1	6,0		2,8		12,5	7,5
Produktionsmaskiner	9,5	1,7						7,8	-
Forsyningsanlæg (el)	13,4	2,4						11,1	-
Arbejdskørsel	0,8	0,1		0,6				0,0	-
Rumvarme	10,6	1,9	3,6					5,1	-
Komfortkøling og ventilator	2,5	0,4						2,1	-
It og elektronik	0,6	0,1						0,5	-
Handel og service	58,9	2,6	5,1	1,3				49,9	-
Konverterings- og nettab	0,7	0,0		0,6				0,2	-
Tung proces	-							-	-
Øvrig proces	2,1	0,1		0,6				1,4	-
Produktionsmaskiner	1,3	0,1						1,3	-
Forsyningsanlæg (el)	15,1	0,7						14,5	-
Arbejdskørsel	0,1	0,0		0,1				-	-
Rumvarme	29,0	1,3	5,1					22,6	-
Komfortkøling og ventilator	5,8	0,3						5,5	-
It og elektronik	4,7	0,2						4,5	-

Note: Antaget at olie og naturgasforbrug til rumopvarmning i handel og service kan erstattes af VP

Note: Residualen for fossilt brændstof er kul/koks og petrokoks til direkte indfyring (cement, asfalt, beton og tegl)

Tabel 1. Sammenfatning af potentialet for elementerne i grøn omstilling i erhverv. En detaljeret tabel er indeholdt i Appendiks A.

En omsætning af disse PJ-potentiale til CO₂-reduktion kan ske ved at inddrage brændselsfordelingen på hovedanvendelser som opgjort i Appendiks A².

Den samlede fossile residual omfatter processer med direkte indfyring af brændsel i produktionsprocessen (fx cement, glas m.m.). I disse sektorer vil nye processer og produkter samt industrielle symbioser helt eller delvist kunne reducere denne residual.

En direkte sammenstilling med fremskrivningen af det endelige energiforbrug i erhverv i 2030 baseret på Energistyrelsens basisfremskrivning 2019 vil forudsætte en analyse af i hvilken udstrækning ovenstående elementerne i en grøn omstilling allerede er afspejlet i denne.

Potentialeanalysen for de enkelte elementer i grøn omstilling i erhverv gennemgås i det følgende. En oversigtstabel (detaljeret version af tabel 1) er indeholdt i Appendiks A.

2 ENERGIEFFEKTIVISERING

Den seneste større potentialeopgørelse af energibesparelser i erhverv, er udarbejdet af COWI for Energistyrelsen 2015³. Tabel 2 nedenfor er en sammenfatning af dette potentiale opgjort på slutanvendelser.

Potentialet er opgjort som virksomhedsøkonomiske potentialer med tilbagebetalingstider på hhv. 2, 4 og 10 år, det vil sige besparelsepotentiale, som virksomhederne oplever dem med gældende energipriser og afgiftsregler (tabellen er for eksempel udarbejdet før udfasning af PSO-afgift blev besluttet).

² I tabel 3 i nærværende notat er energisparepotentiale opgjort på hovedområder og slutforbruget af energi for hver af disse er opgjort i Appendiks A. I vurdering af energisparepotentiale for områder med brug af flere energiarter er der dog ikke konkluderet hvordan brændselsfordelingen er for besparelser.

³ Kortlægning af energisparepotentiale i erhvervslivet, slutrapport, COWI, juni 2015.

En vurdering af et langsigtet energisparepotentiale udover en tilbagebetalingstid på 10 år er ikke udarbejdet og vurderes vanskeligt at definere på en brugbar måde. Teoretisk set kan erhvervslivets energiforbrug med "uendelige investering" nok nedbringes til 20% af det nuværende energiforbrug, men det vil selv sagt indebære en fuldstændig udskiftning af produktionsapparat og tilhørende forsyningsanlæg.

	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>Heraf 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%

Tabel 2. Sammenfatning af energisparepotentiale⁴ i COWI-rapport 2015 (2012-forbrug)

Energisparepotentialerne er i tabel 2 opgjort fælles for fremstillingsindustri og handels- og servicesegmentet, altså uden at skele til forskelle i potentialer og tilbagebetalingstider i disse to hovedbrancher eller store hhv. små virksomheder m.v.

Ift. potentiale for de enkelte slutanvendelser har analysen opgjort potentialer for særlige, tværgående indsatser, herunder overskudsvarme/procesintegration, som bl.a. angår anvendelse af varmepumper til proces- og rumvarmeformål internt på virksomhederne.

Potentialet for "overskudsvarme/procesintegration" overlapper med potentialet for "elektrificering og varmepumper" beskrevet nedenfor og skal derfor korrigeres ud af tabel 2 ovenfor (se nedenfor):

- Det vurderes at 2/3 af "overskudsvarmepotentialet" (ca. 3.000 PJ/år af de 4.514 PJ/år med tilbagebetalingstid på 4 år) er relateret til brug af interne varmepumper som udnytter spildvarme mellem processer eller overskudsvarme fra processer til rumvarmeformål – dette potentiale er i dette notat også beskrevet under "elektrificering og varmepumper" og skal altså trækkes ud af energisparepotentialet ovenfor.

Handels- og service-segmentet vurderes at stå for 20% af varmepumpepotentialen.

Dette potentiale vil i dette notat blive beskrevet under elementet "elektrificering og varmepumper" og skal altså delvist trækkes ud af potentialerne i tabel 2 ovenfor.

⁴ Det forekommer forkert at der i COWIs potentialeopgørelse ikke angives energisparepotentiale for "rumvarme" og "brænding" med tilbagebetalingstider på 2 og 4 år – specielt rumvarmeområdet er stort og med mange relativt billige energisparemuligheder.

I det videre arbejde i dette notat er det desuden relevant at dele potentialet for energieffektivisering mellem produktionserhverv og handel og service. Det er beskrevet nedenfor, hvilke tiltag der er gjort, for at justere data i COWIs rapport, så de kan deles mellem de to hovedsektorer og desuden omregnes, så de omfatter sektorernes samlede energiforbrug.

Da forholdet mellem samlet slutfordbrug i produktionserhverv hhv. handel- og service for 2012-forbrug er ca. 60:40 og da realisering af energibesparelser i handel og service er dyrere end i produktionserhverv, kan korrektion af potentialernes %-fordeling på hhv. produktionserhverv og handel og service skulle multipliceres med en faktor 1,2 for at ramme produktionserhverv mere præcist og en faktor 0,8 for at ramme H&S-mere præcist⁵.

Dette er relativt grove betragtninger, som ikke desto mindre svarer godt overens med Viegand Maagøes (og andres) erfaringer, da det er relativt dyrere at realisere energisparepotentialer i handel og service end i produktionserhverv. Dette underbygges også af resultaterne af Energistyrelsens Status på Energisyn 2017⁶.

COWIs potentialeopgørelse udelader en del af erhvervslivets energiforbrug. Det drejer sig om energiforbrug til anden procesvarme (over og under 150 C), øvrige elmotorer, smeltning/støbning, destillation og andre el-anvendelser. Desuden er energiforbruget til ekstern transport heller ikke medtaget. For at kunne opskrive potentiale vurderingen til at omfatte hele energiforbruget og for overskuelighedens skyld, har vi derfor lagt en del af slutanvendelserne sammen, idet det er vurderet, at energisparepotentialet for de sammenlagte slutanvendelser er af samme størrelsesorden rent procentvist. Energiforbruget til ekstern transport er fortsat ikke medtaget.

For de slutanvendelser i afsnittene nedenfor, omfatter grupperingerne følgende sammenlægninger:

- Tung proces: "brænding/sintring", "smeltning" og anden procesvarme over 150 C, dvs. først og fremmest brænding af cement
- Øvrig proces: en række enhedsoperationer som opvarmning/kogning, inddampning, tørring og destillation, herunder også "processer under 150C" og varmepumpers energiforbrug.
- Produktionsmaskiner: omfatter først og fremmest diverse elmotorer og desuden hydraulik og anden el-anvendelse.
- Forsyningsanlæg (el): belysning, pumpning, køl/frys (ekskl. rumkøling), blæsere og trykluft.

2.1 ENERGISPAREPOTENTIALET I FREMSTILLINGSVIRKSOMHEDER

Energisparepotentialer opgjort af COWI i 2015 er i nedenstående tabel 3 omregnet, så det kun dækker fremstillingsvirksomheder og medtager hele energiforbruget for fremstillingsvirksomheder i 2012, jf ovenfor⁷.

Slutanvendelse	Samlet energiforbrug (2012)	Besparelsespotentiale %			Besparelsespotentiale TJ		
	TJ	2	4	10	2	4	10
Konverterings- og nettab	5.031	2,9	6,2	10,4	145	314	525
Tung proces	12.286	0,0	0,0	13,2	-	-	1.622
Øvrig proces	35.355	9,3	16,1	33,5	3.283	5.681	11.853
Produktionsmaskiner	9.468	9,6	20,6	40,1	909	1.954	3.795
Forsyningsanlæg (el)	13.443	19,2	29,7	62,2	2.578	3.987	8.355

⁵ Denne "skalering" af potentialerne er sket ud fra en evaluering af lovpligtige energisyn, som har vist at energibesparelser i handels- og servicesektoren er betydeligt dyrere at realisere end energibesparelser i fremstillingserhverv. Ift. at fastholde potentialerne i COWI-rapporten er det valgt at sætte potentialet for fremstillingserhverv op og reducere potentialet i handels- og serviceerhverv.

⁶ Status på Energisyn 2017, Energistyrelsen 28/02/2018

⁷ Energisparepotentialer for ikke tidligere medtagne teknologier er antaget at være lig gennemsnittet for de medtagne i COWI-rapporten

Arbejdsførsel	939	7,7	7,7	7,7	72	72	72
Rumvarme	10.738	0,0	0,0	17,9	-	-	1.920
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	2.531	25,0	33,6	46,2	632	849	1.170
It og elektronik	621	0,1	1,1	5,0	0	7	31
Sektorens forbrug og potentialer	90.413	8,4	14,2	32,5	7.622	12.869	29.353

Tabel 3. Energisparepotentialer 2012 i produktionserhverv⁸, sammenlagt på færre slutanvendelser⁹

Af det samlede potentiale på 7,622 PJ/år, 12,869 PJ/år og 29,353 PJ/år med henholdsvis 2, 4 og 10 års tilbagebetalingstid skal varmepumpeandelen (80% for industri) i dette notat fratrækkes hhv. ca. 1 PJ/år, 2,4 PJ/år og 6,7 PJ/år, da dette behandles i afsnittet om "elektrificering og varmepumper" nedenfor.

2.1.1 Energisparepotentialet fremskrevet til 2017/2020 for fremstillingsvirksomheder

Siden potentialeopgørelsen i 2015 er der ændret på rammebetingelser, som energipriser og afgifter, og der er desuden gennemført en del energibesparelser hos virksomhederne, ligesom nye er kommet til. Endelig er det sket en teknologiudvikling, og generelt udskiftning/nedslidning af anlæg, som delvist realiserer energisparepotentialer, delvist giver nye potentialer.

Samlet set vurderes det¹⁰, at potentialet for energibesparelser i produktionserhverv (basisår 2017, rammebetingelser og teknologi 2020) kan opgøres som det fremgår af tabel 4 nedenfor.

Slutanvendelse	Samlet energiforbrug	Besparelsespotentiale %			Besparelsespotentiale TJ		
	TJ	2	4	10	2	4	10
Konverterings- og nettab	5.902	1,5	3,3	7,4	90	195	435
Tung proces	12.076	-	-	11,3	-	-	1.366
Øvrig proces	35.739	7,2	12,5	34,8	2.580	4.465	12.422
Produktionsmaskiner	9.456	4,8	10,3	26,7	453	974	2.521
Forsyningsanlæg (el)	13.425	6,4	9,9	27,6	856	1.325	3.701
Arbejdsførsel	782	7,7	7,7	7,7	60	60	60
Rumvarme	10.612	-	-	13,9	-	-	1.475
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	2.528	12,5	16,7	30,7	315	423	777
It og elektronik	621	0,0	0,5	3,3	0	3	21
Sektorens forbrug og potentialer	91.141	4,8	8,2	25,0	4.356	7.446	22.779

Tabel 4. Korrigerede energisparepotentialer 2017/2020 for fremstillingsvirksomheder.

Det ses at det samlede potentiale med 10 års tilbagebetalingstid er lavere end opgjøret i COWI 2015-rapporten, hvilket også gælder potentialerne med 2 og 4 års tilbagebetalingstid. Det skyldes bl.a. at der pågår en væsentlig energispareindsats under Energiselskabernes energispareindsats og de lavere energipriser. Ligeledes er der sket et relativt større fald for elforbrugende anlæg end for varmeforbrugende

⁸ Det skal igen bemærkes at energisparepotentialer på "0" for "tung proces" og "rumvarme" forekommer misvisende

⁹ Indeholdt i potentialet er en række tværgående indsatsområder som ikke opgøres her.

¹⁰ Denne korrektion er oprindeligt foretaget i arbejdsnotater for Dansk Energi, men hér tilpasset seneste forbrugsdata for 2017

processer som følge af, at der har været relativt større fald i elprisen sammenholdt med potentialerne opgjort i 2015-rapporten.

Korrektionerne er baseret på fremskrivning af rammevilkår med Energistyrelsens basisfremskrivning, vurdering af den hidtidige energispareindsats og teknologiudvikling er baseret på status for energiselskabernes spareindsats¹¹, status for den obligatoriske energisynsordning for store virksomheder, samt Viegand Maagøes erfaringer og vurdering.

Ift. COWI-2015-rapporten er energisparepotentialerne for 2012 for erhverv justeret fra hhv. 7, 11 og 25% i erhverv generelt til 8,4; 14,2 og 32,5% for fremstillingsvirksomheder. Som følge af ændringer af rammevilkår, de besparelser der er gennemført samt den teknologiske udvikling, er potentialerne nedjusteret til hhv. 4,8; 8,2 og 25% i 2020.

2.1.2 Energisparepotentialer fremskrevet til 2030 for fremstillingsvirksomheder

Ved fremskrivning af energisparepotentialer i fremstillingsvirksomheder til 2030 er der en række forhold som skal tages i betragtning:

- Aftaleordning (den nuværende PSO-ordning) for store virksomheder vil sætte visse ting i stå efter 2020 – ordningen har i forvejen været mindre effektiv end tidligere gennem de sidste 5 år som følge af at virksomhederne har skåret deres organisationer til og at ordningen er blevet administreret løsere.

Det er i 2018 godtgjort (evaluering af aftaleordningen) at der spares 2,4-3,3 PJ pr. aftaleperiode (3-årig), svarende til ca. 5% af de deltagende virksomheders eget energiforbrug og 2,5-3,9% af fremstillingsvirksomhedernes energiforbrug og ca. 0,4 % af Danmarks samlede energiforbrug. Det vurderes at der er en additionalitet på 40-50%, dvs. ca. halvdelen af besparelserne kan tilskrives ordningen direkte.

- Ophørt energisparetilskud (Energiselskabernes spareindsats) efter 2024 vil sætte ting i stå – tilskud er traditionelt en stærk driver ift. virksomhedernes energisparetiltag, selvom der er en vis "freerider"-effekt (50%).
- Teknologisk udvikling accelererer ift. at skabe flere bæredygtige løsninger og giver nye muligheder (big data, instrumentering og styring, reduktion af standby m.m.).
- Stigende kvotepriser medfører at der er større potentialer/interesse i at effektivisere tung proces – de seneste mange år har det økonomiske incitament på dette område været begrænset – og konkret arbejder store virksomheder, som Aalborg Portland, med mange forskellige muligheder for at reducere CO2-emissioner, herunder forbruget af kul.
- Udskiftninger af anlæg vil delvist eliminere potentialer, delvist indføre nye potentialer¹². Det opleves til stadighed at virksomheders fokus på at minimere omkostninger medfører at nyanlæg etableres i "skrabet" udgave ift. energimæssig "best practice".
- En begyndende elektrificering må forventes at være påbegyndt, hvilket dels betyder en forbrugsforskydning fra brændsler til el, dels betyder et faldende energiforbrug for den andel af elektrificeringen som angår brug af varmepumper.

¹¹ Status for energiselskabernes energispareindsats 2018, Energistyrelsen, 9. juli 2019.

¹² Det er i tidligere potentialeberegninger lagt til grund at af størrelsesordenen 10% af erhvervslivets energiforbrugende udstyr udskiftes årligt, hvilket dog er et meget sammensat tal – for eksempel vil energitunge processer have meget lang levetid. Men overordnet skal forhold som nedlægning/udflytning af produktion m.m. medregnes

- Ligeledes kan det forventes, at den begyndende omstilling af virksomhedernes energiforsyning til at være "grøn", enten ved brug af biomasse og/eller biogas eller ved øget brug af varmepumper, som led i virksomhedernes strategiske niveau vil være stigende og dermed vil betyde en stærkt stigende interesse for grøn omstilling.
- Ændringer i energipriser og afgifter vil være afgørende for især omstillingshastigheden. Men der er ikke muligt i dette notat, at vurdere udviklingen i energipriser og afgifter ud over det der er lagt til grund i Energistyrelsens basisfremskrivning.

Ift. 2020-potentialerne præsenteret i tabel 4 ovenfor (%-tal) vurderes det at følgende korrektioner bør gøres ift. at præsentere 2030-potentialerne:

- Forbruget af brændsler vil være svagt faldende, både for "tung" og "øvrige" proces samt for kedel- og konverteringstab. Men selve energisparepotentialet vurderes %-mæssigt at være uforandret, idet der er mange faktorer som trækker den ene eller anden vej.
- Forbruget af elektricitet vil være stigende, og potentialet for at realisere besparelser vil være stigende som følge af teknologisk udvikling og som følge af, at virksomhedernes fokus på "elbesparelser" vil være udfordret af mange andre dagsordener relateret til "grøn omstilling".

2.2 ENERGISPAREPOTENTIALET I HANDEL OG SERVICE

Som for fremstillingsvirksomheder ovenfor kan også energiforbrug og energisparepotentialet for handel og service udskilles separat fra COWI's opgørelse i 2015 og opgøres over hele energiforbruget for branchen. I COWI's opgørelsen fra 2015 medregnes kun privat handel og service, hvorfor offentlig service er trukket ud af det samlede energiforbrug for hovedsektoren.

Slut anvendelse	Samlet energiforbrug (2012) TJ	Besparespotentiale %			Besparespotentiale TJ		
		2	4	10	2	4	10
Konverterings- og nettab	763	1,9	4,2	7,0	15	32	53
Tung proces	-	-	-	8,8	-	-	-
Øvrige proces	2.074	6,2	10,7	22,4	128	222	463
Produktionsmaskiner	1.280	6,4	13,8	26,7	82	176	342
Forsyningsanlæg (el)	14.694	12,8	19,8	41,4	1.878	2.906	6.089
Arbejdskørsel	133	5,1	5,1	5,1	7	7	7
Rumvarme	29.055	-	-	11,9	-	-	3.463
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	5.604	16,7	22,4	30,8	934	1.254	1.727
It og elektronik	4.547	0,0	0,7	3,3	2	32	151
Sektorens forbrug og potentialer	58.150	5,2	8,0	21,2	3.047	4.632	12.305

Tabel 5. Korrigerede energisparepotentialer 2012 for handel- og service¹³.

Det ses at potentialerne er nedjusteret noget som følge af at H&S-tilbagebetalingstiderne generelt vurderes at være længere end for potentialerne i produktionserhverv.

¹³ Det bemærkes igen at det forekommer misvisende at energisparepotentialer for "rumvarme" er sat til 0 med tilbagebetalingstider under 4 år. Specielt inden for handel- og service er der mange rumvarmeinstallationer som aldrig er blevet optimeret pga. manglende ressourcer og indsigt i mulighederne blandt mindre virksomhederne.

Fradrag fra varmepumper (20% af erhvervspotentialet for varmepumper) vurderes at være hhv. 0,3, 0,6 og 1,7 PJ/år med 2, 4 og 10 års tilbagebetalingstid. Dette potentiale behandles nedenfor under elektrificering og varmepumper.

2.2.1 Energisparepotentialet fremskrevet til 2017/2020 for handel og service

Potentialet fra 2015 kan fremskrives til 2020, når det korrigeres for den generelle udvikling i energipriser og afgifter, samt sektorudviklingen og den teknologiske udvikling. Desuden må der tages højde for de energibesparelser der allerede er gennemført, fx gennem energiselskabernes energispareordning og energisyn af store virksomheder, som også beskrevet ovenfor for fremstillingsvirksomheder.

Slut anvendelse	Samlet energiforbrug (2017)	Besparelsespotentiale %			Besparelsespotentiale TJ		
	TJ	2	4	10	2	4	10
Konverterings- og nettab	744	1,1	2,5	5,5	8	18	41
Tung proces	-	-	-	6,3	-	-	-
Øvrig proces	2.145	5,4	9,3	19,4	115	200	417
Produktionsmaskiner	1.317	4,5	9,8	19,0	60	129	250
Forsyningsanlæg (el)	15.125	6,1	9,4	19,6	916	1.417	2.969
Arbejdskørsel	103	5,1	5,1	5,1	5	5	5
Rumvarme	29.018	-	-	7,8	-	-	2.254
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	5.768	11,8	15,9	21,9	683	917	1.263
It og elektronik	4.681	0,0	0,5	2,4	1	24	110
Sektorens forbrug og potentialer	58.903	3,0	4,6	12,4	1.791	2.714	7.320

Tabel 6. Energisparepotentiale 2017/2020 for privat handel og service, korrigeret for udviklingen i energipriser, afgifter, teknologisk udvikling samt energispareindsatsen siden 2015.

Det ses at de endelige potentialer i 2020 er nedjusteret betydeligt ift. potentialerne opgjort i COWI-2015-rapporten – fra hhv. 7, 11 og 25% til hhv. 3; 4,6 og 12,4% for privat handel og service.

2.2.2 Energisparepotentialet fremskrevet til 2030 for handel og service

Ved vurdering af energisparepotentialet fremskrevet til 2030 skal de samme forhold, som gennemgået ovenfor under fremstillingsvirksomheder, tages i betragtning.

Dertil skal det medregnes i overvejelserne om fremskrivningen, at der i handel og service anvendes langt mere el og at en større andel af eller hele det energiforbrug, der i dag er dækket af fossile brændsler, sandsynligvis vil kunne elektrificeres. Det gælder fx energiforbrug til madlavning og småproduktion.

For handel og service gælder desuden, at hele energiforbruget til rumvarme teknisk set kan omlægges til el (enten direkte eller via varmepumper) eller fx biomasse. Om dette er realistisk frem mod 2030 vil i høj grad være et spørgsmål om energipriser og afgifter på fx rumvarme.

Med introduktion af fx store datacentre vil der ske en væsentlig stigning i det samlede energiforbrug inden for handel og service. Dette energiforbrug vil primært være et øget el-forbrug, som dog igen vil kunne have indflydelse på fx fjernvarmeproduktionen, hvis udnyttelse af overskudsvarme fra datacentre udnyttes.

3 ELEKTRIFICERING OG VARMEPUMPER

3.1 ELEKTRIFICERING

Elektrificering dækker bredt over teknologier som muliggør omstilling fra brændsel til elektricitet. Der skal i den forbindelse skelnes mellem fremstillingsindustrien og handel & serviceerhvervene.

Overordnet er det vigtigt at "elektrificering" rent økonomisk ses som flere typer indsatser:

- Varmepumper, hvor der pga. "COP" og energipriser kan opnås en økonomisk fordel og beregnes en regulær "business case" med en tilbagebetalingstid.
- Elkedler, hvor der periodevist kan opnås billige varmepriser (overløbsstrøm), men størstedelen af året er tale om en dyr opvarmningsform.
- Elteknologier, hvor nye produktionsmetoder (for eksempel mikrobølgeassisteret tørring¹⁴) opnår en række produktionsmæssige fordele (hurtigere processer) med mindre varmetab

Sidstnævnte område er endnu relativt udviklingspræget og svært at generalisere på tværs af sektorer og slutforbrug af energi.

3.1.1 Elektrificering i fremstillingsindustrien

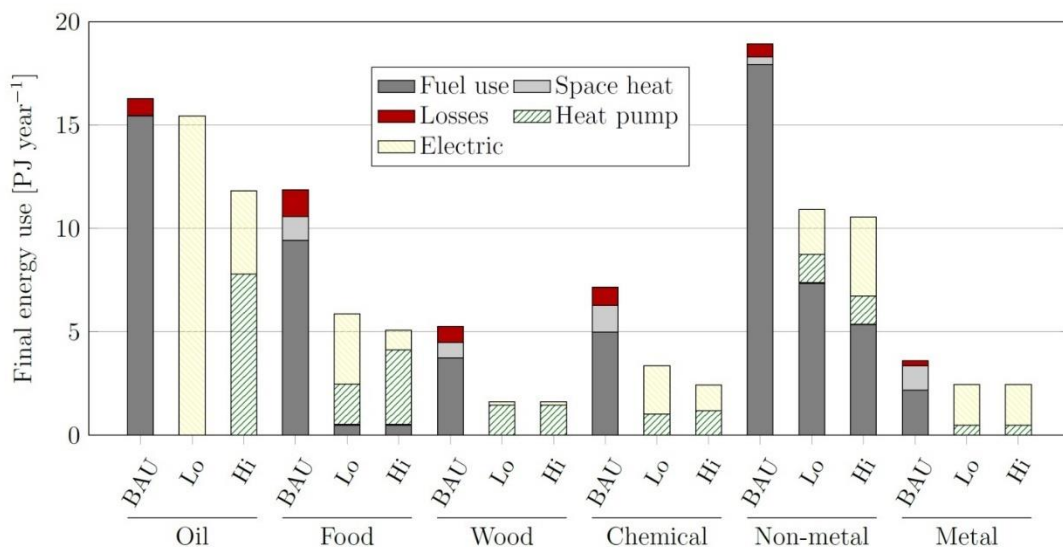
ELFORSK projektet ELID (Elektrificering af processer og teknologier i dansk industri, 2018-2020) så på muligheder, teknologier og potentiale for elektrificering i danske fremstillingsvirksomheder. Projektdelegerne var DTU, TI, VMAS, samt en række danske fremstillingsvirksomheder.

Specifikt blev der set på potentialer for minimering af energiforbruget ved termiske industrielle processer og udfordringer ved konvertering af industriel procesvarmeforsyning fra fossile brændstoffer til el-baserede teknologier i fremstillingsindustri. Hovedkonklusionen er, at store dele af dansk industri teknisk set kan elektrificeres med eksisterende teknologier.

I tillæg til brændselsskiftet kan elektrificering af processer reducere energiforbruget i virksomhederne (tab fra kedel elimineres, højere effektivitet ved el-opvarmning, anvendelse af varmpumper).

Nedenstående tabel viser det vurderede elektrificeringspotentiale. Det bemærkes at det residuale brændselsbehov ved fuld udnyttelse af elektrificeringspotentialet er af størrelsesorden 6-8 PJ (helt overvejende fra non-metal). Der er her tale om processer med direkte indfyring af brændsel i produktionsprocessen – fx cement, glas m.m.

¹⁴ Der gennemføres aktuelt forsøg med at brug mikrobølger til tørring af for eksempel tegl – hvilket nedsætter tørreprocessens varighed og reducerer varmetab fra tørreproces betydeligt. Tilsvarende er (måske) muligt i bageprocesser, færdigret-fremstilling m.m. – men det er erfaringsmæssigt svært at bruge resultater fra et produkt til et andet pga. produktmæssige afhængigheder.

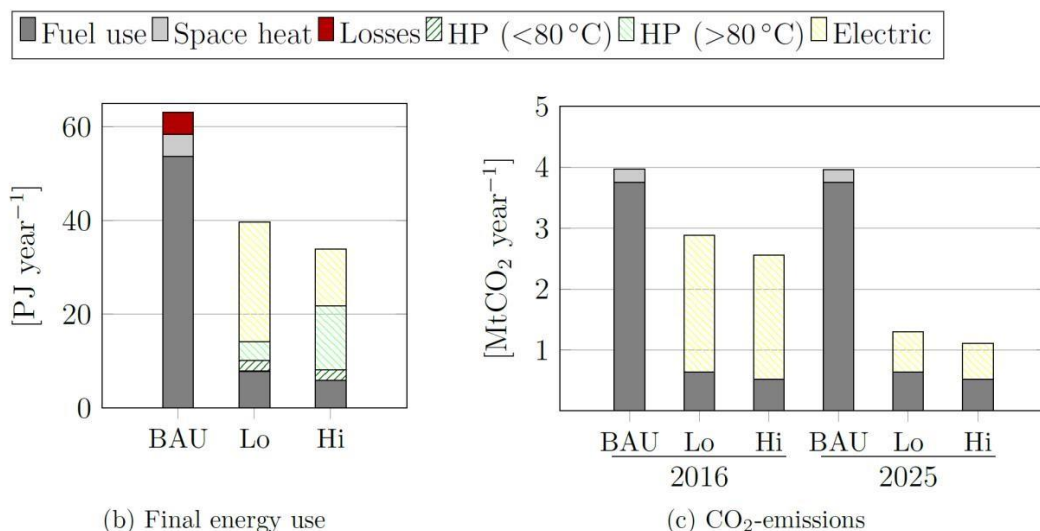


Figur 2: Elektrificeringspotentialet i danske fremstillingsvirksomheder (2025)

Notation: Lo: Eksisterende teknologier og lav varmepumpe potential; Hi: Ny teknologier og høj varmepumpe potential.

Kilde: Elektrificering i industrien, DTU, 9 marts 2019

Det samlede reduktionspotentiale i energiforbrug og CO₂-emissioner ved elektrificering på tværs af fremstillingsindustrien er illustreret nedenfor. Det bemærkes at det resterende energiforbrug i fremstillingsindustrien ved ambitiøs elektrificering er i størrelsesordenen 35-40 PJ, hvoraf 6-8 PJ er brændsel og resten er elektrificeret direkte (28-12 PJ) eller gennem varmepumper (6-20 PJ).



Figur 3: Samlet reduktionspotentiale i energiforbrug og CO₂-emissioner ved elektrificering på tværs af fremstillingsindustrien.

Notation: Lo: Eksisterende teknologier og lav varmepumpe potential; Hi: Ny teknologier og høj varmepumpe potential.

Kilde: Elektrificering i industrien, DTU, 9 marts 2019

Endvidere kan elektrificering i industrien have en række fordele ud over de direkte energibesparelser (internationalt benævnt som non-energy benefits eller multiple benefits)¹⁵. På virksomhedsniveau kan

¹⁵ <https://www.iea.org/topics/energyefficiency/multiplebenefits/productivity-.html>

elektrificering øge produktkvalitet og produktionsmængde. På samfundsniveau kan elektrificering understøtte større fleksibilitet i elnettet og dermed integration af VE.

3.1.2 Den teknologiske udvikling indenfor lav-kulbrinte teknologier og processer i industrien – perspektiv mod 2030

Ovenstående vurdering er baseret på kendte elektrificeringsteknologier som er tilgængelige i markedet eller under udvikling. Eksempler indenfor forskellige slutanvendelser er:

- Procesvarme (varmepumper, elkedler, elektrokedler, damp-rekomprimering, elektromagnetisk)
- Tørring (impulstørring, slagstørring)
- Sterilisering / pasteurisering (højtrykssterilisering)
- Destillation / separering (filtrering, elektrostatisk, mekanisk)
- Bøgning / smeltning / støbning (elektromagnetisk, direkte / indirekte modstand, elektrisk lysbueovn, plasmaopvarmning, elektronstrålevarme)

Det bør samtidig bemærkes at det er et område med stigende forsknings- og udviklingsinteresse og at nye teknologier kan blive udviklet og kommerialiseret frem mod 2030.

I den forbindelse er det værd at notere, at den nye EU Innovation Fund bliver operationel i løbet af 2020. Fonden er kapitaliseret med ca. 10 mia. EUR (450 mio. EU ETS allowances samt overskydende midler fra NER300 programmet). Innovation Fund vil i perioden 2020-2030 støtte innovative demonstrationsprojekter indenfor VE, energilagring, CCS/CCU og lav-kulbrinte teknologier og processer i energiintensive industrier med op til 60%. Målet er at demonstrere innovative teknologier med et væsentligt CO₂ reduktionspotentiale og stort replikationspotentiale på Technology Readiness Levels fra TRL 6 (demonstreret i relevant miljø) til TRL 9 (fuld skala demonstration eller kommerciel fremstilling af nøgle teknologier).

Som nævnt ovenfor vil en del af energiforbruget i industrien ikke i dag kunne elektrificeres, heller ikke via varmepumpe eller anden teknologi, da der anvendes processer med direkte indfyring af brændsel i produktionsprocessen. Indenfor disse sektorer vil en række teknologier og processer være støtteberettigede under Innovation Fund. Det gælder f.eks. for cement og beton (nye lav-kulbrinte produkter), glas (electric furnaces, oxygen-fuel combustion, fuel switch to biofuels or low carbon hydrogen, non-carbonated materials or glass with lower melting temperature), samt kalk og tegl (electric furnaces and dryers, non-fired or low-fired products).

Det må forventes, at projekter støttet under Innovation Fund omkring 2030 begynder at have en effekt på energisparer-potentiale i de energiintensive industrier. Det må endvidere forventes, at der vil være danske virksomheder som deltager og derfor realiserer yderligere besparelser – allerede omkring 2030.

3.1.3 Elektrificering i Handel & serviceerhvervene

Inden for handel & service vil der typisk være tale om rumvarme, belysning og elektriske apparater. Ud af det samlede energiforbrug i handel & service (84,8 TJ i 2017) er 10,5 TJ fossilt brændstof (heraf 7,8 TJ naturgas og 1,9 TJ fyringsolie). Vi vurderer, at dette stort set helt vil kunne elektrificeres, evt. gennem en varmepumpe, eller i nogen tilfælde opkobling på eksisterende fjernvarmesystemer.

3.1.4 Elektrificering af intern transport

Intern transport på virksomheder og herunder brug af løfteudstyr vil generelt kunne elektrificeres med kendt teknologi.

3.2 INTERN UDNYTTELSE AF OVERSKUDSVARME – DIREKTE OG VIA VARME-PUMPER – OG PERSPEKTIVER FREM MOD 2030

Som det fremgår ovenfor, vil en del af omlægningen fra fossilt brændsel til el ske gennem varmepumper.

Rapporten "Analyse af muligheder for bedre udnyttelse af overskudsvarme fra industrien" (VMAS, 2013) indsamlede erfaringer med udnyttelse af overskudsvarme fra et stort antal virksomheder under Energi-styrelsens aftaleordning.

Den samlede tilgængelige mængde overskudsvarme blev opgjort til knapt 50 PJ, hvoraf størstedelen ligger i køletårne, mens procesanlæg har en overskudsvarmemængde i størrelsesordenen 6 PJ.

Hovedbranche	Samlet energiforbrug	Potentielle overskudsvarmekilder Processer	Potentielle overskudsvarmekilder Forsyningsanlæg
	[PJ]	[PJ]	[PJ]
A Landbrug, skovbrug og fiskeri	40,5	0,5	1,8
CA Føde-, drikke- og tobaksvarerindustri	29,8	1,9	13,4
CB Tekstil- og læderindustri	1,4	0,1	0
CC Træ- og papirindustri, trykkerier	9,8	1,1	0,4
CE Kemisk industri	7,5	0,3	2,4
CF Medicinalindustri	3,3	0,1	2,3
CG Plast-, glas- og betonindustri	21,1	1	1,2
CH Metalindustri	8,7	0,3	0,2
CI Elektronikindustri	1,1	0	0,1
CJ Fremst. af elektrisk udstyr	1	0	0,1
CK Maskinindustri	6	0,1	0,9
CL Transportmiddelindustri	1,6	0,1	0,1
CM Møbel og anden industri mv.	4	0,1	0,2
Handel og Service	74,1	0,6	18,2
Total	210	6	41

Tabel 7: Potentielle overskudsvarmekilder i erhvervslivet (DS 2011)

Det blev med udgangspunkt i de per 1. maj 2013 gældende rammebetingelser (se afsnit 1.3.4 nedenfor) vurderet at der er et potentiale for at udnytte overskudsvarme svarende til 9 PJ/år eller svarende til 8% af erhvervslivets brændsels- og fjernvarmeforbrug (fraregnet råstofindvinding, raffinaderier og bygge- og anlægssektoren) med simple tilbagebetalingstider op til 4 år. Det langsigtede potentiale ved en tilbagebetalingstid på op til 10 år blev vurderet til 25 PJ.

Af dette potentiale vil 5 PJ/år kunne anvendes internt til rumvarmeformål og opvarmning af varmt brugsvand, medens 4 PJ/år kan afsættes eksternt til fjernvarmeformål. Af det samlede potentiale vil langt størstedelen (6-7 PJ/år) skulle udnyttes via varmepumper, da langt størstedelen af erhvervslivets overskudsvarme i dag forefindes ved relativt lave temperaturer.

	Teknisk potentiale	Økonomisk potentiale ved op til 10 års tilbagebetalingstid	Økonomisk potentiale ved op til 4 års tilbagebetalingstid
	PJ/år	PJ/år	PJ/år
Direkte intern anvendelse (indeholdt under energisparepotentialer)	6-7	3	1
Intern udnyttelse via varmepumper	20	14	4
Direkte eksternt anvendelse	1	2	1
Eksternt udnyttelse via varmepumper (til fjernvarmeformål)	20	4	2
Udveksling mellem virksomheder		2	1

Total		25	9
-------	--	----	---

Tabel 8: Potentiale for udnyttelse af overskudsvarme (2013 vurdering)

Note: Kondenseringsvarme fra biomasse ikke medtaget (ikke "overskudsvarme" men spildvarme)

Ift. realisering af dette potentialer er der sket en væsentlig ændring af rammebetingelserne de senere år:

- Først og fremmest er PSO-afgiften under udfasning, hvilket gør varmepumper langt mere rentable og øger potentialet angivet i tabellen ovenfor.
- Elprisen er faldet siden potentialeopgørelsen i 2013, hvilket også øger potentialet pga. mere effektiv varmepumpedrift (dog er gasprisen også faldet)
- Potentialet angår i princippet ikke anvendelse af varmepumper til procesopvarmning (potentialeopgørelse handler kun om "overskudsvarme", hvilket principielt er dækning af rumvarmeformål), hvilket for eksempel er en god mulighed i mange fødevarerindustrier med spildvarme.

Potentialet for "intern udnyttelse via varmepumper" på 4 PJ/år hhv. 14 PJ/år med 4 og 10 års tilbagebetalingstid må vurderes at være noget højere i dag pga. det mere attraktive el-/gasprisforhold – dog betinget af, at der fortsat kan opnås tilskud til de nødvendige investeringer (mangler ordning efter 2024).

Det anbefales at arbejde med 2030-potentialer på 6 hhv. 15 PJ/år med hhv. 4 og 10 års tilbagebetaling.

4 OVERSKUDSVARME TIL FJERNVARME

Overskudsvarme til fjernvarme er den del af potentialet beskrevet ovenfor, som "går ud over hækken" til fjernvarmesystemet eller nærtliggende virksomheder med et varmebehov. Intern udnyttelse er behandlet under afsnittet om elektrificering og varmepumper.

Det økonomisk potentiale (direkte eller via varmepumper) blev ovenfor vurderet til 4 PJ ved op til 4 års tilbagebetalingstid og 8 PJ ved op til 10 års tilbagebetalingstid.

Denne vurdering var baseret på følgende rammevilkår for udnyttelse af overskudsvarme:

- Lempet elafgift på el til rumvarme fra 1. januar 2013 (herunder til eldrevne varmepumper også for erhvervsvirksomheder, herunder fjernvarmeleverandører)
- Forsyningssikkerhedsafgiften fra og med 1. februar 2013
- Varmepumper kategoriseres som energibesparelsetiltag (og ikke konvertering af energiart) i reglerne for energiselskabernes indberetning af energibesparelser fra varmepumpeprojekter
- Kvotelovgivningen gør det fra og med 2013 muligt for kvotevirksomheder at modtage gratiskvoter for den energimængde, der afsættes til fjernvarmeformål
- Kvoteprisen i 2013 (omkring 5 EUR/ton CO₂)
- Mulighed for at opnå økonomisk tilskud til overskudsvarmeprojekter under tilskudsordningen VE til proces.

4.1 PERSPEKTIVER FOR UDNYTTELSE AF POTENTIALET FOR OVERSKUDS- VARME TIL FJERNVARME FREM MOD 2030

Muligheden for udnyttelse af potentiale for overskudsvarme til fjernvarme er i væsentligt omfang påvirket af følgende ændringer i rammevilkår siden 2013:

- Kvotepriisen er steget fra 5 EUR/ton i 2013 til omkring 25 EUR/ton i 2019
- PSO-afgiften er under udfasning, hvilket forbedrer økonomien for varmepumper betydeligt.
- Elvarmeafgiften er lempet (både i forbindelse med Erhvervs- og Iværksætteraftalen fra efteråret 2017 og i forbindelse med Energifaftalen fra juni 2018)
- Ny overskudsvarmelovgivning er på vej, hvilket i høringsforslag tegner negativt for varmepumpeområdet, såfremt regler om begrænsninger i virksomheders "normalforrentning" af deres investeringer gennemføres.
- I Energifaftalen fra juni 2018 afsættes 100 mio. kr. årligt fra 2020 (2018-niveau)
- Aftale om øget udnyttelse af overskudsvarme (2019) indeholder:
 - o Omlæggelse af afgiftssatsen for overskudsvarme fra værdiafgiften på 33 pct. knyttet til vederlaget til en afgift på 25 kr./GJ (2018-priser) for både ekstern og intern overskudsvarme. Med initiativet reduceres overskudsvarmeafgiften for intern overskudsvarme i gennemsnit fra 35 kr./GJ til 25 kr./GJ (2018-priser).
 - o En afgift på 10 kr./GJ (2018-priser) for ekstern certificeret overskudsvarme, såfremt virksomheden vælger at indgå i en aftaleordning i form af certificering af virksomhedens energiledelsessystem
 - o Det præciseres i lovgivningen, at overskudsvarmeafgiften ikke kan anvendes ved egentlig varmeproduktion som fx kraftvarme, ligesom reglerne for udnyttelse af ekstern overskudsvarme i centrale fjernvarmeområder præciseres.
 - o Den afgiftsmæssige fordeling af el til varme og el til køling for maskiner, der samtidig køler og varmer, fordeles mere hensigtsmæssigt. Det vil give større klarhed om afgiftsbetalingen for særlig varme produceret ifm. supermarkeders kølediske mv. Det forventes, at det for langt størstedelen af anlæg vil medføre, at der ikke vil skulle betales overskudsvarmeafgift.
- Tilskudsordning (Energiselskabernes Energispareaftale) falder bort efter 2020 og der er pt. ikke kendte planer om en ny tilskudsordning, hvilket delvist vil være en "show-stopper", da mange projekter i dag er stærkt afhængige af tilskud. Samtidig forventes det, at der vil blive realiseret rigtig mange overskudsvarmeprojekter frem til udløbet af Energispareaftalen i 2020 pga. attraktive tilskud (op til 40% af investeringerne dækkes af tilskud).
- Udbygningen af de store datacentre medfører meget store nye tekniske potentialer for varmepumpedrift oven i 2013-potentialeopførelsen og da temperaturerne i datacentre gradvist stiger pga. udviklingen i serverteknologi bliver potentialet mere og mere økonomisk attraktivt.

I 2030 vil potentialet for ekstern udnyttelse af overskudsvarme med god tilnærmelse være uændret set med 4 års tilbagebetalingstid medens potentialet med på til 10 års tilbagebetalingstid formentlig vil være steget til op mod 12 PJ/år pga. datacentrene.

Dette potentiale er dog betinget af at der fortsat kan opnås tilskud (udløber 2020) og at den nye lovgivning ikke lægger restriktioner på varmeprisen (tanken om "normalforrentning").

5 BIOMASSE OG FJERNVARME TIL PROCES

Når man ser på potentialet for omstilling til biomasse eller fjernvarme i erhverv, er det nødvendigt at skelne mellem procesenergi og ikke-procesenergi, da det realistiske potentiale vil være betinget af rammebetingelserne, bl.a. energifgifter og mulighederne for at afløfte disse for erhvervslivet. Der er således mulighed for at afløfte en væsentlig del af energifgiften på energi til proces, mens dette ikke er muligt, for energi til andre formål. Andre formål er fx rumvarme, som udgør en væsentlig del af handel og serviceerhvervets termiske energiforbrug. Det er således også relevant her at skelne mellem fremstillingsvirksomheder og handel & service.

5.1 POTENTIALET I FREMSTILLINGSVIRKSOMHEDER – OG MED PERSPEKTIV FREM MOD 2030

I periode 2013-2016 blev der gennem VE til procesordningen, givet tilskud til virksomheder, som omstillede deres procesenergiforbrug fra fossilt til vedvarende energi eller fjernvarme.

Potentialet for omstilling af procesenergi i erhverv er vurderet af Viegand Maagøe ifm etablering af VE til procesordningen i 2013¹⁶ og efterfølgende opdateret i 2015¹⁷. I 2013 blev det vurderet, at potentialet for at erstatte virksomhedernes fossilt baserede procesenergi til vedvarende energikilder, primært biomasse, var ca. 45 PJ/år. Opdateringen i 2015 vurderer, at potentialet var ca. 42 PJ/år, hvoraf ca. 34-35 PJ/år til traditionelle biomassekedler, varmepumper, sol og fjernvarme. Der er her talte om det tekniske potentiale, mens det faktisk realistiske potentiale er noget mindre, nemlig 15-25 PJ/år. I dette er der taget hensyn til den forventede udvikling i især brændselspriser for fossile brændsler. De meget billige brændselspriser betyder, at det ikke i så høj grad bliver rentabelt og dermed umiddelbart interessant for virksomhederne at omlægge til vedvarende energi.

VE til procesordningen havde oprindeligt et budget på 3,75 mia. kr. og et mål om at reducere det fossile energiforbrug med 16PJ, øge andelen af vedvarende energi med 1,1 % og reducere CO₂ udledningen med 1 mio. tons, svarende til en reduktion på 1,5 %. Det var oprindeligt planlagt, at ordningen skulle løbe til udgangen af 2020, hvilket senere blev ændret til udgangen af 2021. Af forskellige politiske grunde stoppede ordningen dog med udgangen af 2016.

I puljens levetid blev der udbetalt ca. 1,2 mia. kr. i tilskud, og gennemført projekter, som tilsammen medførte en reduktion i det fossile energiforbrug på ca. 7,2 PJ/år, med en øgning i forbruget af vedvarende energi på ca. 6,3 PJ/år og en reduktion i CO₂ udledningen på ca. 0,5 mio. tons. Der blev behandlet over 600 ansøgninger¹⁸.

Projekterne der blev gennemført med tilskud fra ordningen, var primært konvertering fra kul, olie eller gas til biomasse. Især i landbruget blev der også givet en række tilskud til konvertering til varmepumper. Desuden udgør 2,1 PJ af de 7,2 PJ af konvertering fra kul til biomasse i kraftværker.

Sammenholdes de faktisk opnåede konverteringer med potentialet angivet i 2013 og 2015, må det antages, at der, frem mod 2030, er et tekniske potentiale for omstilling til biomasse i industrien i størrelsesordenen 40 PJ (45-(7,2-2,1)).

Dertil komme et potentiale for omstilling af rumvarme i fremstillingsvirksomheder, som teknisk set vil kunne konverteres til biomasse, men som følge af de nuværende rammebetingelser med især energipriser og -afgifter ikke er interessante for virksomhederne. Potentialet for konvertering af rumvarme til biomasse i fremstillingsvirksomheder er derfor i størrelsesordenen 4 PJ.

¹⁶ Kortlægning VE til proces, Delrapport 1 – Kortlægning af potentialer, marts 2013, Viegand Maagøe for Energistyrelsen.

¹⁷ VE til proces – Opdatering af potentiale vurderinger, juni 2015, Viegand Maagøe for Energistyrelsen

¹⁸ Tallene er baseret på benyttede og gældende tilsagn pr. 4/8 2017. Der tages derfor forbehold for, at der kan komme tilsagn, der ikke realiseres inden der lukkes for udbetalinger den 31/12 2021.

Kilde: Notat fra Energistyrelsen om udbyttet af VE til proces. Energistyrelsen, 5. oktober 2017

5.2 POTENTIALET I HANDEL OG SERVICEV – OG MED PERSPEKTIV FREM MOD 2030

Da VE til procesordningen havde fokus på procesenergi, er der stort set kun givet tilskud til fremstillingsvirksomheder samt landbrug. Inden for handel & service er der et potentiale for konvertering til VE til fx rumvarme. Dette er især interessant uden for fjernvarmeområder.

Af arbejdsnotat 1, fremgår det, at der inden for handel og service er et forbrug af fossile brændsler på ca. 10 PJ, hvoraf ca. 8 PJ naturgas og ca. 2 PJ olie. En stor del af dette går til rumvarme, som teknisk set kan konverteres helt til vedvarende energikilder eller fjernvarme.

Hvorvidt potentialet kan og vil blive udnyttet, afhænger af en række faktorer, herunder også i hvor høj grad der fx vælges at elektrificere potentialet.

Potentialet er især afhængigt af:

- Fjernvarme-/ikke-fjernvarmeområder.
- Teknologiuudvikling generelt, herunder specielt for biomassekedler og varmepumper (jf Energistyrelsens teknologikatalog)
- Bygningsreglement, som vil reducere behovet
- Komfortkølingsbehov
- Nye bygninger vil øge behovet for mere rumvarme/køling

Desuden vil en række rammebetingelser, som også nævnt under "overskudsvarme til fjernvarme ovenfor" have betydning for den endelige udnyttelse af potentialet. Det gælder fx rammebetingelser som:

- Energipriser, afgifter, herunder især rumvarmeafgifter, overskudsvarmeafgifter og afgifter på brændsler generelt – som vil gøre det mere eller mindre økonomisk attraktivt at konvertere til VE eller fjernvarme (hvor muligt, dvs. hvor der er fjernvarme tilgængeligt)

I detailhandlen kan en del af rumvarmebehovet desuden dækkes af genanvendelse af overskudsvarme fra køleanlæg gennem en varmepumpe, som nævnt i afsnittet ovenfor.

I kontorer kan især rumvarme produceret på naturgas og olie erstattes med konventionelle biomassekedler eller varmepumper, afhængig af behovet og de fysiske muligheder. Som udgangspunkt må det forventes, at der til rumvarme i første omgang vælges fjernvarme, hvor det er muligt. Vi antager desuden, at langt hovedparten af den rumvarme, som i dag allerede kan dækkes af fjernvarme rent faktisk er tilsluttet og dækkes af fjernvarme.

Teknisk set vil al rumvarmen, som i dag er baseret på fossilt brændsel kunne konverteres til VE eller fjernvarme. Det samlede energiforbrug i handel og service til rumvarme vurderes at være nogenlunde konstant også frem til 2030, hvorfor potentiale for konvertering til vedvarende energi eller fjernvarme i handel og service vil være i størrelsesordenen 6 PJ.

6 FREMSTILLING AF BÆREDYGTIGE PRODUKTER

Fremstilling af bæredygtige produkter udspringer af tanke om cirkulær økonomi. Den cirkulære økonomi breder sig hastigt i samfundet i disse år. Både det i offentliges indkøb og blandt små og store virksomheder begynder tanker om at reducere CO₂ udledning ved at passe bedre på jordens ressourcer at vinde indpas. Den cirkulære økonomi er en ret bred paraply af faglige områder, som finder anvendelse på tværs af brancher og organisationer og som både adresserer miljø, teknik og økonomi.

En almindelig forklaring af cirkulær økonomi findes i definitionen af de fem cirkulær økonomi's forretningsområder, her udbygget med konkrete eksempler på initiativer i danske virksomheder:

	Cirkulære råmaterialer	Ressource genindvin- ding	Forlænget levetid og cir- kularitet	Deling af produkter	Produkt som service
Beskrivelse	Fokus på fornybare eller biobaserede ressourcer. Målet er at udfase miljøskadelige og ikke fornybare ressourcer	Fokus på at genindvinde og udnytte spild fra produktionen eller ressourcer fra udtjente produkter	Fokus på at give produkter en længere levetid og at materialer kan genbruges. Nye indtjeningsmuligheder findes i vedligeholdelse, opgraderinger, take-back ordninger, istandsættelse og gensalg	Fokus på at optimere indtjeningen på produkter med lav brugsrate. Ofte kan potentialet tage udgangspunkt i digitale platforme	Fokus på om produktet kan omsættes til en serviceydelse der f.eks. sælges på abonnements-vilkår. Især attraktiv for produkter med længere investeringshorisont og servicebehov i driftsperioden
Eksempler	Erstat oliebaseret plast med plantebaseret plast (LEGO) Tilsætning af calcineret ler til cementklinker (FL Smidth, Ålborg Portland) Erstat plastemballage med papemballage (Coop, Sørís) Erstat ureaformaldehyd i krydsfinerplader med lim baseret på silikat	Take back og genanvendelse af værdifulde materialer i pumper (Grundfos) Øget tilsætning af genbrugsasfalt i slidlagene på motorveje (MUDP projekt, VD, Asfaltindustrien, YIT, TI) Upcycling af affaldsplast til ny plast (Aage Vestergaard Larsen, Dansk Affaldsminimering) Udvinding af ny plast fra brugte og mistede fiskegarn (Plastix) Deling af materialer, vand og energi i industri symbioser (Kalundborg Symbiose Center)	Gensalg af brugt IT (Tier1Asset, BlueCity, ReFurb) Refurbishment og gensalg af hvidevarer (Norsk Ombruk, ReCirk, Grønne hvidevarer) Take back og gensalg af skiferbeklædning i byggeriet (Komproment) Gensalg af brugte kontormøbler (Holmris, Scanoffice, JKOffice)	Delebiler (GoMore, Lets Go, Drive Now, mv.) Deling af tøj gennem digitale platforme (Veras, Resecond, m.fl.) Diverse børser til deling af campingvogne, trailer, børnetøj, legetøj, værktøj og meget mere	Leasing af hvidevarer (nortec) Printerservice (HP) Tæppeservice (Berendsen m.fl.) Vaske-/lejeservice på arbejdstøj (De Forenede Vaskerier) Leasing/leje af biler, cykler, løbehjul mv.

Tabel 9: Cirkulær økonomi's fem forretningsområder

Som det fremgår af tabel 9 spænder den cirkulære økonomi vidt. De fleste af de nævnte eksempler reducerer CO₂ udledningen gennem en reduktion i vores samlede materialeforbrug. Strategierne bag den cirkulære økonomi beskrives udover de fem forretningsmodeller også ofte igennem tre strategier¹⁹:

Slowing

Forbrug materialer i langsommere tempo, få produkter til at holde længere og optimer energi- og materialeforbrug

Narrowing

Dæk vores behov for services gennem færre produkter, færre valgmuligheder. Anvend services når der er brug for dem i stedet for at købe produkter, der kun udnyttes i ringe grad

Closing

Design produkter, forretningsmodeller, logistiksystemer og lovgivning således, at alle ikke- fornybare ressourcer genanvendes. Fornybare materialer kan anvendes til energiudnyttelse i et tempo, der giver

¹⁹ <https://www.repository.cam.ac.uk/handle/1810/280260>

materialerne tid til at blive fornyet på en bæredygtig vis. På sigt skal begrebet "affald" designes ud af vores systemer.

6.1 SCOPE

Et afgørende spørgsmål i vurderingen af cirkulær økonomi's potentiale ligger i, hvilket perspektiv der antages for opgørelsen af klimagasser: det regionale perspektiv eller det forbrugsbaserede perspektiv, der for nyligt er blevet beskrevet af Michael Søgaard Jørgensen i Ingeniøren²⁰.

6.1.1 Det nationale perspektiv

I bla. Paris aftalen fokuseres der på at sætte nationale reduktionsmål, dvs. reduktion af den CO₂ udledning, der sker indenfor Danmarks grænser. Der findes fortsat et stort potentiale indenfor landets grænser, men i dette perspektiv regnes en stor del af de danske virksomheders reduktioner gennem cirkulær økonomi ikke med.

Lykkes det fx for LEGO at udskifte store dele af deres oliebaseerede plast med bioplast²¹, vil den medfølgende reduktion i CO₂ formentlig ikke blive medregnet, da produktionen af plasten sker uden for Danmarks grænser.

På samme måde kan der reduceres i udvindingen af nyt stål, kobber, aluminium mv. når Grundfos tager deres pumper tilbage og genanvender materialerne i Danmark²². Men da disse besparelser består i undgået ny produktion af materialerne udenfor landets grænser, vil denne gevinst heller ikke blive regnet med i vores samlede reduktion.

I det nationale perspektiv regnes CO₂ belastningen for produktionen af biler og lastbiler ikke med, så det bliver altså kun muligt at reducere CO₂ udledningen ved at køre færre kilometer og vaske bilerne mindre. Anvendelse af debiler bliver mere og mere almindeligt. Det er en stor miljømæssig gevinst ved, at vi som samfund køber færre biler og udnytter dem til at transportere flere mennesker, men igen er det uklart om denne reduktion af CO₂ udledning ville kunne inkluderes i Danmarks klimaregnskab, hvis vi vælger et nationalt perspektiv.

Det samme kan siges for tøjområdet, der er kendt for et omfattende ressourceforbrug. Genbrug og deling af tøj er populært og mange nye danske virksomheder skyder op, men deres bidrag vil nok ikke tælle med i vores reduktion af CO₂ da genbruget forhindrer nyt tøj i at blive produceret uden for landets grænser.

Asfalt er et andet område med store potentialer. Et MUDP projekt bestående af brancheforeningen, YIT, Teknologisk institut og Vejdirektoratet har bevist, at man uden at gå på kompromis med asfaltkvaliteten kan hæve indholdet af genbrugsasfalt i de øverste slidlag fra de nuværende 10% til 30%. Dette kan på landsplan give en CO₂ reduktion på ca. 20.000 tons om året og en reduktion i materialeprisen på ca. 12%²³. Vælges det nationale perspektiv er det dog usikkert om hele denne reduktion kan regnes med til Danmarks CO₂ reduktion. Mellem 50 og 60% af asfalten i de øvre slidlag består nemlig af klippegranit fra Norge og Sverige, mens andelen af grus fra danske grusgrave ligger mellem 20% og 30%. De resterende elementer er bitumen, der produceres i udlandet samt nogle forskellige tilsætningsstoffer.

Der vil altså være dele af reduktionspotentialerne for i produkter brugt i Danmark, som vi ikke ville kunne medregne.

Der findes dog også en række områder, hvor den cirkulære økonomi ville kunne bidrage til reduktionen af udledninger på dansk grund. Fx fødevarerområdet rummer mange potentialer for reduktioner.

I produktionen af fødevarer arbejdes, der allerede mange gode synergieffekter, som fx udnyttelse af spild indenfor kødproduktion, der omdannes til biogas, restprodukter fra planter, der udnyttes til bio-brændsel eller produktion af produkter som biobaseret plast.

²⁰ <https://ing.dk/blog/cirkulaer-oekonomi-del-nationers-virksomheders-klimastrategi-228997>

²¹ <https://www.businessinsider.com/lego-go-eco-friendly-with-blocks-made-from-sugarcane-2018-8?r=US&IR=T>

²² <https://dk.grundfos.com/campaigns/takeback.html>

²³ <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/10/978-87-93710-95-5.pdf>

Et andet vigtigt eksempel er reduktion af madspild. Undgåelse af madspild vil også føre til reduktion i produktionen af mad pr borger. I 2017 blev der i danske husholdninger smidt ca. 250.000 tons mad ud²⁴. Fødevarer har meget forskellige klimaaftryk, så det kan være vanskeligt at gøre CO₂ reduktionspotentialet op. Produktion af oksekød udleder ca. 14 kg CO₂ pr kg kød, mens rugbrød ligger på 0,8 kg CO₂ pr kg brød²⁵. Det kan være svært at gøre op i præcise tal, men potentialet er stort.

Endnu et område med produktion i Danmark og stort CO₂ reduktionspotentiale igennem cirkulær økonomi er mursten og tegl. Der findes stadig teglværker i Danmark og flere virksomheder er begyndt at arbejde med genbrug af produkterne. Mest kendt er Gamle Mursten, der genanvender store mængder mursten hvert år, med tilhørende CO₂ besparelse på 106,3 kg CO₂/ ton murstensaffald²⁶. Miljøstyrelsen vurderer det samlede danske potentiale til at være ca. 47,3 millioner mursten pr år, hvilket svarer til en årlig CO₂ reduktion på 23.650 tons.

6.1.2 Det forbrugsbaserede perspektiv

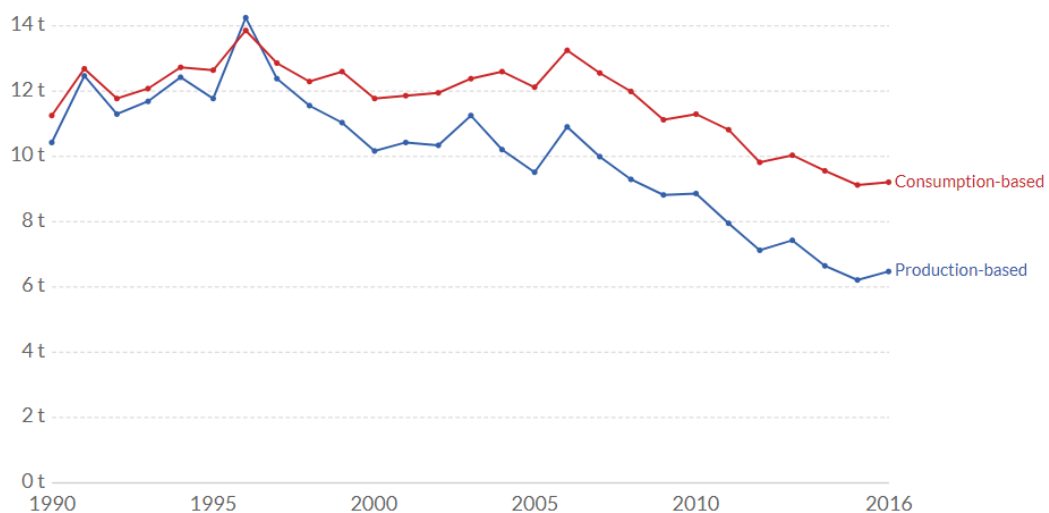
I de seneste årtier har Danmark oplevet, at store dele af produktionsindustrien er flyttet til andre dele af Europa eller Asien. Der findes dog stadig en del produktion i Danmark, men der er ofte tale om processer med begrænset energiforbrug (som fx sprøjtetøbning af mindre plastemner) og montage- og pakkelinjer, hvor den primære del af materialeudvindingen og forædlingen ligger udenfor Danmark. Der findes naturligvis en del undtagelser som fx Ålborg Portland, Danish Crown, Arla m.fl.

CO₂ udledningerne fra de danske produktionsvirksomheder er dalet i de seneste 25 år, hvilket både skyldes udflytning af industri, men helt klart også omfattende energioptimeringer. Vi køber dog flere produkter end nogensinde før, og den CO₂ udledning forbundet med disse produkter, hvad end klimaaftrykket ligger i Danmark eller ej er ikke faldet i samme grad. Det betyder altså at vores klimaaftryk ude i verden er stigende.

Production vs. consumption-based CO₂ emissions per capita, Denmark

Annual consumption-based emissions are domestic emissions adjusted for trade. If a country imports goods the CO₂ emissions needed to produce such goods are added to its domestic emissions; if it exports goods then this is subtracted.

Our World
in Data



Source: Global Carbon Project; Carbon Dioxide Information Analysis Centre; UN Population Division

CC BY

Et område, hvor Danmark stadig har en del produktion er plastområdet. Der findes både sprøjtetøbevirksomheder og efterhånden også en del virksomheder, der arbejder med genanvendelse af plast. Beregninger Viegand Maagøe har udført for en plastrecycler dokumenterer besparelser på 2,35 kg CO₂ for

²⁴ <https://mfvm.dk/nyheder/nyhed/nyhed/vi-spilder-mindre-mad/>

²⁵ http://agro.au.dk/fileadmin/user_upload/Mogensen_et_al_2016_Foedevarernes_klimaaftryk.pdf

²⁶ http://gamlemursten.dk/media/1530/genbrug-af-mursten-barrierer-og-muligheder-final_nirasdec2015.pdf

hvert kg plast der genanvendes (afhængig af plast type), mens energiforbruget forbundet med genanvendelsesprocessen kun udleder 0,16 kg CO₂ pr kg plast.

Den samlede plastproduktion i Danmark ligger på ca. 500.000 tons/år, hvoraf kun ca. 50.000 tons genanvendes²⁷. Med en CO₂ reduktion på godt 2 kg pr kg plast rummer dette område et stort potentiale. Det er her igen vigtigt at notere, at CO₂ reduktionen består i undgået produktion af ny plast, hvor den primære del af supply chain ligger udenfor Danmarks grænser.

Som ovenstående eksempler illustrerer, kan det blive vanskeligt at tage potentialet for den cirkulære økonomi til indtægt i reduktionsberegningen for Danmark, hvis vi ikke inkluderer virksomhedernes supply chain. Det er dog vigtigt at huske på, at CO₂ udledningerne kun skal medregnes een gang. Det betyder, at man ved det globale perspektiv ofte vil være nødt til at fratække CO₂ udledningen for de produkter, der eksporteres, da disse vil indgå i regnskabet for det land, der importerer dem.

Ifølge Copenhagen Institute importerer vi 35% af vores materialer i Danmark, mens vi kun eksporterer 25%²⁸. I forhold til at opnå CO₂ reduktioner gennem elementerne i den cirkulære økonomi, vurderes potentialet alene på den baggrund at være størst ved at inkludere virksomhedernes import af materialer i beregningen.

²⁷ <https://www.mckinsey.com/-/media/McKinsey/Featured%20Insights/Europe/The%20new%20plastics%20economy/The-new-plastics-economy-A-Danish-research-innovation-and-business-opportunity-Technical-report.ashx>

²⁸ <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2016/07/978-87-93435-44-5.pdf>

APPENDIKS A – OVERSIGT OVER POTENTIALER

Reduktionspotentiale erhverv

Samfundsøkonomisk potentiale (10 års tilbagebetalingstid eller mindre), korrigeret for additionalitet mellem tiltag

	Energiforbrug (BF 2017)										Energi-effektiviseringspotentiale		Energiforbrug efter energifektivisering	Elektrificering	Energiforbrug efter energifektivisering og elektrificering	Overskudsvarme til ekstern anvendelse	Biomasse (brændselskift og udnyttelse af kondenseringsvarme)		Energiforbrug og eksport efter energieffektivisering, elektrificering og biomassekonvertering										
	Total	Kul og koks	Olie	Naturgas	Affald	Biomasse	EI	FJV	VP	Total - Direkte	Total - Varmepumpe	Total					Total	Total	Eksport til FJV	Total	Eksport til FJV	Total forbrug	Kul og koks	Olie	Naturgas	Affald	Biomasse	EI	FJV
	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	
Fremstillingsvirksomhed	91,1	4,6	12,9	28,7	-	9,9	29,7	3,4	2,0	16,1	13,0	62,1	10,3	51,7	8,0	4,9	0,7	46,9	1,6	9,9	-	0,5	5,9	24,4	2,8	1,6	8,7		
Konverterings- og nettab	5,9	0,2	0,7	2,6	-	2,4	-	-	-	1,0	1,3	3,5	1,2	2,3	-	0,3	-	2,0	0,1	0,4	-	-	1,4	-	-	-	-		
Tung proces	12,1	1,8	2,7	5,1	0,3	-	2,2	-	-	2,1	-	9,9	2,5	7,4	-	1,7	-	5,8	1,0	2,7	-	0,2	-	1,9	-	-	-		
Øvrig proces	35,7	2,6	7,8	17,5	0,4	4,7	1,3	1,1	0,4	6,3	8,1	21,4	6,0	15,4	-	2,8	-	12,5	0,5	6,8	-	0,2	2,7	1,0	0,9	0,3			
Produktionsmaskiner	9,5	-	-	-	-	-	9,5	-	-	1,7	-	7,8	-	7,8	-	-	-	7,8	-	-	-	-	-	7,8	-	-	-		
Forsyningsanlæg (el)	13,4	-	-	-	-	-	13,4	-	-	2,4	-	11,1	-	11,1	-	-	-	11,1	-	-	-	-	-	11,1	-	-	-		
Arbejdskørsel	0,8	-	0,8	-	-	-	0,0	-	-	0,1	-	0,6	0,6	0,0	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-		
Rumvarme	10,6	-	0,9	3,5	-	2,2	0,1	2,3	1,6	1,9	3,6	5,1	-	5,1	-	-	-	5,1	-	-	-	-	1,8	0,1	1,9	1,3			
Komfortkøling og ventilation (	2,5	-	-	-	-	-	2,5	-	-	0,4	-	2,1	-	2,1	-	-	-	2,1	-	-	-	-	-	2,1	-	-	-	
It og elektronik	0,6	-	-	-	-	-	0,6	-	-	0,1	-	0,5	-	0,5	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-		
Handel og service	58,9	-	1,1	5,3	0,3	1,2	29,3	21,8	-	2,6	5,1	51,2	1,3	49,9	-	-	-	49,9	-	-	-	0,0	-	1,1	28,0	20,8	-		
Konverterings- og nettab	0,7	-	0,1	0,5	-	0,2	-	-	-	0,0	-	0,7	0,6	0,2	-	-	-	0,2	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-		
Tung proces	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Øvrig proces	2,1	-	0,1	0,3	0,3	0,0	1,2	0,3	-	0,1	-	2,0	0,6	1,4	-	-	-	1,4	-	-	-	-	0,0	1,1	0,3	-	-		
Produktionsmaskiner	1,3	-	-	-	-	-	1,3	-	-	0,1	-	1,3	-	1,3	-	-	-	1,3	-	-	-	-	-	1,3	-	-	-		
Forsyningsanlæg (el)	15,1	-	-	-	-	-	15,1	-	-	0,7	-	14,5	-	14,5	-	-	-	14,5	-	-	-	-	-	14,5	-	-	-		
Arbejdskørsel	0,1	-	0,1	-	-	-	-	-	-	0,0	-	0,1	0,1	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Rumvarme	29,0	-	0,8	4,5	-	1,0	1,3	21,4	-	1,3	5,1	22,6	-	22,6	-	-	-	22,6	-	-	-	-	0,9	1,2	20,5	-	-		
Komfortkøling og ventilation (	5,8	-	-	-	-	-	5,8	-	-	0,3	-	5,5	-	5,5	-	-	-	5,5	-	-	-	-	-	5,5	-	-	-	
It og elektronik	4,7	-	-	-	-	-	4,7	-	-	0,2	-	4,5	-	4,5	-	-	-	4,5	-	-	-	-	-	4,5	-	-	-		

Note: Antaget at olie og naturgasforbrug til rumopvarming i handel og service kan erstattes af VP

Note: Residualen for fossilt brændstof er kul/koks og petrokoks til direkte indfyrdning (cement, asfalt, beton og tegl)

Resulterende CO2 emissioner (1,000 tons CO2)

	Energiforbrug (BF 2017)										Energi-effektiviseringspotentiale		Energiforbrug efter energifektivisering	Elektrificering	Energiforbrug efter energifektivisering og elektrificering	Overskudsvarme til ekstern anvendelse	Biomasse (brændselskift og udnyttelse af kondenseringsvarme)		Energiforbrug og eksport efter energieffektivisering, elektrificering og biomassekonvertering										
	Total	Kul og koks	Olie	Naturgas	Affald	Biomasse	EI	FJV	VP	Total - Direkte inkl. FJV	Total - Varmepumpe	Total					Total	Total	Eksport til FJV	Total	Eksport til FJV	Total forbrug	Kul og koks	Olie	Naturgas	Affald	Biomasse	EI	FJV
Fremstillingsvirksomhed	3.025	434	956	1.634	-	-	-	-	-	518	681	1.826	656	1.170	-	277	-	934	155	736	-	43	-	-	-	-	-		
Konverterings- og nettab	224	22	55	146	-	-	-	-	-	39	50	134	68	65	-	19	-	46	13	33	-	-	-	-	-	-	-		
Tung proces	682	167	202	289	25	-	-	-	-	112	-	570	161	409	-	96	-	315	94	200	-	20	-	-	-	-	-		
Øvrig proces	1.859	244	578	998	39	-	-	-	-	321	422	1.116	379	736	-	162	-	573	47	503	-	22	-	-	-	-	-		
Produktionsmaskiner	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Forsyningsanlæg (el)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Arbejdskørsel	57	-	57	-	-	-	-	-	-	10	-	47	47	-	-	-	-	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Rumvarme	264	-	64	201	-	-	-	-	-	47	218	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Komfortkøling og ventilation (-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
It og elektronik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Handel og service	409	-	81	299	30	-	-	-	-	18	303	88	88	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	-	-		
Konverterings- og nettab	35	-	9	26	-	-	-	-	-	2	-	34	34	-	-	-	-	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Tung proces	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Øvrig proces	49	-	5	14	30	-	-	-	-	2	-	47	47	-	-	-	-	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Produktionsmaskiner	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Forsyningsanlæg (el)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Arbejdskørsel	8	-	8	-	-	-	-	-	-	0	-	7	7	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Rumvarme	318	-	59	258	-	-	-	-	-	14	303	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Komfortkøling og ventilation (-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
It og elektronik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Anvendte emissionsfaktorer

	Kul og koks	Olie	Naturgas	Affald	Biomasse	EI	FJV	VP
Emissionsfaktorer (tons CO2/TJ)	94,4	74,0	57,0	94,4	-	-	-	-

Arbejdsnotat 4

PROJEKT:	Assistance til Klimarådet – Grøn omstilling i erhverv
EMNE:	Vurdering af omkostninger, virkemidler og tidslinjer for realisering af potentialer for elementer i grøn omstilling i erhverv
DATO:	20.12.2019
TIL:	Ulla Blatt Bendtsen, Klimarådet Chris Agerfeld Svenning, Klimarådet Karsten Capion, Klimarådet
KOPI TIL:	-
FRA:	Peter Maagøe, Viegand Maagøe Carsten Glenting, Viegand Maagøe Jette Ellegaard Vejen, Viegand Maagøe

Nærværende arbejdsnotat 4 er udarbejdet som baggrund for det fjerde møde med Klimarådet den 10. december 2019 og efterbehandlet på baggrund af drøftelser og aftaler på mødet. Notatet indeholder en vurdering af omkostninger, virkemidler og tidslinjer for realisering af potentialet for de elementer i en grøn omstilling af erhvervslivet (fremstillingsindustri og handel og service), som er blevet identificeret i arbejdsnotat 2 og beskrevet i arbejdsnotat 3. Arbejdsnotat 4 er det sidste i en række arbejdsnotater, der sammen med et arbejdsnotat om Rentabilitet af elkedler til erhverv, udgør leverancen fra Viegand Maagøe til Klimarådet.

1 INDLEDNING

I arbejdsnotaterne 2 og 3 er der identificeret en række elementer, som vurderes at være væsentlige for den grønne omstilling i erhverv frem mod 2030 og potentialerne for disse elementer er vurderet. Nærværende arbejdsnotat 4 bygger videre på resultaterne i de andre arbejdsnotater, og omfatter en vurdering af omkostningerne ved realisering af potentialerne, en vurdering af effekten for tilbagebetalingstiden for virksomhederne ved realisering af potentialerne, hvis der regnes med en stigning i CO₂-prisen samt en vurdering af, hvad stigningen i CO₂-prisen vil betyde for det samlede CO₂-reduktionspotentiale. Endelig er der beskrevet en kvalitativ vurdering af hvilke virkemidler, der vil kunne anvendes for at sikre realisering af potentialerne, der ligger i de enkelte elementer, samt en første vurdering af en overordnet indfasningsprofil, herunder hvor stor en del af potentialet det er realistisk at opnå i 2030.

Der er indenfor de sidste 5-10 år udarbejdet analyser af potentialet for omstillingen i især industrien. Vurderingen i dette og tidligere notater baserer sig på disse eksisterende analyser og en kvalitativ opdateret vurdering af potentialet, baseret på ændringer i rammevilkår og Viegand Maagøes generelle viden om udviklingen i erhverv.

Elementerne i en grøn omstilling, der behandles i dette arbejdsnotat, blev identificeret i arbejdsnotat 2, og er:

- Energieffektivisering, inkl. varmepumper
- Elektrificering
- Biomassekonvertering
- Bæredygtige produkter og cirkulær økonomi

I notatet diskuteres og vurderes de fremtidige potentiale for hvert element separat. Der er i udgangspunktet et vist overlap mellem de forskellige elementer (da den samme proces kan de-karboniseres ad flere veje). For at undgå dobbelttælling og muliggøre aggregering af potentialerne er analysen i nærværende notat baseret på den prioritering af elementerne, som blev etableret i samråd med Klimarådet i forbindelse med arbejdsnotat 3. Endvidere er potentialerne for forskellige tilbagebetalingstider ændret fra <2, <4 og <10 år (overlappende grupper) til <2, 2-4 og 4-10 år (adskilt grupper), igen for at muliggøre addition af potentialerne. Alle anvendte energipriser er ekskl. afgifter, men inkl. transmissions- og distributionstariffer.

Generelt viser analysen af omkostningerne, at:

- Energieffektiviseringstiltag med under 2 års tilbagebetalingstid og 2-4 års tilbagebetalingstid i både produktionserhverv og handel & service er økonomisk rentable fra et virksomhedsperspektiv (20% IRR) ved den nuværende CO2 pris.
- Energieffektiviseringstiltag med 4-10 års tilbagebetalingstid og elektrificering (i både produktionserhverv og handel & service), samt biomassekonvertering (alene produktion) i gennemsnit ikke er rentable fra et virksomhedsperspektiv (20% IRR) ved den nuværende CO2 pris.
- Fra et samfundsperspektiv (4% IRR) er stort set alle tiltag rentable ved den nuværende CO2 pris.
- Ved en stigning i CO2-prisen fra det nuværende niveau på ca. 190 kr./ton CO2 til henholdsvis 500 og 1000 kr./ton forbedres projektøkonomien for den enkelte virksomhed og tilbagebetalingstiden reduceres.
- Dette rykker en del af besparelspotentialet for energieffektiviseringstiltag med 2-4 års tilbagebetalingstid ned i klassen <2 år og tilsvarende flyttes en del af besparelspotentialet med 4-10 års tilbagebetalingstid ned i klassen 2-4 år. For elektrificering og biomassekonvertering er effekten ved stigningen i CO2 prisen ikke nok til at rykke potentialerne ned i klassen 2-4 års tilbagebetalingstid, men det samlede potentiale i klassen 4-10 år øges.
- Effekten af en stigning af CO2 prisen er større for produktionserhverv end for handel og service, da en stor del af handel og service allerede er baseret på el og fjernvarme, som forventes de-karboniseret i 2030 uafhængigt af slutbrugerne.

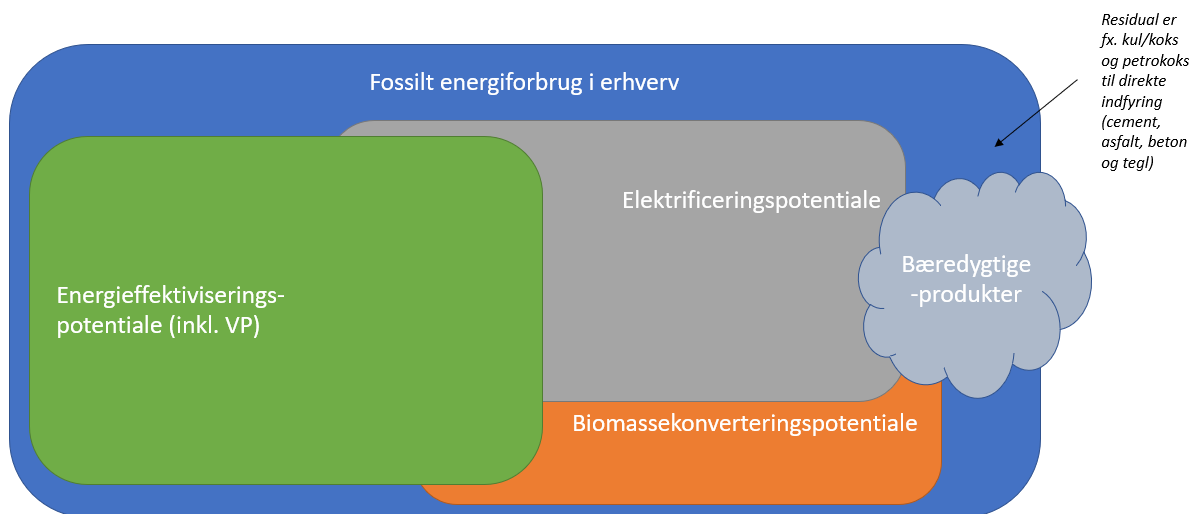
Afhængig af de forskellige forudsætninger og antagelser vurderes det at være muligt, at udnytte hele eller en væsentlig del af energieffektiviseringspotentialerne med korte til mellemlange tilbagebetalingstider inden 2030. Dette gælder både inden for fremstillingsvirksomheder og handel og service. Potentialet ved elektrificering vil kun delvist kunne indfries inden 2030, og vil i høj grad være afhængig af bl.a. teknologiudvikling og rammevilkår. Det er vurderet, at energieffektivisering og elektrificering vil kunne sikre de-karbonisering af hele handel og servicesektoren og at der derfor ikke er behov for biomassekonvertering. Derimod vil der være behov for at anvende biomasse i den grønne omstilling af fremstillingserhverv, men det vurderes dog, at biomasse i høj grad vil kunne blive udfaset igen i perioden efter 2030.

Både omkostningerne ved realisering af potentialerne og den vurderede tidsprofil vil kunne ændres eller understøttes ved forskellige virkemidler. Flere virkemidler er økonomiske, som afgifter, tariffer, tilskud m.m. og er allerede kendte og har vist sig effektive. Det er afgørende at disse tilrettelægges, så de efterlever EU reglerne på området, alternativt skal disse regler søges ændret. Andre virkemidler vil skulle designes på ny. Det gælder fx virkemidler, som sætter fokus på rammevilkår for fx sektorkoblinger. Endelig vil indfrielse af en række af elementerne kræve at der afsættes midler til forskning og udvikling for det lidt længere perspektiv og til forceret demonstration på det lidt kortere perspektiv. Her vil det være væsentligt, at der fokuseres på mulighederne for at samtænke disse midler med forskellige EU-programmer på området.

2 VURDERING AF OMKOSTNINGER VED REALISERING AF ELEMENTER

Vi har i det følgende etableret en vurdering af omkostninger ved realisering af de enkelte elementer. Vurdering tager udgangspunkt i det i arbejdsnotat 3 etablerede data. Der er i udgangspunktet et vist overlap mellem de forskellige elementer da den samme proces kan de-karboniseres ad flere veje. Dette er illustreret i figuren nedenfor

Reduktionspotentialer erhverv



Som det fremgår af figuren, vurderes det, at ikke al energiforbrug i erhverv vil kunne reduceres eller konverteres til grøn energi. Dette residual er fast fossilt brændsel som kul og koks, som bruges til direkte indfyring i visse processer (fremstilling af cement, asfalt og tegl). I analysen i arbejdsnotat 3 blev dette residual vurderet til at være ca. 12 PJ, men vil i høj grad afhænge af fx teknologiudviklingen og øget fokus på bæredygtige produkter.

For at undgå dobbelttælling og muliggøre aggregering af potentialer er analysen i nærværende arbejdsnotat baseret på den prioritering af elementerne som blev etableret i samråd med Klimarådet i forbindelse med arbejdsnotat 3. I den forbindelse er opdelingen af potentialer i arbejdsnotat 3 fulgt så varmepumper nu indgår i energieffektivisering.

Endvidere er potentialerne for forskellige tilbagebetalingstider ændret fra <2, <4 og <10 år (overlappende grupper) til <2, 2-4 og 4-10 år (adskilt grupper), igen for at muliggøre addition af potentialer. Alle anvendte energipriser er ekskl. afgifter, men inkl. transmissions- og distributionstariffer.

Vurderingen af omkostninger ved realisering af CO₂-besparelser i erhverv er baseret på modellering af effekten på tilbagebetalingstiden for virksomhederne af en CO₂-prisstigning fra dagens niveau (ca. 190 kr./ton) til hhv. 500 og 1000 kr. pr. ton, og hvad det vil betyde for CO₂-reduktionspotentialet, der med sådanne CO₂-priser vil kunne indfries med forskellige tilbagebetalingstider.

Der er i den forbindelse taget udgangspunkt i det eksisterende datamateriale om potentialer med 2, 4 og 10 års marginal tilbagebetalingstid. Disse bruges til at modellere økonomien for gennemsnitlige projekter for hver slutanvendelse i de enkelte elementer med CO₂-pris og diskonteringsrente som eksogene variable. På den baggrund etableres justerede reduktionspotentialer der for alternative CO₂-priser vil kunne indfries med 2 og 4 års tilbagebetalingstid.

Der er endvidere foretaget parallel analyse af Virksomhedsperspektiv (20% IRR) og Samfundsperspektiv (4% IRR).

2.1 VURDERING AF OMKOSTNINGER VED REALISERING AF ENERGISPAREPOTENTIALER OG BETYDNINGEN AF ÆNDRERE CO2-PRISER I PRODUKTIONSERHVERV

2.1.1 Vurdering af omkostninger - Virksomhedsperspektiv

Fra et virksomhedsperspektiv (20% IRR) er energieffektiviseringstiltag i produktionserhverv med under 2 års tilbagebetalingstid (samlet potentiale 4356 PJ) og 2-4 års tilbagebetalingstid (samlet potentiale 3090 PJ) økonomisk rentable ved den nuværende CO2 pris, mens tiltag med mellem 4-10 års tilbagebetalingstid (samlet potentiale 21642 PJ) i gennemsnit ikke er rentable ved den nuværende CO2 pris.

Energisparepotentialet i produktionserhverv - Virksomhedsperspektiv	Besparelsespotentiale TJ ved eksisterende CO2-pris			Average Abatement Cost (DKK/TJ/year)			Average Abatement Cost (DKK/ton CO2/year)		
	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10
Konverterings- og nettab	90	105	2.178	- 134.209	- 59.440	139.944	- 3.540	- 1.568	3.692
Tung proces	-	-	2.132	-	-	186.060	-	-	3.416
Øvrig proces	2.580	1.885	8.906	- 149.364	- 66.152	155.747	- 2.932	- 1.299	3.058
Produktionsmaskiner	453	521	1.696	- 329.828	- 146.078	343.922	NA	NA	NA
Forsyningsanlæg (el)	856	468	2.546	- 329.828	- 146.078	343.922	NA	NA	NA
Arbejdskørsel	60	-	78	- 148.683	-	-	- 2.030	-	-
Rumvarme	-	-	3.579	-	-	107.764	-	-	4.309
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	315	108	423	- 329.828	- 146.078	343.922	NA	NA	NA
It og elektronik	0	3	106	- 286.302	- 102.552	387.448	NA	NA	NA
Total produktionserhverv	4.356	3.090	21.642	- 216.350	- 94.343	191.751	- 6.519	- 2.843	5.778

Tabel 2.1: Vurdering af omkostninger - Virksomhedsperspektiv (20% IRR) (EE - produktionserhverv)

2.1.2 Vurdering af omkostninger - Samfundsperspektiv

Fra et samfundsperspektiv (4% IRR) er energieffektiviseringstiltag i produktionserhverv med under 2 års tilbagebetalingstid (samlet potentiale 4356 PJ) og 2-4 års tilbagebetalingstid (samlet potentiale 3090 PJ) – samt næsten alle tiltag med mellem 4-10 års tilbagebetalingstid (samlet potentiale 21642 PJ) økonomisk rentable ved den nuværende CO2 pris. Alene It og elektronik (som allerede i dag er fuldt elektrificeret) har en positiv omkostning, dvs. at de ikke er rentable ud fra et samfundsperspektiv.

Energisparepotentialet i produktionserhverv - Samfundsperspektiv	Besparelsespotentiale TJ ved eksisterende CO2-pris			Average Abatement Cost (DKK/TJ/year)			Average Abatement Cost (DKK/ton CO2/year)		
	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10
Konverterings- og nettab	90	105	2.178	- 380.222	- 293.951	- 63.893	- 10.030	- 7.754	- 1.685
Tung proces	-	-	2.132	-	-	-	-	-	-
Øvrig proces	2.580	1.885	8.906	- 423.159	- 327.145	- 71.108	- 8.308	- 6.423	- 1.396
Produktionsmaskiner	453	521	1.696	- 934.425	- 722.405	- 157.021	NA	NA	NA
Forsyningsanlæg (el)	856	468	2.546	- 934.425	- 722.405	- 157.021	NA	NA	NA
Arbejdskørsel	60	-	78	- 384.105	-	-	- 5.245	-	-
Rumvarme	-	-	3.579	-	-	384.649	-	-	15.379
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	315	108	423	- 934.425	- 722.405	- 157.021	NA	NA	NA
It og elektronik	0	3	106	- 739.628	- 527.609	37.775	NA	NA	NA
Total produktionserhverv	4.356	3.090	21.642	- 612.418	- 466.580	- 141.759	- 18.455	- 14.060	- 4.272

Tabel 2.2: Vurdering af omkostninger - Samfundsperspektiv (4% IRR) (EE - produktionserhverv)

2.1.3 Vurdering af effekten af ændrede CO2-priser (energieffektivisering - produktionserhverv)

Ved en stigning i CO2-prisen fra det nuværende niveau på ca. 190 kr./ton CO2 til henholdsvis 500 og 1000 kr./ton forbedres projektøkonomien for den enkelte virksomhed og tilbagebetalingstiden reduceres. Dette rykker en del af besparelsespotentialet i klassen 2-4 års tilbagebetalingstid ned i klassen <2 år, og tilsvarende en del af besparelsespotentialet i klassen 4-10 år ned i klassen 2-4 år. Endelig vil en del af det potentiale som tidligere var >10 år (ikke vist) rykke ned i klassen 4-10 år. Dette er illustreret i tabellen nedenfor.

Ved en CO₂-pris på 500 kr./ton stiger potentialet således fra 4356 TJ til 5003 TJ og ved en kvotepris på 1000 kr./ton yderligere til 6048 TJ.

Energisparepotentialet i produktionserhverv	Samlet energiforbrug (2017) TJ	Bespareselspotentiale TJ ved eksisterende CO ₂ -pris (190 kr/ton)			Bespareselspotentiale TJ ved ny CO ₂ -pris (500 kr/ton)			Bespareselspotentiale TJ ved ny CO ₂ -pris (1000 kr/ton)		
		<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10
Slut anvendelse										
Konverterings- og nettab	5.902	90	105	2.178	108	126	2.605	137	159	3.296
Tung proces	12.076	-	-	2.132	-	-	2.584	-	-	3.314
Øvrig proces	35.739	2.580	1.885	8.906	3.192	2.332	11.018	4.180	3.053	14.425
Produktionsmaskiner	9.456	453	521	1.696	453	521	1.696	453	521	1.696
Forsyningsanlæg (el)	13.425	856	468	2.546	856	468	2.546	856	468	2.546
Arbejdskørsel	782	60	-	78	78	-	-	107	-	-
Rumvarme	10.612	-	-	3.579	-	-	4.036	-	-	4.774
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	2.528	315	108	423	315	108	423	315	108	423
It og elektronik	621	0	3	106	0	3	106	0	3	106
Total produktionserhverv	91.141	4.356	3.090	21.642	5.003	3.558	25.014	6.048	4.312	30.579

Tabel 2.3: Vurdering af effekten af ændrede CO₂-priser (EE - produktionserhverv)

2.2 VURDERING AF OMKOSTNINGER VED REALISERING AF ENERGISPAREPOTENTIALER OG BETYDNINGEN AF ÆNDRERE CO₂-PRISER I HANDEL OG SERVICE

2.2.1 Vurdering af omkostninger – Virksomhedsperspektiv

Fra et virksomhedsperspektiv (20% IRR) er energieffektiviseringstiltag i handel og service med under 2 års tilbagebetalingstid (samlet potentiale 1789 PJ) og 2-4 års tilbagebetalingstid (samlet potentiale 921 PJ) økonomisk rentable ved den nuværende CO₂ pris, mens tiltag med mellem 4-10 års tilbagebetalingstid (samlet potentiale 5007 PJ) i gennemsnit ikke er rentable med den nuværende CO₂ pris.

Energisparepotentialet i handel og service - Virksomhedsperspektiv	Bespareselspotentiale TJ ved eksisterende CO ₂ -pris			Average Abatement Cost (DKK/TJ/year)			Average Abatement Cost (DKK/ton CO ₂ /year)		
	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10
Slut anvendelse									
Konverterings- og nettab	8	10	15	- 119.342	- 52.856	124.442	- 2.513	- 1.113	2.621
Tung proces	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Øvrig proces	115	84	396	- 243.340	- 107.773	253.738	- 10.675	- 4.728	11.131
Produktionsmaskiner	60	69	130	- 329.828	- 146.078	343.922	NA	NA	NA
Forsyningsanlæg (el)	916	501	1.556	- 329.828	- 146.078	343.922	NA	NA	NA
Arbejdskørsel	5	-	0	- 147.176	-	-	- 1.988	-	-
Rumvarme	-	-	2.387	-	-	116.809	-	-	10.675
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	683	234	339	- 329.828	- 146.078	343.922	NA	NA	NA
It og elektronik	1	22	185	- 286.302	- 102.552	387.448	NA	NA	NA
Total handel og service	1.789	921	5.007	- 322.679	- 140.512	229.501	- 46.422	- 20.215	33.017

Tabel 2.4: Vurdering af omkostninger - Virksomhedsperspektiv (20% IRR) (EE - handel og service)

2.2.2 Vurdering af omkostninger – Samfundsperspektiv

Fra et samfundsperspektiv (4% IRR) er energieffektiviseringstiltag i handel og service med under 2 års tilbagebetalingstid (samlet potentiale 1789 PJ) og 2-4 års tilbagebetalingstid (samlet potentiale 921 PJ) – samt næsten alle tiltag med mellem 4-10 års tilbagebetalingstid (samlet potentiale 5007 PJ) økonomisk rentable ved den nuværende CO₂ pris. Som for produktionserhverv gælder også for handel og service, at alene It og elektronik (som allerede i dag er fuldt elektrificeret) har en positiv omkostning, dvs. at de ikke er rentable ud fra et samfundsperspektiv.

Energisparepotentialet i handel og service - Samfundsperspektiv	Besparespotentiale TJ ved eksisterende CO2-pris			Average Abatement Cost (DKK/TJ/year)			Average Abatement Cost (DKK/ton CO2/year)		
	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10
Konverterings- og nettab	8	10	15	- 338.105	- 261.389	- 56.815	- 7.120	- 5.505	- 1.196
Tung proces	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Øvrig proces	115	84	396	- 689.398	- 532.975	- 115.847	- 30.242	- 23.380	- 5.082
Produktionsmaskiner	60	69	130	- 934.425	- 722.405	- 157.021	NA	NA	NA
Forsyningsanlæg (el)	916	501	1.556	- 934.425	- 722.405	- 157.021	NA	NA	NA
Arbejdskørsel	5	-	0	- 380.212	-	-	- 5.136	-	-
Rumvarme	-	-	2.387	-	-	- 416.933	-	-	- 38.102
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	683	234	339	- 934.425	- 722.405	- 157.021	NA	NA	NA
It og elektronik	1	22	185	- 739.628	- 527.609	37.775	NA	NA	NA
Total handel og service	1.789	921	5.007	- 914.016	- 695.377	- 270.187	- 131.494	- 100.040	- 38.870

Tabel 2.5: Vurdering af omkostninger - Samfundsperspektiv (4% IRR) (EE - handel og service)

2.2.3 Vurdering af effekten af ændrede CO2-kvotepreiser (energieffektivisering - handel og service)

Ved en stigning i CO2-prisen fra det nuværende niveau på ca. 190 kr./ton CO2 til henholdsvis 500 og 1000 kr./ton forbedres projektøkonomien for den enkelte virksomhed og tilbagebetalingstiden reduceres. Da en stor del af energiforbruget i handel og service allerede er baseret på el og fjernvarme (som forventes de-karboniseret i 2030), vil en stigning i CO2-prisen imidlertid have en væsentligt mindre effekt end i produktionserhvervene. Dette er illustreret i tabellen nedenfor.

Energisparepotentialet i handel og service	Samlet energiforbrug (2017)	Besparespotentiale TJ ved eksisterende CO2-pris (190 kr/ton)			Besparespotentiale TJ ved ny CO2-pris (500 kr/ton)			Besparespotentiale TJ ved ny CO2-pris (1000 kr/ton)		
		TJ	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10
Konverterings- og nettab	744	8	10	15	11	13	19	15	17	25
Tung proces	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Øvrig proces	2.145	115	84	396	123	90	422	135	99	463
Produktionsmaskiner	1.317	60	69	130	60	69	130	60	69	130
Forsyningsanlæg (el)	15.125	916	501	1.556	916	501	1.556	916	501	1.556
Arbejdskørsel	103	5	-	0	7	-	-	10	-	-
Rumvarme	29.018	-	-	2.387	-	-	2.511	-	-	2.709
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	5.768	683	234	339	683	234	339	683	234	339
It og elektronik	4.681	1	22	185	1	22	185	1	22	185
Total handel og service	58.903	1.789	921	5.007	1.801	929	5.161	1.819	942	5.407

Tabel 2.6: Vurdering af effekten af ændrede CO2-priser (EE - handel og service)

2.3 VURDERING AF OMKOSTNINGER VED REALISERING AF ELEKTRIFICERINGS-POTENTIALER OG EFFEKTEN AF ÆNDRERE CO2-KVOTEPRISER I PRODUKTIONSERHVERV

2.3.1 Vurdering af omkostninger – Virksomhedsperspektiv

Fra et virksomhedsperspektiv (20% IRR) er elektrificering i produktionserhverv (samlet potentiale 10337 PJ, ikke medregnet varmepumper som er medtaget under energieffektivisering ovenfor) ikke økonomisk rentable ved den nuværende CO2 pris.

Elektrificeringspotentialet i produktionserhverv - Virksomhedsperspektiv	Konverteringspotentiale TJ ved eksisterende CO2-pris			Average Abatement Cost (DKK/TJ/year)			Average Abatement Cost (DKK/ton CO2/year)		
	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10
Konverterings- og nettab	-	-	1.200	-	-	139.944	-	-	3.692
Tung proces	-	-	2.500	-	-	186.060	-	-	3.416
Øvrig proces	-	-	6.000	-	-	155.747	-	-	3.058
Produktionsmaskiner	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Forsyningsanlæg (el)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arbejdskørsel	-	-	637	-	-	201.210	-	-	2.748
Rumvarme	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
It og elektronik	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total produktionserhverv	-	-	10.337	-	-	164.045	-	-	3.434

Tabel 2.7: Vurdering af omkostninger - Virksomhedsperspektiv (20% IRR) (Elektrificering - produktionserhverv)

2.3.2 Vurdering af omkostninger - Samfundsperspektiv

Fra et samfundsperspektiv (4% IRR) er elektrificering i produktionserhverv (samlet potentiale 10337 PJ, ikke medregnet varmepumper som er medtaget under energieffektivisering ovenfor) derimod økonomisk rentable ved den nuværende CO2 pris i næsten alle slutanvendelser.

Elektrificeringspotentialet i produktionserhverv - Samfundsperspektiv	Besparelsespotentiale TJ ved eksisterende CO2-pris			Average Abatement Cost (DKK/TJ/year)			Average Abatement Cost (DKK/ton CO2/year)		
	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10
Konverterings- og nettab	-	-	1.200	-	-	63.893	-	-	1.685
Tung proces	-	-	2.500	-	-	84.947	-	-	1.560
Øvrig proces	-	-	6.000	-	-	71.108	-	-	1.396
Produktionsmaskiner	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Forsyningsanlæg (el)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arbejdskræfter	-	-	637	-	-	19.618	-	-	268
Rumvarme	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
It og elektronik	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total produktionserhverv	-	-	10.337	-	-	68.027	-	-	1.424

Tabel 2.8: Vurdering af omkostninger - Samfundsperspektiv (4% IRR) (Elektrificering - produktionserhverv)

2.3.3 Vurdering af effekten af ændrede CO2-kvotepreiser (elektrificering – produktionserhverv)

En stigning i CO2-prisen fra det nuværende niveau på ca. 190 kr./ton CO2 til henholdsvis 500 og 1000 kr./ton vil forbedre projektøkonomien for den enkelte virksomhed og tilbagebetalingstiden reduceres. Dette er ikke tilstrækkeligt til at reducere tilbagebetalingstiderne til under 4 år, men det samlede potentiale i intervallet 4-10 års tilbagebetalingstid øges væsentligt. Dette er illustreret i tabellen nedenfor.

Elektrificeringspotentialet i produktionserhverv	Samlet energiforbrug (2017)	Besparelsespotentiale TJ ved eksisterende CO2-pris (190 kr/ton)			Besparelsespotentiale TJ ved ny CO2-pris (500 kr/ton)			Besparelsespotentiale TJ ved ny CO2-pris (1000 kr/ton)		
		TJ	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10
Konverterings- og nettab	5.902	-	-	1.200	-	-	1.436	-	-	1.816
Tung proces	12.076	-	-	2.500	-	-	3.031	-	-	3.887
Øvrig proces	35.739	-	-	6.000	-	-	7.423	-	-	9.719
Produktionsmaskiner	9.456	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Forsyningsanlæg (el)	13.425	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arbejdskræfter	782	-	-	637	-	-	826	-	-	1.132
Rumvarme	10.612	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	2.528	-	-	-	-	-	-	-	-	-
It og elektronik	621	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total produktionserhverv	91.141	-	-	10.337	-	-	12.716	-	-	16.553

Tabel 2.9: Vurdering af effekten af ændrede CO2-priser (Elektrificering - produktionserhverv)

2.4 VURDERING AF OMKOSTNINGER VED REALISERING AF ELEKTRIFICERINGS-POTENTIALER OG EFFEKTEN AF ÆNDRERE CO2-KVOTEPRISER I HANDEL OG SERVICE

2.4.1 Vurdering af omkostninger – Virksomhedsperspektiv

Fra et virksomhedsperspektiv (20% IRR) er elektrificering i handel og service (samlet potentiale 1261 PJ, ikke medregnet varmepumper som er medtaget under energieffektivisering ovenfor) ikke økonomisk rentable ved den nuværende CO2 pris.

Elektrificeringspotentialet i handel og service - Virksomhedsperspektiv	Besparespotentiale TJ ved eksisterende CO2-pris			Average Abatement Cost (DKK/TJ/year)			Average Abatement Cost (DKK/ton CO2/year)		
	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10
Slut anvendelse	-	-	558	-	-	124.442	-	-	2.621
Konverterings- og nettab	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tung proces	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Øvrig proces	-	-	604	-	-	253.738	-	-	11.131
Produktionsmaskiner	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Forsyningsanlæg (el)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arbejdskørsel	-	-	99	-	-	199.171	-	-	2.690
Rumvarme	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
It og elektronik	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total handel og service	-	-	1.261	-	-	192.201	-	-	5.469

Tabel 2.10: Vurdering af omkostninger - Virksomhedsperspektiv (20% IRR) (Elektrificering - handel og service)

2.4.2 Vurdering af omkostninger – Samfundsperspektiv

Fra et samfundsperspektiv (4% IRR) er elektrificering i handel og service (samlet potentiale 1261 PJ, ikke medregnet varmepumper som er medtaget under energieffektivisering ovenfor) derimod økonomisk rentable ved den nuværende CO2 pris i næsten alle slut anvendelser.

Elektrificeringspotentialet i handel og service - Samfundsperspektiv	Besparespotentiale TJ ved eksisterende CO2-pris			Average Abatement Cost (DKK/TJ/year)			Average Abatement Cost (DKK/ton CO2/year)		
	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10
Slut anvendelse	-	-	558	-	-	56.815	-	-	1.196
Konverterings- og nettab	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tung proces	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Øvrig proces	-	-	604	-	-	115.847	-	-	5.082
Produktionsmaskiner	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Forsyningsanlæg (el)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arbejdskørsel	-	-	99	-	-	19.419	-	-	262
Rumvarme	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
It og elektronik	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total handel og service	-	-	1.261	-	-	79.103	-	-	2.251

Tabel 2.11: Vurdering af omkostninger - Samfundsperspektiv (4% IRR) (Elektrificering - handel og service)

2.4.3 Vurdering af effekten af ændrede CO2-kvotepreiser (elektrificering – handel og service)

En stigning i CO2-prisen fra det nuværende niveau på ca. 190 kr./ton CO2 til henholdsvis 500 og 1000 kr./ton vil forbedre projektøkonomien for den enkelte virksomhed og tilbagebetalingstiden reduceres. Dette er ikke tilstrækkeligt til at reducere tilbagebetalingstiderne til under 4 år, men det samlede potentiale i intervallet 4-10 års tilbagebetalingstid øges.

Elektrificeringspotentialet i handel og service	Samlet energiforbrug (2017)	Besparespotentiale TJ ved eksisterende CO2-pris (190 kr/ton)			Besparespotentiale TJ ved ny CO2-pris (500 kr/ton)			Besparespotentiale TJ ved ny CO2-pris (1000 kr/ton)		
		TJ	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10
Slut anvendelse	744	-	-	558	-	-	713	-	-	962
Konverterings- og nettab	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tung proces	2.145	-	-	604	-	-	643	-	-	706
Øvrig proces	1.317	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Produktionsmaskiner	15.125	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Forsyningsanlæg (el)	103	-	-	99	-	-	129	-	-	177
Arbejdskørsel	29.018	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rumvarme	5.768	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	4.681	-	-	-	-	-	-	-	-	-
It og elektronik	58.903	-	-	1.261	-	-	1.485	-	-	1.846
Total handel og service										

Tabel 2.12: Vurdering af effekten af ændrede CO2-priser (Elektrificering – handel og service)

2.5 VURDERING AF OMKOSTNINGER VED REALISERING AF BIOMASSEKONVERTERINGS-POTENTIALTET OG EFFEKTEN AF ÆNDRERE CO2-KVOTEPRISER I PRODUKTIONSERHVERV

2.5.1 Vurdering af omkostninger - Virksomhedsperspektiv

Fra et virksomhedsperspektiv (20% IRR) er biomassekonvertering i produktionserhverv (samlet potentielle 4858 PJ) ikke økonomisk rentable ved den nuværende CO2 pris.

Biomassekonverteringspotentialt i produktionserhverv - Virksomhedsperspektiv	Konverteringspotentialt TJ ved eksisterende CO2-pris			Average Abatement Cost (DKK/TJ/year)			Average Abatement Cost (DKK/ton CO2/year)		
	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10
Slutanvendelse									
Konverterings- og nettab	-	-	334	-	-	139.944	-	-	3.692
Tung proces	-	-	1.678	-	-	186.060	-	-	3.416
Øvrig proces	-	-	2.847	-	-	155.747	-	-	3.058
Produktionsmaskiner	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Forsyningsanlæg (el)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arbejdskørsel	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rumvarme	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
It og elektronik	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total produktionserhverv	-	-	4.858	-	-	165.130	-	-	3.457

Tabel 2.13: Vurdering af omkostninger - Virksomhedsperspektiv (20% IRR) (Biomassekonvertering - produktionserhverv)

2.5.2 Vurdering af omkostninger – Samfundsperspektiv

Fra et samfundsperspektiv (4% IRR) er biomassekonvertering i produktionserhverv derimod økonomisk rentable ved den nuværende CO2 pris i alle slutanvendelser.

Biomassekonverteringspotentialt i produktionserhverv - Samfundsperspektiv	Besparelsespotentialt TJ ved eksisterende CO2-pris			Average Abatement Cost (DKK/TJ/year)			Average Abatement Cost (DKK/ton CO2/year)		
	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10
Slutanvendelse									
Konverterings- og nettab	-	-	334	-	-	63.893	-	-	1.685
Tung proces	-	-	1.678	-	-	84.947	-	-	1.560
Øvrig proces	-	-	2.847	-	-	71.108	-	-	1.396
Produktionsmaskiner	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Forsyningsanlæg (el)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arbejdskørsel	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rumvarme	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
It og elektronik	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total produktionserhverv	-	-	4.858	-	-	75.391	-	-	1.578

Tabel 2.14: Vurdering af omkostninger - Samfundsperspektiv (4% IRR) (Biomassekonvertering – produktionserhverv)

2.5.3 Vurdering af effekten af ændrede CO2-kvotepriser (biomassekonvertering – produktionserhverv)

En stigning i CO2-prisen fra det nuværende niveau på ca. 190 kr./ton CO2 til henholdsvis 500 og 1000 kr./ton vil forbedre projektøkonomien for den enkelte virksomhed og tilbagebetalingstiden reduceres. Dette er ikke tilstrækkeligt til at reducere tilbagebetalingstiderne til under 4 år, men det samlede potentielle i intervallet 4-10 års tilbagebetalingstid øges.

Biomassekonverteringspotentialet i produktionserhverv	Samlet energiforbr ug (2017)	Besparespotentiale TJ ved eksisterende CO2-pris (190 kr/ton)			Besparespotentiale TJ ved ny CO2-pris (500 kr/ton)			Besparespotentiale TJ ved ny CO2-pris (1000 kr/ton)					
		TJ	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10	<2	2-4	4-10		
Slutanvendelse	TJ		<2	2-4	4-10		<2	2-4	4-10		<2	2-4	4-10
Konverterings- og nettab	5.902	-	-	334	-	-	399	-	-	505	-	-	505
Tung proces	12.076	-	-	1.678	-	-	2.034	-	-	2.608	-	-	2.608
Øvrig proces	35.739	-	-	2.847	-	-	3.522	-	-	4.611	-	-	4.611
Produktionsmaskiner	9.456	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Forsyningsanlæg (el)	13.425	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arbejdsår	782	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rumvarme	10.612	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Komfortkøling og ventilation (HVAC)	2.528	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
It og elektronik	621	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total produktionserhverv	91.141	-	-	4.858	-	-	5.955	-	-	7.725	-	-	7.725

Tabel 2.15: Vurdering af effekten af ændrede CO2-priser (Biomassekonvertering - produktionserhverv)

3 BESKRIVELSE AF VIRKEMIDLER FOR REALISERING AF HOVEDELEMENTER (DK VS. EU)

En række forskellige virkemidler kan iværksættes for at sikre realisering af potentialerne i de beskrevne hovedelementer. Elementerne er noget forskellige, hvorfor også de virkemidler der kan understøtte realiseringen vil spænde bredt. Der kan umiddelbart synes langt fra realisering af energibesparelser i industriens med kendte teknologier, og hvor det måske især er barrierer som virksomhedsøkonomi og manglende viden om mulighederne, der kan stille sig i vejen for realiseringen, til udvikling af nye produkter og cirkulær økonomi. På den anden side kan en del af disse netop gå hånd i hånd.

Vi vil her give forslag til virkemidler, der hver især kan have betydning for realisering af de forskellige elementer. Nogle virkemidler vil være de samme og flere elementer og nogle virkemidler kan være mere velkendte (afprøvede) end andre. Vi skelner mellem normative, økonomiske og informative virkemidler.

Et generelt træk for de virkemidler der introduceres er, at både produktionserhverv og handel og service som udgangspunkt helts ser langsigtede virkemidler, som er med til at sikre rimelig stabile rammer for deres investeringer og tiltag.

Virkemidlerne er her beskrevet under hvert hovedelement, men en del af dem vil kunne virke på tværs af elementerne. Fx vil introduktion af Grønne Fonde kunne bidrage til at der skabes et økonomisk grundlag for fx forceret demonstration af nogle af elementerne. Ligeledes vil afgifter/tariffer kunne spille ind i flere elementer og evt. også på tværs af elementer. Dette er der ikke reflekteret i særlig grad over i gennemgangen af virkemidlerne herunder.

De væsentligste virkemidler er listet her og uddybet nedenfor.

Energieffektivisering:

- Energiafgifter/tariffer og kvotepriser
- Sektorpartnerskaber
- Aftaleordning og obligatorisk energisyn
- Ecodesign
- Bygningsreglement og energimærkning af bygninger

Elektrificering:

- Elpriser/afgifter/tariffer
- VP incitament
- Uddannelse, information og vidensopbygning
- Ejerskabsformer
- Investeringstilskud
- Forskning, udvikling og demonstration

Biomassekonvertering:

- Sektorkobling (landbrug, fjernvarme, industri)
- Afgifter/tariffer
- Investeringstilskud
- Forskning og udvikling

Bæredygtige produkter og cirkulær økonomi

- Afgifter/tariffer
- Offentlige indkøbskrav
- Sektorkobling
- Tilskud, herunder medfinansiering til pilot-implementering under EU Innovation Fund
- Forskning og udvikling

3.1 VIRKEMIDLER – ENERGIEFFEKTIVISERING

Økonomiske virkemidler som energiafgifter/tariffer, CO₂-kvoter og aftaleordninger er alle velkendte virkemidler, som gennem tiden har vist at have en god effekt på gennemførelse af energieffektiviseringer i erhverv. CO₂-kvoteprisen er afhængig af markedet og regulering heraf i EU-regi, og derfor ikke umiddelbar enkel at gennemføre fra dansk side alene.

Virkemidlet aftaleordning rummer to typer ordninger. Dels en ordning som energiselskabernes energispareforpligtigelser, som giver investeringsstøtte til gennemførelse af energibesparelser, dels aftaleordningen for energiintensive virksomheder, hvor en del af energiafgifterne betales tilbage til de energiintensive virksomheder, der har indgået en aftale om energieffektivisering med Energistyrelsen.

Energiselskabernes energispareordning har siden 2006 støttet projekter inden for både erhverv og private områder og vil blive afløst af en ny ordning i 2021, hvor der alene er afsat midler på Finansloven til at støtte investeringer i erhverv. Den nuværende ordning er finansieret over el-tariffen, og der derfor ikke omfattes af EU statsstøtteregler. Ordningen stiller krav til energileverandørerne (el, olie, gas m.m. selskaber) om at medvirke til realisering af en vis mængde energieffektiviseringer om året. Ordningens mekanisme betyder derfor, at der er et incitament til at der leveres mindre energi fra energileverandørens side og forbruges mindre energi hos slutbrugeren.

Aftaleordningen med energiintensive virksomheder har fungeret siden indførelsen af CO₂-afgiften i midten af 1990'erne. Ordningen var en del af den grønne pakke, som regeringen lancerede på det tidspunkt og havde til hensigt at målrette en del af energiafgifterne til gennemførelse af energibesparelser i de særligt energitunge virksomheder. Ved tilbageførelse af CO₂-afgiften til de virksomheder, som havde en særlig energiintensiv produktion, sikres samtidig at disse virksomheder ikke blev væsentligt konkurrenceudsat som følge af den høje danske energiafgift. Ordningen har fungeret siden 1996, og har ved flere evalueringer af energieffektiviseringsindsatser vist sig at være det altovervejende mest samfundsøkonomiske virkemiddel. Et væsentligt element i aftaleordningen er, at der er krav om at virksomhederne indfører et energiledelsessystem, som sikrer en fremadrettet og langsigtet tilgang til energieffektivisering i virksomhederne.

EU-ordningen med obligatorisk energisyn af store virksomheder stiller krav om at der gennemføres energisyn hvert fjerde år, samt udarbejdes en rapport som ud over en status for energiforbruget også anviser forslag til energieffektiviseringer. Der er i dag ikke krav om at disse forslag skal gennemføres. Et virkemiddel for at styrke gennemførelsen af potentialet for energieffektiviseringer kunne være, at stille krav om at alle eller en andel af disse forslag skulle gennemføres. For at sikre, at der ikke dermed sker en konkurrenceforvriddning af dansk erhverv ift. andre EU-lande kunne man fra dansk side medvirke til at kravet indføres på EU niveau.

Danmark deltager aktivt i EU's ecodesign arbejde, hvorigenem der stilles krav til energieffektivitet af en lang række el-forbrugende apparater. Ordningen betyder, at kun produkter med et vist energieffektivitetsniveau må forhandles og benyttes i EU. Kredsen af de apparater der er omfattet, kan udvides og kravene yderligere skærpes. Især inden for handel og service kan ecodesignkravene allerede i dag have en væsentlig betydning for energieffektiviseringen, mens det er mere begrænset inden for produktionserhverv, hvor ikke mange produkter i produktionsapparatet er omfattet af ecodesignkrav.

Energimærkning af bygninger er ligeledes et krav fra EU, som foreskriver, at bygninger mærkes efter deres energiforbrug. I det danske bygningsreglement er der minimumskrav til bygningers energiforbrug, som dog især har betydning ved nyopførelse af bygninger. Både bygningsreglementet og energimærkning af bygninger er begge virkemidler, som kan justeres og dermed bringes i anvendelse til sikring af energieffektivisering af bygninger. Dette er typisk interessant inden for handel og service, hvor rumvarme udgør en væsentlige andel af virksomhedernes energiforbrug. Evt. stramning af kravene til bygningsreglementet ved fx renoveringer og krav om gennemførelse af forslag til besparelser ved energimærkning bør dog som udgangspunkt sikres på en måde, at det kommer til at være økonomisk rentabelt for virksomhedsejere og bygningsejerne.

Med de nye sektorpartnerskaber introduceres et virkemiddel, som kan tilskynde til ambitiøs de-karbonisering på brancheniveau og sikre gensidig udnyttelse af ressourcer på tværs af sektorer. Det er her især tankegangen bag også cirkulær økonomi og bæredygtige produkter, som er afsættet.

3.2 VIRKEMIDLER – ELEKTRIFICERING

Også økonomiske virkemidler er centralt for at kunne udnytte potentialet for elektrificering af produktionserhverv og handel og service. Det skal være økonomisk attraktivt eller i det mindste ikke øge omkostningerne til energi hos virksomhederne, for at deres konkurrenceevne ikke svækkes ved elektrificering af produktionsapparatet. Det er derfor væsentligt at vurdere elpris og afgiftsstrukturen i dette lys. Også her ville det evt. kunne arbejdes med ordninger, som aftaleordningen beskrevet ovenfor, hvor man sikrer, at elafgifter returneres til erhvervet gennem støtte til investeringer i elektrificering. Det skal dog sikres, at det vil være i overensstemmelse med EU's statsstøtteregler. Alternativt må man fra dansk side agere ift ændring af statsstøttereglerne. Afgiftsstrukturen gælder både for virksomheder, som køber al deres el via nettet og for virksomheder, som selv producerer al eller en del af deres elforbrug.

En andel af elektrificeringspotentialet skal indfries gennem udnyttelse af varmepumper. Der er derfor behov for at der etableres nogle forskellige incitamenter til at styrke varmepumpers udbredelse og anvendelse.

For især store varmepumper skal også forhold som ejerskabsformer overvejes. I dag vil det typisk være den givne virksomhed, som implementerer en varmepumpe, som samtidig er ejer af varmepumpes. Man kunne imidlertid forestille sig andre ejerskabsformer, hvor fx et energiselskab ejere de store varmepumper. En sådan struktur vil kræve, at der overvejes hvordan drift og vedligeholdelse samt forsyningsikkerhed m.m. sikres.

For store produktionsvirksomheder kan det i dag være en meget stor opgave at tilrettelægge en strategi for hvordan elektrificering af produktionen skal foregå. Skal der installeres mange små varmepumper, investeres i nyudviklet og ikke velkendt teknologi, skal hele produktionsapparatet udskiftes eller kun den del heraf m.v. I dag er der ikke den store viden om muligheder og løsninger, hverken hos virksomhederne eller rådgivere/entreprenører. Der er derfor behov for øget uddannelse og vidensopbygning og evt. yderligere uddannelse ift at kunne udnytte potentialet for elektrificering. En del af dette vil kunne gøres ved forceret demonstration af muligheder og løsninger, hvor der ydes tilskud til målrettede demonstrationsprojekter inden for området.

Da elektrificering fortsat er et nyt område for produktionserhverv, er der ligeledes behov for en styrket og målrettet forsknings- og udviklingsindsats. Der bør således afsættes midler til at udvikle området – både

ift. udvikling af forskellige løsninger i virksomhederne, udvikling af nye teknologier og sikring af en stabil forsyningssikkerhed, der for flere virksomheder vil være mere afgørende end fx en billig pris.

3.3 VIRKEMIDLER – BIOMASSEKONVERTERING

For indfrielse af potentialet for biomassekonvertering er også økonomiske virkemidler vigtige for produktionserhverv og handel og service. Det er således nødvendigt at sikre de rette økonomiske rammer for virksomhederne. Som for energieffektivisering og elektrificering kan det gøres ved at regulere og udnytte mulighederne i pris-, afgift- og tarifstrukturen, så anvendelse af biomasse med de allerede kendte teknologier bliver økonomisk attraktivt for virksomhederne.

Etablering af en tilskudsordning som VE til Proces vil også kunne øge fokus og gøre det økonomisk interessant for virksomhederne at investere i biomassebaseret teknologi. En sådan ordning skal gennemføres, så den tager hensyn til i hvor høj grad og hvor i samfundet man ønsker at udbrede anvendelse af biomasse. I forhold til produktionserhverv vil biomasse kunne erstatte visse fossile brændsler i områder, der fx ikke er udlagt til gas (naturgas eller biogas) eller fjernvarme og hvor elektrificering ikke er et umiddelbart alternativ i dag.

For at sikre udnyttelse af biomassen bedst mulig er det her afgørende at der overvejes hvordan sektorkobling mellem fx landbrug som leverandør af biomasse og aftager af "rester" af biomasse, fjernvarme, som kan anvende biomasse direkte eller anvende biomasse til at dække perioder, hvor der fx ikke kan anvendes overskudsvarme fra industrien. Også anvendelse af biogas er det et potentiale for at udvide, hvor enten opgradering af biogassen til naturgasniveau eller etablering af symbioser mellem biogas og produktionsvirksomheder har gode potentialer, men behov for at blive understøttet af økonomiske mekanismer og/eller andre sektorkoblinger.

Biomasse dækker over flere forskellige anvendelsesformer, hvoraf nogle er velkendte, men andre endnu mere er på et demonstrations- eller udviklingsstadium. Der vil derfor også være behov for en indsats med forskning og udvikling for at kunne udnytte potentialet for konvertering til biomasse. Det gælder fx inden for forgasning gennem pyrolyse, hvor der i dag er udviklet metoder, som dog fortsat mangler at blive demonstreret i større omfang. Inden for biogas er der ligeledes fortsat et behov for forskning og udvikling.

3.4 VIRKEMIDLER – BÆREDYGTIGE PRODUKTER OG CIRKULÆR ØKONOMI

Som for de andre elementer kunne også afgifter/tariffer være mulige økonomiske virkemidler for at sikre eller igangsætte produktion af bæredygtige produkter eller understøtte cirkulær økonomitankegangen. Det vil ikke nødvendigvis være afgifter/tariffer knyttet direkte til energiforbrug, men kan også være relateret til fx materialer, levetid for produkter m.m. som ud over energiindholdet i et produkt gør det interessant at producere produkter med fx lang levetid eller at restprodukter fra en produktion bliver værdisat ift. at kunne anvendes som råvare i en anden, uden at der fx pålægges affaldsafgift, hvis "resten" faktisk anvendes og ikke kasseres.

En del produkter, som allerede i dag indgår i en cirkulær økonomi, er endnu nicheprodukter, som kan have behov for at blive introduceret på et større marked. Krav til offentlige indkøb kan være med til at sikre en introduktion til et større marked for disse produkter, hvor der fra det offentliges side stilles krav om at fx en vis andel af deres indkøb er relateret til bæredygtige produkter eller cirkulær økonomi.

Hele grundlaget for cirkulær økonomi og bæredygtige produkter er, at produkter og produktionsprocesser samtænkes. Sektorkobling er derfor effektivt som virkemiddel for at understøtte potentialet for bæredygtige produkter. Sektorkobling som virkemiddel skal sikre, at der etableres de mulige symbioser med etablering af fx nærhedsprincipper for industriområder, som både giver mulighed for at udnytte energi og varestrømme ude af det belægges med restriktioner, som vil gøre det mindre attraktivt for virksomhederne at deltage i.

Der er behov for at understøtte forskning og udvikling af bæredygtige produkter. En udvikling, som ikke alene skal fokusere på egentlig produkt- og produktionsudvikling, men også give mulighed for at udvikle forretningsmodeller. Her kan især EU's nye Innovation Fund nævnes. Fonden støtter i perioden 2020-2030 innovative teknologier, processer og produkter som kan bidrage til dyb de-karbonisering af den del af den europæiske industri som er reguleret under ETS med i størrelsesordenen 1 mia. EUR per år. Fonden kan bidrage med op til 60% af meromkostningerne ved første fuldskala implementering men en forudsætning for støtten er at resten af finansieringen er på plads. Det vil typisk forudsætte betydelig risikovillig medfinansiering fra projekt/teknologiejeren samt nationale finansierings- og støtteordninger. Fra dansk side vil der derfor være behov for at kunne støtte op om projekter til Innovation Fund med både offentlig og privat medfinansiering.

3.5 VIRKEMIDLER – FORHOLDET MELLEM DANSKE OG EU VIRKEMIDLER

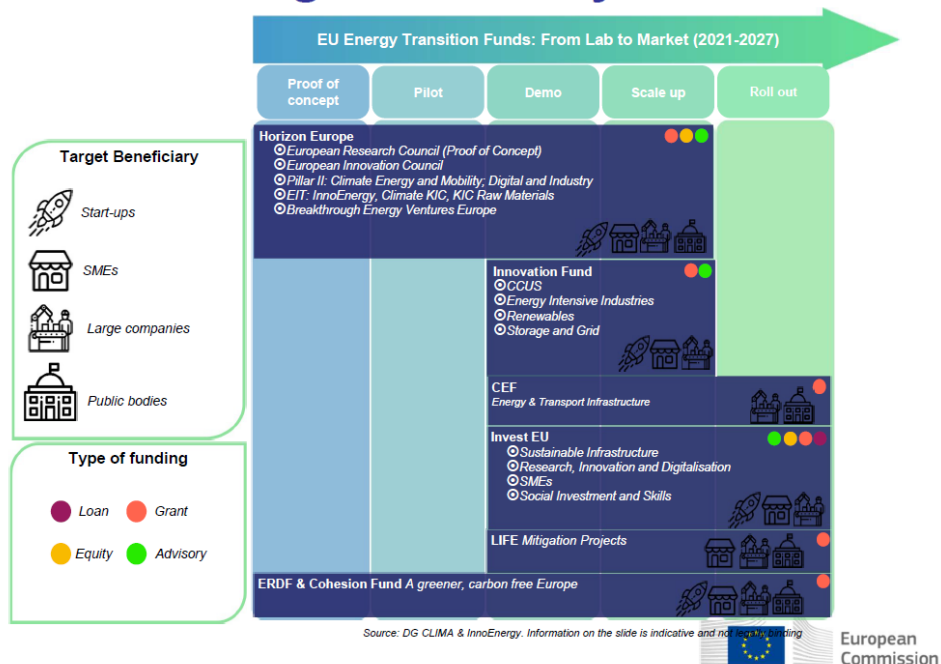
På EU-niveau arbejdes der allerede med forskellige virkemidler, som dels opstiller visse rammer for de muligheder der er for virkemidler i Danmark (og de øvrige medlemsstater) og dels giver mulighed for at booste danske initiativer.

For det første er der begrænsninger for medlemsstaternes mulighed for statsstøtte, idet staterne som udgangspunkt ikke må yde statsstøtte undtagen for visse områder, som er beskrevet i EU Kommissionens regler for statsstøtte (Retningslinjer for statsstøtte til miljøbeskyttelse og energi 2014-2020 (2014/C 200/01)).

På energiområdet findes desuden flere direktiver og forordninger, som alle giver rammerne for de krav der skal udmøntes i medlemsstaternes lovgivning eller virker som direkte lov i alle staterne. De mest centrale er energieffektivitets-direktivet (Direktiv 2012/27/EU), Bygningsdirektivet (Direktiv 2010/31/EU), VE-direktivet (Direktiv 2018/2001 om fremme af anvendelsen af energi fra vedvarende energikilder), EU-direktivet om ecodesign (Direktiv 2009/125/EF) samt forordning om energimærkning (Forordning 2017/1369). For industri kan fx nævnes krav om gennemførelse af energisyn af store virksomheder hvert 4. år, hvor der dog ikke er krav om at virksomhederne gennemfører de energibesparelser der findes. Der er krav om udarbejdelse af energimærkning af bygninger, hvor der for store bygninger er krav om energimærkning senest hvert 10. år, hvilket især kan have betydning for handel og servicesektorens. Dog er der heller ikke her krav om at de mulige besparelser skal gennemføres. En væsentlig og meget stor betydning for en anvendelse af mere og mere energieffektive energiforbrugende apparater er EU krav om eco-design af elforbrugende apparater.

Endelig findes der i EU visse økonomiske støtteprogrammer. Det gælder bl.a. Horizon Europe, den nye Innovation Fond, CEF, Invest EU og Life, samt ERDF/CF. Disse ordninger og deres forventede roller i relation til de-karbonisering af EU i perioden 2020-2030 er illustreret i nedenstående overblik.

EU Programmes beyond 2021



4 TIDSLINJER FOR REALISERING AF POTENTIALER

Som beskrevet ovenfor er der for vil der for de fleste elementer være en række forskellige virkemidler, som kan iværksættes for at fremme udnyttelsen af potentialet. Virkemidlerne rækker meget bredt fra virkemidler, som umiddelbart kan iværksættes af den danske stat til mere omfattende og langsigtede virkemidler, herunder nogle som fx vil kræve ændring af EU statsstøtteregele.

Vurderingen af hvornår potentialerne vil eller kan blive realiseret afhænger såvel af den teknologiske udvikling som centrale rammevilkår, som fx de økonomiske forhold for virksomhederne. For en del af potentialet, hvor der er tale om kendt teknologi og løsninger (især energieffektivisering og biomasse), handler det ofte om fx de økonomiske rammer. Dog vil der også skulle indregnes en faktisk implementeringsperiode, som for nogle potentialer vil kunne række ud over 2030. Det kunne fx være, hvor en virksomhed netop har indført nye teknologier eller andet, som de derfor ikke umiddelbart vil være interesserede i at ændre. Endelig kan visse virksomheder være styret af krav fra fx koncernen til bestemte produktionskrav, som betyder at de ikke vil være ret villige til at foretage ændringer. For andre dele af potentialet, især inden for elektrificering og bæredygtige produkter er udnyttelse af potentialet i høj grad styret af udviklingen af teknologier og løsninger. Inden for cirkulær økonomi og bæredygtige produkter vil udnyttelsen af potentialerne ligeledes være afhængig af rimelig nærhed af virksomheder, som kan deles om faciliteter eller indgå partnerskaber eller på anden måde udveksling af fx materialer.

I de efterfølgende afsnit er tidslinjer for implementering af potentialerne for de forskellige elementer inde for hhv. produktionserhverv og handel og service vurderet ud fra Viegand Maagøes erfaring samt drøftelser med Klimarådet på møde den 10. december.

De angivne tabeller viser en oversigt over en tidslinje for udnyttelse af potentialerne, dels en vurdering af hvornår i disse tidsforløb potentialerne kan forventes indfriet og endelig samme fordeling opgjort i TJ.

4.1 PRODUKTIONSERHVERV

For produktionserhverv forventes den del af energieffektiviseringspotentialet som har mindre end 2 års tilbagebetalingstid at kunne realiseres inden 2025 og den del som har 2-4 års potentiale at kunne realiseres inden 2030. Dette er baseret på en forventning om at sektorpartnerskaber og stigende ledelsesfokus på grøn omstilling vil motivere virksomhederne til at blive mere ambitiøse i anden del af årtiet. For den del af potentialet hvor tilbagebetalingstiden er mellem 4 og 10 år må det forventes at implementering i højere grad er drevet af almindelig løbende fornyelse af produktionsapparatet og økonomiske incitamenter som CO2-prisen og fuld realisering af potentialet forventes først modslutningen af 2030'erne (kan fremskyndes af væsentligt højere CO2-priser).

Elektrificering har i udgangspunktet længere tilbagebetalingstider, og mens potentialet for elkedler forventes at blive udnyttet mellem 2025 og 2035 vil el internt i processer afhænge af den teknologiske udvikling. For begge vil økonomiske incitamenter som elprisen og CO2 prisen være væsentlige faktorer.

Potentialet for fast biomasse forventes udnyttet inden 2030 da teknologien er en overgangsløsning og ressourceknaphed (herunder land til dyrkning af biomasse) i stigende grad er en begrænsning. Biogas vil være en erstatning for naturgas hvor el ikke er teknisk muligt, dette potentiale vurderes primært at blive realiseret i 2030'erne.

Dette er illustreret i de tre tabeller nedenfor som viser Tidslinje for realisering af potentialer for produktionserhverv (tabel 4.1), Vurdering af andelen af realiseringen af potentialerne inden for den angivne tidslinje for produktionserhverv (tabel 4.2) og Opgørelse af realiseringen af potentialerne inden for den angivne tidslinje, opgjort i TJ, for produktionserhverv (tabel 4.3). Den stiplede linje angiver potentialer som allerede i dag er teknisk mulige men afhænger af forbedrede ramme betingelser.

Tidslinjer for realisering af potentialer	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
Energieffektivisering (inkl VP)						
<2 år	██████████					
2-4 år	██████████	██████████				
4-10 år	██████████	██████████	██████████			
Elektrificering						
Elkedler		██████████	██████████			
El internt i processer			██████████	██████████	██████████	
Biomassekonvertering						
Fast biomasse	██████████	██████████				
Biogas		██████████	██████████	██████████		
Nye produkter og processer / CØ						
	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████

Tabel 4.1: Tidslinje for realisering af potentialer for produktionserhverv

TJ/år potentiale i perioden	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
Energieffektivisering (inkl VP)						
<2 år	100%					
2-4 år	20%	80%				
4-10 år	10%	50%	40%			
Elektrificering						
Elkedler		25%	25%			
El internt i processer			10%	20%	20%	
Biomassekonvertering						
Fast biomasse	25%	25%				
Biogas		17%	17%	17%		
Nye produkter og processer / CØ						

Tabel 4.2: Vurdering af andelen af realiseringen af potentialerne inden for den angivne tidslinje for produktionserhverv

TJ/år potentiale i perioden	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
Energieffektivisering (inkl VP)						
<2 år	5.003	-	-	-	-	-
2-4 år	712	2.846	-	-	-	-
4-10 år	2.501	12.507	10.006	-	-	-
Elektrificering						
Elkedler	-	2.601	2.601	-	-	-
El internt i processer	-	-	1.040	2.081	2.081	-
Biomassekonvertering						
Fast biomasse	1.489	1.489	-	-	-	-
Biogas	-	993	993	993	-	-
Nye produkter og processer / CØ						

Tabel 4.3: Opgørelse af realiseringen af potentialerne inden for den angivne tidslinje, opgjort i TJ, for produktionserhverv

4.2 HANDEL OG SERVICE

For handel og service forventes tilsvarende at den del af energieffektiviseringspotentialet som har mindre end 2 års tilbagebetalingstid at kunne realiseres inden 2025 og den del som har 2-4 års potentiale at kunne realiseres inden 2030. Dette er igen baseret på en forventning om at sektorpartnerskaber og stigende ledelsesfokus på grøn omstilling vil motivere virksomhederne til at blive mere ambitiøse i anden del af årtiet. For den del af potentialet hvor tilbagebetalingstiden er mellem 4 og 10 år må det forventes at implementering i højere grad er drevet af almindelig løbende fornyelse af produktionsapparatet og økonomiske incitamenter som CO₂-prisen, men en fuld realisering af potentialet forventes allerede i 2035.

Elektrificering har i udgangspunktet længere tilbagebetalingstider, og potentialet for både elkedler forventes at blive udnyttet mellem 2025 og 2035. El internt i processer vil igen afhænge af den teknologiske udvikling, men vil sandsynligvis kunne realiseres midt i 2030'erne. For begge vil økonomiske incitamenter, som elprisen og CO₂ prisen, være væsentlige faktorer.

Det er vurderet, at energieffektivisering og elektrificering vil kunne sikre de-karbonisering af hele handel og servicesektoren og at der derfor ikke er behov for biomassekonvertering. Samtidig vil der naturligvis gennem hele perioden parallelt være udvikling af nye bæredygtige produkter og cirkulære løsninger som kan bidrage og måske mindske energiforbruget yderligere. Dette vurderes dog ikke at påvirke tidslinjerne.

Dette er illustreret i de tre tabeller nedenfor som viser Tidslinje for realisering af potentialer for handel og service (tabel 4.4), Vurdering af andelen af realiseringen af potentialerne inden for den angivne tidslinje

for handel og service (tabel 4.2), og Opgørelse af realiseringen af potentialerne inden for den angivne tidslinje, opgjort i TJ, for handle og service (tabel 4.6). Den stiplede linje angiver potentialer som allerede i dag er teknisk mulige men afhænger af forbedrede ramme betingelser.

Tidslinjer for realisering af handel og service	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
Energieffektivisering (inkl VP)						
<2 år						
2-4 år						
4-10 år						
Elektrificering						
Elkedler						
El internt i processer						

Tabel 4.4: Tidslinje for realisering af potentialer for handel og service (det er vurderet, at der ikke er potentialer for elementerne biomassekonvertering og nye produkter/bæredygtige produkter og cirkulær økonomi)

TJ/år potentiale i perioden	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
Energieffektivisering (inkl VP)						
<2 år	100%					
2-4 år	20%	80%				
4-10 år	20%	50%	30%			
Elektrificering						
Elkedler		50%	20%			
El internt i processer			30%			
Biomassekonvertering						
Fast biomasse						
Biogas						
Nye produkter og processer / CØ						

Tabel 4.5: Vurdering af andelen af realiseringen af potentialerne inden for den angivne tidslinje for handel og service

TJ/år potentiale i perioden	2020-25	2025-30	2030-35	2035-40	2040-45	2045-50
Energieffektivisering (inkl VP)						
<2 år	1.801	-	-	-	-	-
2-4 år	186	743	-	-	-	-
4-10 år	1.032	2.580	1.548	-	-	-
Elektrificering						
Elkedler	-	742	297	-	-	-
El internt i processer	-	-	445	-	-	-
Biomassekonvertering						
Fast biomasse						
Biogas						
Nye produkter og processer / CØ						

Tabel 4.6: Opgørelse af realiseringen af potentialerne inden for den angivne tidslinje, opgjort i TJ, for handle og service

Arbejdsnotat

Projekt: Assistance til Klimarådet – Grøn omstilling i erhverv

Emne: Rentabilitet af elkedler til erhverv

Dato: 22.11.2019

Til: Ulla Blatt Bendtsen, Klimarådet
Chris Agerfeld Svenning, Klimarådet
Karsten Capion, Klimarådet

Kopi til: Peter Maagøe Petersen, Viegand Maagøe
Carsten Glenting, Viegand Maagøe
Jette Ellegaard Vejen, Viegand Maagøe

Fra: Niklas Bagge Mogensen, Viegand Maagøe

1 Elektriske kedler

Dette arbejdsnotat omhandler økonomiske analyse af CO₂ afgiftens påvirkning rentabiliteten ved erstatning af eksisterende kul- eller naturgaskedler med elektriske kedler. Følgende spørgsmål besvares:

- Hvilken værdi skal CO₂ afgiften have for at naturgas og kul bliver dyrere end el til procesformål?
- Hvilken værdi skal CO₂ afgiften have for at investeringsomkostninger til en 2 MW elkedel er tjent hjem inden for en 10-årig periode?
- Hvilken værdi skal CO₂ afgiften have for at investeringsomkostninger til en 15 MW elkedel er tjent hjem inden for en 10-årig periode?

De to elektriske kedler undersøgt er:

- 2 MW elektrisk modstandskedel til proces (400-690 V)
- 15 MW elektrisk elektrode kedel til proces (10 kV)

Analysen bygger udelukkende på udgifter til brændsler, CO₂ afgift og investeringer til elektriske kedler. Vedligeholdelsesomkostning er ikke inkluderet.

1.1 Antagelser

Investeringsomkostninger er angivet i tabellen nedenfor med reference til teknologikataloget for fjernvarmeområdet.

Investeringsomkostninger inkluderer alle udgifter til de elektriske keder, dvs. selve kedlen, ekstra transformerkapacitet og evt. ledningsføring af eldistributionsselskab.

2 MW	Specifik investering omkostning	0,15 M€ per MW	¹
2 MW	Total Investering	2,25 Mio kr	
15 MW	Specifik investering omkostning	0,07 M€ per MW	²
2 MW	Total Investering	7,88 Mio kr	

¹ https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology_data_catalogue_for_el_and_dh.pdf

² Investeringsanalyse, Grøn energi

CO₂ udledningen for gas og kul er angivet nedenfor

Kul	CO ₂ udledningen [kg/kWh]	0,38	³
Naturgas	CO ₂ udledningen [kg/kWh]	0,18	³

Virkningsgrader fra alle kedlerne er angivet i den følgende tabel:

Kulkedel	Virkningsgrad [%]	90	¹
Gaskedel	Virkningsgrad [%]	94	¹
Elkedel	Virkningsgrad [%]	99	¹

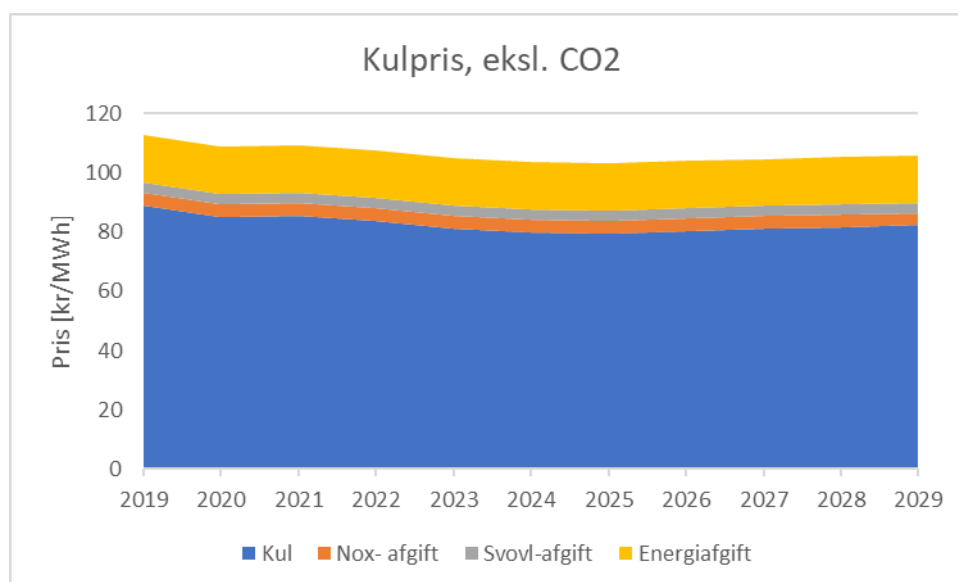
Årlige driftstimer for de to størrelser kedler er angivet i den følgende tabel. 15 MW størrelse kedler er typisk brugt i industri med kontinuerlig produktion:

2 MW	Driftstimer [timer/år]	4000	
15 MW	Driftstimer [timer/år]	8000	

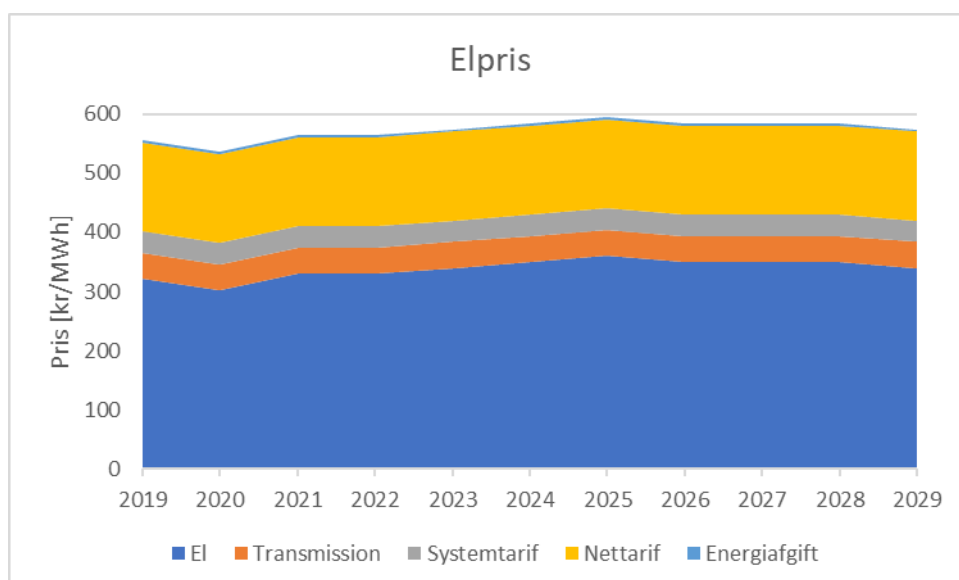
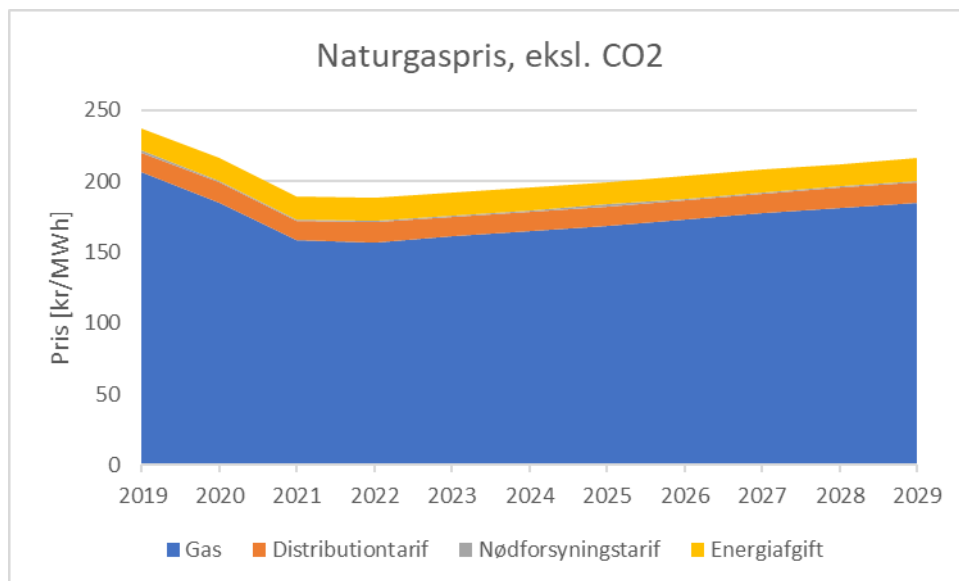
Sammensætning af el-, naturgas- og kulpriser for perioden 2019-2029 er vist i de følgende figurer:

Priserne indeholder relevante afgifter, eksklusiv CO₂-afgift idet denne varieres og tillægges kul- og naturgaspriserne efterfølgende.

Afgifterne afspejler at elkedlen skal benyttes til proces.



³ Engineering toolbox



1.2 Resultater

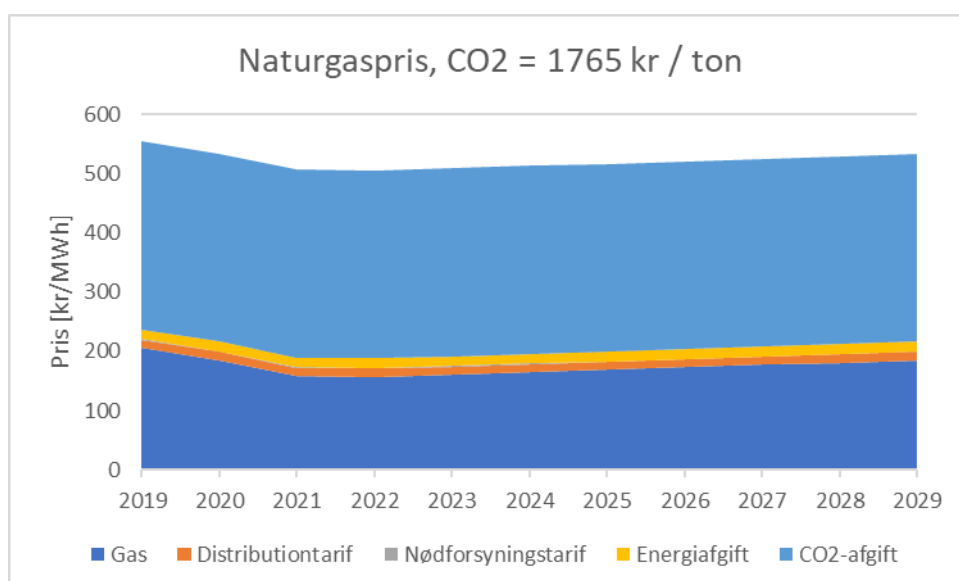
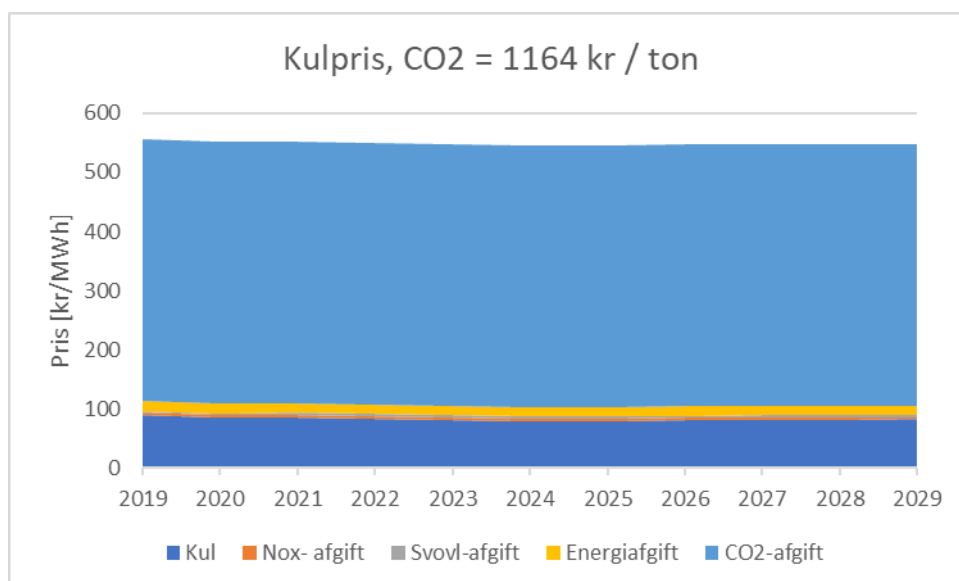
1.2.1 CO₂-afgift der resulterer i sammen kul og naturgas pris som el

I 2019 er pris uden CO₂-afgift for kul ca. 113 kr/MWh, for naturgas ca. 237 kr/MWh. For elektricitet er prisen ca. 555 kr/MWh.

- For at kulprisen bliver 555 kr/MWh i 2019, skal CO₂-afgiften være **1164** kr/ton CO₂
- For at gasprisen bliver 555 kr/MWh i 2019, skal CO₂-afgiften være **1765** kr/ton CO₂

CO₂-afgiften skal være højere for naturgas end kul, selvom kulprisen er lavere end naturgasprisen. Dette skyldes at kul udleder mere CO₂ pr. produceret varmeenhed end naturgas, hvilket gør at kul bliver mere påvirket af CO₂-afgiften end naturgas gør.

På graferne i det følgende ses kul- og naturgasprisen inklusiv CO₂-afgiften som beskrevet ovenfor.



Grundet udviklingen af el- og gasprisen vil CO₂-afgiften skulle være højere de efterfølgende år for at gasprisen er lige elprisen. Dvs. en CO₂-afgift på **1164** kr/ton CO₂, vil kun være tilstrækkeligt i 2019, men allerede fra 2020 ville afgiften skulle være højere. Det samme gør sig delvist gældende for kulpriserne.

Ovenstående omhandler energipriser relateret til proces, hvis slutforbruget i stedet var rumvarme, skulle CO₂-afgifterne være en smule lavere for at få resultere i samme pris som el, men forskellen vil ikke være stor.

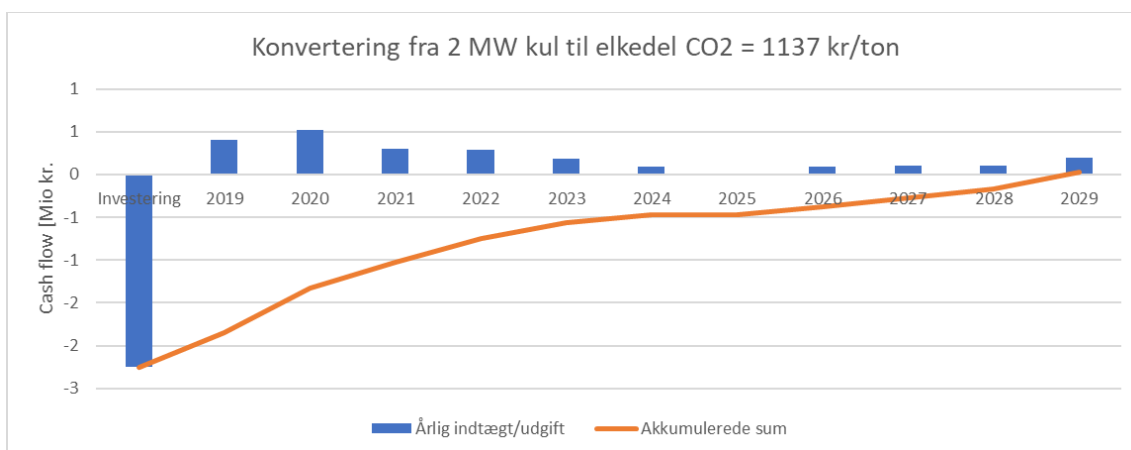
1.2.2 Økonomisk analyse ved erstatning af kul- eller gaskedel med elkedel

Den følgende tabel opsummerer hvilke CO₂-afgifter som vil resultere i tilbagebetalingstid på mindre end 10 år for erstatning af 2 MW og 15 MW kul- og gaskedel:

Erstatning af:

	2 MW Gaskedel	15 MW Gaskedel	2 MW Kulkedel	15 MW Kulkedel
CO ₂ -afgift [kr/ton]	1983	1881	1137	1090

Nedenstående graf viser cash flowet for erstatning af en 2 MW kulkedel med en 2 MW elkedel, hvor CO₂-afgifter er sat til 1137 kr/MWh. De blå søjler viser årlig indtægt/udgift og afhænger udelukkede af produktionsmængde og brændselspriserne (kul og el). Den første søjle viser investeringen. Den orange kurve viser den akkumulerede sum, som i år 2029 er positiv.



Grafer for de tre andre cases er inkluderet i Appendiks.

1.3 Konklusion

CO₂-afgiften skal være 1164 kr/ton før end kulprisen er lig elprisen. For naturgasprisen gælder det at CO₂-afgiften skal være 1765 kr/ton før end gasprisen er på samme niveau som elprisen til proces.

Hvis en kulkedel skal erstattes af en elkedel vil det kræve en CO₂-afgiften mellem 1090 og 1137 for at en 2 MW og 15 MW elkedel er tjent hjem efter 10 år.

Hvis en gaskedel skal erstattes af en elkedel vil det kræve en CO₂-afgiften mellem 1881 og 1983 for at en 2 MW og 15 MW elkedel er tjent hjem efter 10 år.

Appendiks

El spotpris

Tabel 1. Elmarkedspris (spot) 2019-2030. nærmeste øre [2019-DKK/MWh].

DKK/MWh	Forbrugsvægtet
2019	
2020	
2021	330
2022	330
2023	340
2024	350
2025	360
2026	350
2027	350
2028	350
2029	350
2030	340

Kilde: Energistyrelsen "Fremskrivning af elpriser"

Energi afgifter

Kilde: <https://ens.dk/service/statistik-data-noegletal-og-kort/energipriser-og-afgifter>

Andre elafgifter

kilde: <https://energinet.dk/El/Tariffer>

Vigtigt, PSO er ikke medtaget, da denne snart er fuldstændig udfaset.

Naturgasafgifter

Kilde: virksomhedens faktura samt Energistyrelsens fremskrivninger:

<https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/samfundsoekonomiske-analysemetoder>

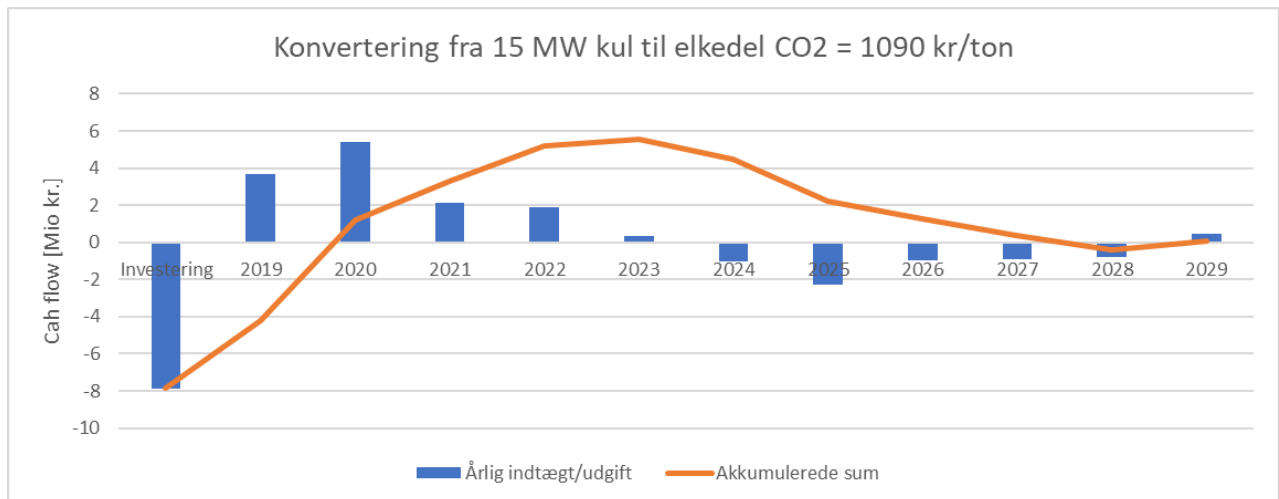
Kilde: distributør, pt HMN, DGD og NGF

Kilde: energinet.dk for beskyttede kunder

Svovl og NOx afgifter

Kilde: SKAT den juridiske vejledning <http://skat.dk/skat.aspx?old=1921342&chk=214580>

Nedenstående graf viser cash flow udviklingen ved erstatning af en 15 MW kulkedel med en 15 MW elkedel. Det ses at i perioden 2019-2023 er udskiftningen forbundet med en høj indtægt og kedlen er allerede tjent hjem efter blot 2 år. Ses der på perioden 2024-2028 er der en udgift forbundet med at have konverteret til elkedel, grundet udviklingen i energipriser. Efter en 10 år er den akkumulerede sum positiv. Hvis samme CO₂-afgift var valgt som ved 2 MW kulkedel (1137 kr/ton) ville overskuddet efter 10 år være 25 Mio kr.



De følgende grafer viser samme tendens for konvertering fra naturgas til el, som fra kul til el. Disse vil ikke blive yderligere uddybet.

