

# Energiscenarier for Region Syddanmark

BILAGSRAPPORT

Marts 2021

Udarbejdet af:

Ea Energianalyse  
Gammeltorv 8, 6 tv.  
1457 København K  
T: 88 70 70 83  
E-mail: [info@eaea.dk](mailto:info@eaea.dk)  
Web: [www.eaea.dk](http://www.eaea.dk)

# Indhold

<b>Introduktion .....</b>	<b>6</b>
<b>Baggrund.....</b>	<b>7</b>
1.1 Klimarådets rapport om 70 pct. målet .....	10
1.2 Enerkipolitiske rammer og sektorgennemgang .....	12
<b>Temanotater og casestudier .....</b>	<b>16</b>
1.3 Temanotat 1: Det fleksible energisystem.....	17
1.4 Temanotat 2: Prioritering af biomasse til energiformål.....	17
1.5 Temanotat 3: Biogassens rolle .....	17
1.6 Temanotat 4: Grøn mobilitet.....	17
1.7 Temanotat 5: Varmepumper til individuel opvarmning.....	17
1.8 Temanotat 6: Datacentre .....	17
1.9 Temanotat 7: Affald og cirkulær økonomi .....	18
1.10 Temanotat 8: Power to X.....	18
<b>Scenariemetode og regionalt reduktionsmål.....</b>	<b>19</b>
1.11 Fire scenariefremskrivninger til 2030.....	19
1.12 Datagrundlag .....	21
1.13 Drivhusgasudledning i Region Syddanmark i dag.....	21
1.14 Regional klimamålsætning .....	22
<b>Energiscenarier .....</b>	<b>25</b>
1.15 Hovedresultater af scenarierne.....	25
1.16 Basisfremskrivning for Region Syddanmark .....	28
1.17 Handlingsscenarioet .....	31
1.18 Fokus på transport.....	35
1.19 Fokus på CCS/PtX.....	38
<b>Tiltag og virkemidler .....</b>	<b>42</b>
1.20 El, opvarmning og affald.....	42
1.21 Transport .....	42

1.22 Landbrug, skovbrug og biogasproduktion .....	43
1.23 Industri.....	43
1.24 CCS og PtX.....	44
<b>Appendiks A: Sektoropdelt opgørelsesmetode for energi og CO2-udledning</b>	<b>45</b>
<b>Appendiks B: Landbrug og arealanvendelse .....</b>	<b>47</b>
<b>Appendiks C: Casestudier .....</b>	<b>50</b>
1.25 Esbjerg .....	50
1.26 Fyn og Odense .....	52
1.27 Landområderne .....	56
1.28 Trekantsområdet .....	59
1.29 Sønderjylland.....	63
<b>Appendiks D: Workshop om energiscenarier.....</b>	<b>69</b>
<b>Appendiks E: Samlede scenarieresultater .....</b>	<b>74</b>
1.30 Varmesektoren .....	74
1.31 Transportsektoren .....	77
1.32 Elsektoren .....	78
1.33 Gasbalance .....	79
1.34 Drivhusgasregnskab.....	80
1.35 Udledning per indbygger .....	81
<b>Appendiks F: Temanotater .....</b>	<b>83</b>
<b>Temanotat 1: Det fleksible energisystem .....</b>	<b>84</b>
<b>Temanotat 2: Prioritering af biomasse til energiformål .....</b>	<b>93</b>
<b>Temanotat 3: Biogassens rolle i energiforsyningen.....</b>	<b>106</b>
<b>Temanotat 4: Grøn mobilitet.....</b>	<b>115</b>
<b>Temanotat 5: Varmepumper til individuel varmforsyning.....</b>	<b>127</b>
<b>Temanotat 6: Datacentre og industriel overskudsvarme .....</b>	<b>138</b>
<b>Temanotat 7: Affald og cirkulær økonomi.....</b>	<b>153</b>
<b>Temanotat 8: Power to X .....</b>	<b>160</b>



# Introduktion

Denne rapport er en bilagsrapport til hovedrapporten 'Energiscenarier for Region Syddanmark'. Kapitel 1-5 er en detaljeret scenarieanalyse, som omfatter en beskrivelse af de energipolitiske rammer samt opsætning af 4 energiscenarier, som danner grundlag for at vurdere, hvad der skal til i Region Syddanmark for at bidrage til den nationale klimamålsætning om at nå 70% CO<sub>2</sub>-reduktion i 2030.

I tillæg til scenarieanalysen er der her vedlagt følgende bilag:

- A. Beskrivelse af metode bag sektoropdeling
- B. Landbrug og arealanvendelse
- C. Casestudier
- D. Opsamling fra workshop om energiscenarier
- E. Samlede scenarieresultater
- F. Temanotater

Casestudier og temanotater har været en central del af projektet, som har dannet baggrund for at opsætte energiscenarier og -fremskrivninger. Temanotaterne kan læses særskilt. Der tages forbehold for, at temanotaterne er udarbejdet i løbet af 2020, og at alle nyeste politiske aftaler derfor ikke er beskrevet.

## Baggrund

Region Syddanmark ønsker at øge sin klimaindsats og bidrage til den nationale klimapolitik. Den nationale 70%-målsætning har sat skub i behovet for handling her og nu, og det gælder også i Region Syddanmark. Med projektet 'Energiscenarier for Region Syddanmark 2030' ønsker regionen at illustrere, hvor meget der skal til på regionalt plan for, at regionen bidrager med sin proportionale andel af udfordringen.

Hvad karakteriserer energisystemet i Region Syddanmark?

Region Syddanmark dækker den sydlige del af Jylland og Fyn og grænser i syd op til Tyskland og i nord op til Region Midtjylland. Region Syddanmark har i alt 22 kommuner og har en god blanding af større provinsbyer som Odense, Esbjerg, Kolding og Vejle, samtidig med at det dækker flere tyndtbefolkede områder. Regionen repræsenterer med sine 1,2 mio. indbyggere et bredt udsnit af den danske befolkning.

Region Syddanmark er et knudepunkt for en stor del af varetransporten til og fra Danmark, idet regionen har landfast forbindelse til Tyskland. Derudover har regionen et stort landbrugsareal, som giver anledning til en stor udledning af drivhusgasser i dag. Regionen har i dag fortsat to store kulfyrede kraftvarmeanlæg: Fynsværket og Esbjergværket, som fra 2023 skal lukkes og konverteres hovedsageligt til VE-produktion. Region Syddanmark har meget industri og huser bl.a. raffinaderiet i Fredericia, Lego, Arla, Danfoss med mange flere. Derudover er Esbjerg et knudepunkt i forhold til aktiviteterne i Nordsøen, som med udbygningen af energiøer og havvind fremover kan blive en central energiplatform.

Regionens styrkeposition i den grønne omstilling

Grænsehandlen betyder meget for regionen, og transporten gennem regionen kan blive et startsted for omstilling af den tunge transport. Det er imidlertid helt afgørende at indsatser for den tunge transport koordineres med indsatser i vores nabolande herunder særligt Tyskland og Sverige.

Landbruget fylder meget, og når drivhusgasudledningen skal reduceres kraftigt, er det svært at komme uden om indsatser for landbruget. Biogasudbygningen er allerede udbredt i regionen og regionen har endnu uudnyttede ressourcer, som kan bruges til biogasproduktion. Derudover vil der kunne hentes reduktioner ved udtagning af kulstofrige jorde

Nordsøen og Esbjerg-området bliver centrale for omstillingen

Udledninger fra aktiviteter i Nordsøen fylder relativt meget i det danske CO<sub>2</sub>-regnskab. En del af udledningerne kommer fra et stort gasforbrug til bl.a. opvarmning. En mulighed for at mindske forbruget af fossile brændstoffer er at elektrificere dele af gasforbruget i Nordsøen. Med massiv udbygning af havvind i

Nordsøen og etablering af energiøer, kan området omkring Esbjerg blive et centralt knudepunkt for energiproduktion. Her skal havvindmøllestrømmen ilandføres, som kan tiltrække forskellige typer af store elforbrugere bl.a. datacentre, men også nye power-to-x anlæg kan blive interessante, hvis der etableres de såkaldte indfødningszoner.

Power-to-x teknologi har flere fordele af at tage sit udspring i Region Syddanmark. I Fredericia er der ved Shell Raffinaderiet allerede påbegyndt et større elektrolyseanlæg. Derudover ligger regionen strategisk placeret i forhold til Tyskland, som har en ambitiøs brintstrategi og planer om at udbygge en brintinfrastruktur. Med en europæisk brintinfrastruktur kan regionen blive førende i forhold til eksport af grøn brint til resten af Europa. Syddansk Universitet har desuden sat stort fokus på regionen og særligt mulighederne for at etablere produktion af grønne VE-brændstoffer fra biogas og power-to-X teknologi. Dermed kan Region Syddanmark pga. sin placering og sin viden blive førende inden for udviklingen af PtX.

#### Regional udviklingsstrategi

Region Syddanmark ønsker at understøtte regionens kommuner med en ambitiøs klimaindsats, som kan bidrage til at nå den nationale målsætning om at reducere udledningen af drivhusgasser med 70% i 2030 sammenlignet med 1990. Region Syddanmark har med den regionale udviklingsstrategi 2020-2023 prioriteret klima- og energiområdet, som ét af seks fokusområder og har i den forbindelse opsat tre delmål

1. At reducere udledningen af drivhusgasser
2. At fremme cirkulær økonomi
3. Mindske negative konsekvenser ved forhøjede vandstande og ekstremvejr

#### Regional klimastrategi

I 2020 vedtog Regionsrådet i Region Syddanmark en klimastrategi, som skal danne baggrund for regionens klimaindsats. Strategien tager udgangspunkt i de tre ovenstående målsætninger og uddyber handlinger og indsatsområder i regionen. Strategien har meget fokus på samarbejder med bl.a. med kommuner, forsyningselskaber og andre relevante partnere, som er nødvendigt, da regionen alene ikke kan løfte klimaudfordringen. Regionen peger bl.a. på, at de ønsker at

- Samle klimaindsatsen og danne et partnerskab omkring klimamål med kommunerne
- Nedbringe CO<sub>2</sub>-udledningen fra regionen som virksomhed
- Reducere energiforbruget i regionen som virksomhed med 20% i 2030 i forhold til 2018
- Facilitere en fælles transportindsats med bl.a. udbygning af ladeinfrastruktur til elbiler og udvikle løsninger for en grønnere tung transport



Regionen har opsat en række konkrete initiativer til at reducere CO2-udledningen fra egen drift, som bl.a. omfatter øget energieffektivisering, digitalisering og energiregistrering, øget udbygning af VE, en aktiv indkøbspolitik, miljøkrav til leverancer og udskiftning af egen bilflåde til elbiler.

Foruden ovenstående indeholder strategien også konkrete tiltag for at fremme cirkulær økonomi og affaldssortering samt et bud på, hvordan regionen kan imødekomme fremtidige udfordringer med klimatilpasning i regionen.

Klimaindsatsen støttes gennem DK2020-samarbejdet

DK2020-samarbejdet, som er et partnerskab mellem Realdania, KL og de fem regioner, støtter den grønne omstilling i de danske kommuner og regioner. DK2020-projektet understøtter kommunernes arbejde med klimaplaner, hvor hver kommune udvikler *ambitiøse lokale klimaplaner, som viser vejen til netto nul-udledning for kommunen som geografisk område senest i 2050, og som viser, hvordan kommunen vil tilpasse sig klimaforandringerne*. Dette projekt understøtter DK2020 med viden om potentialerne i den grønne omstilling, som går på tværs af kommunegrænser og forsyningsformer.

Formål med projektet

Formålet med projektet er at udarbejde scenarier for, hvordan CO2-udledningen i Region Syddanmark bedst kan reduceres markant frem mod 2030, og hvordan regionen kan bidrage til dette, herunder ved at understøtte kommunernes klimaindsats. Udgangspunktet er, at et regionalt overblik muliggør en koordineret indsats og bedst nyttiggør de regionale styrkeområder og potentialer. Projektet skal være med til at danne grundlag for, at relevante aktører kan drøfte en samlet strategi for Region Syddanmark på klima- og energiområdet og udpege konkrete initiativer.

## 1.1 Klimarådets rapport om 70 pct. målet

Region Syddanmarks vej mod drivhusgasreduktioner vil i noget omfang afhænge af de rammevilkår, som vil gælde i de kommende år – og som i vid udstrækning bestemmes i Folketinget og i EU. Indretningen af energi og CO<sub>2</sub>-afgifter, registreringsafgifter på biler og tilskudssystemer til vedvarende energi mv. har således stor betydning for, hvilke løsninger, der er økonomisk attraktive for borgere, virksomheder og forsyningsselskaber. Og dermed hvilke løsninger, det er relevant at understøtte og fremme fra regional og kommunal side.

I slutningen af 2019 blev Klimaloven bredt vedtaget i Folketinget, som har gjort målet om 70% reduktion i 2030 ift. 1990 til lov. Ifølge klimaloven relaterer reduktionsålet sig til CO<sub>2</sub>-udledningen fra dansk grund. Det betyder, dels at udledninger forbundet med import af varer og services ikke er inkluderet i målet og dels at det ikke er muligt at købe CO<sub>2</sub>-kreditter i udlandet til at opnå målet.

Det er naturligt fortsat uvist præcist, hvordan de nationale rammevilkår vil udforme sig, men det er muligt at tegne nogle konturer på baggrund af de aftaler, der er indgået før sommerferien<sup>1</sup>, og de analyser, der er kommet fra bl.a. Klimarådet, Klimapartnerskaberne m.fl. I sommeren og i efteråret 2020 er der indgået en række aftaler om opvarmning, industri, affald, transport, grøn beskatning m.v. I foråret 2021 ventes aftaler om bl.a. landbrug, og regeringen har meldt ud, at der i løbet af 2021 vil komme en dansk PtX-strategi.

Klimarådets vej til 70 % reduktion

Klimarådet og regeringens klimapartnerskaber har bidraget med analyser af virkemidler til at nå 2030-målet, som giver en god indikation af hvordan, den fremtidige klimaindsats kan forventes at udforme sig.

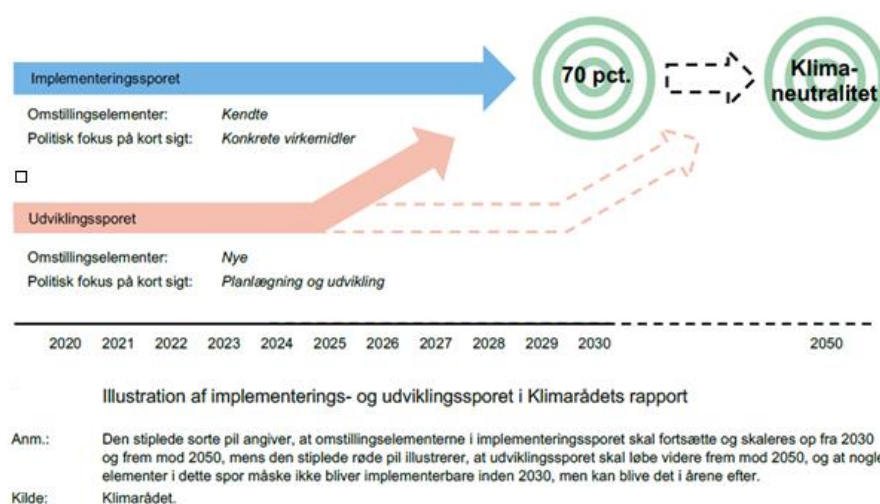
Efter klimalovens vedtagelse skal regeringen hvert år overfor Klimarådet redegøre for, hvordan opfyldelsen af 70 % reduktionsmålsætningen forløber. Analysen *”Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion”*, som udkom 9. marts 2020, er Klimarådets bud på, hvordan klimaindsatsen i Danmark kan forme sig frem mod 2030.

Rapporten lægger op til en række virkemidler og tiltag, som skal sikre en omkostningseffektiv grøn omstilling. Klimarådets analyse er bygget op omkring to spor: Et implementeringsspor og et udviklingsspor. Implementeringssporet dækker over kendte virkemidler og teknologier, som kan sættes i gang med det samme, og hvor de samfundsøkonomiske omkostninger er lave eller moderate. Omvendt består udviklingssporet af et katalog af tiltag, som dækker over nye teknologier, hvoraf nogle endnu er på demonstrationsstadiet, og hvor usikkerheden omkring

<sup>1</sup> ”Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi af 16. juni 2020” og ”Klimaaftale for energi og industri mv. af 22. juni 2020”

økonomien er betydelig, men også over tiltag som indebærer ændrede forbrugsmønstre og transportadfærd.

Groft sagt forventes de allerede vedtagne politiske tiltag, bl.a. Energiaftalen, at føre til 50 % reduktion af drivhusgasledningen i 2030. Tiltagene i implementeringssporet kan føre Danmark til 60 % reduktion, men de sidste tiltag i udviklingssporet er nødvendige for at opnå en reduktion på 70 %. Det er vist i Figur 2:



Figur 1: Klimarådets implementeringsspør. Kilde: 'Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion', Klimarådet 2020

I korte træk indeholder implementeringssporet følgende omstillingselementer:

- Fuld udfasning af kul til el- og fjernvarmeproduktion i 2025
- Betydelig indfasning af elbiler (ca. 1 mio. i 2030)
- Elektrificering af opvarmning og industri
- Betydelige energieffektiviseringer, særligt i industrien
- En forøgelse af produktion af biogas, så næsten al gasforbrug er grønt i 2030.
- Landbrug opnår reduktioner fra jorder, dyrehold og gødning samt ved stop for dyrkning af kulstofrige lavbundsjord

I udviklingssporet ser Klimarådet et stort potentiale for etablering af CO<sub>2</sub>-fangst og lagring (CCS) på affaldsforbrændingsanlæg, biomassekraftvarmeanlæg, industrielle anlæg og biogasanlæg. Derudover ser Klimarådet, at der kan være et potentiale i produktion af elbaserede brændstoffer, såkaldte electrofuels eller PtX, og for ændring af forbrugsmønstre, transportadfærd og fødevarer, selvom de sidste elementer er behæftet med større usikkerhed.

På virkemiddelsiden peger Klimarådet på en CO<sub>2</sub>-afgift på op mod 1.500 kr./ton som et centralt tiltag til at opnå reduktionerne – suppleret af en række sektorspecifikke tiltag.

## 1.2 Enerkipolitiske rammer og sektorgennemgang

I henhold til klimaloven skal der hvert femte år med bistand fra Klimarådet fastlægges en national klimamålsætning med et 10-årigt perspektiv samt en klimahandlingsplan. Endvidere skal der hvert år udarbejdes en klimastatus, en sektoropdelt fremskrivning, et klimaprogram samt en redegørelse til Folketinget om effekterne af den samlede klimapolitik. Den første redegørelse blev fremlagt for Folketinget den 17. december 2020.

Regeringens  
klimaredegørelse 2020

Det fremgår af redegørelsen, at indgåede klimapolitiske aftaler i løbet af 2020 ventes at reducere CO<sub>2</sub> udledningen med 7,8 mio. tons (i forhold til baseline), samt at der fortsat resterer en manko på ca. 13,7 mio. ton for at nå 70% målet i 2030.

Aftale	Kommentar	CO <sub>2</sub> reduktion (Mio ton i 2030)
Finanslov 2020	LavbundsJORDE	0,5
Finanslov 2021	Stimuli: Demo, transport og landbrug	0,2
Grøn boligaftale	Renoveringsramme og grønne almene boliger	0,05
Klimaplan for en grøn affaldssektor	Mindre plastik i affaldsforbrænding	0,7
Klimaaf tale for energi og industri	VE, elektrificering og effektivisering i industrien, ændrede ramme for boligopvarmning	2,7
Aftale om Nordsøen	Stop for olie- og gasudvinding	-
Grøn omstilling af vejtransport	Op imod 1 mio elbiler samt vejafgift for lastbiler	2,1
Grøn skattereform	Sigter mod ensartet CO <sub>2</sub> afgift	0,5
Aftaler om kuludfasning mm	Fynsværket samt Aalborg Portland	1,0
<b>I alt:</b>		<b>7,8</b>

Tabel 1: Indgåede klimaaf taler i 2020

I nedenstående uddybes og kommenteres nogle af aftalerne, og der gives en kort gennemgang af de sektorer, der behandles i scenarieanalyserne.

Energi og industri

”Energi aftalen for energi og industri mv.” af 22. juni 2020 fastslår, at energisektoren i 2030 skal være fri for kul, olie og naturgas. Elektrificering vurderes at være vejen frem i fjernvarmen, både af hensyn til at reducere anvendelsen af biomasse og for at aftage og integrere de store vind- og solproduktionskapaciteter som forventes etableret frem mod 2030. Med den nye klimaaf tale fra juni 2020 lægges der op til et kraftigt løft af produktionen fra havvind, således at kapaciteten på landsplan forventes at blive øget til i alt ca. 9 GW i 2030. Aftalen indeholder derudover bl.a.

tilskud til udfasning af olie- og gasfyr, tilskud til energibesparelser, en svag forøgelse af energifgifterne på olie og gas samt en reduktion i afgiften på el til opvarmningsformål.

#### Affald

Med "*Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi*" af 16. juni 2020 lægger et stort flertal af Folketinget op til paradigmeskifte på affaldsområdet. Affaldssektoren skal være klimaneutral i 2030, 80 pct. dansk plast skal udsorteres fra forbrændingen i 2030 og konkret skal kapaciteten til forbrænding reduceres med ca. 30% frem mod 2030.

#### Opvarmning

Tidligere skulle en potentiel fjernvarmeudbygning, jf. projektbekendtgørelsen, vise positiv samfundsøkonomi sammenlignet med den billigste alternative individuelle opvarmningsform, hvilket har været en hindring for fjernvarmeudbygningen i naturgasområder, da naturgas er en samfundsøkonomisk billig opvarmningsform. Men i forbindelse med den nye klimaafteale fra juni 2020, skal en fjernvarmeudbygning i stedet vise positiv samfundsøkonomi ift. det billigste *grønne* alternativ, hvilket i mange tilfælde vil være en luft-vand varmepumpe.

Fjernvarmen i Region Syddanmark dækker allerede i dag 77% af opvarmningsbehovet til rumvarme. Det resterende energiforbrug fra individuelle olie- og naturgasfyr forventes derfor kun i lille grad at blive omstillet til fjernvarme, hvorimod individuelle varmepumper og i mindre grad elvarme forventes at blive nøgleteknologierne til omstilling af varmesektoren. Lokalt undersøges også mulighederne for nærvarme.

#### Energieffektivisering

Energieffektivisering er et vigtigt element i den grønne omstilling. Der er væsentligt potentiale for energibesparelser i både bygninger og industri, som er fordelagtige at gennemføre ud fra både et privat – og et samfundsøkonomisk perspektiv. Tilingen af investeringer i varmebesparelserne er vigtig – de skal ske som del af en øvrig renovering og udnytte samspillet med andre positive afledte effekter. Et studie fra Ea Energianalyse og SBI foretaget for *Renovering På Dagsordenen og Synergi* (Ea Energianalyse, 2019) viser, at det vil være samfundsøkonomisk fordelagtigt at investere i energirenovering og energistyringsteknologi, indtil det samlede varmefforbrug er nedsat med 30-40 %.

Klimaaftealen for energi og industri mv. af 22. juni 2020 fastslår, at grøn omstilling og energieffektiviseringer af industrien er et vigtigt element til indfrielse af de nationale reduktionsmålsætninger. Hvor det er muligt, skal processer konverteres væk fra fossil energi, og hvor en grøn omstilling ikke umiddelbar er mulig, skal processerne energieffektiviseres. Industrien har ofte et væsentlig energiforbrug, men tiltag til konvertering væk fra fossil energi samt energieffektivisering er meget specifikke for den enkelte industri. I mange tilfælde kan øget elektrificering, fx at

konvertere kedler til højtemperaturvarmepumper, samt udnyttelse af overskudsvarme bidrage til energibesparelser. Ligeledes kan biogas være en mulighed for højtemperatur industrielle processer, der ikke umiddelbart kan elektrificeres.

## Persontransport

Elektrificeringen af persontransporten forventes at være et af de helt centrale tiltag for at reducere udledningerne fra transportsektoren. Elmotorer er ca. 3 gange mere effektive end benzin- og dieselmotorer, og kan derfor sænke energiforbruget markant. I december 2020 indgik regeringen, radikale venstre, SF og Enhedslisten en aftale om 'Grøn omstilling af vejtransporten', som skønnes at medføre 775.000 grønne biler og en CO<sub>2</sub>-reduktion på 2,1 Mt CO<sub>2</sub> i 2030. Aftalen indebærer en mere lempelig indfasning af registreringsafgiften på elbiler og plug-in hybrider samt øgede afgifter på diesel og benzin. Forbrugerprisen på lavemissionsbiler sænkes derfor relativt til fossile biler. Derudover lægges der i aftalen op til, at rammerne bør udvides, så målet i 2030 er 1 mio. nul- og lavemissionsbiler. Dermed lægges der en linje om at følge Klimarådets anbefaling om, at der minimum kommer én million elbiler på gaden i 2030 svarende til en 1/3 af personbilflåde. Regeringen går på den måde også længere end Eldrup-rapportens anbefaling om at sigte mod 750.000 elbiler i 2030, som samtidig vurderede, at det var forbundet med en betragtelig samfundsøkonomisk omkostning at gå længere end det.

I starten af 2020 var der i Region Syddanmark indregistreret ca. 670.000 køretøjer, heraf 593.000 personbiler. 0,6% af personbilerne var enten rene elbiler eller hybridbiler, hvilket er under landsgennemsnittet på 0,8% el- og hybridbiler, til trods for nationale tiltag, fx afgiftsfritagelse og øget udbud af elbiler.

Bestanden af køretøjer i Region Syddanmark	2020
Personbiler	593.080
- Heraf elbiler	2.054
- Heraf hybridbiler	1.843
Busser	2.509
Varebiler	70.877
Lastbiler	5.871

Tabel 2: Bestanden af køretøjer pr 1. januar 2020 i Region Syddanmark. Kilde: [DST (BIL707) og (BIL710)].

## Godstransport

I modsætning til personbiltransporten er det på nuværende tidspunkt ikke klart, hvilke teknologier, som skal være hjørnesten i den grønne omstilling af den tunge godstransport, hvor især de lange distancer er en udfordring. Både Klimarådet og Klimapartnerskabet for transport peger ikke på én specifik teknologi. For kortdistance transport vurderes el mest lovende, mens biodiesel, biogas, naturgas,

el fra batterier, el-veje<sup>2</sup>, brint og alternative CO<sub>2</sub>-neutrale brændstoffer alle muligvis vil få en rolle i den grønne omstilling af størstedelen af den tunge transport, som foregår over længere afstande.

## Landbrug og arealanvendelse

På landsplan udgør drivhusgasudledninger fra landbruget ca. 10,6 mio. ton CO<sub>2</sub>-ækvivalentner per år. Hertil kommer yderligere ca. 6,6 mio. ton CO<sub>2</sub>-ækvivalenter fra arealanvendelse. I Klimarådets rapport *"Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion"* (Klimarådet, 2020) analyseres en række forskellige tiltag indenfor landbrug, der kan gennemføres for at nå målet om 70% CO<sub>2</sub>-reduktion i 2030. Klimarådet peger især på udtagning af kulstofrige jorde som det primære tiltag på kort sigt. Sammen med forbedret gyllehåndtering, ændret foder til kvæg samt omlægning af produktionsarealer kan det give 2,3 mio. ton CO<sub>2</sub>-ækvivalenter reduktion fra landbrug og arealanvendelse i 2030.

Udledningen af drivhusgasser i landbruget kommer først og fremmest fra tre kilder:

- Metan (CH<sub>4</sub>) fra dyrs fordøjelsesproces.
- Metan og lattergas (N<sub>2</sub>O) fra husdyrgødning i stalde og gødning af landbrugsjord.
- Lattergas og CO<sub>2</sub> fra dyrkning af jorde – i særlig høj grad fra dyrkning af de såkaldte organiske lavbundslande.

Mængdemæssigt er udledningerne af metan og lattergas forholdsvis små, sammenlignet med de CO<sub>2</sub>-udledninger, der finder sted i energi- og transportsektoren, men metan og lattergas er særligt potente drivhusgasser, og derfor vægter de betydeligt i drivhusgasregnskabet. Metan har ifølge standardtal fra IPCC et 28 gange højere drivhusgaspotentiale end CO<sub>2</sub>, mens lattergas drivhusgaspotentiale er hele 265 gange højere end for CO<sub>2</sub><sup>3</sup>.

Emissioner fordelt på kilder [kton CO <sub>2</sub> e]	Metan	Lattergas	Kuldioxid
	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
Dyrkning af organisk jord	0	89	912
Dyrkning og gødsning af landbrugsjord	0	1.041	66
Husdyrgødning i stalde og lagre	638	213	0
Husdyrenes fordøjelsesproces	1.280	0	0

Tabel 3: Oversigt over landbrugets emissioner i Region Syddanmark fordelt på kilder. (Kilde: Energi- og CO<sub>2</sub>-regnskabet).

<sup>2</sup> El-veje dækker over det engelske begreb "E-roads", som dækker over flere forskellige teknikker, herunder køreledninger, el-skiner i vejen og induktion.

<sup>3</sup> <https://lf.dk/viden-om/klimate/hvad-er-drivhuseffekten>

## Temanotater og casestudier

Som en del af baggrundsmaterialet til denne analyse er der lavet 8 temanotater og 5 casestudier. Temanotaterne omhandler centrale temaer om tendenser inden for energisystemet og klimatiltag. Det omfatter følgende temaer:

1. Det fleksible energisystem
2. Prioritering af biomasse til energiformål
3. Biogassens rolle i energiforsyningen
4. Grøn mobilitet
5. Varmepumper til individuel varmforsyning
6. Datacentre og udnyttelse af industriel overskudsvarme
7. Affald og cirkulær økonomi
8. Power to X

Temanotaterne sætter rammen omkring fremskrivningerne og analysen af de forskellige sektorer. Temanotater er vedlagt rapporten som separate bilag. Dertil er der lavet 5 casestudier af udvalgte områder i regionen, som beskriver konkrete udviklinger og overvejelser for nogle betydningsfulde områder i regionen. Det omfatter:

- Esbjerg
- Odense/Fyn
- Landområderne
- Trekantsområdet
- De 4 kommuner i SEP Sønderjylland: Sønderborg, Aabenraa, Tønder og Haderslev Kommuner

Casestudierne inkluderer små regneeksempler på udvalgte udfordringer inden for de enkelte områder. Casestudier fremgår af rapportens appendiks C.

Temanotaterne har til hovedformål at få beskrevet gældende tendenser, og betydningen for Region Syddanmark. Temanotaterne er ikke tænkt som selvstændige analyser, men beskrivelser, som føder ind til scenarieanalysen. På den måde er sandsynlige udviklinger beskrevet og mulige tiltag for et område kan inkluderes i scenarieanalysen. Fx forventes individuelle varmepumper at komme til at spille en rolle i individuel opvarmning. Det inkluderes i scenarieanalysen og beskrevet i temanotat 5: 'Varmepumper til individuel opvarmning'. I scenarieanalysen sammenfattes kort hovedpointer fra temanotaterne.

Nedenfor er temanotets hovedpointer opsamlet ganske kort og sammenhængen mellem hvert temanotat og scenarieanalysen kort beskrevet. Der henvises til temanotaterne for flere detaljer.



### **1.3 Temanotat 1: Det fleksible energisystem**

I temanotat 1 beskrives, hvordan sektorkoblinger giver et mere fleksibelt og afhængigt energisystem i fremtiden. Flexibilitet vil fremover blive en eftertragtet vare. Temanotatet binder flere af de andre temanotater sammen og beskriver, hvilke teknologier, der bliver vigtige ved fremskrivningen af energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udledning.

### **1.4 Temanotat 2: Prioritering af biomasse til energiformål**

Biomasse er en begrænset ressource og ikke al biomasse er bæredygtigt ved forbrænding. Derfor bør den knappe ressource anvendes i sektorer, hvor det er sværest og dyrest at finde alternativer. Temanotatet peger på, at ny biomassekapacitet til el- og fjernvarmeproduktion ikke er en sandsynlig udvikling på længere sigt. I forhold til scenarierapporten sætter det en ramme omkring fremskrivningen for el- og fjernvarmesektoren.

### **1.5 Temanotat 3: Biogassens rolle**

Biogas kommer til at spille en afgørende rolle i det fremtidige energisystem med 70%-målsætningen i 2030. I notatet sættes en ramme omkring de fremtidige potentialer ved at kigge på de nationale potentialevurderinger og relaterer dem til Region Syddanmark. Dette kommer til at indgå i scenarieanalysen

### **1.6 Temanotat 4: Grøn mobilitet**

Grøn mobilitet beskriver tendenser inden for transport. For privat- og varebilssegmentet forventes en høj grad af elektrificering. Notatet fokuserer på regionens særlige udfordringer ved at ligge tæt på den tyske grænse og være et knudepunkt for gods- og varetransport til andre dele af Danmark. Elektrificering af transporten kommer til at være et centralt element i scenarierne.

### **1.7 Temanotat 5: Varmepumper til individuel opvarmning**

Mulighederne for varmepumper til individuel opvarmning er beskrevet inkl. en økonomisk sammenligning af opvarmningsmuligheder for individuel opvarmning. De økonomiske rammer og antagelser omkring forbrugeradfærd bruges til at fremskrive energiforbrug for opvarmning uden for fjernvarmeområderne i Region Syddanmark.

### **1.8 Temanotat 6: Datacentre**

Datacentre kan komme til at påvirke el- og fjernvarmesystemet betragteligt, hvis de placeres i Region Syddanmark. Datacentre vil påvirke elforbruget, men kan også udnyttes til fjernvarme. På baggrund af eksisterende analyser peger temanotatet på, at datacentervarme kan bruges til lokal fjernvarmeproduktion. En andel af den fremtidige fjernvarme antages i scenarierne at komme fra datacentre, men påvirker ikke nødvendigvis den overordnede CO<sub>2</sub>-udledning, da det konkurrerer med andre VE-løsninger.

### **1.9 Temanotat 7: Affald og cirkulær økonomi**

Affaldssektoren står fortsat for en del af CO<sub>2</sub>-udledningen, da en andel af forbrændingseget affald er fossilt. I temanotatet peges der på, at de fossile fraktioner bør udsorteres. Med regeringens affaldsaftale fra juni 2020 (som ikke er en del af notatet) er denne udvikling blevet vedtaget med en politisk aftale. Fremskrivningen af affaldsmængder til el og fjernvarme vil derfor i scenarieanalysen være underlagt en generel forventning om aftagende mængder til forbrænding, og større grad af genanvendelse.

### **1.10 Temanotat 8: Power to X**

Med Power-to-X-teknologi kan der produceres CO<sub>2</sub>-netutrale brændstoffer, som fortrænger forbrug af fossile brændstoffer. PtX-produkter er dyre at producere, og derfor bruges PtX-produkter først, når størstedelen af de relativt billigere tiltag er implementeret. PtX kan være en gamechanger for energisystemet og har potentiale for at kunne føre til eksport af CO<sub>2</sub>-udledningen, hvis der produceres mere end regionen selv forbruger. PtX potentialer indgår i scenarierne.

# Scenariemetode og regionalt reduktionsmål

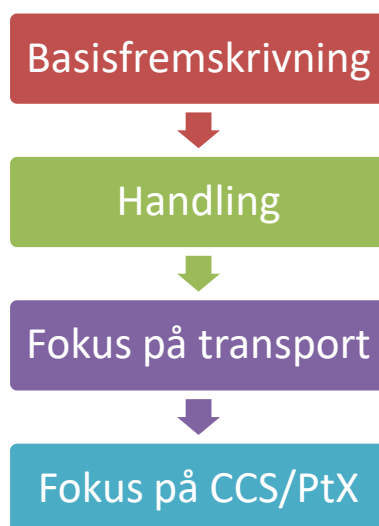
Denne scenarieanalyse er et led i arbejdet omkring arbejdet med energi- og klimaplanlægning i Region Syddanmark. Til at undersøge hvordan Region Syddanmark kan imødekomme den regionale målsætning er der opsat en række energiscenarier, hvor energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udledning er fremskrevet under en række forudsætninger.

## 1.11 Fire scenarierefremskrivninger til 2030

Ud fra analyser af 70%-målsætningen, regeringens udspil til en klimahandlingsplan, samt de to energiaftaler af juni 2020 og aftalen 'Grøn omstilling af vejtransporten' fra 4. december 2020, er det forventningen at el og fjernvarme, individuel varme, affald, privatbilismen og en del af industriens energiforbrug vil være de første områder, hvor der findes nationale løsninger. Dermed vil det være den tunge transport (samt skibsfart og luftfart) og landbruget, der vil få vanskeligst ved at finde billige klimavenlige alternativer.

Scenarier

Der er i denne analyse valgt, at der er opstillet fire scenarier for energiforbruget og CO<sub>2</sub>-udledning i Region Syddanmark frem mod 2030, som bygger videre på hinanden. Scenarierne baserer sig på data for Region Syddanmark i 2017 (seneste tilgængelige dataår), som under forskellige rammevilkår er fremskrevet til 2030. Nedenfor følger en beskrivelse af scenarierne.



Tabel 4. Illustration af scenarieopsætning for scenarieanalysen

Scenarierne bygger videre på hinanden

Der er her valgt en tilgang, hvor scenarierne bygger ovenpå hinanden, som står i modsætning til mange andre scenarieanalyser, hvor scenarierne udspænder

forskellige veje at nå et mål på. 70%-målsætningen vil imidlertid kræve meget store ændringer af det danske energisystem på en kort tidshorizont på mindre end 10 år, og der vil derfor med stor sandsynlighed blive behov for at der både bruges kendt teknologi i videst muligt omfang og der derudover tages ny teknologi i brug, som ikke tidligere har været en del af det danske energisystem. Metoden med at lade scenarierne bygge ovenpå hinanden er derfor valgt for at illustrere, hvor meget der skal til for at nå målsætningen i stedet for at undersøge forskellige veje til at nå målet, da målsætningen kræver, at et meget bredt udsnit af virkemidler tages i brug.

Her følger en kort beskrivelse af formålet bag de fire scenarier.

Basisfremskrivning	Scenariet Basisfremskrivning har til formål at vise, hvor meget eksisterende rammevilkår og politiske aftaler forventes at påvirke energiforbrug og CO <sub>2</sub> -udledning uden yderligere tiltag. Udviklingen i Region Syddanmark antages at følge udviklingen på nationalt plan.
Handlingsscenarioet	Handlingsscenarioet viser, hvor meget CO <sub>2</sub> -udledningen kan reduceres i 2030 i Region Syddanmark, når der igangsættes en kraftig omstilling, hvor løsningerne omfatter kendt teknologi. I dette scenarie indgår en lang række tiltag og handlinger til CO <sub>2</sub> -reduktion frem mod 2030, som forventes at give en samlet reduktion på ca. 60-65 % nationalt. Det omfatter bl.a. elektrificering af varmforsyningen og industrien, udbygning af havvind, elektrificering af persontransporten og udbygning af biogas.
Fokus på transport	I scenariet fokus på transport tages der udgangspunkt i Handlingsscenarioet, men hvor der antages en øget omstilling af transportsektoren. Transportsektoren vil blive en af de sværeste sektorer at omstille, og er derfor et område, hvor der kan blive behov for en øget indsats, og hvor der tages nye teknologier og virkemidler i brug for at nå målet. Yderligere omstilling af den tunge vejtransport og en accelereret omstilling af persontransporten vil derfor kunne bidrage til at nå klimamålet.
Fokus på CCS/PtX	Både Klimarådet og Klimapartnerskaberne m.fl. peger på Carbon Capture and Storage (CCS) <sup>4</sup> og power-to-X (PtX) som nødvendige teknologier for at nå både 2030-målet og i særdeleshed for at nå 2050-målet. Både CCS og PtX har mulighed for at bidrage med signifikante CO <sub>2</sub> -reduktioner, men særligt PtX vil formentlig en årrække frem være en relativt dyr løsning. I scenariet Fokus på CCS/PtX illustreres, hvor meget CCS og PtX yderligere kan bidrage med frem mod 2030.

---

<sup>4</sup> Her bruges kun begrebet CCS og ikke CCU (Carbon capture and utilisation), fordi CCU er omfattet af power-to-x teknologierne. PtX er en bredere betegnelse end CCU, fordi det også dækker ren brint og andre brintbaserede brændstoffer, som ikke har en kulstofkilde. Dvs. CCU er en delmængde af PtX.

## 1.12 Datagrundlag

Datagrundlaget for analysen er baseret på 'Energi- og CO<sub>2</sub>-regnskabet' for Region Syddanmark, hvor summeret data for regionens 22 kommuner har været tilgængeligt for basisåret 2017. Hvor det har været nødvendigt, er regnskabet blevet opdateret med data, som er vurderet mere retvisende jf. Tabel 3. Det omfatter bl.a. gasforbruget både til individuel opvarmning og industri, hvor der er anvendt forbrugsdata fra Evida. Dertil er der også suppleret med data om olieforbruget fra Danmarks statistik. En beskrivelse af datakilder fremgår af Tabel 4.

Sektor	Datakilde	Bemærkning og beskrivelse af bagvedliggende data
El	Energi- og CO <sub>2</sub> -regnskabet 2017	<ul style="list-style-type: none"><li>Elforbrug stammer fra Energinet.</li><li>Elproduktion for VE-anlæg er baseret på Energistyrelsens statistik.</li><li>Elproduktion fra kraftvarme er baseret på Energinetproducenttællingen.</li></ul>
Varme	Energi- og CO <sub>2</sub> -regnskabet 2017 og Evida	<ul style="list-style-type: none"><li>Varmeforbrug er baseret på udvidet BBR-data.</li><li>Den udvidede BBR-data indeholder ikke energiforbrug fra biomasse, som derfor ikke er medtaget.</li><li>Naturgasforbrug er baseret på data fra Evida.</li><li>Kraftvarmeproduktion til fjernvarmenettet, industri og blokvarme er baseret på Energinetproducenttællingen.</li></ul>
Transport	Energi- og CO <sub>2</sub> -regnskabet 2017	<ul style="list-style-type: none"><li>Transportens energiforbrug og udledning er baseret på DTUs Transportvaneundersøgelse (TU).</li><li>Trafikarbejdet er beregnet på baggrund af energiforbrug og energieffektivitetsfaktorer anvendt i Energi- og CO<sub>2</sub>-regnskabet.</li><li>Da de nationalt summerede tal for trafikarbejdet i Energi- og CO<sub>2</sub>-regnskabet er ca. 19% lavere end tallene opgivet i Energistyrelsens Energistatistik, er tallene skaleret op for de forskellige køretøjstyper.</li><li>Emissioner fra udenrigsluftfart (187 kton CO<sub>2</sub>) er udeladt, da det ikke medtages i den nationale 70%-målsætning.</li></ul>
Landbrug og arealanvendelse	Energi- og CO <sub>2</sub> -regnskabet 2017	<ul style="list-style-type: none"><li>Emissioner fra husdyrenes fordøjelsesproces, husdyrgødning i stald og lagre, dyrkning og gødskning af landbrugsjord og dyrkning af organiske jorde på kommuneniveau er baseret på 2013 data fra DCE.</li><li>Da der er sket en nylig opdatering af bl.a. vurderingen af lavbundslande som ikke er indregnet i Energi- og CO<sub>2</sub>-regnskabet, er emissioner fra landbrug og arealanvendelse behæftet med væsentlig usikkerhed.</li></ul>
Industri	Evida 2017 samt Danmarks Statistik 2015	<ul style="list-style-type: none"><li>Naturgasforbruget er baseret på data fra Evida.</li><li>Procesenergiforbruget på raffinaderier er ikke medtaget.</li><li>Olieforbruget er baseret på data fra Danmarks Statistiks opgørelse af energiforbrug i industrien på kommuneniveau i 2015.</li><li>Forbrug af el samt vedvarende energi er baseret på Energi- og CO<sub>2</sub>-regnskabet.</li></ul>
Øvrige (miljø)	Energi- og CO <sub>2</sub> -regnskabet 2017	<ul style="list-style-type: none"><li>Omfatter affaldsdeponi, kølemidler, opløsningsmidler og spildevand.</li><li>Energi- og CO<sub>2</sub>-regnskabet fordeler nationale emissioner for de enkelte kategorier ud på kommunerne fordelt efter antal indbyggere for de tre førstnævnte udledningskilder.</li><li>For spildevand anvendes lokale data i Energi- og CO<sub>2</sub>-regnskabet.</li></ul>

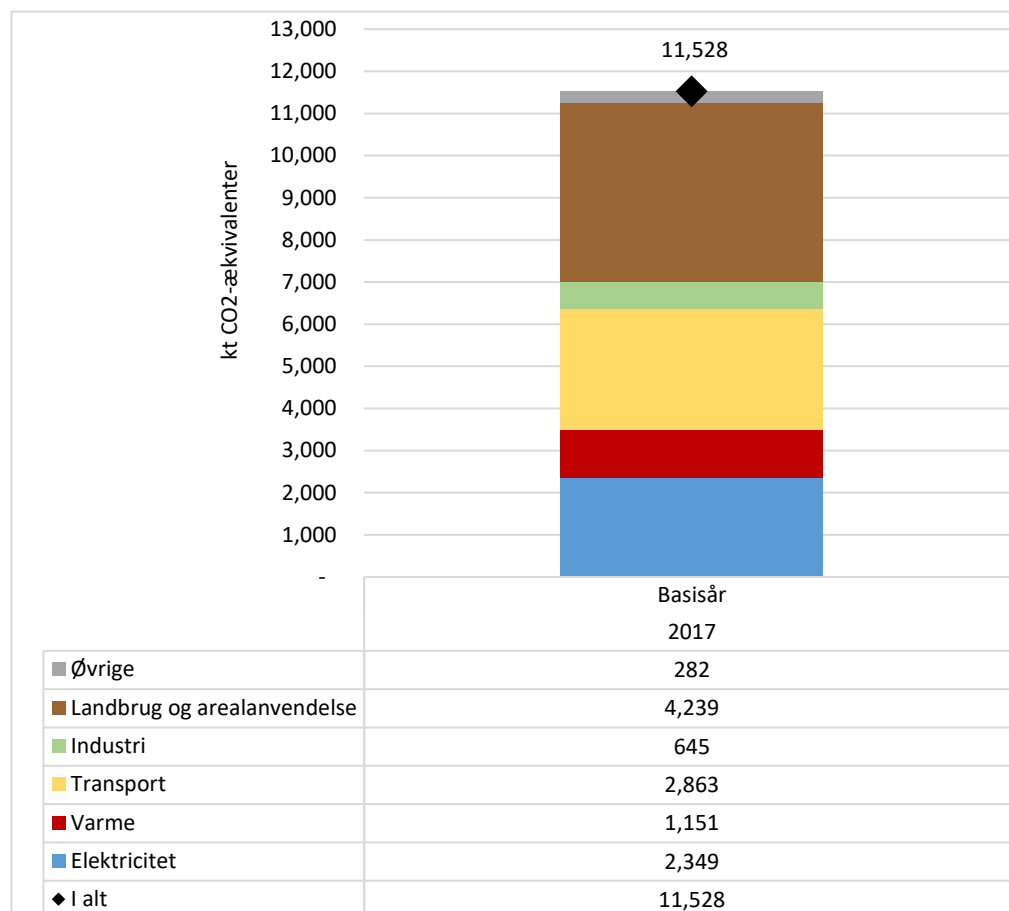
Tabel 5: Datakilder brugt til opstilling af basisåret 2017 for Region Syddanmark.

For en sektoropdelt gennemgang af opgørelsesmetoden henvises til appendiks A.

## 1.13 Drivhusgasudledning i Region Syddanmark i dag

I det seneste regnskab fra 2017 udgør drivhusgasudledningen i Region Syddanmark 11,5 mio. ton CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. Over en tredjedel, 37% af udledningerne kommer

fra landbrugssektoren, mens transportsektoren udgør 25%. El- og varmesektoren udgør hhv. 20% og 10%, mens industri udgør 6%. De øvrige reduktioner, som omfatter affaldsdeponi, spildevandshåndtering og udledninger fra industrielle processer, udgør 2%. CO<sub>2</sub>-udledningen i 2017 fremgår af figuren nedenfor.



Figur 2: Drivhusgasregnskab for Region Syddanmark i 2017 baseret på Energi- og CO<sub>2</sub>-regnskabet.

### 1.14 Regional klimamålsætning

I dag (2017) er drivhusgasudledningen i Region Syddanmark som beskrevet 11,5 mio. ton CO<sub>2</sub><sup>5</sup> (se mere i afsnit 3.1), svarende til 9,5 ton CO<sub>2</sub> per indbygger i regionen. Til sammenligning var det nationale tal ca. 8,9 ton CO<sub>2</sub>/indbygger. Dvs. udledninger fra Region Syddanmark som område har i udgangspunktet et højere CO<sub>2</sub>-aftryk end resten af Danmark. Det skyldes bl.a. at Region Syddanmark har et stort landbrugsareal, hvorfra der eksporteres en del landbrugsprodukter.

For at undersøge hvilken klimainsats der er nødvendig og tilstrækkelig til at bidrage til den nationale 70%-målsætning, er det centralt, at der opstilles et mål for regionen. Målet skal bruges til at vurdere, om regionen og dets kommuner bidrager til at det er sandsynligt, at den nationale målsætning nås.

<sup>5</sup> I rapporten dækker CO<sub>2</sub>-udledning over udledning af alle drivhusgasser omregnet til CO<sub>2</sub>-ækvivalenter

Hvordan opsættes en regional målsætning?

En mulighed for at opsætte en regional reduktionsmålsætning er at overføre den nationale målsætning omregnet til CO<sub>2</sub>-udledning pr. indbygger. Nationalt blev der i 1990 udledt 75,7 mio. tons CO<sub>2</sub>, som skal reduceres til 22,7 mio. tons CO<sub>2</sub> i 2030. Med en forventet befolkning i 2030 på 6,1 mio. indbyggere<sup>6</sup> svarer det til, at der må udledes 3,7 tons CO<sub>2</sub>/indbygger.

Denne metode giver imidlertid den udfordring, at der ikke tages højde for regionale forhold, som betyder, at udledningerne i et område kan være særligt høje. Det kan fx være hvis en bestemt industri ligger i regionen, at en stor del af energiproduktionen til hele Danmark ligger i én region eller at regionen har et stort landbrugsareal, hvor en stor del af landets landbrugsgoder produceres. Det sidste er særligt tilfældet for Region Syddanmark.

Til denne analyse er der derfor valgt en metode, hvor der tages udgangspunkt i, at Region Syddanmark skal reducere sine CO<sub>2</sub>-udledninger i samme grad som hele landet, men hvor der tages højde for, at landbruget fylder relativt mere. Metodisk kunne der også tages højde for at andre udledninger, som industri og central elproduktion også kunne fylde mere eller mindre, men det er der valgt at se bort fra her. Det skyldes bl.a. at metoden lægger sig op til Klimarådets metode for reduktionsmålsætning, hvor der kun skelnes mellem landbrug og alle øvrige sektorer.

Metode

Når målsætningen ikke baseres på i CO<sub>2</sub>-udledningen pr. indbygger, opstår der en dataudfordring, da der ikke findes regionale udledningstal fra 1990. I stedet tages udgangspunkt i dagens udledninger (2017-tal) og hvor meget CO<sub>2</sub>-udledningen skal reduceres i procent fra i dag til 2030 for at nå målsætningen. Nationalt blev der i 2017 udledt 51 tons CO<sub>2</sub>. I Region Syddanmark blev der udledt 11,5 mio. tons CO<sub>2</sub> i 2017.

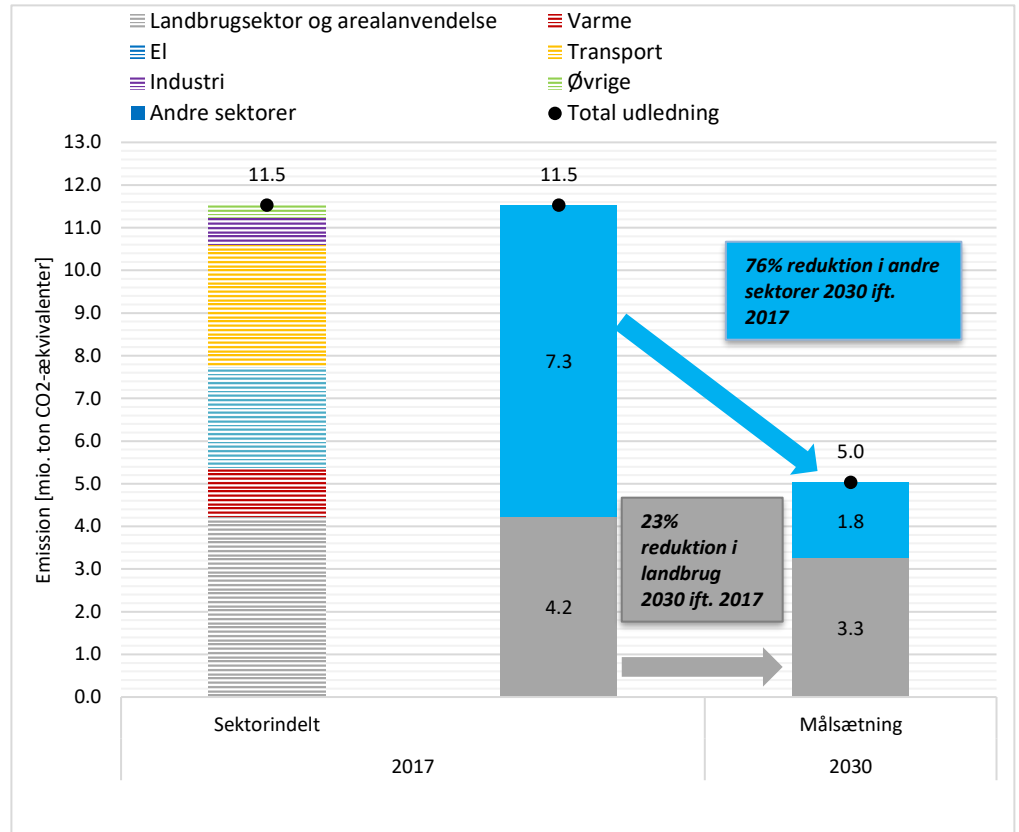
Baseret på nationale analyse fra bl.a. Klimarådet er reduktionsmålsætningen inddelt i en separat målsætning for landbrug og arealanvendelse samt for alle øvrige sektorer (varme, el, transport, industri, øvrige):

- I 2018 stod landbrug og arealanvendelse for 17,6 Mton CO<sub>2</sub>, som er vurderet at kunne reduceres med 4 Mton CO<sub>2</sub> i 2030, svarende til en reduktion på 23%.
- Skal målsætningen om 22,6 Mton CO<sub>2</sub> i 2030 opnås skal de resterende sektorer (el, varme, transport, industri, øvrige) reducere udledningen fra 37,3 Mton CO<sub>2</sub> til 9,1 Mton CO<sub>2</sub>, svarende til en reduktion på 76%.

---

<sup>6</sup> Danmarks statistiks befolkningsfremskrivning, FRDK118

Når de nationale reduktionsprocenter overføres til Region Syddanmark, betyder det, at landbrug og arealanvendelse skal reducere fra 4,2 Mton CO<sub>2</sub> i 2017 til 3,3 Mton CO<sub>2</sub> i 2030, mens alle øvrige sektorer skal reducere fra 7,3 Mton CO<sub>2</sub> i 2017 til 1,8 Mton CO<sub>2</sub> i 2030. Det samlede reduktionsmål for Region Syddanmark er således, at der ikke udledes mere end 5,0 Mton CO<sub>2</sub> i 2030. Målsætningen er illustreret i figuren nedenfor.



Figur 3: Reduktionsmålsætning for Region Syddanmark baseret på den nationale reduktionsmålsætning på 70% drivhusgasreduktion i 2030. ift. 1990.

I kapitlerne om scenariemetode og energiscenarier vil det blive uddybet, hvor meget der er kendt teknologi, men svært at omstille, og hvor meget ny teknologi det er nødvendigt at tage i brug for at nå målet. Derudover vil det også blive uddybet, hvad det vil betyde for landbruget, at det skal reducere langt mere fra i dag og frem til 2030, end der er reduceret i landbruget fra 1990 frem til i dag.



## Energiscenarier

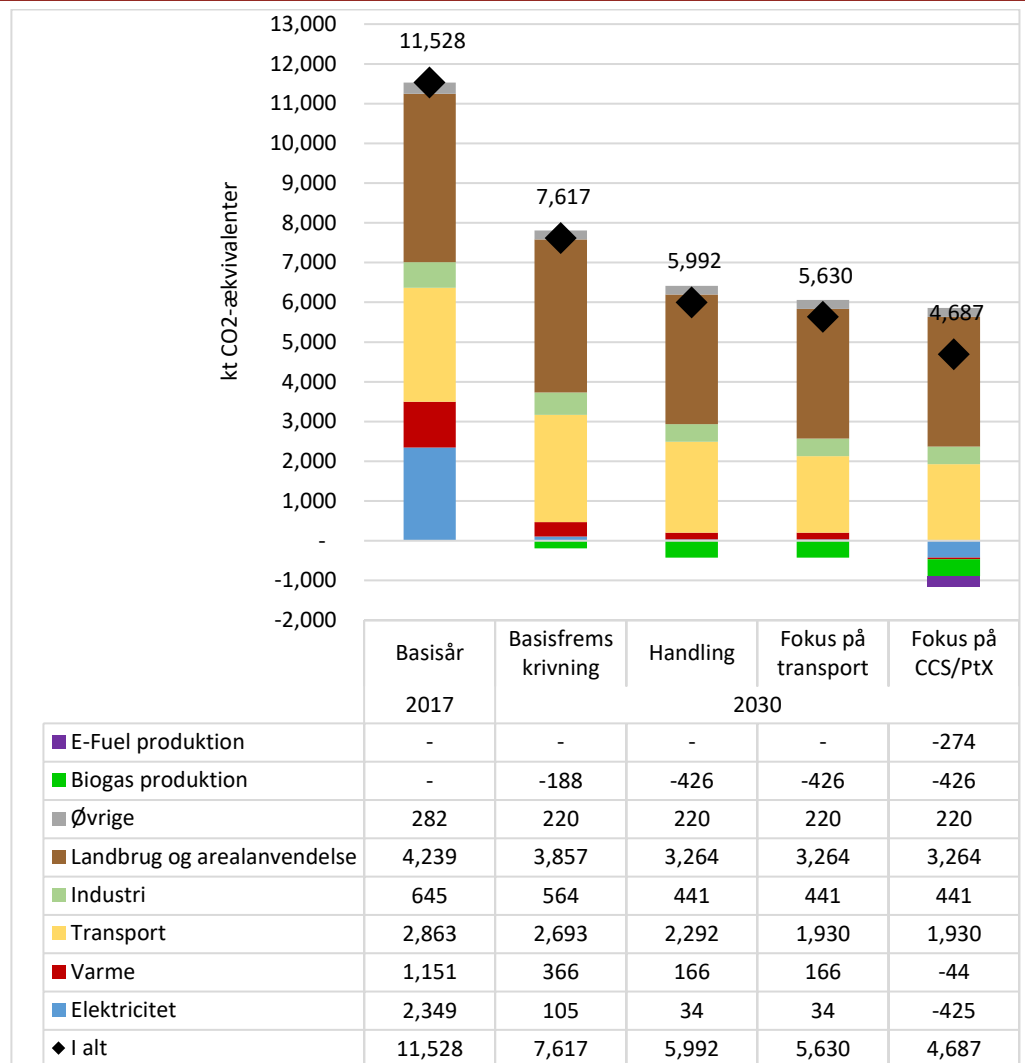
For at nå reduktionsmålsætningen for Region Syddanmark på 5,0 mio. tons i 2030, som er beskrevet i afsnit 4.4, er det nødvendigt at reducere drivhusgasudledningerne med 6,5 mio. ton CO<sub>2</sub>-ækvivalenter i 2030 ift. 2017.

I alle tre scenarier indgår både forventede udviklinger nationalt, fx ændrede rammevilkår for elbiler, og kommunale og regionale tiltag, fx biogasproduktion.

I dette afsnit gennemgås hovedresultatet af scenarierne samlet set og dernæst gennemgås rammer og forudsætninger for hvert af scenarierne. Hovedresultatet vises først for at sætte de mange forudsætninger i perspektiv. I appendiks E kan der findes flere samlede resultater af scenarierne som fx varmforsyning, transport, gasbalance mm.

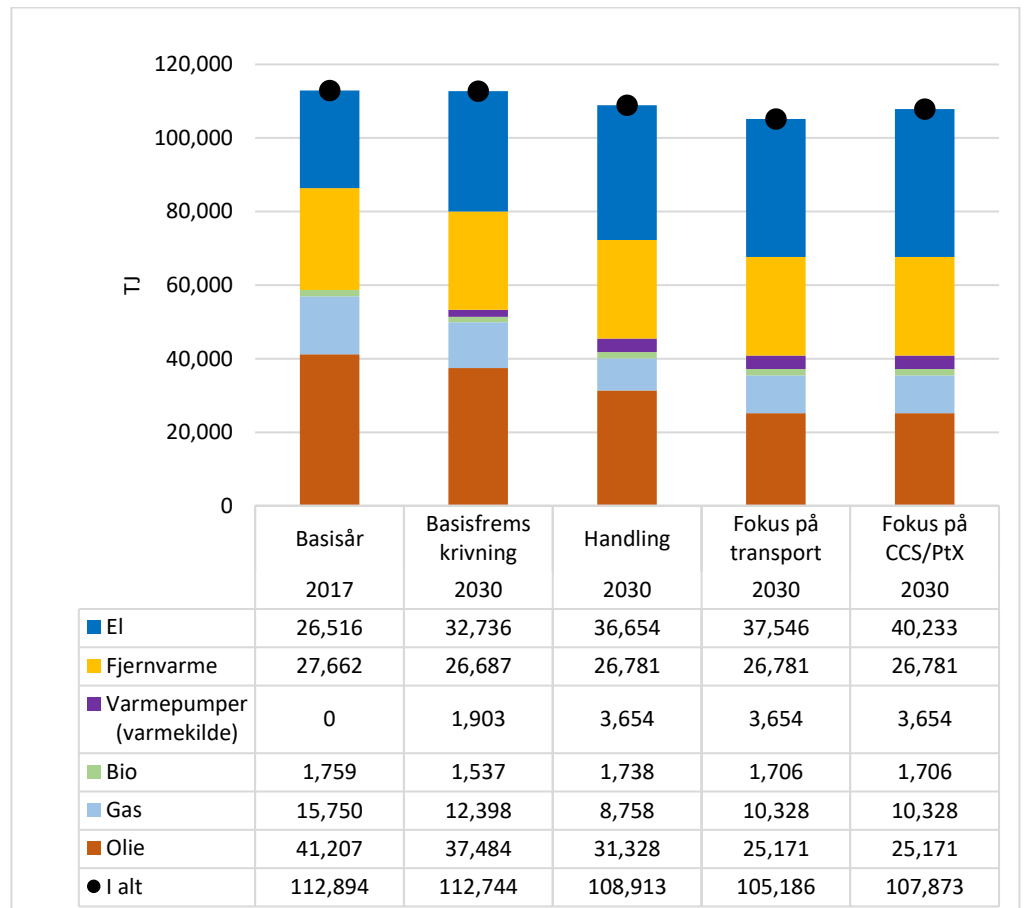
### 1.15 Hovedresultater af scenarierne

CO<sub>2</sub>-udledningen og energiforbruget i 2030 for hvert af de fire scenarier er et hovedresultat af scenarietfremskrivningerne. Resultatet af fremskrivningerne er præsenteret i Figur 5 og Figur 6 nedenfor.



Figur 4: Drivhusgasregnskab i Basisåret 2017, Basisfremskrivningen 2030, Handlingsscenariet 2030, scenariet med Fokus på transport 2030 samt scenariet med Fokus på CCS/PtX i 2030.

Det endelige energiforbrug er vist i figuren nedenfor. Energiforbruget er på trods af befolkningstilvækst uændret i Basisfremskrivningen 2030 set ift. Basisåret 2017. I de øvrige scenarier er det samlede energiforbrug ligeledes kun lidt lavere end udgangspunktet i dag. Både i opvarmningssektoren, i industrien og i transportsektoren sker der på trods af antagelser om økonomisk vækst betydelige energieffektiviseringer, som i høj grad skyldes elektrificering. Elbiler er markant mere effektive end diesel og benzinbiler og varmepumper kan levere varme med lavere energiforbrug end ved forbrænding. I scenariet 'Fokus på CCS/PtX', hvor reduktionsmålet nås, vil energiforbruget (fra regnet energiforbrug fra varmekilder) være 8% lavere end i dag.



Figur 5: Endeligt energiforbrug i Basisåret 2017, Basisfremskrivningen 2030, Handlingsscenariet 2030, Fokus på transport 2030 og Fokus på CCS/PtX 2030.

Det samlede resultat viser, at målet på 5 mio. tons CO<sub>2</sub> kun opnås i scenariet Fokus på CCS/PtX. Det betyder overordnet set at samtlige virkemidler bag scenarierne skal tages i brug. Her opsummeres de primære tiltag, som bringer scenarierne i mål:

- Udfasning af kul, olie og naturgas til el og fjernvarmeproduktion
- Elektrificering af både den kollektive og den individuelle opvarmning
- Kraftig elektrificering af personbilssegmentet
- Øget udbredelse af elbusser til rutefart og gasbusser til regionale ruter samt gas til tung transport
- Elektrificering af industrien
- Udnyttelse af det fulde potentiale for biogasudbygning
- CCS på affaldskraftvarmeværker
- Regional PtX produktion

Her følger en kort beskrivelse af de fire energiscenarier.

#### Basisfremskrivning

I Basisfremskrivningen reduceres drivhusgasudledningen med ca. 3,9 mio. ton CO<sub>2</sub>-ækvivalenter til i alt i 2030 at udgøre 7,6 mio. ton. Det svarer til 6,1 ton CO<sub>2</sub>-

ækvivalenter per indbygger og en reduktion på ca. 34%. For at indfri den opstillede regionale reduktionsmålsætning om 70% reduktion mangler der derfor fortsat at opnås reduktioner på 3,6 mio. ton CO<sub>2</sub>-ækvivalenter.

Reduktionerne i Basisfremskrivningen kommer primært fra grøn omstilling af elsystemet (2,2 mio. ton), varmesektoren (0,8 mio. ton) og landbrug og arealanvendelse (0,4 mio. ton). Dertil kommer yderligere reduktioner fra de tilbageværende sektorer på 0,5 mio. ton.

Handlingsscenariet	I Handlingsscenariet reduceres den samlede drivhusgasudledning med 5,5 mio. ton CO <sub>2</sub> -ækvivalenter og 48% ift. basisåret 2017. Set i forhold til Basisfremskrivningen reduceres drivhusgasserne med 1,6 mio. ton CO <sub>2</sub> -ækvivalenter. Ift. Basisfremskrivningen kommer de yderligere reduktioner primært fra landbrug og arealanvendelse (0,6 mio. ton), transportsektoren (0,4 mio. ton), øget biogasproduktion, som fortrænger naturgas (0,2 mio. ton), varme (0,2 mio. ton), samt mindre reduktioner i industri. Som følge af yderligere plastudsortering fra affaldet, bidrager elsektoren ligeledes med en mindre reduktion.
Fokus på transport	I scenariet med fokus på transport reduceres den samlede drivhusgasudledning med 5,9 mio. ton CO <sub>2</sub> -ækvivalenter og 51% ift. Basisåret 2017. Set i forhold til Handlingsscenariet reduceres drivhusgasserne med 0,4 mio. ton CO <sub>2</sub> -ækvivalenter. De yderligere reduktioner kommer udelukkende fra transportsektoren. Her øges konverteringen fra diesel og benzin til eldrevne køretøjer for personbiler. Derudover øges andelen af el- og gasdrevne køretøjer til tung transport.
Fokus på CCS/PtX	I scenariet med fokus på CCS/PtX reduceres den samlede drivhusgasudledning med 6,9 mio. ton CO <sub>2</sub> -ækvivalenter og 59% ift. Basisåret 2017. Set i forhold til scenariet med fokus på transport reduceres drivhusgasserne med 0,9 mio. ton CO <sub>2</sub> -ækvivalenter. De yderligere reduktioner kommer fra CO <sub>2</sub> -fangst (CCS) på affald- og biomassekraftvarmeværker samt fra produktion af E-fuels, som erstatter fossile brændsler i transportsektoren.

### 1.16 Basisfremskrivning for Region Syddanmark

Basisfremskrivningen for Region Syddanmark tager udgangspunkt i Energistyrelsens Basisfremskrivning 2020<sup>7</sup>. Basisfremskrivningen tager en "frozen policy" tilgang, hvor fremskrivningen er et bud på hvordan fremtiden vil se ud, hvis der ikke besluttes andre tiltag på klima- og energiområdet end dem, som allerede er besluttet. I realiteten vil en sådan "frozen policy" udvikling ikke forekomme sandsynlig givet de nationale klimamål og de igangværende forhandlinger.

---

<sup>7</sup> Hvor dokumentationen fra Energistyrelsens Basisfremskrivning 2020 (BF20) ikke har været tilgængeligt anvendes forudsætninger fra Basisfremskrivningen 2019 (BF19).

Da Energistyrelsens Basisfremskrivning fastfryses af beslutninger foretaget af Folketinget før 1. maj 2020 er Basisfremskrivningen for Region Syddanmark suppleret med forventede effekter af energiaftalerne indgået i juni 2020. Aftalen fra december 2020 'Grøn omstilling for vejtransporten' er ikke medregnet, da den er nyere end beregningerne i denne analyse. Konsekvensen af aftalen indgår i de øvrige scenarier, hvor det forudsættes, at der er 1 mio. elbiler i 2030, som aftalen også sigter mod at gennemføre.

#### Forudsætninger i Basisfremskrivningen

I Basisfremskrivningen samt de øvrige scenarier er der forudsat en befolkningsvækst i Region Syddanmark på 2,3% frem mod 2030, hvilket er væsentligt lavere end forventningerne nationalt, hvor der forventes en vækst på 5,7%.

Befolkningsvæksten vil bidrage til, at der i 2030 er et forøget klassisk elforbrug, et stigende trafikarbejde samt nybyggeri af boliger mv.

Yderligere er det forudsat, at der vil være teknologiudvikling frem mod 2030 indenfor fx transportsektoren, som vil øge energieffektiviteten for forskellige teknologier.

I Basisfremskrivningen for Region Syddanmark er der forudsat følgende udvikling som konsekvens af allerede besluttede tiltag:

- **Kuludfasning:**

I Esbjerg lukker Esbjergværket i 2023 og dermed stopper den kulbaserede el- og fjernvarmeproduktion. I Odense lukkes kulproduktion på Fynsværkets blok 3 fra 2022 og dermed er kulforbruget i Region Syddanmark helt udfaset fra 2023.

- **Naturgasudfasning:**

Der indregnes 70% reduktion i naturgasforbruget til kraftvarme og kedler i fjernvarmeproduktionen, så naturgasforbruget falder fra 4,8 PJ i 2017 til 1,4 PJ i 2030. Konverteringen væk fra kul og naturgas er forudsat at ske hovedsageligt til biomasse og varmepumper, men også til solvarme og geotermi.

- **Udsortering af plast og reduktion af affaldsmængder:**

Klimaaftalen 'Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi' lægger op til 80% udsortering af plast, dog er det vurderet, at der kun opnås 60% udsortering i 2030 i Basisfremskrivningen for regionen. Samtidig falder affaldsmængderne til forbrænding med knap 20%, som følge af klimaaftalen.

- **Grøn residuelel:**

De nuværende aftaler for elproduktion lægger nationalt op til, at produktionen fra solceller mere end seksdobles og fra havvindmøller mere end firdobles frem til 2030. Samtidig vil udfasning af fossile brændsler til kraftvarmeproduktion betyde, at residuelel i 2030 er forudsat emissionsfrit.

- **Konvertering af individuelle olie- og naturgasfyr:**

På baggrund af Energistyrelsens Basisfremskrivning samt en vurdering af effekten af klimaaftalen er det forudsat, at energiforbruget til individuelle oliefyr falder med 90% frem mod 2030 mens forbruget til individuelle naturgasfyr falder med 35%. Konvertering er forudsat at ske hovedsageligt til individuelle varmepumper samt en lille del til elvarme. Et alternativt er omstilling til nærvarme, men der er her ikke taget stilling til, om det er individuelle løsninger eller små kollektive løsninger.

- **Forventninger til nybyg og energibesparelser:**

Der er forudsat, at der frem mod 2030 sker en forøgelse i nettoopvarmningsbehovet på 1,6% som følge af nybyg, mens renovering af bygningsmassen forudsættes at opnå 3,6% reduktion af nettoopvarmningsbehovet ift. fremskrivningen. Samlet bliver nettoopvarmningsbehovet reduceret med 2,0%.

- **Elektrificering af person- og varebiler og stigende trafikarbejde:**

Det forventes, at der sker en elektrificering i transportsektoren, hovedsageligt i person- og varebilssegmentet. Jf. Energistyrelsens Basisfremskrivning er 11% af trafikarbejdet fra personbiler elektrificeret i 2030 som følge af de nuværende nationale rammevilkår, svarende til ca. 380.000 el- og plugin hybrider i 2030. Derudover forventes trafikarbejdet for personbiler at stige med 19% som følge af befolkningsvækst, øget vejinfrastruktur, økonomisk vækst og at folk pendler længere.

- **Yderligere grøn omstilling af transportsektoren:**

Det er i Basisfremskrivningen for Region Syddanmark yderligere forudsat, at der i 2030 vil være 10% gas- og 5% elbusser i regionen, at 75% af regionens jernbanestrækninger vil være elektrificeret og at 5% af non-road transportens energiforbrug vil omstilles til eldrift.

- **Grøn omstilling i industrien:**

Der er forudsat 13% reduktion i olie- og naturgasforbruget i industrien som følge af klimaaftalen fra juni 2020.

- **Reduktioner i landbrug og arealanvendelse:**

På baggrund af Energistyrelsens Basisfremskrivning er det forudsat, at udledningen fra landbrugssektoren frem mod 2030 reduceres med 9%.

- **Reduktioner i øvrige udledninger:**

På baggrund af Energistyrelsens Basisfremskrivning er det forudsat, at udledninger fra affaldsdeponi, spildevand og industrielle processer frem mod 2030 reduceres med 22%.

- **Biogasproduktion:**

Det er forudsat, at Region Syddanmark udnytter den fulde biogasproduktionskapacitet i 2030, som er 3,3 PJ (jf. temanotat 3).

Scenarie	Udvikling	Effekt 2030
Basisfremskrivning	Kuludfasning fjernvarme	Fuld udfasning
	Naturgasudfasning fjernvarme	70% reduktion
	Affald	60% udsortering af plast, 30% fald i affaldsmængder
	Residualel	Grøn residualel
	Individuel opvarmning	90% fald i olieforbrug, 35% fald i naturgasforbrug
	Nybyg og energibesparelser	2,0% reduktion i nettoopvarmningsbehovet
	Person- og varebiler	19% stigning i trafikarbejde, 11% elektrificering
	Yderligere transportsektor	10% gas og 5% el i busser, 75% el i tog, 5% el i non-road
	Industri	13% fald i olie- og naturgasforbrug
	Landbrug og arealanvendelse	9% reduktion
	Øvrige udledninger	22% reduktion
	Biogas	3,3 PJ biogasproduktion

Tabel 6: Opsummering af udviklingen i Basisfremskrivningen.

#### Kort opsamling af konsekvenser i basisfremskrivningen

- Energiforbruget er stort set uforandret ved fremskrivningen til 2030 sammenlignet med 2017
- Forbruget af olie og gas reduceres
- Basisfremskrivningen illustrerer sandsynligvis den økonomiske mest fordelagtige udvikling under eksisterende og nyligt vedtagne rammevilkår. Det indebærer fortsat en forventning om handling, som dog forventes at være den privat- og selskabsøkonomiske billigste løsning
- CO2 udledning falder markant – primært som følge af udfasning af fossile brændsler til el- og fjernvarmeproduktion

### 1.17 Handlingsscenariet

I Handlingsscenariet reduceres CO2-udledningen til ca. 6 mio. tons CO2 i 2030. For at opnå den reduktionsmålsætningen for Region Syddanmark på 5,0 mio. ton CO2 i 2030, mangler der derfor fortsat reduktioner på 1,0 mio. ton CO2.

Tiltag i  
Handlingsscenariet

Handlingsscenariet følger forudsætningerne fra Basisfremskrivningen for kuludfasning, residualel samt øvrige udledninger. Yderligere er der forudsat følgende udvikling som konsekvens af forventninger til nye nationale rammer, og kommunale og regionale indsatser:

- **Naturgasudfasning:**  
90% reduktion i naturgasforbruget til kraftvarme og kedler i fjernvarmeproduktionen, så gas kun bidrager til spidslastproduktion. Konverteringen væk fra kul og naturgas er forudsat at ske hovedsageligt til biomasse og varmepumper, men også solvarme, geotermi og overskudsvarme.
- **Udsortering af plast og reduktion af affaldsmængder:**

Fuld efterlevelse af klimaaftalens 80% udsortering af plast, og samtidigt fald i affaldsmængderne til forbrænding med 30%, som følge af klimaaftalen.

- **Konvertering af individuelle olie- og naturgasfyr:**

På baggrund af nationale analyser, herunder analyser foretaget af Ea, er det forudsat at energiforbruget til individuelle oliefyr fuldt udfases frem mod 2030 mens forbruget til individuelle naturgasfyr falder med 70%.

Konvertering er forudsat at ske hovedsageligt til individuelle varmepumper samt en lille del til elvarme.

- **Forventninger til nybyg og energibesparelser:**

Der er forudsat, at der frem mod 2030 sker en forøgelse i nettoopvarmningsbehovet på 1,6% som følge af nybyg, mens renovering af bygningsmassen forudsættes at opnå 4,5% reduktion af nettoopvarmningsbehovet ift. fremskrivningen. Samlet bliver nettoopvarmningsbehovet reduceret med 2,9%.

- **Elektrificering af person- og varebiler og stigende trafikarbejde:**

På baggrund af de nationale målsætninger og klimaaftalen for transport, forventes det, at der sker en væsentlig elektrificering i transportsektoren, hovedsageligt i person- og varebilssegmentet. Klimarådet peger på 1/3 elbiler i 2030, svarende til ca. 1,1 mio. elbiler nationalt. Det er dog usikkert, om fordelingen af elbiler vil være jævnt fordelt over hele landet, grundet bl.a. kørselsafstande og privatøkonomiske forhold. I Handlingsscenariet er det forudsat, at ændringer i nationale rammevilkår vil bidrage med 25% elbiler i regionen, svarende til ca. 825.000 elbiler nationalt. Derudover forventes trafikarbejdet for personbiler at stige med 19% som følge af befolkningsvækst, øget vejinfrastruktur, økonomisk vækst og at folk pendler længere.

- **Yderligere tiltag i transportsektoren:**

I Handlingsscenariet er der yderligere forudsat indsatser indenfor resten af transportsektoren. Det er forudsat, at der i 2030 vil være 20% gas og 20% elbusser i regionen og at 75% af regionens jernbanestrækninger vil være elektrificeret. Derudover er det forudsat, at som følge af bl.a. ændrede nationale rammevilkår, at der vil være 5% gas og 5% el i godstransporten og at 15% af non-road transportens energiforbrug omstilles til eldrift.

- **Grøn omstilling i industrien:**

Der er forudsat 32% reduktion i olie- og naturgasfyr i industrien som følge af ændrede nationale rammer samt lokale indsatser.

- **Reduktioner i landbrug og arealanvendelse:**

Der er forudsat 23% reduktion i udledningerne fra landbrug og arealanvendelse, som bl.a. kommer fra udtagning af lavbundsjord, skovrejsning og tiltag i selve landbruget.

- **Biogasproduktion:**

Det er forudsat, at Region Syddanmark producerer 8,2 PJ biogas om året svarende til det vurderede maksimale potentiale for biogasproduktion i



Temanotat 3. I dag er Region Syddanmarks biogasproduktionskapacitet 3,3 PJ om året.

**Biogassens rolle i fremtidens energisystem:**

Biogas vil komme til at spille en vigtig rolle i det fremtidige energisystem, som en fleksibel og højværdi energibærer, der vil finde anvendelse i mange forskellige højværdi processer, både under direkte anvendelse og som input til opgradering gennem PtX processer. I aftalen fra juni er der sat midler af til biogas, som skal være med til at øge udbygningen.

I Klimarådets nye rapport gives der tre anbefalinger til fremme af produktionen af biogas og dens anvendelse i energisystemet.

1. Det første forslag går på en revision af biogasstøtten og støtten til elproduktion på biogas.
2. Det andet punkt i Klimarådets anbefalinger til biogas er en igangsættelse af et større udbud frem mod 2025, som skal fremme innovation og øget effektivisering i biogasproduktionen, som det har været tilfældet i lignende udbud for fx vindmøllebaseret strømproduktion.
3. Det sidste punkt i Klimarådets anbefalinger er at udslip af fra biogasanlæg af metan og lignende drivhusgasser fastlægges og stoppes.

Scenarie	Udvikling	Effekt 2030
Basisfremskrivning	Kuludfasning fjernvarme	Fuld udfasning
	Naturgasudfasning fjernvarme	70% reduktion
	Affald	60% udsortering af plast, 30% fald i affaldsmængder
	Residualel	Grøn residualel
	Individuel opvarmning	90% fald i olieforbrug, 35% fald i naturgasforbrug
	Nybyg og energibesparelser	2,0% reduktion i nettoopvarmningsbehovet
	Person- og varebiler	19% stigning i trafikarbejde, 11% elektrificering
	Yderligere transportsektor	10% gas og 5% el i busser, 75% el i tog, 5% el i non-road
	Industri	13% fald i olie- og naturgasforbrug
	Landbrug og arealanvendelse	9% reduktion
	Øvrige udledninger	22% reduktion
	Biogas	3,3 PJ biogas produktion
Handling	Kuludfasning fjernvarme	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Naturgasudfasning fjernvarme	90% reduktion
	Affald	80% udsortering af plast, 30% fald i affaldsmængder
	Residualel	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Individuel opvarmning	100% fald i olieforbrug, 70% fald i naturgasforbrug
	Nybyg og energibesparelser	2,9% reduktion i nettoopvarmningsbehovet
	Person- og varebiler	19% stigning i trafikarbejde, 25% elektrificering
	Yderligere transportsektor	20% gas og 20% el i busser, 75% el i tog, 15% el i non-road, 5% gas og 5% el i godstransport
	Industri	32% fald i olie- og naturgasforbrug
	Landbrug og arealanvendelse	23% reduktion
	Øvrige udledninger	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Biogas	8,2 PJ Biogas produktion

Tabel 7: Opsummering af udviklingen i Basisfremskrivningen og Handlingsscenarioet.

## 1.18 Fokus på transport

I Fokus på transport reduceres CO2-udledningen til ca. 5,6 mio. tons CO2.

For at opnå reduktionsmålet på 5,0 mio. ton CO2 i 2030, mangler der derfor fortsat reduktioner på 0,6 mio. ton CO2-ækvivalenter.

Forudsætninger i scenariet med fokus på transport

Scenariet med fokus på transport følger forudsætningerne fra Basisfremskrivningen for kuludfasning, residualel og øvrige udledninger. Indenfor de resterende udviklinger, på nær transportsektoren, følger udviklingen Handlingsscenariet.

For transportsektoren er det forudsat, at Region Syddanmark og de 22 kommuner har ekstra fokus på omstilling af transportsektoren. Det indebærer bl.a. at sikre tilstrækkelig ladeinfrastruktur og netkapacitet til udrulning af yderligere elbilsandele, og at kommuner og virksomheder i samarbejde gør elbilsløsninger attraktive for borgerne. Dertil er det forudsat, at regionen går forrest i udvikling og implementering af grønne løsninger i den tunge transport:

- **Yderligere elektrificering af person- og varebiler og reduceret trafikarbejde:**

Det er forudsat, at Region Syddanmark med specielt fokus på transportsektoren kan opnå en elbilsandel i 2030 på 30%, svarende til ca. 1 mio. elbiler nationalt. En af de mest effektive måder at reducere transportsektorens udledninger på, er at begrænse trafikarbejdet. Der er ofte gode muligheder for at påvirke transportadfærd og derved forflytte trafikarbejde til kollektive eller mere grønne transportformer, herunder delebil- og samkørselordninger. Ligeledes kan det bidrage til et reduceret trafikarbejde, at forhold for cyklister og gående bliver forbedret. Det er forudsat, at Region Syddanmark og de 22 kommuner med specielt fokus på at reducere trafikarbejder fra personbiler i regionen som geografisk område, kan reducere trafikarbejde i 2030 med 4% ift. Basisfremskrivningen, svarende til en effektiv stigning i trafikarbejde på 15%.

- **Yderligere grøn omstilling af transportsektoren:**

I scenariet med fokus på transport, er det forudsat at Region Syddanmark vil påtage sig en rolle, hvor regionen kan facilitere en øget omstilling af den kollektive og tunge transport.

Herunder følger en ikke udtømmende liste af strategiske handlemuligheder, hvor Region Syddanmark aktivt kan bidrage til den grønne omstilling af transportsektoren.

- Region Syddanmark kan undersøge mulighederne for at gøre jyllandskorridoren til en "Grøn transportkorridor". Herunder at

indgå samarbejde med de omkringliggende danske og tyske aktører. Det kunne eksempelvis omhandle muligheder for LNG, brint og/eller biogas tankstationer i Syddanmark, udbredelsen af opladningsinfrastruktur, el-veje, og/eller initiativer i grænselandet fx omkring de store service- og godsterminaler.

- Region Syddanmark kan påtage sig rollen som videnshub for den grønne omstilling, med fokus på at facilitere partnerskaber og workshops, koordinere finansiering, foretage analyser og samle op på tværgående resultater. Ligeledes kan regionen bidrage til og medvirke i fælleseuropæiske vidensnetværk.
- Som fælles organ og talerør for Region Syddanmarks 22 kommuner kan regionen være med til at påvirke at den nationale regulering, afgiftsniveauer og tilskudsordninger sikrer en smidig og omkostningseffektiv grøn omstilling af transportsektoren.
- Region Syddanmark har muligheder for at elektrificere sin egen køretøjsflåde, ligesom regionen har indflydelse på fremtidige teknologivalg i den offentlige transport. Herunder vil det ligeledes være muligt at assistere regionens kommuner og byer med udviklingen af grønne mobilitetsplaner, som bl.a. skal undersøge lokale virkemidler til at fremme brugen af offentlig transport og grønne teknologier.

Det er forudsat, at der i 2030 vil være 30% gas og 50% elbusser i regionen og at 90% af regionens jernbanestrækninger vil være elektrificeret. Derudover er det forudsat, at der vil være 20% gas og 20% el i godstransporten og i non-road transporten.

Scenarie	Udvikling	Effekt 2030
Basisfremskrivning	Kuludfasning fjernvarme	Fuld udfasning
	Naturgasudfasning fjernvarme	70% reduktion
	Affald	60% udsortering af plast, 30% fald i affaldsmængder
	Residualel	Grøn residualel
	Individuel opvarmning	90% fald i olieforbrug, 35% fald i naturgasforbrug
	Nybyg og energibesparelser	2,0% reduktion i nettoopvarmningsbehovet
	Person- og varebiler	19% stigning i trafikarbejde, 11% elektrificering
	Yderligere transportsektor	10% gas og 5% el i busser, 75% el i tog, 5% el i non-road
	Industri	13% fald i olie- og naturgasforbrug
	Landbrug og arealanvendelse	9% reduktion
	Øvrige udledninger	22% reduktion
	Biogas	3,3 PJ biogas produktion
Handling	Kuludfasning fjernvarme	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Naturgasudfasning fjernvarme	90% reduktion
	Affald	80% udsortering af plast, 30% fald i affaldsmængder
	Residualel	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Individuel opvarmning	100% fald i olieforbrug, 70% fald i naturgasforbrug
	Nybyg og energibesparelser	2,9% reduktion i nettoopvarmningsbehovet
	Person- og varebiler	19% stigning i trafikarbejde, 25% elektrificering
	Yderligere transportsektor	20% gas og 20% el i busser, 75% el i tog, 15% el i non-road, 5% gas og 5% el i godstransport
	Industri	32% fald i olie- og naturgasforbrug
	Landbrug og arealanvendelse	23% reduktion
	Øvrige udledninger	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Biogas	8,2 PJ Biogas produktion
Fokus på transport	Kuludfasning fjernvarme	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Naturgasudfasning fjernvarme	<b>(Følger Handling)</b>
	Affald	<b>(Følger Handling)</b>
	Residualel	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Individuel opvarmning	<b>(Følger Handling)</b>
	Nybyg og energibesparelser	<b>(Følger Handling)</b>
	Person- og varebiler	15% stigning i trafikarbejde (4% reduktion ift. basisfremskrivningen), 30% elektrificering
	Yderligere transportsektor	30% gas og 50% el i busser, 90% el i tog, 20% gas og 20% el i non-road, 20% gas og 20% el i godstransport
	Industri	<b>(Følger Handling)</b>
	Landbrug og arealanvendelse	<b>(Følger Handling)</b>
	Øvrige udledninger	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Biogas	<b>(Følger Handling)</b>

Tabel 8: Opsummering af udviklingen i Basisfremskrivningen, Handlingsscenarioet samt scenariet med fokus på transport.

## 1.19 Fokus på CCS/PtX

I Fokus på CCS/PtX opnås reduktionsmålet for Region Syddanmark, idet udledningerne i 2030 reduceres til 4,7 mio. tons CO<sub>2</sub>. Faktisk overopfyldes målsætningen med ca. 0,3 mio. tons CO<sub>2</sub>.

Forudsætninger i scenariet med fokus CCS/PtX

Scenariet med fokus på CCS/PtX følger forudsætningerne fra Basisfremskrivningen for kuludfasning, residualel og øvrige udledninger. Indenfor de resterende udviklinger, på nær transportsektoren, følger udviklingen Handlingsscenarioet. For transportsektoren følge udviklingen scenariet med fokus på transport.

Yderligere er det forudsat, at der implementeres CO<sub>2</sub>-fangst og lagring (CCS) på dele af Region Syddanmarks affald- og biomassekraftvarmeværker, samt at der kommer Power-to-X (PtX) produktion lokalt i Region Syddanmark:

- **CCS på affaldskraftvarme:**

I dag leverer affaldsforbrænding i Region Syddanmark ca. 5,9 PJ til fjernvarmenettene og 1,3 PJ til elnettet. Tilsammen er udledningen fra affaldsforbrænding i regionen beregnet til 370 kton CO<sub>2</sub>. I 2030 er det forudsat, at affaldsmængderne er reduceret med 30% samt at den fossile del er reduceret med 80%. Det betyder, at det samlede potentiale for reduktioner som følge af CCS på affald er 464 kton CO<sub>2</sub>, under antagelse om at biomasse har en emissionsfaktor på 0,1 ton/GJ og med en rensningsgrad på 90%. I scenariet er det forudsat, at der laves CCS på 50% af affaldsforbrændingen, svarende til en CO<sub>2</sub>-reduktion på 232 kton.

- **CCS på biomassekraftvarme:**

I dag er brændselsforbruget til biomassekraftvarme 9,2 PJ, som i 2030 i scenariet er steget til 12,0 PJ. Potentialet for CO<sub>2</sub>-fangst på al biomasse til kraftvarme er derfor 1.080 kton CO<sub>2</sub> ved antagelse om en emissionsfaktor for biomasse på 0,1 ton/GJ og en rensningsgrad på 90%. I scenariet er det forudsat, at der laves CCS på 33% af biomassekraftvarmen, svarende til en CO<sub>2</sub>-reduktion på 356 kton.

- **PtX:**

Region Syddanmark kan være et oplagt sted at placere første store mængder PtX-produktion, fordi:

1. Havvind fra Nordsøen kan give anledning til placering af en 'indfødningzone' for VE-el fx omkring Esbjerg.
2. Tysk brintinfrastruktur kan gøre brintproduktion i Region Syddanmark ekstra interessant, hvis der kan laves en kobling til det tyske (og hollandske) net. Dermed kan den første brintinfrastruktur med fordel placeres i Region Syddanmark, da der kan være en mulighed for eksport og øget balancering.

3. Mulighed for potentielt at udpege store og billige arealer til PtX-anlæg giver Region Syddanmark en komparativ fordel sammenlignet med mere tætbeboede områder.
4. Region Syddanmark har flere større fjernvarmenet, hvor overskudsvarmen fra PtX-produktion kan afsættes, og hvor der inden for en årrække skal tages beslutning om ny fjernvarmeforsyning.
5. Allerede påbegyndt PtX-projekt: Brintproduktion i projektet HySynergy ved Shell Raffinaderiet i Fredericia har planer om opskalering til op til 1 GW.
6. Syddansk Universitet i Odense har fokus på produktion af bæredygtigt flybrændstof – den lokale fokus og viden kan være en vigtig nøglebrøk i forhold til at igangsætte et lokalt/regionalt projekt.

I scenariet er det forudsat, at der produceres metan fra biogasopgraderingsanlæg, svarende til biogaspotentialt på 8,2 PJ. Det svarer til et metanpotentialt på 4,8 PJ (opgjort i Temanotat 8). Metan antages at kunne fortrænge naturgas 1:1, mens yderligere produceret metan tilføjes som negativ emission svarende til emissionsfaktoren for naturgas. PtX produktion giver derfor en CO<sub>2</sub>-reduktion på 274 kton.

#### **PtX og CCS:**

Kulstofbaseret PtX (en del af det som også kaldes CCU – carbon capture and utilisation) sammenholdes ofte med CCS (carbon capture and storage), fordi begge processer involverer CO<sub>2</sub>-fangst fx fra forbrændingsprocesser eller biogasopgraderingsanlæg. CO<sub>2</sub> kan også fanges direkte fra luften (direct air capture), men pga. den lave koncentration af CO<sub>2</sub> i luften, er det en forholdsvis energikrævende og omkostningstung mulighed.

Når CO<sub>2</sub>'en er indfanget, kan det enten bruges til at producere et brændstof ved kulstofbaseret PtX eller CO<sub>2</sub>'en kan lagres i undergrunden (storage). Hvis det antages, at et PtX-produkt fortrænger et fossilt alternativ, har de to løsninger samme CO<sub>2</sub>-fortrængning.

Klimarådet vurderer i deres analyse af 70%-målsætningen, at den laveste samfundsøkonomiske omkostning opnås ved at lagre CO<sub>2</sub>, dvs. ved CCS frem for CCU. De vurderer dog samtidig at kulstofbaseret PtX kan blive nødvendigt for at opnå 2050-målsætningen om CO<sub>2</sub>-neutralitet. Derfor anbefaler de, at der arbejdes på at udbygge elektrolysekapaciteten og brintproduktion frem mod 2030 for at opbygge viden og for at modne teknologien. Energinet og Klimapartnerskaberne vurderer derimod at PtX er en nødvendighed inden 2030 for at opnå 70%-målsætningen i 2030 og den langsigtede 2050-målsætning.

Scenarie	Udvikling	Effekt 2030
Basisfremskrivning	Kuludfasning fjernvarme	Fuld udfasning
	Naturgasudfasning fjernvarme	70% reduktion
	Affald	60% udsortering af plast, 30% fald i affaldsmængder
	Residualel	Grøn residualel
	Individuel opvarmning	90% fald i olieforbrug, 35% fald i naturgasforbrug
	Nybyg og energibesparelser	2,0% reduktion i nettoopvarmningsbehovet
	Person- og varebiler	19% stigning i trafikarbejde, 11% elektrificering
	Yderligere transportsektor	10% gas og 5% el i busser, 75% el i tog, 5% el i non-road
	Industri	13% fald i olie- og naturgasforbrug
	Landbrug og arealanvendelse	9% reduktion
	Øvrige udledninger	22% reduktion
	Biogas	3,3 PJ biogas produktion
Handling	Kuludfasning fjernvarme	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Naturgasudfasning fjernvarme	90% reduktion
	Affald	80% udsortering af plast, 30% fald i affaldsmængder
	Residualel	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Individuel opvarmning	100% fald i olieforbrug, 70% fald i naturgasforbrug
	Nybyg og energibesparelser	2,9% reduktion i nettoopvarmningsbehovet
	Person- og varebiler	19% stigning i trafikarbejde, 25% elektrificering
	Yderligere transportsektor	20% gas og 20% el i busser, 75% el i tog, 15% el i non-road, 5% gas og 5% el i godstransport
	Industri	32% fald i olie- og naturgasforbrug
	Landbrug og arealanvendelse	23% reduktion
	Øvrige udledninger	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Biogas	8,2 PJ Biogas produktion
Fokus på transport	Kuludfasning fjernvarme	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Naturgasudfasning fjernvarme	<b>(Følger Handling)</b>
	Affald	<b>(Følger Handling)</b>
	Residualel	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Individuel opvarmning	<b>(Følger Handling)</b>
	Nybyg og energibesparelser	<b>(Følger Handling)</b>
	Person- og varebiler	15% stigning i trafikarbejde (4% reduktion ift. fremskrivningen), 30% elektrificering
	Yderligere transportsektor	30% gas og 50% el i busser, 90% el i tog, 20% gas og 20% el i non-road, 20% gas og 20% el i godstransport
	Industri	<b>(Følger Handling)</b>
	Landbrug og arealanvendelse	<b>(Følger Handling)</b>
	Øvrige udledninger	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Biogas	<b>(Følger Handling)</b>



Fokus på CCS/PtX	Kuludfasning fjernvarme	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Naturgasudfasning fjernvarme	<b>(Følger Handling)</b>
	Affald	<b>(Følger Handling)</b>
	Residualel	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Individuel opvarmning	<b>(Følger Handling)</b>
	Nybyg og energibesparelser	<b>(Følger Handling)</b>
	Person- og varebiler	<b>(Følger Handling)</b>
	Yderligere transportsektor	<b>(Følger Handling)</b>
	Industri	<b>(Følger Handling)</b>
	Landbrug og arealanvendelse	<b>(Følger Handling)</b>
	Øvrige udledninger	<b>(Følger Basisfremskrivningen)</b>
	Biogas	<b>(Følger Handling)</b>
	CCS	CCS på 30% af biomasse til kraftvarmeproduktion (12 PJ biomasse kraftvarme i alt)
PtX	CCS på 50% af affald til kraftvarmeproduktion (6,6 PJ affald til kraftvarme i alt) 4,8 PJ E-fuel produktion (metanol)	

*Tabel 9: Opsummering af udviklingen i Basisfremskrivningen, Handlingsscenariet, scenariet med fokus på transport samt scenariet med fokus på CCS/PtX.*

## Tiltag og virkemidler

Reduktionsmålet vil kræve at der handles inden for stort set alle dele af energisystemet, i landbruget og øvrige sektorer, der bidrager til de danske udledninger af drivhusgasser. Det vil kræve handling fra hele samfundet inkl. Folketinget, regioner, kommuner, energiselskaber, virksomheder og private borgere.

Her følger en liste af mulige tiltag, som kan bidrage til at nå reduktionsmålet, og en oversigt over, hvor ansvaret for de konkrete tiltag primært ligger.

### 1.20 El, opvarmning og affald

Her følger en ikke udtømmende liste af tiltag og handlemuligheder for el og opvarmning.

Tiltag	Ansvar
Udpegning af arealer til solceller	Kommuner
Borgerinddragelse og oplysningskampagner for investering i efterisolering af bygninger	Regioner, kommuner
Erfaringsudveksling og netværk om nye teknologier til fjernvarme	Kommuner, regioner og fjernvarmeselskaber
Ophævelse af forbrugerbindinger til gas og fjernvarme	Stat
Udbygning af fjernvarme til gasområder og områder uden fjernvarme	Fjernvarmeselskaber, kommuner
Oplysningskampagner for varmepumper	Stat, kommuner og regioner
Tilskud til varmepumper	Stat, kommuner
Øget udsortering af plastaffald	Stat, kommuner
Kortlægning af regionale og kommunale varmekilder til udnyttelse med varmepumper	Regioner, kommuner

### 1.21 Transport

Her følger en ikke udtømmende liste af tiltag og handlemuligheder transportsektoren.

Tiltag	Ansvar
Miljøkrav ved indkøb af egne køretøjer	Regioner, kommuner
Miljø- og bæredygtighedskrav ved indkøb af busflåde	Regioner, kommuner
Koordineret udbygning af ladeinfrastruktur	Regioner, kommuner
Gratis eller billigere parkering for elkøretøjer	Kommuner
Miljøkrav til transport af varer og services	Regioner, kommuner
Udvikling og test af løsninger til tung transport	Regioner, kommuner, virksomheder
Miljøzoner i byerne	Kommuner
Kampagner for elbiler og muligheder for at testkøre elbiler	Kommuner, regioner, virksomheder
Øget iblanding af biobrændstoffer	Stat
Øget økonomisk incitament til at investere i elbaserede køretøjer	Stat
Udvikle løsninger for opladning ved etageejendomme	Stat, kommuner, regioner
Forsøgsprojekter med infrastruktur til brint, gas og el til tung transport	Regioner, kommuner, stat

## 1.22 Landbrug, skovbrug og biogasproduktion

Her følger en ikke udtømmende liste af tiltag og handlemuligheder landbrug, skovbrug og biogasproduktion.

Tiltag	Ansvar
Udtagning af kulstofrige jorde	Stat, kommuner, landmænd
Forbedret gyllehåndtering	Stat, kommuner, landmænd
Ændret foder til malkekvæg	Stat, kommuner, landmænd
Omlægning af produktionsarealer	Landmænd, stat, kommuner
Effektiv og rådgivende myndighedsbehandling af biogasanlæg	Kommuner
Kommunale garantier og finansieringsunderstøttelse til biogasanlæg	Kommuner
Elektrificering eller VE-brændstoffer til landbrugsmaskiner	Stat, kommuner
Pilotprojekter for pyrolyse og produktion af biokul	Stat, kommuner
Iblandingskrav om biogas til naturgasnettet	Stat
Kortlægning af uudnyttede biogaspotentialer i kommuner og region	Regioner, kommuner

## 1.23 Industri

Her følger en ikke udtømmende liste af tiltag og handlemuligheder industri.

Tiltag	Ansvar
Kommunal rådgivningsservice for industri	Kommuner, regioner
Netværk for grøn procesenergi inkl. virksomheder og leverandører af grøn teknologi og myndigheder	Regioner, kommuner
Marked for CO2 til industri	Stat
CCS til industrier med stort brændselsforbrug	Stat, kommuner, virksomheder
Tilskud til omstilling af fossilt energiforbrug til VE-energi	Stat

## 1.24 CCS og PtX

Her følger en ikke udtømmende liste af tiltag og handlemuligheder CCS og PtX.

Tiltag	Ansvar
Demonstrationsprojekter for CCS og PtX	Stat, kommuner, regioner
Kortlægning af regionens CO <sub>2</sub> -kilder til CCS eller PtX	Regioner, kommuner
Netværk og dialog omkring fremtidens brintinfrastruktur	Stat, regioner, kommuner
Udpegning af områder og arealer til PtX-anlæg	Kommuner
Samarbejde om udnyttelsen af overskudsvarme fra PtX-anlæg	Kommuner, fjernvarmeselskaber, regioner
Marked og værdisætning af negative CO <sub>2</sub> -emissioner	Stat
Tiltrække investorer i grøn brintproduktion og PtX-produktion	Regioner, kommuner

## Appendiks A: Sektoropdelt opgørelsesmetode for energi og CO<sub>2</sub>-udledning

Fjernvarmedata og -metode

Til at bestemme brændselsforbrug og drivhusgasudledning fra fjernvarmeforsyningen anvendes en samlet betragtning for Region Syddanmark. Fjernvarmekunderne i Region Syddanmark forudsættes dermed at modtage samme "produkt". Der er således ikke set på, hvilke specifikke anlæg, der leverer til et specifikt fjernvarmenet. Region Syddanmark tildeles også en proportional andel af elproduktionen fra de kraftvarmeanlæg, som leverer fjernvarme til regionens fjernvarmenet, ved anvendelse af 200%-metoden. Elproduktion fra kraftvarmeværker i kondensdrift tilgår ikke specifikt Region Syddanmark, men indgår som residualel<sup>8</sup>. El produceret fra landvindmøller og solceller indgår i Region Syddanmarks regnskab.

Behandling af øvrige udledninger

Øvrige udledninger (miljø) fra affaldsdeponi, kølemidler, opløsningsmidler og spildevand er ikke nærmere behandlet i scenarieanalysen, og er i alle scenarierne reduceret med 22% i 2030 jf. Energistyrelsens Basisfremskrivning. En kort gennemgang af reduktionen forefindes i Appendix A.

Forudsætningerne for udviklingen af emissioner fra kategorien øvrige udviklinger (miljø) er baseret på i Energistyrelsens Basisfremskrivning 2020 (BF20), og er fremskrevet ens i alle scenarier:

- Affaldsdeponi-udledninger er forventet at falde 36% mellem 2018 og 2030 nationalt jf. BF20.
- Spildevandsemissioner er forventet uændret fra 2018 til 2030 nationalt.
- Udledninger fra industrielle processer, hvor der anvendes kølemidler og opløsningsmidler, er forventet til at falde 12% fra 2018 til 2030 nationalt.
- I alle tre scenarier er det forudsat at udledningerne fra øvrige forsætter frem følger BF20.

Kton CO <sub>2</sub> e	2017	2030
Affaldsdeponi	125,5	80,3
Spildevand	13,6	13,6
Kølemidler	41,0	36,1
Opløsningsmidler	102,0	89,8
<b>Samlet</b>	<b>282,2</b>	<b>219,8</b>

*Udviklingen i udledningen fra miljø 2017-2030 baseret på forventninger fra Energistyrelsens Basisfremskrivning 2020.*

<sup>8</sup> Importeret el

Behandling af landbrug og arealanvendelse

Landbrug og arealanvendelse er som udgangspunkt behandlet separat, og er reduceret med 9% efter Energistyrelsens Basisfremskrivning i Basisfremskrivningen for Region Syddanmark og med 23% i de resterende scenarier, som følge af yderligere tiltag. I Appendix B er Klimarådets indsatsmuligheder i landbrug og arealanvendelse gennemgået.

Beregningsmetode for gas

I denne scenarierapport er det beregningsmæssigt forudsat, at naturgas kan erstattes direkte af grøn gas til opvarmning, transport og industri. Derudover er det forudsat, at gasbaserede E-fuels (fx metan) direkte kan fortrænge gasforbrug i transportsektoren. Alternativt kunne flydende E-fuels (fx methanol) forudsættes at konvertere diesel i transportsektoren.

Til beregning af effekten på drivhusgasudledningen er det forudsat, at grøn gas (biogas og gasbaserede E-fuels) fortrænger naturgas 1:1 med en emissionsfaktor på 0,057 ton/GJ.

## Appendiks B: Landbrug og arealanvendelse

### Klimarådets analyse

I Klimarådets analyse om vejen til 70% reduktion udgivet i starten af 2020 analyseres en række forskellige tiltag indenfor energi, transport og landbrug, der kan gennemføres for at nå målet om 70% CO<sub>2</sub>-reduktion i 2030. I forhold til landbrug og arealanvendelse kommer Klimarådet med forslag til fire tiltag, der kan hjælpe med at reducere drivhusgasemissioner. Tiltagene fremgår af figuren nedenfor. Samlet kan tiltagene reducere sektorens udledninger med 2,3 mio. ton CO<sub>2</sub>-ækvivalenter i 2030 svarende til en reduktion på ca. 16% ift. i dag.

Omstillingsselement	Reduktionspotentiale mio. ton CO <sub>2</sub> e		Samfundsøkonomiske omkostninger	Bemærkninger
	2025	2030		
Udtagning af kulstofrige jorder	0,5	1,4	Billigt	Reduktionspotentiale kan ændre sig med ny opgørelse af antal lavbundslandbrugsjorder og emissionsfaktorer.
Forbedret gyllehåndtering	0,2	0,4	Dyrt (biogas) Billigt (forsuring) Billigt (hyppig udslusning)	Se også afsnit 3.1 for vurderingen af biogas.
Ændret foder til malkekøer	0,1	0,2	Medium	
Omlægning af produktionsarealer	0,1	0,4	Medium	100.000 ha., hvoraf 50 pct. omlægges til skovrejsning, 25 pct. til græs og 25 pct. til energipil.
<b>I alt</b>	<b>0,9</b>	<b>2,3</b>		

*Reduktionspotentiale fra kendte tiltag i landbrugssektoren (Klimarådet, 2020: "Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion").*

### Udtagning af lavbundslande

Det første tiltag der foreslås, er udtagning af kulstofrige jorde – de såkaldte lavbundslande. Her er vurderingen, at udtagning af disse jorde kan levere besparelser på 0,5 mio. tons CO<sub>2</sub>e i 2025 og 1,4 mio. tons i 2030. Tiltaget vurderes at være samfundsøkonomisk billigt, da der indregnes en række positive eksternaliteter. Dette blandt andet i form af nydelsesværdi af flere grønne områder og på grund af de positive effekter tiltaget kan have for biodiversitet. I vurderingen antages det, at omtrent 50.000 hektar lavbundsland, ud af de samlede 110.000 hektar, som ligger til grund for seneste Basisfremskrivnings nationale opgørelse, kan udtages. Nyere opgørelser indikerer dog, at der måske snarere er tale om ca. 171.000 hektar lavbundsland i Danmark, hvorfor potentialet for reduktion kan være større, end det opgøres i tabellen. Det er dog stadig uklart, hvor stort det nationale potentiale for reduktioner fra lavbundsland i virkeligheden er.

Potentialet opgøres til at være mindre end det samlede lavbundslandsareal, da dele af lavbundslandene landbrugsdyrkes, og at det vil være meget dyrt at udtage disse jorde. Det opgjorte potentiale reflekterer dermed lavtydende jorde, som flere steder kun med stort besvær indgår i landbrugsproduktionen. Lavbundslande varierer meget i kulstofindhold, og det understreges derfor, at der i de kommende år gøres en indsats for at identificere, hvilke områder der bør arbejdes på at blive udtaget. I Finansloven 2019 blev der afsat 2 mia. kroner fordelt ligeligt ud over perioden 2020-2029 til at understøtte blandt andet udtagning af lavbundslande.

## Forbedret gyllehåndtering

Det andet tiltag der foreslås, er en forbedret gyllehåndtering, som vurderes at kunne bidrage med et reduktionspotentiale på 0,2 millioner ton CO<sub>2</sub>e i 2025 og 0,4 millioner ton CO<sub>2</sub>e i 2030. Tiltaget består i en kombination af tre forskellige håndteringsmåder: omdannelse af gylle til biogas, forsuring af gyllen for at binde drivhusgasserne og en hyppigere udslusning i staldene. Omdannelsen af gylle til biogas kan blive et vigtigt aspekt i at nå 2030-målene, da der vil blive et stort behov for biogas i varmforsyningen, transportsektoren og som input til produktion af avancerede biobrændstoffer.

En anden mulig måde at håndtere emissionerne fra gyllen på, er ved at "forsure" den. Det gøres ved at tilsætte svovlsyre til gyllen, som hjælper til at reducere både ammoniakfordampningen og udledning af metan og lattergas. En ulempe ved forsuring af gyllen er dog, at den derefter ikke vil kunne anvendes i biogas. Det er heller ikke tilladt at anvende forsuring i økologiske landbrug. Forsuring er derfor et relevant værktøj i de landbrug, hvor det ikke giver økonomisk mening at omdanne til biogas, og som ikke er økologiske.

Den sidste mulighed, som også godt kan kombineres med de andre, er, at gyllen oftere udsluses fra staldene eller bliver nedkølet. Begge dele vil reducere afdampning af metan fra gyllen.

Omdannelse af biogas har umiddelbart de højeste omkostninger forbundet med sig, men kan tænkes at blive mere rentabelt, i takt med at efterspørgslen på biogas stiger. Prisen på forsuring af biogassen afhænger i høj grad af, om det nødvendige udstyr kan indkøbes og installeres i forbindelse med udbygning eller renovering af stalde. Klimarådet ligger også i deres analyse op til, at der investeres i yderligere udbygning af kapaciteten til produktion af biogas, og at så meget som muligt af gylleressourcen udnyttes.

## Ændret foder til kvæg

Som vi så i afsnit 3 stammer størstedelen af metan-emissionerne fra kvægs fordøjelsesprocesser. Ved at tilsætte mere plantefedt til foderet, kan udledningen af metan reduceres med ca. 8 pct. Tilsætning af plantefedt får dog ikke metanen til at forsvinde, men binder den i stedet, så husdyrgødningen i stedet for, får et højere metan indhold. Det er derfor vigtigt, at husdyrgødningen afgasses. I Klimarådets rapport vurderes omkostningen ved at ændre fodersammensætningen at være ca. 1000 kr. pr ton CO<sub>2</sub>e for malkekøer. Prisforskellen på korn og plantefedt er den afgørende faktor for tiltagets omkostninger.

## Omlægning af produktionsarealer

Endeligt foreslår Klimarådet, at produktionsarealer omlægges til græs, skov eller lignende vækster, som kan optage CO<sub>2</sub>. Udtagning af produktiv landbrugsjord er i sig selv natur dyrt, men kan også medføre mange positive eksternaliteter, som også har en værdi. Disse positive eksternaliteter kan for eksempel være beskyttelse af sårbare miljøzoner, hensyn til grundvand og rekreative områder, bedre vilkår for



fremme og beskyttelse af biodiversitet og etablering af større, sammenhængende naturområder til gavn for folk og dyreliv. Afhængigt af prissætningen på disse positive eksternaliteter, kan værdien af dem være større end værdien af klimaeffekten ved udtagning af landbrugsjord. Værdien af disse eksternaliteter kan dog variere voldsomt fra område til område, og det er derfor vigtigt, at man ikke bare regner med gennemsnitsbetragtninger. Det Miljøøkonomiske Råd har vurderet, at den rekreative værdi af naturområder kan ligge mellem 1.000 kr. pr. hektar op til 25.000 kr. pr. hektar, alt efter hvor områderne ligger. Klimarådet vurderer, at der er potentiale for omlægning af mindst 100.000 hektar landbrugsjord frem mod 2030. Tabel 2 viser Klimarådets opgørelse over effekterne ved udtagning af landbrugsjord og under forudsætning af forskellige alternative anvendelser.

Ton CO2e pr. ha pr. år	Reduceret lattergas	Kulstofbinding	Total
Græs	1,2	0,5	1,7
Skovrejsning	0,8	4,1	4,9
Energiafgrøder	0,35	0,66	1,01

Tabel 10: Klimaeffekten ved arealomlægning af landbrugsjord. (Kilde: Klimarådet, 2020: "Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion").

Omlægning af arealer til græs har den største effekt på reduktion af lattergas, men binder kun i ringe grad kulstof. Kulstofbindingen er langt mere omfattende ved skovrejsning, som medfører en samlet reduktion på ca. 5,6 tons CO<sub>2</sub> pr. hektar mod 2,8 tons fra græs. Energiafgrøder giver den mindste reduktion af de tre beskrevne alternativer til landbrug, men producerer til gengæld biomasse, der kan anvendes i energiforsyningen. Imidlertid kan energiafgrøderne komme til at erstatte anden biomasse, produceret i Danmark eller i udlandet, og bidrager derfor ikke i sig selv til opfyldelsen af klimamålsætningerne.

## Appendiks C: Casestudier

Her præsenteres 5 casestudier:

- Esbjerg
- Fyn og Odense
- Landområderne
- SEP Sønderjylland
- Trekantsområdet

### 1.25 Esbjerg

Esbjerg er den næststørste by i Region Syddanmark og står over for at skulle forsyne Esbjerg og Vardes fjernvarmeområde på en ny måde, når Esbjergværket lukker i 2023. I dag er 89% af varmekonsumet dækket af fjernvarme i Esbjerg kommune. DIN forsyning ejer og driver fjernvarmenettet i Esbjerg, som forsyner både Esbjerg og Varde og indkøber varme fra de to primære varmeproducenter: Ørsted og Energinet, som hver leverer ca. halvdelen af fjernvarmen (Esbjergværket 46% og Energinet 54% i 2019/2020).

I dette casestudie undersøges:

- Del 1: Hvordan fjernvarme kan forsynes i Esbjerg-Varde, når Esbjergværket lukker og hvad det betyder for CO<sub>2</sub>-udledningen frem mod 2030
- Del 2: Perspektiverne for Esbjerg som potentiel landingszone for havvind. Hvor meget PtX kan der produceres i Esbjerg?

#### Del 1: Esbjergværket lukker – ny fjernvarme

Esbjergværket forbrænder årligt ca. 300.000-500.000 ton kul årligt, som udleder 750.000-1.250.000 tons CO<sub>2</sub> årligt. Når det lukkes og erstattes af VE-kilder, vil Region Syddanmarks årlige CO<sub>2</sub>-udledning blive reduceret med knap 10%.

I Esbjerg vil det centrale være at finde en ny fjernvarmeforsyning. DIN forsyning udarbejdede i efteråret 2019 første del af en plan for den fremtidige fjernvarmeforsyning, som er en kombination af forskellige varmekilder. Den indeholder:

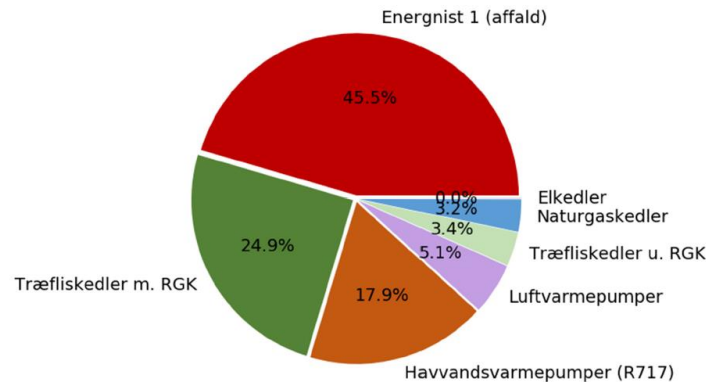
- 50 MW havvandsvarmepumper
- 60 MW fliskedler
- 30 MW spidslastkedler

Løsningen vil ifølge en analyse af Rambøll kunne dække ca. 90% af varmebehovet i Esbjerg og Varde. Den resterende del af løsningen er endnu ikke færdigudarbejdet, men DIN forsyning har indtil videre skitseret følgende elementer:

- 40 MW luft-vand varmepumpe

- 20 MW træpillekedel

Dermed kan fjernvarme blive forsynet af fjernvarme med nedenstående fordeling:



Figur 3-1 Fordeling af varmeproduktion år 2025 i projektet

Figur 6. Fremtidig fjernvarme i Esbjerg fordelt på anlæg. Kilde: Rambøll

Planen er nyskabende dels fordi et centralt område har fået dispensation for kraftvarmekravet og dels baserer sin varmeproduktionen på et meget stort havvandsvarmepumpeanlæg, der ikke findes i samme skala i Danmark. Erfaringer fra Esbjerg vil blive interessante at følge for andre kommuner, da erfaringerne kan blive relevante for størstedelen af fjernvarmeområderne i Danmark.

## Del 2: Esbjerg som indfødningszone

Energinet arbejder med begrebet 'indfødningszoner'. Begrebet dækker over et el-knudepunkt, som i fremtiden samler elproduktion fra fx havvindmølleparker og solcelleparker. I en indfødningszone kan gælde særlige forhold for elforbrug fra fx elektrolyse, hvor der kan betales ingen eller lave tariffer for til gengæld at være afbrydelig.

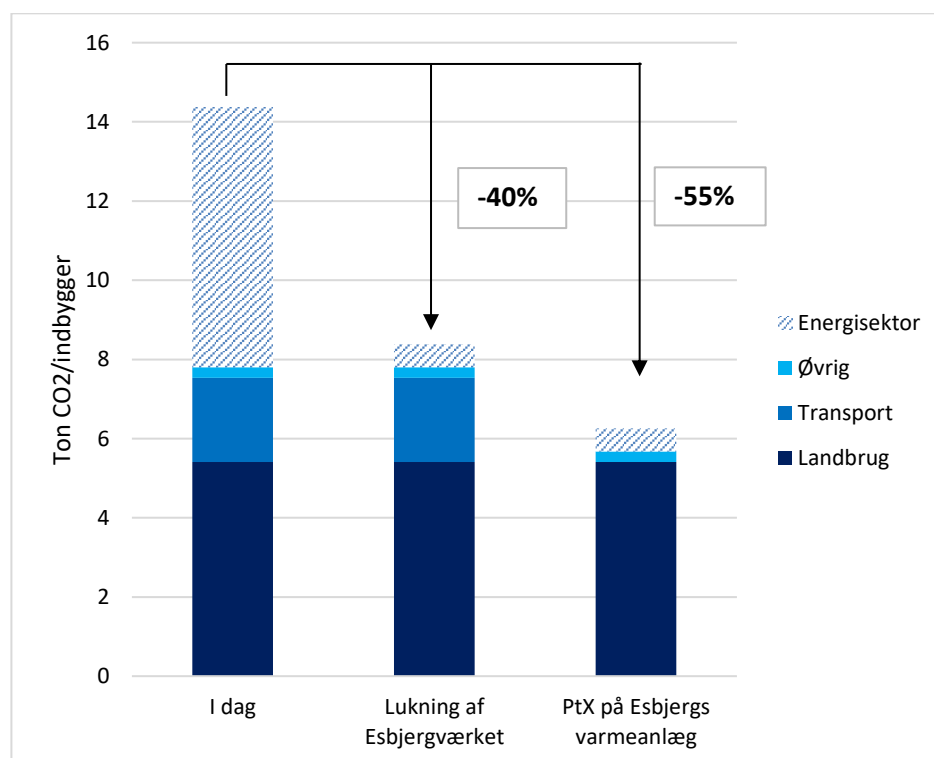
*I zonen er der et betydeligt prisfleksibelt/afbrydeligt sektorkoblet elforbrug – her som udgangspunkt elektrolyse – der muliggør nyttiggørelse gennem konvertering af den elektriske VE-indfødnings – også i perioder, hvor indfødningszonen overstiger den designede udvekslingskapacitet med resten af det kollektive elnet.*

### **Energinet (Nye vinde til brint), 2020**

Esbjerg-området vil med forbindelsen til Nordsøens havvindmølleparker være en oplagt indfødningszone, hvor der bl.a. kan produceres brint og PtX-produkter. Til de fleste PtX-produkter skal der bruges en CO<sub>2</sub>-kilde. Uden Esbjergværket omfatter oplagte CO<sub>2</sub>-kilder Energignists anlæg samt de nye biomassefyrede kedler. Med ca. 80 MW affald og ca. 80 MW biomasse kan der indfanges ca. 300.000-360.000 tons CO<sub>2</sub>. Den indfangede CO<sub>2</sub> svarer i grove træk til CO<sub>2</sub>-udledningen fra transporten. Beregningen skal kun ses som et groft overslag. Foruden kulstofbaseret PtX kan der også produceres brint og ammoniak. Her er der ikke på samme måde en begrænsning, da det afhænger af, hvor meget strøm, der kan ilandføres. Der er

imidlertid en begrænsning på, hvor meget overskudsvarme, der kan afsættes til Esbjergs fjernvarmenet i fremtiden, hvis varmeafsætning bliver vigtig for økonomien i et PtX-anlæg.

Nedenfor er lavet en overslagsberegning af, hvor meget CO<sub>2</sub>-udledningen pr. indbygger kan reduceres som følge af ny fjernvarmeproduktion og fra kulstofbaseret PtX-produktion. Reduktionen i CO<sub>2</sub>-udledning fra Esbjergværket svarer til ca. 6 ton/indbygger. Dvs. erstattes Esbjergværket af VE-kilder vil det alene betyde en reduktion i CO<sub>2</sub>-udledningen pr. indbygger på ca. 40% i forhold til i dag (se ).



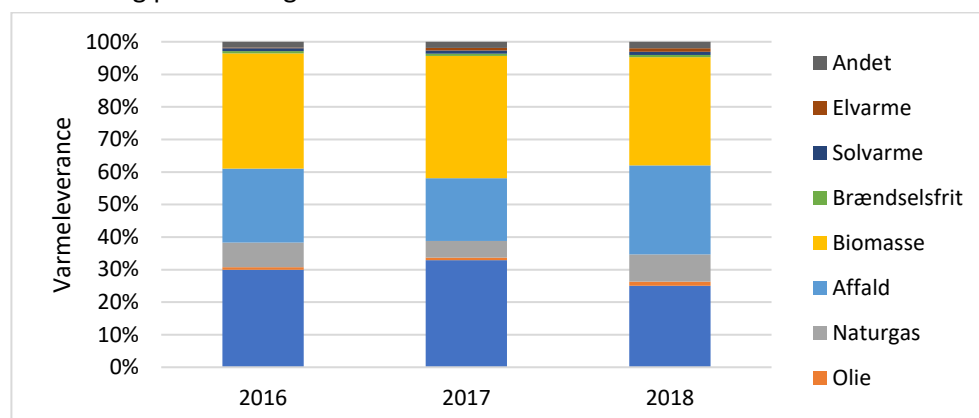
Figur 7. CO<sub>2</sub>-udledning pr. indbygger for Esbjerg og Varde kommune med og uden Esbjergværket og med produktion af transportbrændsler på affald og biomasse. Landbrug og øvrige sektorer er fastholdt. Beregningen baserer sig på Energi- og CO<sub>2</sub>-regnskabet for landbrug, transport og øvrig, mens energisektor er baseret på egne beregninger

## 1.26 Fyn og Odense

Varmebehovet på Fyn er i høj grad leveret af fjernvarme, hvor 65% af alle boliger forsynes med fjernvarme. Fyn har en række forskellige fjernvarmeselskaber, hvor Fjernvarme Fyn er den største, og som leverer fjernvarme til Odense og omegn. Fjernvarme Fyn er Danmarks 3. største fjernvarmeområde og dækker varmebehovet for ca. 100.000 boliger.

I dag baseres størstedelen af fjernvarme på Fyn sig på kulbaseret kraftvarme, som står for ca. 1/3. Den resterende varme leveres i høj grad fra forbrænding af biomasse og affald. VE andelen (affald betragtes her ikke som VE) er mellem 37% og

41% afhængig af det specifikke år. nedenfor viser hvordan varmeleverance på Fyn fordeles sig på forskellige brændsler.



Figur 8: Andel af varmeleverance i Fyn fordelt på brændsler 2016-2018. Kilde: Energiproducenttælling

I dette casestudie gennemgås kort:

- Hvad skal levere fjernvarme, når kulforbruget udfases?
- Perspektiverne for en biobrændstoffabrik på Fyn baseret på SDU's 'Nordic GtL'-studie

### Fynsværket i dag og i fremtiden

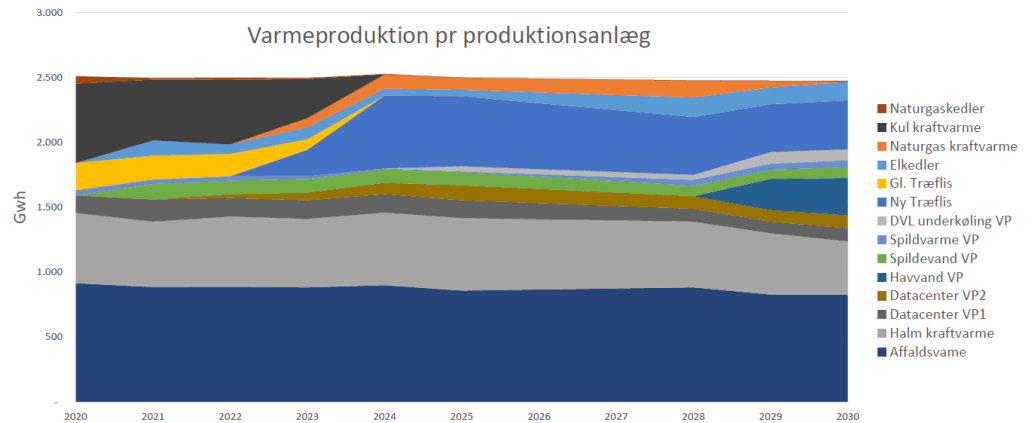
Fynsværket leverer en stor andel af varmebehovet i Odense og omegn. Fynsværket består i dag af to kraftvarmeblokke, blok 7 og blok 8, fra hhv. 1991 og 2009. Den ældste blok, blok 7, benytter primært kul men også olie og biogas som brændsel. Anlægget har en varmekapacitet på 570 MJ/s og en elkapacitet på 407 MW. Der forbrændes ca. 200.000 ton kul i dag som udleder 375.000 ton CO<sub>2</sub>.<sup>9</sup>

Foruden blok 7 har Fjernvarme Fyn også fjernvarmeproduktion på den halmfyrede blok 8 og dertil kommer varmeproduktion fra det affaldsfyrede anlæg, der behandler ca. 290.000 tons affald årligt.

Fjernvarme Fyns ambition om at udfase brugen af kul seneste i 2025 er i forbindelse med deres seneste udmelding<sup>10</sup> fremrykket til 2022, hvilket anses at spare klimaet for 900.000 ton CO<sub>2</sub> som ellers ville have været udledt frem mod 2025. Blok 7 forventes konverteret til en spidslast reserve på naturgas til anvendelse i perioden 2022-2029 og forventes at levere ca. 5% af varmebehovet. Varmeproduktionen vil erstattes af en kombination af elkedler, et biomasseanlæg, varmepumper med udnyttelse af tilgængelig overskudsvarme, samt et stort damvarmelager.

<sup>9</sup> Kilde: Faktaarket "Udfasning af kul på Fynsværket", 2020

<sup>10</sup> Kilde: Faktaarket "Udfasning af kul på Fynsværket", 2020

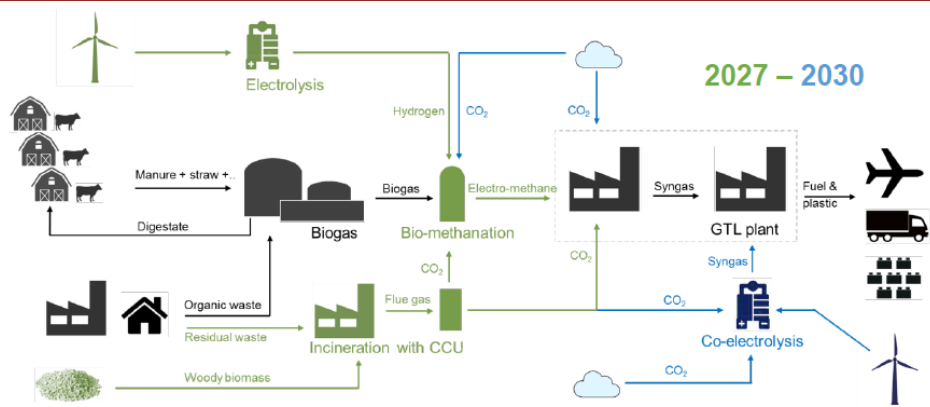


Figur 9. Fjernvarme Fyns forventede udvikling i fjernvarmeproduktionen 2020-2030

Damvarmelageret forventes at have en kapacitet på 150 GJ/s og spænde over et stort område på størrelse med 6 fodboldbaner. Varmepumperne skal benytte overskudsvarme fra et Facebook datacenter, spildevand og de eksisterende blokke på fynværkets matrikel. Derudover undersøges muligheden for at etablere en biobrændstoffabrik i Odense, som også ville producere overskudsvarme til fjernvarme. Ved at bruge overskudsvarme øges varmepumpernes COP-faktor og sænker derved elforbruget og driftsomkostninger. En 10 MW luft-vandvarmepumpe til fjernvarme produktion har ifølge teknologikataloget et COP i 2020 på 3,8. Hvis varmepumpen i stedet benytter overskudsvarme fra lokal industri (25°C), øges COP'en med 50% til over 5.

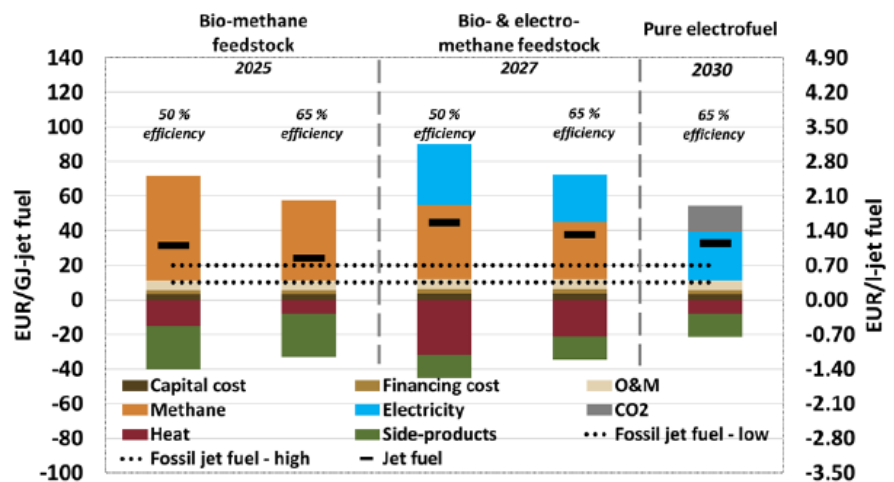
### Biobrændstoffabrik (PtX)

Syddansk Universitet (SDU) har i 2019 lavet en forundersøgelse for en biobrændstoffabrik til produktion af flybrændstof fra biogas, bio-metan, elektro-metan, brint samt CO<sub>2</sub> optaget fra atmosfæren. Brændstoffet produceres vha. en gas-to-liquid (GTL) teknologi som har syntesegas(en blanding af brint og CO), som input. Syntesegasproduktion er vist i figuren nedenfor. Som det fremgår af figuren kan syntesegassen komme fra forskellige tilgængelige feedstocks.



Figur 10: De forskellige måder at producere flydende brændstof som forventes at være mulige fra 2027. Kilde: SDU, "A pre-feasibility study on sustainable aviation fuel from biogas, hydrogen and CO<sub>2</sub>".

Bio-metanisering, GTL samt elektrolyse producerer overskudsvarme som kan anvendes i en lokal fjernvarmeproduktion og forbedre økonomien af fabrikken. SDU forventer, at flybrændstof kan produceres til mellem ca. 50% og 100% mere end prisen på fossilt flybrændstof i 2030 som vist i Figur 11. Det er meget lav meromkostning for grønt flybrændstof. Andre studier herunder klimapartnerskaberne og Dansk Energi seneste rapport 'Anbefalinger til en dansk strategi for power to X' viser en potential meromkostning på 4-5 gange den fossile pris.



Figur 11: Forventede omkostninger for produktion af syntetisk flybrændstof. Kilde: SDU, "A pre-feasibility study on sustainable aviation fuel from biogas, hydrogen and CO<sub>2</sub>".

Odense er en oplagt lokation for en biobrændstoffabrik, da Fjernvarme Fyn i dag står over for at skulle finde nye vedvarende energikilder til fjernvarme. Fynsværket har allerede en forbindelse til gasnettet og en transmissionslinje, som begge kan anvendes af fabrikken. Dertil kommer muligheden for bruge indfanget CO<sub>2</sub> fra biomassebaseret fjernvarmeproduktion.

Konklusion:

- Fjernvarme Fyn kigger på et miks af fjernvarmeteknologier til erstatning af den kulbaserede fjernvarme herunder træflis, naturgas, damvarmelager, overskudsvarme og varmepumper
- Fyn er et oplagt område at placere en biobrændstoffabrik til fremtidens flybrændstoffer pga. udbredt mulighed for tilslutning til fjernvarme, tilslutning til gasnettet mm.

### 1.27 Landområderne

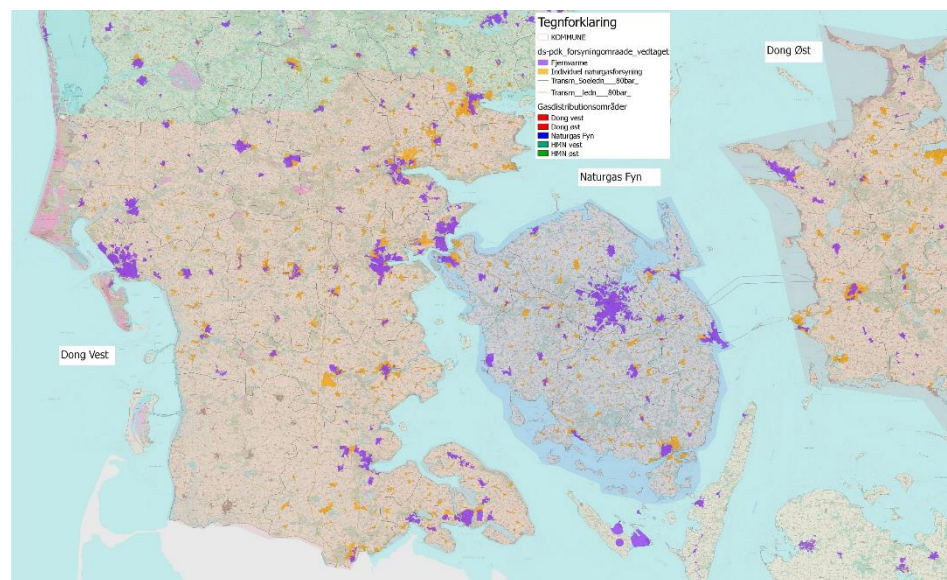
I Region Syddanmark findes en række landområder som i dag ikke har mulighed for fjernvarme, da varmebehovet i området er for lavt til at retfærdiggøre store fjernvarmeinvesteringer. Nogle af disse landområder har mulighed for at tilkoble sig gasnettet, mens andre landområder ikke har adgang til nogen form for fælles infrastruktur og derved har opvarmningsformer som olie, træpiller eller varmepumper.

I dette casestudie sættes fokus på:

- Hvilke VE-opvarmningsmuligheder er muligt i områder uden for fjernvarmeområderne

### Varmeforsyning af landområderne i Region Syddanmark

Figur 12 viser et kort for udbredelsen af fjernvarme og naturgas i Danmark, hvor de orange områder er naturgasforsynede og de lilla områder er fjernvarmeforsynede.

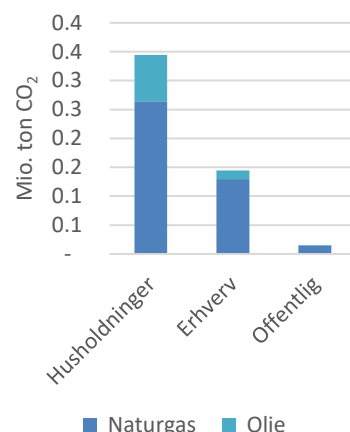


Figur 12: Kort over fjernvarme og naturgasområder.

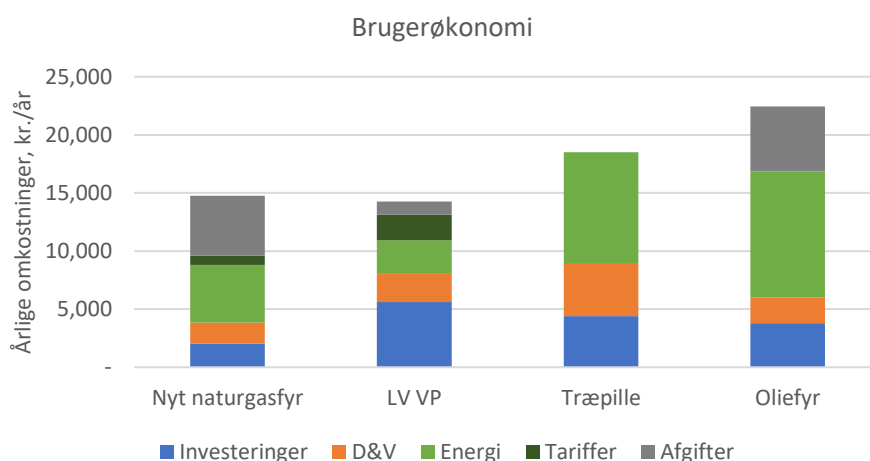
I den sydvestlige del af regionen er der hverken gasforsyning eller fjernvarme. Derudover er der mange små øer som heller ikke har fælles gas- eller



fjernvarmeinfrastruktur. Figuren til højre viser et estimat for CO<sub>2</sub> udledningerne fra olie og gasopvarmning i hele Region Syddanmark, hvor totalen er 0,5 mio. ton CO<sub>2</sub> svarende til ca. 1% af Danmarks totale korrigerede udledninger i 2018<sup>11</sup>. En andel af dette må antages at ligge i landområderne.



Figuren nedenfor viser en beregning af de årlige brugerøkonomiske omkostninger for forskellige opvarmningsformer for en husstand med et varmebehov på 16,8 MWh i 2030. Her ses, at oliefyret er langt den dyreste opvarmningsform, mens en luft-vand-varmepumpe er den billigste opvarmningsform. Beregningerne benytter som udgangspunkt oplysninger fra Energistyrelsens teknologikatalog for individuelle opvarmningsanlæg.<sup>12</sup> Ved større varmebehov vil forskellen mellem især varmepumpen og de andre teknologier vokse, grundet varmepumpens høje effektivitet sammenlignet med olie- og gasfyrene.



Figur 13: Årlige omkostninger ved individuelle opvarmningsformer som ikke kræver fælles infrastruktur for et enfamiliehuse med et varmebehov på 16,8 MWh i 2030.

I temanotat 5 er en række udfordringer ved udbredelsen af elektriske varmepumper diskuteret, hvor nogle af disse især gælder for landområder og små landsbyer:

1. Landejendomme har ofte en dårligere energistand sammenlignet med parcelhuse i byområder. Dårlig isolering kan sænke varmepumpens effektivitet og i værste tilfælde gøre at en varmepumpe ikke er i stand til at levere tilstrækkelig varme.

<sup>11</sup> Danmark udledte i 2018 54,8 mio. ton CO<sub>2</sub>-ækv. Kilde: Basisfremskrivning 2020.

<sup>12</sup> Der anvendes en lavere COP for luft-vand varmepumpen på 2,8 i 2020 som er baseret på et litteraturstudie af erfaringer med varmepumper.

I bygninger hvor en varmepumpe ikke er mulig, kan et træpillefyr være alternativet. Dog er et træpillefyr generelt dyrere end opvarmning med naturgas, og naturgaskunder forventes derfor ikke at skifte til træpillefyr. I regeringens klimaudspil fra maj 2020, lægges op til en afgiftsomlægning hvor afgifterne på "sort" varme hæves, hvilket kan skubbe til balancen. Dog vurderes det at en varmepumpe er mulig i størstedelen af enfamiliehuse.

2. Ejendomsværdierne og begrænset lånemuligheder kan begrænse muligheden for en varmepumpe. Hvis et hus har en værdi på 500.000 kr. er en varmepumpe til 100.000 kr. en stor investering.

Mere attraktive lånevilkår for energirenoveringer kan afhjælpe denne barriere. Derudover kan god tilskudsordninger også have en positiv effekt.

Leasingordninger kan især være relevant i landområder hvor det økonomiske råderum er mindre. Nærvarme er et koncept hvor en virksomhed installerer, ejer og drifter varmepumpen hos kunden. Derved slipper kunden for investerings- og driftsomkostninger og betaler i stedet et opstartsgebyr og en fast varmepris per kWh. Lokalvarme er små kollektive løsninger, hvor der er en central varmeproduktion som distribueres ud til alt fra nogle få husstande til hele landsbyer.

3. Manglende viden om og erfaringer med grønne energiløsninger, herunder varmepumper kan fungere som en barriere for at forbrugere træffer det grønne valg.

Mennesker er af natur tilhængere af det de kender. Forbrugere har en naturlig opposition mod at skifte til fx en varmepumpe hvis de ikke forstår teknologien og ikke kender nogle som har gode erfaringer med teknologien. Installatørernes vejledning har også stor betydning for forbrugeres valg af varmekilde.

Med tiden forventes denne barriere reduceret i takt med at mængden af varmepumper stiger. Men kommunerne kan hjælpe ved at gennemføre 'nudging'-tiltag. Dette kan fx være oplysningskampagner. Nudging er især relevant i landsbyer hvor fjernvarme ikke er udbredt og de enkelte forbrugere skal træffe det grønne valg.

Sønderborg kommune har brugt meget energi på kampagner, arrangementer og projekter bl.a. med ProjektZero som har haft til formål at oplyse deres borgere om bæredygtighed, energibesparelser og VE alternativer. De har fx igangsat projekterne "CO2-neutralitet i Landdistrikterne" og "Bæredygtige landsbyer". Der afholdes såkaldte ENERGI roadshows hvor borgere har mulighed for at lære om energiforbedringer, stille spørgsmål og få energivejledning. ProjektZero har også en hjemmeside med nyttig information og links til energiinteresserede borgere og

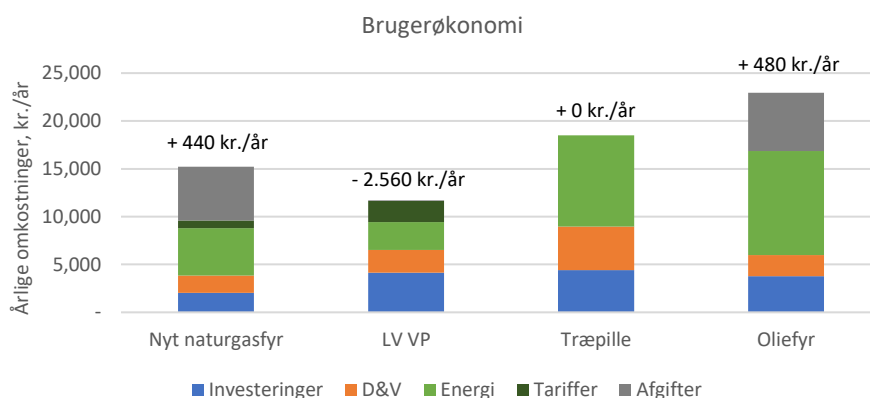
virksomheder. Fx har de samlet en liste over håndværkere som er uddannet til at vejlede om energiløsninger.

Det anbefales at forsætte og starte lignende kampagner i de landsdele som ikke har og ikke kommer til at få fjernvarme.

Regeringens klimaudspil i maj 2020 ligger op til en række tiltag som også understøtter udfasningen af fossil individuel opvarmning. Udspillet er beskrevet mere i detaljer i Temanotat 5, men de vigtigste ændringer mht. landområderne er:

- Elvarmeafgiften sænkets fra 15,5 øre/kWh til 0,8 øre/kWh.
- Afgifter på fossil varme øges fra 56,7 øre/GJ til 62,3 øre/GJ
- Tilskud til varmepumper i størrelsesorden 15-25.000 kr. Der kan også fås støttes til varmepumper på abonnement.
- Bindinger til fossile varmekilder, fx naturgas, fjernes.

viser en opdateret version af med tiltagene i klimaudspillet.



Figur 14: Årlige omkostninger for et enfamiliehuse med et varmebehov på 16,8 MWh i 2030 inkl. tiltagene i regeringens klimaudspil fra maj 2020. Der regnes med et VP-tilskud på 20.000 kr.

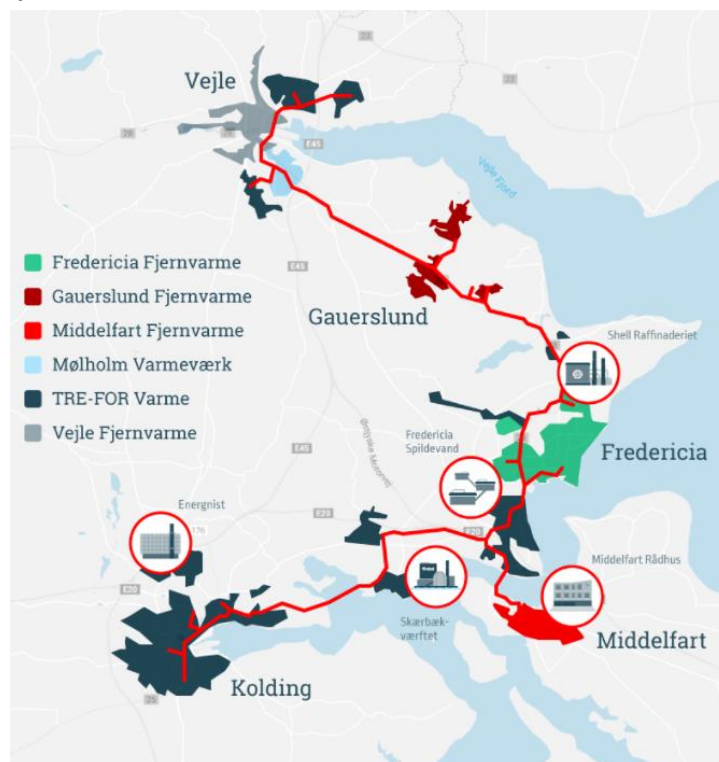
Klimaudspillet vil naturligvis give et større incitament til at skifte væk fra naturgas eller olieopvarmning i landområderne. Dog anbefales det stadig, at regionen undersøger/igangsætter følgende tiltag for at yderligere understøtte udfasningen af fossil opvarmning:

- Forbedret lånevilkår
- Vejledning om energirenovering
- Nudging/oplysningskampagner

## 1.28 Trekantsområdet

I trekantsområdet er varmeforsyningen primært baseret på fjernvarme og varmeområderne i Kolding, Vejle, Fredericia og Middelfart er forbundet via et varmetransmissionsnet, som drives af TVIS (Trekantsområdets

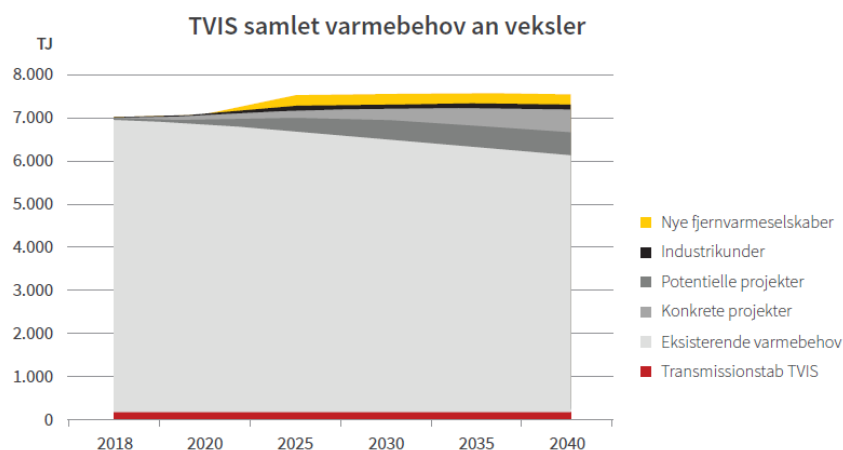
Varmetransmissionsselskab I/S). Her forsynes ca. 280.000 forbrugere med fjernvarme.



Figur 15. Illustration af fjernvarmetransmissionsnettet i TVIS. Kilde: [tvis.net](http://tvis.net)

Varmebehovet i TVIS var ca. 7 PJ i 2018. Frem mod 2040 forventes fjernvarmebehovet fra eksisterende kunder at falde med ca. 12%, men samlet forventes fjernvarmegrundlaget at stige med ca. 8%, fordi det forventes, at der tilsluttes flere forbrugere til TVIS' net. (Se figur nedenfor).

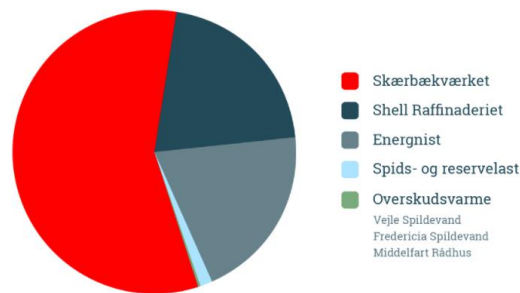
Figur 1 – Prognose for TVIS' samlede varmegrundlag



Figur 16. Fremskrivning af varmebehovet i TVIS' område. Kilde: TVIS

Varmen produceres ved en kombination af biomassekraftvarme fra Skærbækværket (55%-60%), overskudsvarme fra Shell raffinaderiet (ca. 20-25%) og affaldsvarme fra

Energignist (ca. 20%). Dertil kommer en mindre mængde spids- og reservelast.



Figur 17. Fordeling af fjernvarmeproduktion i TVIS. Kilde:

Skærbækværket blev i 2017 ombygget med to nye flisfyrede blokke, og dermed har TVIS en lang årrække frem sikret biomassebaseret varmforsyning til området.

I dette casestudie fokuseres på:

- Udfordringer og muligheder ved at basere fjernvarmeforsyningen i TVIS på biomasse en lang årrække frem

### Udfordringen ved biomasseforbrug

Biomassens bæredygtighed har længe givet anledning til diskussion, og Danmarks forbrug af biomasse har været diskuteret meget både i Danmark og internationalt, hvor særligt udmeldingen fra FN's klimapanel om at biomasse til forbrænding ikke nødvendigvis er klimavenligt var med til at sætte spørgsmål om biomassens rolle i det danske energisystem på lang sigt.

Skærbækværket forbruger ca. 400.000-700.000 tons træflis<sup>13</sup> årligt svarende til ca. 4-7 PJ-biomasse til at producere el og varme. Derudover har Energignist en kapacitet på ca. 160.000 tons affald årligt, hvoraf ca. 59% er bionedbrydeligt.

Biomasseforbruget i området er derfor meget højt pr. indbygger – sandsynligvis højere end regionsgennemsnittet på ca. 26 GJ/indbygger som i forvejen ligger i den høje ende af de globale ressourcer pr. indbygger. Det er således ikke uproblematisk at ligge stor beslag på biomasseressourcerne. Løsningen er ikke replikerbar for andre regioner, da det vil kræve, at der lægges et stort pres på biomasseressourcerne.

Derudover er det helt afgørende, at biomassen, der forbrændes, er bæredygtig. Bæredygtig biomasse til forbrænding indebærer, at CO<sub>2</sub>-udledningen ved afbrænding modsvares enten af kulstofoptag ved genplantning af skov, eller at der er tale om restprodukter, hvor CO<sub>2</sub>-udledning ved forrådnelse alligevel ville være

<sup>13</sup> Baseret på en indfyret kapacitet på 110 tons/time og en antagelse om 4-6000 fuldlasttimer

udledt til atmosfæren på et senere tidspunkt. Hvis der ikke er tale om restprodukter, eller hvis der ikke genplantes eller hvis biomassen ikke bruges effektivt kan der gå flere årtier før CO<sub>2</sub>-udledningen modsvarer af CO<sub>2</sub>-optag, og biomasseafbrænding kan derfor føre til reelle CO<sub>2</sub>-udledninger.

For det andet kan afbrænding af biomasse give anledning til en CO<sub>2</sub>-gæld. Selv ved afbrænding af restprodukter fra skoven der effektivt fortrænger fossile brændsler kan der være tale om en øget CO<sub>2</sub>-udledning i få år (Et CO<sub>2</sub> pust). I takt med at der opstår en ny kulstofbalance i skoven vil biomasse fra det pågældende område efterhånden kunne regnes som delvist eller helt CO<sub>2</sub> neutralt. Ved fældning af skov med genplantning tager det længere tid at nå den balance end ved brug af restprodukter.

Foruden bæredygtighedsudfordringer ved forbrænding af biomasse kan der også være en udfordring på længere sigt, hvis der skal omstilles væk fra biomasse, når systemet er baseret på én stor kraftværksblok. Fremtidens fjernvarmesystem baseres i højere grad på nyere teknologier som fx varmepumper, solvarme og varmelagre, som kan være mindre enheder. Udskiftningen af én stor blok med flere små enheder kan være vanskeligt at time rigtigt.

### **Mulighederne ved biomasse til fjernvarme**

Biomasseforbrænding giver en stabil og fleksibel el- og fjernvarmeproduktion, der hurtigt kan tilpasse sig efterspørgslen. Det er en klar fordel sammenlignet med nyere teknologier som fx varmepumper, som kan være udfordret i de koldeste timer.

En anden vigtig mulighed for biomassekraftvarmen, er dens perspektiv til at kunne levere negative CO<sub>2</sub>-udledninger, hvis den biogene CO<sub>2</sub> indfanges og enten lagres (CCS) eller udnyttes til at producere brændsler, der kan bruges i fx transportsektoren (CCU).

### **Opsummering af udfordringer og muligheder**

Her er udfordringer og muligheder opsummeret for TVIS og biomassekraftvarme.

Udfordringer	Muligheder
1. Stort biomasseressourceforbrug – større end de globale ressourcer pr. person	1. Stabil og fleksibel el- og varmeleverance
2. Bæredygtighed af biomassen er helt afgørende for at biomassen ikke betyder netto-CO2-udledninger	2. Mulighed for at lave negative CO2-udledninger med CCS eller CCU
3. Biomasseforbrænding giver et CO2-pust, dvs. bidrager til en højere koncentration af CO2 i dag, som først udjævnes over en længere årrække	
4. Omstillingen til nye teknologier som fx varmepumper kan være udfordrende med en stor biomassefyret blok	

### 1.29 Sønderjylland

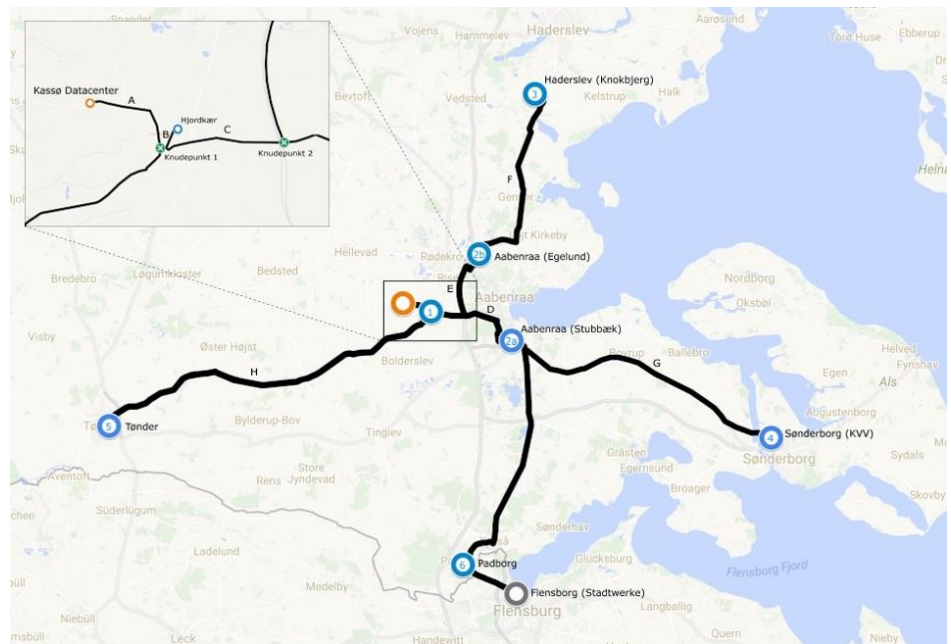
I de sønderjyske kommuner er der indgået et tværkommunalt samarbejde om strategisk energiplanlægning, hvor erfaringer og synergier mellem kommunernes overvejelser omkring fremtidig varmeforsyning samles. Særligt muligheden for at udnytte overskudsvarme fra datacentre har haft stort fokus, da flere store virksomheder som Google, Apple og SAP har vist interesse for og har planer om etablering af store datacentre i området. Det har også sat gang i at undersøge mulighederne for en koordineret udnyttelse af andre varmekilder som storskala havvands- og/eller spildevandsvarmepumpeløsninger.

I denne casestudie undersøges

- Perspektiverne for at etablere varmetransmissionsnet til udnyttelse af overskudsvarme fra datacentre og andre varmepumpebaserede løsninger

#### Overskudsvarme fra datacentre

Med udsigten til et hyperscale datacenter ved Kassø lidt uden for Aabenraa tilbage i 2017-2018 begyndte undersøgelserne af muligheden for at etablere et varmetransmissionsnet mellem de større sønderjyske byer: Aabenraa, Haderslev, Sønderborg og Tønder. Foruden de sønderjyske byer blev muligheden for at eksportere varme til Flensborg (og Padborg) også inddraget i overvejelserne, pga. det store varmegrundlag i Flensborg.



Figur 18. Illustration af et regionalt transmissionsnet til udnyttelse af overskudsvarme fra datacenter ved Kassø. Kilde: SEP Sønderjylland

I forbindelse med analysen 'Energiscenarier for Sønderjylland og Sydvestjylland', som var en del af Strategisk Energiplanlægning i 2017, undersøgte Ea Energianalyse ved hjælp af Balmorel-modellen, om der kunne være en gevinst ved at udnytte overskudsvarmen fra datacenter ved Kassø til et nyetableret fjernvarmetransmissionsnet mellem de større byer i Sønderjylland (Haderslev, Aabenraa, Sønderborg, Tønder og Flensborg),

Analysens hovedkonklusion var:

- 1) Der kan kun opnås lille gevinst frem mod 2030 og 2050 ved overskudsvarme fra datacentre (op til 10% besparelse) – selv når Flensborgs varmegrundlag medtages
- 2) På kort sigt vil datacentervarme fortrænge varme fra allerede etablerede anlæg, som for det samlede system fører til et tab, når investeringerne i datacentervarmepumper medtages
- 3) På længere sigt vil fjernvarme i højere grad blive baseret på varmepumper. Dermed skal datacentervarme konkurrere med andre varmepumper. Transmissionsnet skal derfor kunne betales hjem af en højere virkningsgrad (højere COP) og potentielt storskalafordele, dvs. lavere CAPEX pr. MW-varme ved en større samlet investering
- 4) Investeringen i transmissionsnet, der skal afskrives over mange år, indebærer en høj risiko
- 5) Des højere kølevand fra datacenteret, des højere COP-værdi, som forbedrer økonomien

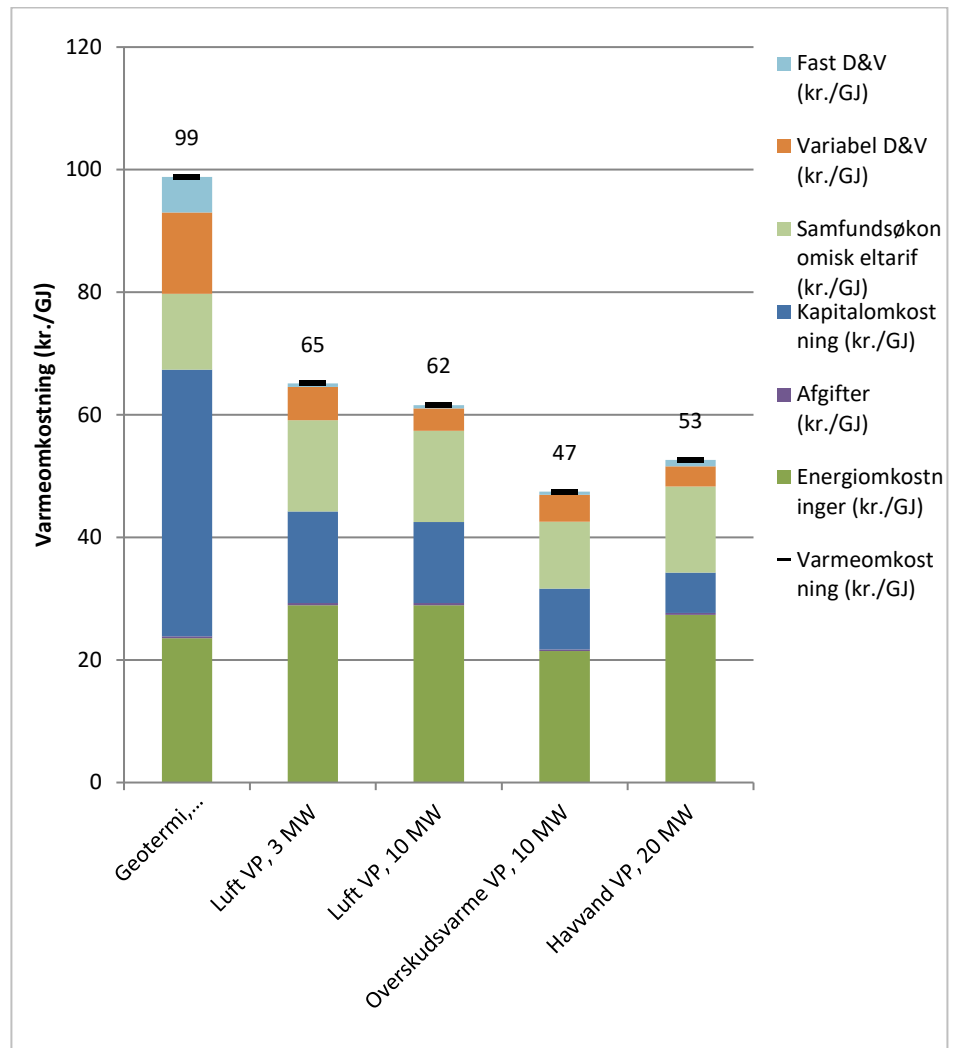


### Store varmepumper til fjernvarmeproduktion

Varmepumper forventes at få en betydelig rolle i fremtidens fjernvarmesystem. Varmepumper optager varme fra en varmekilde fx vand eller luft, og temperaturen hæves i varmepumpen ved tryksætning af et kølemiddel. Varmen fra varmepumpen kan udnyttes i fjernvarmesystemet. Varmepumpers effektivitet (COP) kan øges ved at sænke temperaturforskellen mellem varmekilde og fremløbstemperaturen. Enten kan fremløbstemperaturen i fjernvarmenettet sænkes eller der kan anvendes en varmekilde med højere temperaturer. Eksempler på varmekilder til varmepumper:

- Udendørsluften
- Overskudsvarme fra industri
- Overskudsvarme fra datacenter
- Spildevand
- Havvand
- Søvand
- Grundvand
- Jordboringer (geotermi)

I Figur 28 sammenlignes omkostningerne for forskellige typer varmepumper. Der tages udgangspunkt i data fra Energistyrelsens Teknologikatalog og at elvarmeafgiften nedsættes fra 15,5 øre/kWh til 0,4 øre/kWh som et resultat af klimaaftalen fra i sommer. Det ses, at varmeproduktionsomkostningen ved store luft-vand varmepumper her er estimeret til ca. 62-65 kr./GJ i 2030, havvandsvarmepumper kan producere varme til ca. 53 kr./GJ mens datacentervarmepumper kan levere varme til 47 kr./GJ i regneeksemplet her. Dvs. knap 12% billigere end det billigste alternativ.



Figur 19. Varmeproduktionsomkostninger ved forskellige typer af varmepumper i 2030. Kilde: Egne beregninger baseret på Energistyrelsens teknologikatalog

### Simplet beregning af det økonomiske potentiale

Her er lavet et simpelt regneeksempel, der illustrerer, hvor meget der kan spares ved at investere i datacentervarmepumper frem for øvrige varmepumper, og hvor meget 'overskud' der er til at betale for et varmetransmissionsnet. Her er som eksempel regnet på 100 MW-varme, som leveres i 6000 fuldlasttimer om året, dvs. i alt 2,16 PJ varme årligt.

	Varmeomk. (kr./GJ)	Total årlig varmeomk. (Mio. kr.)	Årlig meromkostning i forhold til datacenter (Mio. kr./%)
Datacenter-VP	47	101,5	0
Havvand-VP	53	114,5	13 (+13%)
Luft-VP stor	62	133,9	32 (+32%)
Luft-VP medium	65	140,4	39 (+38%)
Geotermi	99	213,8	112 (+111%)

Tabel 11. Regneekesempel på årlige samlede årlige varmeproduktionsomkostninger ved forskellige varmepumpe løsninger for 100 MW-varme. Kilde: Egne beregninger baseret på estimerne fra Figur 28

Et varmetransmissionsnet antages at koste ca. 5,5-6,5 mio. kr./km. Hvis det afskrives over 40 år med en samfundsøkonomiske rente på 4% svarer det til en årlig betaling på 0,28-0,33 mio. kr./km. For at konkurrere med havvandsvarmepumper, kan varmen således transporteres **ca. 40-45 km**, hvis økonomien skal balancere, dvs. hvis datacentervarme og havvandsvarmepumper er ligestillede. For luft-vand varmepumper til fjernvarme kan varmen transporteret **ca. 100-140 km** for at økonomien er ligestillet. For at risikoafdække investeringen bør afstandene være kortere. Det er ikke tilstrækkeligt at økonomien er ligestillet, men skulle gerne være bedre førend det giver mening at løbe en investeringsrisiko.

Hvis datacentervarme ikke er en mulighed, og der i stedet skal opnås en fordel fra havvandsvarmepumper til luft-vand varmepumper kan varmen transporteres **ca. 55-90 km** for at ligestille økonomien.

Et omfattende varmetransmissionssystem kan være en risikabel investering, hvis den baserer sig på datacentervarme, fordi datacentres hovedformål ikke er at producere energi. Elementerne i et datacentre har kort levetid (udskiftes ned til hvert 3. år) og datacentre kan derfor flyttes meget hurtigt, og investeringen kan gå tabt eller det forventede afkast af investeringen kan blive væsentligt begrænset. Datacentre er mere risikable at basere sin varmeforsyning på end fx PtX-anlæg, fordi PtX-anlæg har energiproduktion som hovedformål, hvor varmeafsætning indgår som en del af businesscasen. Levetiden på PtX-anlæg er lang og risikoen for at anlægget vil flytte sig er derfor langt mindre. PtX-anlæg er imidlertid udsat for en politisk risiko, da det vil kræve støtte at afsætte de grønne produkter. Investeringsbeslutninger om varmetransmission for andre typer af industriel overskudsvarme kan ligesom for datacentre være risikable. Industriel overskudsvarme udnyttes typisk også lokalt og er sjældent så store, at det kræver udbygning af varmetransmissionsnet. Derudover kan industriel overskudsvarme ofte udnyttes direkte og kræver ikke investeringer i varmepumper til at booste temperaturen.

Potentielle investeringer i varmetransmission til udnyttelse af overskudsvarme fra datacentre bør således undersøges nøje og sandsynligvis kun baseres på korte afstande.

## Appendiks D: Workshop om energiscenarier

I forbindelse med projektet blev der d. 2. december 2020 afholdt en workshop om klimamål og energiscenarier for Region Syddanmark. Workshopen havde følgende formål:

- Skitsere hvad det vil kræve af omstilling for energisystemet i Region Syddanmark og regionens kommuner at nå en 70%-målsætning i 2030<sup>14</sup> og skabe et fælles vidensgrundlag om regionale og kommunale handlingsmuligheder
- Platform for dialog om konkrete klimatiltag og erfaringer mellem regionale parter som kan føre til fremtidige samarbejder og aftaler
- Inddrage viden og erfaring fra kommuner og lokale aktører til at kvalificere analysearbejdet med energiscenarier for Region Syddanmark
- Workshopen bliver tematiseret, så der dykkes ned i temaerne: 1) Gassens rolle 2) Fremtidens varmeforsyning 3) Grøn transport

### Forventet output af workshop

- At kommuner og andre væsentlige aktører får koordineret indsigt i muligheder og udfordringer ved at levere på 70% målet i Region Syddanmark.
- At bidrage til konsensus om konkrete virkemidler som kommunerne, regionen og væsentlige aktører kan indarbejde i lokale klimaplaner
- Input til færdiggørelse af projektet

Nedenfor er programmet for workshopen præsenteret:

**9:00:** Velkomst og introduktion v. Region Syddanmark

**9.10:** En ambitiøs klimapolitik og energiscenarier for Region Syddanmark mod 70% v. EA Energianalyse

**9.30:** Tema 1: Fremtidens fjernvarme

Fremtidens grønne fjernvarme v. Jesper Koch, Dansk Fjernvarme

Fjernvarme uden kul v. Jan Wæhrens, Fjernvarme Fyn

**10.10:** Tema 2: Udbygning af biogas

Ressourcer og biogas v. Jens Bo Holm-Nielsen, Aalborg Universitet

Korskro Biogasanlæg v. Kim Paamand, Envidan

**10.50:** Tema 3: Omstilling af transporten

Hvordan omstiller vi den tunge transport v. Lasse Kristoffersen, ITD

Grøn kollektiv transport v. Lotte Stensberg, Sydtrafik

**11.30:** Prioritering af indsatsområder i regionen i plenum

---

<sup>14</sup> 70% reduktion i CO<sub>2</sub>-udledning i Region Syddanmark sammenlignet med 1990

v. EA Energianalyse

**12.00:** Afslutning

### **Kort opsamling fra workshoppen**

#### Indlæg om klimapolitik og energiscenerier

Ea Energianalyse præsenterede resultater fra scenarieanalysen. Hovedpointer var:

- At bidrage til den nationale 70%-målsætning vil kræve markant omstilling af energisystemet og landbruget i Region Syddanmark
- Individuel opvarmning skal konverteres fra olie og gas til VE-kilder herunder varmepumper, fjernvarme og grøn gas
- Kraftig omstilling af transportsektoren er nødvendig - både personbiler, kollektiv transport og varetransport
- Biogasproduktion skal udbygges i så stort omfang som muligt
- Landbruget skal reducere langt mere end historiske reduktioner
- CCS og PtX-produktion vil med stor sandsynlighed også blive nødvendigt for at nå målet

#### Tema 1 om fjernvarme

Jesper Koch fra Dansk Fjernvarme havde forberedt et indlæg om fremtidens fjernvarme. Pga. tekniske problemer blev indlægget dog kun ganske kort.

- Hovedpointe: Varmepumper kommer til at blive udbredt i meget højere grad i mange forskellige løsninger

Jan Währens fra Fjernvarme Fyn præsenterede et indlæg om fjernvarme uden kul.

Hovedpointer:

- Fjernvarme Fyn leverer fjernvarme til ca. 100.000 boliger
- Udfasningen af kul vil betyde et mix af flere forskellige teknologier herunder naturgas, biomasse, varmepumper og varmelagre
- CO<sub>2</sub>-udledningen ved fjernvarmeproduktion vil falde betydeligt

Kommentarer/spørgsmål til fjernvarme:

- Hvorfor satses der ikke på varmepumper?
  - Svar: Der satses på varmepumper hen mod 2030.
- Er der taget stilling til evt. overskudsvarme fra en biobrændstoffsfabrik?
  - Svar: Det er der taget stilling til, men forventningen er, at der først på den anden side af 2030 vil være overskudsvarme fra en evt. biobrændstoffsfabrik.

#### Tema 2 om biogas

Jens Bo Holm-Nielsen fra Aalborg Universitet præsenterede et indlæg om bæredygtig biogasproduktion og ressourcegrundlaget.

Hovedpointer:

- Biogasproduktionen er kraftigt stigende i Europa
- Flere uudnyttede ressourcer kan fremover anvendes i biogasproduktionen inkl.
  - Udvidet brug af husdyrgødning
  - Halm
  - Græsprodukter
  - Organisk madaffald
  - Industrielt organisk affald
  - Alger

Kim Paamand fra Envidan præsenterede barrierer og muligheder for biogasproduktion frem mod 2030

- Mange forskellige erfaringer fra konkrete biogasanlæg
- Barrierer:
  - Lang vej fra første idé til første biomasse på anlægget
  - Det udfordrer cashflowet – omkostninger før indtægter
  - Der skal laves biomasseaftaler længe inden anlægget kører
  - Og regne regne på gas og økonomi
  - Finansiering
  - Betaling for biogas / støtteordning ændres hele tiden
  - Placering og logistik
  - Naboerne og NIMBY-effekten
  - Myndighedsbehandling
- Muligheder
  - Restprodukter omdannes til højværdi energi (el, transport og varme)
  - Stabilisering af energisystemet (back-up og vindkraft lagerbar)
  - Effektiv og billig reduktion af udslippet af drivhusgasser
  - Fremme økologisk omlægning ved afgangning af kløvergræs og "affald"
  - Grundlaget for fødevareforsyning gennem recirkulering af næringsstoffer
  - Omfordeling og bedre udnyttelse af husdyrgødning
  - Reducerede lugtgener og mindske udvaskning fra husdyrgødning
  - Udnytte restprodukter fra husholdninger, service, industri, naturpleje mv.
  - Trinbræt til og symbiose med bioraffinering

Udvalgte spørgsmål og kommentarer

- Der har været arbejdet med halm til biogas i mange år, men i praksis er der ikke kommet så meget i gang, på grund af bla tekniske barrierer. Er der sket et reelt gennembrud, og har man et bud på hvad det vil koste?
  - Svar: Der er kommet flere erfaringer med anvendelsen af halm og fremover kan langt større del af biomassen være halm
- Tror i at fremtidens biogas altid opgraderes eller i højere grad bliver omdannet til metanol regionalt?
  - Svar: Jeg tror det bliver både og. Men det lader til at Methanol virkeligt begynder at rykke.
- Biogas er den VE ressource der får mest tilskud i DK i disse år, hvilket gør udbygning risikabel. Ser i tilskudsfri biogas for jer?
  - Svar: Det er svært at se, at biogas skal kunne klare sig uden tilskud, men mens betalingen i dag er ca. 75% tilskud og 25% marked, så kan det fremover blive omvendt

### Tema 3 om grøn transport

Lasse Kristoffersen fra ITD præsenterede transportbranchens klima- og miljøudfordringer.

Hovedpointer:

- Transport er i sagens natur grænseoverskridende, så ITD ser helst overordnede rammer på europæiske og nationalt niveau..... MEN!
- Regioner og kommuner kan også bidrage til omstillingen af den tunge vejgodstransport:
  - 1) Det offentlige har en helt central rolle i at fremme efterspørgslen af grønne alternativer til diesel (udbud)
  - 2) Vigtig samarbejdspartner hvad angår offentlig tilgængelig tankning- og ladeinfrastruktur
  - 3) Det er afgørende, at der sker en tæt koordinering af krav til virksomhederne på tværs af kommunegrænserne
  - 4) Lokalplaner og fremkommelighed har relativt stor indflydelse udledningen fra det enkelte køretøj

Lotte Stensberg fra Sydtrafik præsenterede muligheder inden for kollektiv transport.

Hovedpointer:

- Elbusser har vist sig at være de billigste og der satses kraftigt på elbusser til rutetransport
- Barrierer for teknologiskift - Regionale ruter
  - Regionens busser kører meget langt pr. dag (op til 750 km)
  - Regionens busser "sover" forskellige steder.
  - El-ladestander / gasfyldeanlæg er dyre at opstille mange steder.
  - Der er ikke el-højgulvsbusser på markedet.



- Passagerer rejser langt – ønsker komfort og siddeplads
- Regionens busser kører meget langt pr. dag (op til 750 km)
- Regionens busser "sover" forskellige steder.
- El-ladestandere / gasfyldeanlæg er dyre at opstille mange steder.
- Der er ikke el-højgulvsbusser på markedet.
- Passagerer rejser langt – ønsker komfort og siddeplads

Udvalgte spørgsmål og kommentarer:

- Til ITD: Skal vi satse på el-motorveje eller brint-tankstationer i Region Syddanmark?
  - Svar: Danmark er ikke nogen ø – det afhænger i høj grad af, hvilke veje vores nabolande, Tyskland og Sverige går.
- Til Sydtrafik: Hvorfor fortsætte med diesel, når merprisen for biogas-busser kun er ca. 3%?
  - Svar: Det afhænger af politisk motiveret betalingsvillighed. Der fulgte en diskussion af mulighederne ved at anvende biogas til regionale ruter
- Til ITD: Hvilken grøn teknologi tror du vinder indenfor long-haul transport i Europa?
  - Svar: På meget lang sigt vil det sandsynligvis blive el. På mellemlang sigt er det svært at afgøre, hvilken teknologisk vej der viser sig at være den mest gunstige.

## Appendiks E: Samlede scenarieresultater

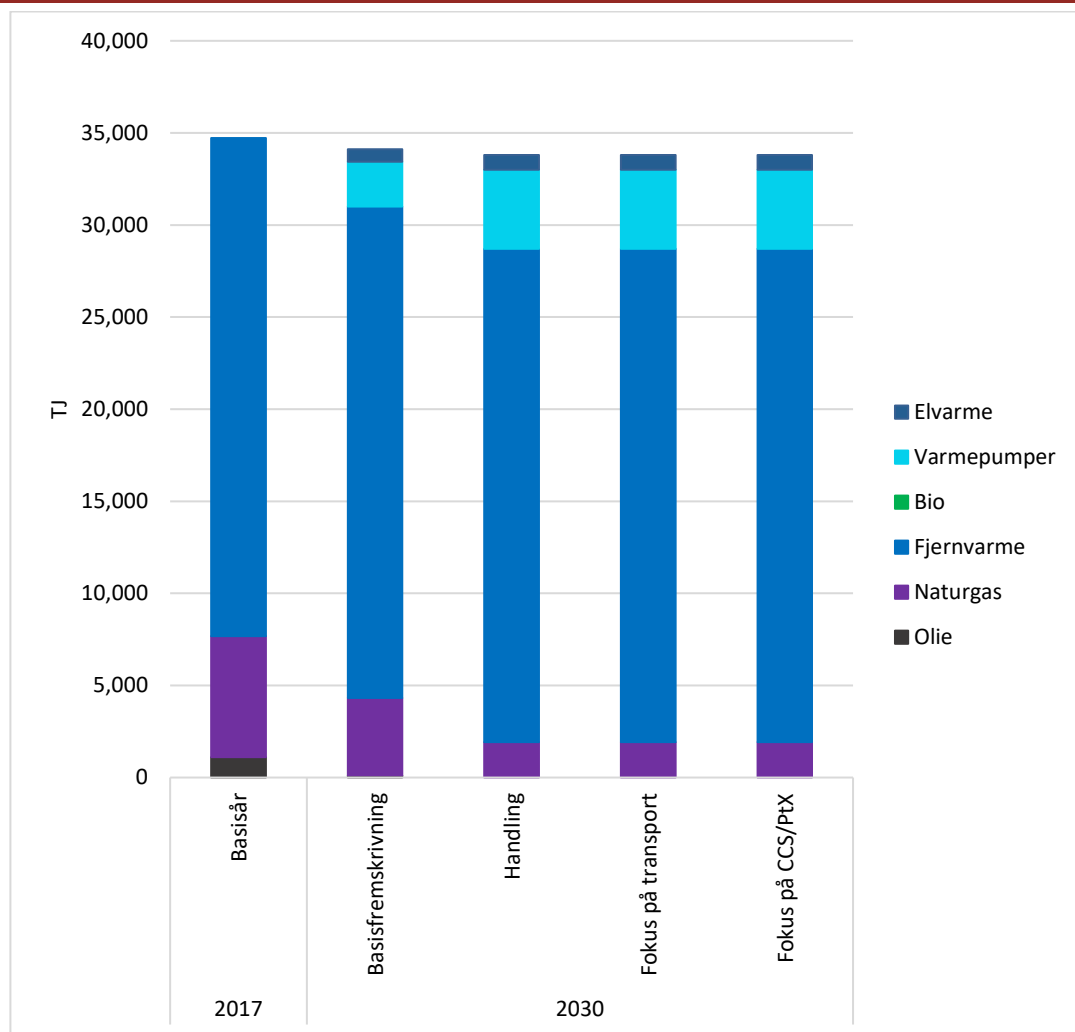
Med udgangspunkt i scenarietforudsætningerne i kapitel 4 og 5 vises her resultater for varme-, transport- og elsektor samt gasbalancer og CO<sub>2</sub>-udledning pr. indbygger for de fire scenarier.

### 1.30 Varmesektoren

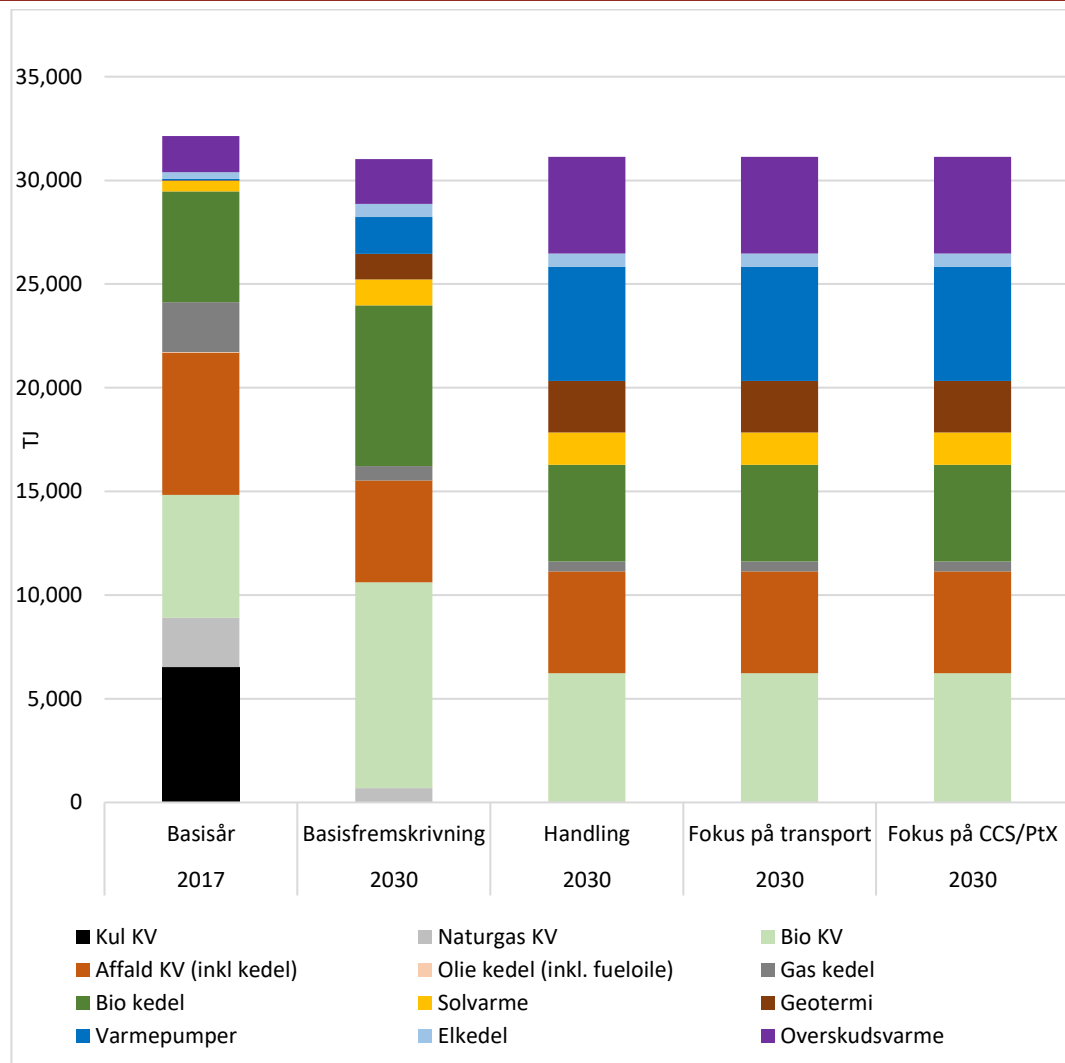
Figur 22 og Figur 23 viser hhv. nettoopvarmningsbehovet i de fire scenarier og fjernvarmeproduktionen i scenarierne.

Fra at udgøre hhv. 3% og 19% af nettoopvarmningsbehovet, bliver olie og naturgas reduceret til i Basisfremskrivningen 2030 at udgøre hhv. 0% og 12%, svarende til en reduktion på 45%. I de tre øvrige scenarier reduceres naturgas til yderligere kun at udgøre 6% af nettoopvarmningsbehovet, svarende til en samlet reduktion af olie og naturgas til rumvarme på 75% ift. Basisåret.

Fra i dag at være baseret på olie, gas, affald og biomasse, er fjernvarmen i fremskrivningerne i højere grad baseret på varmepumper, overskudsvarme, geotermi, affald og biomasse.



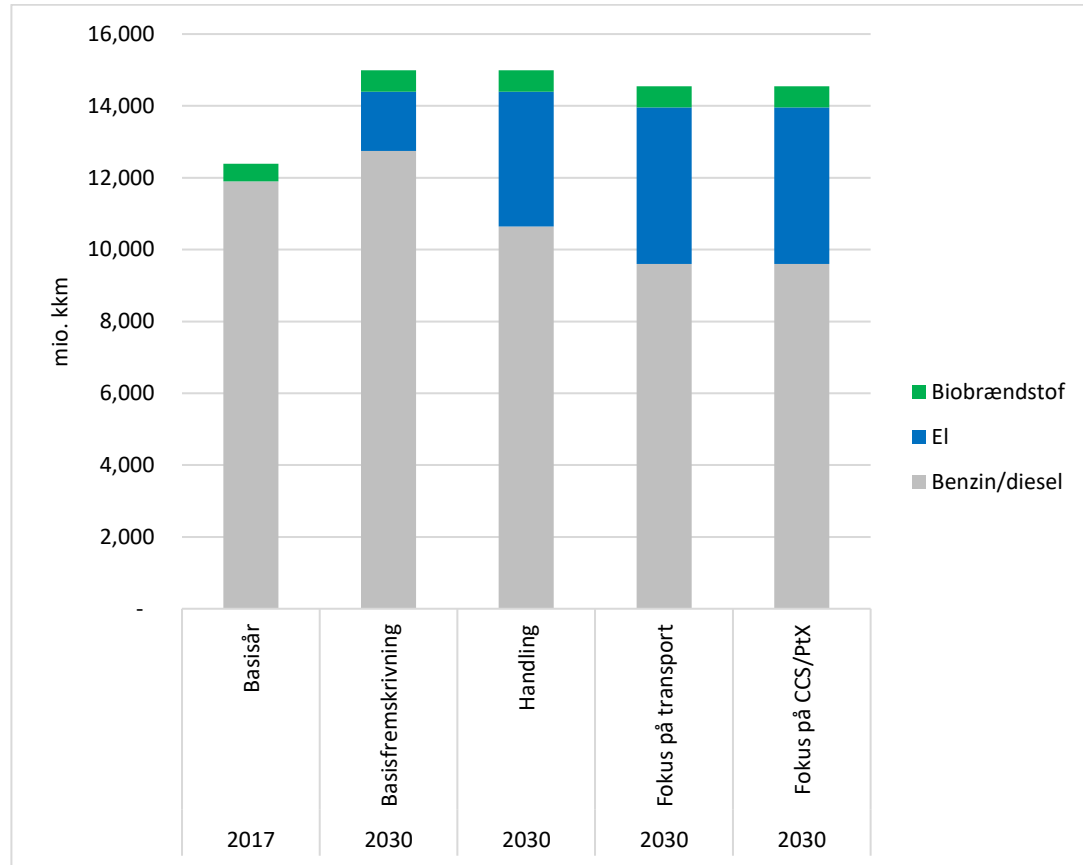
Figur 20: Udviklingen i nettoopvarmningsbehov.



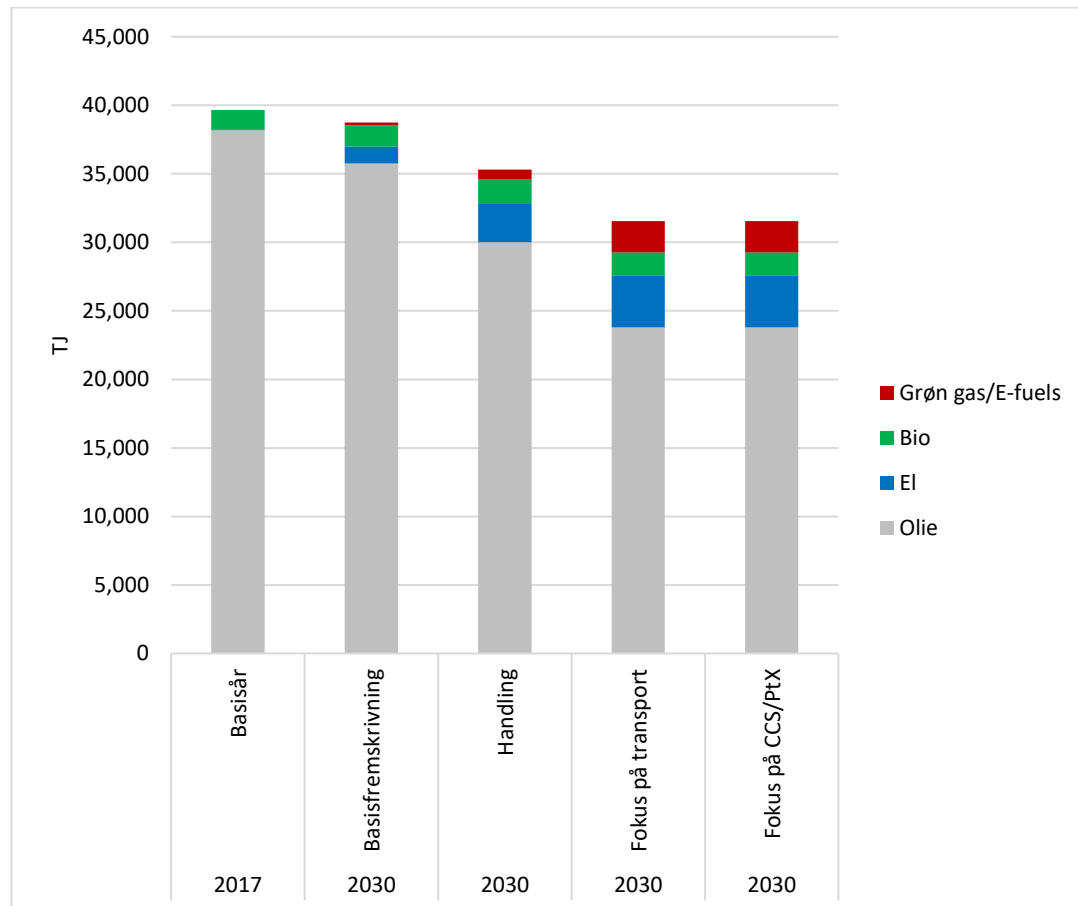
Figur 21: Udviklingen i fjernvarmeproduktion fordelt på anlægstype.

### 1.31 Transportsektoren

Der forudsættes en stigning i antallet af kørte km, som følge af en fortsat økonomisk vækst i samfundet. I scenarierne vil der i de mere ambitiøse scenarier være en stigende grad af el til at dække dette transportbehov. I 'Fokus på CCS/PtX' dækkes 30% af de kørte km af el.



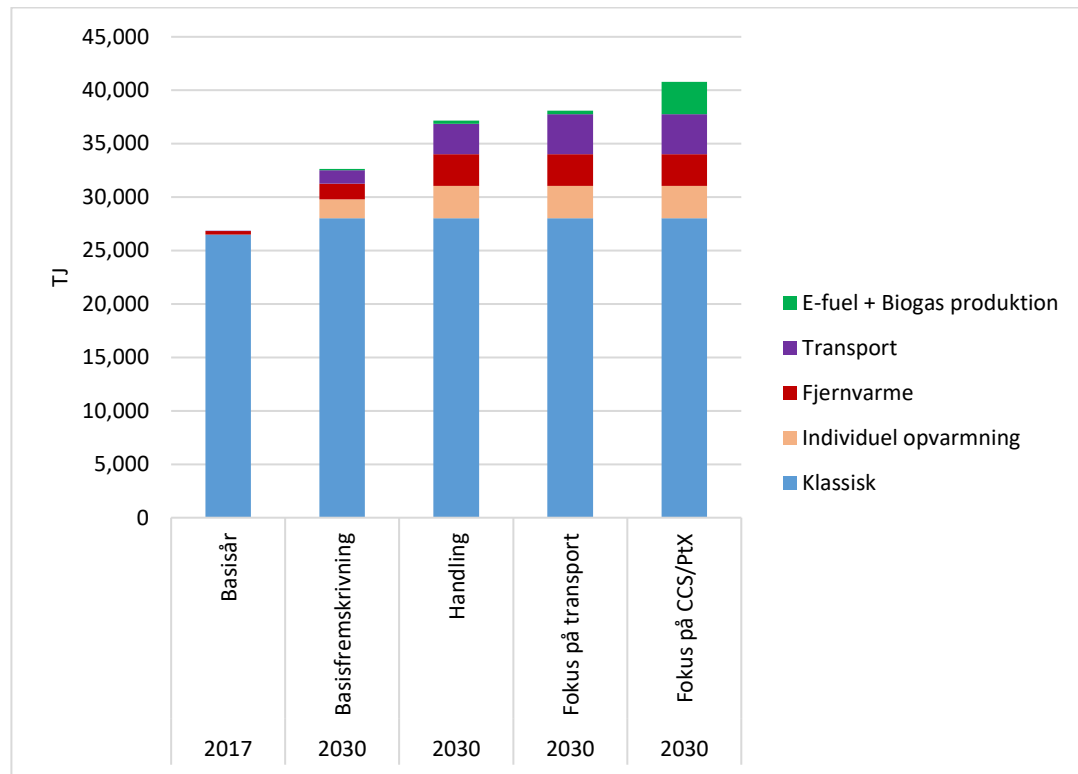
Figur 22: Udviklingen af trafikarbejdet for personbiler fordelt på drivmiddel.



Figur 23: Udvikling i transportsektorens energiforbrug fordelt på drivmiddel.

### 1.32 Elsektoren

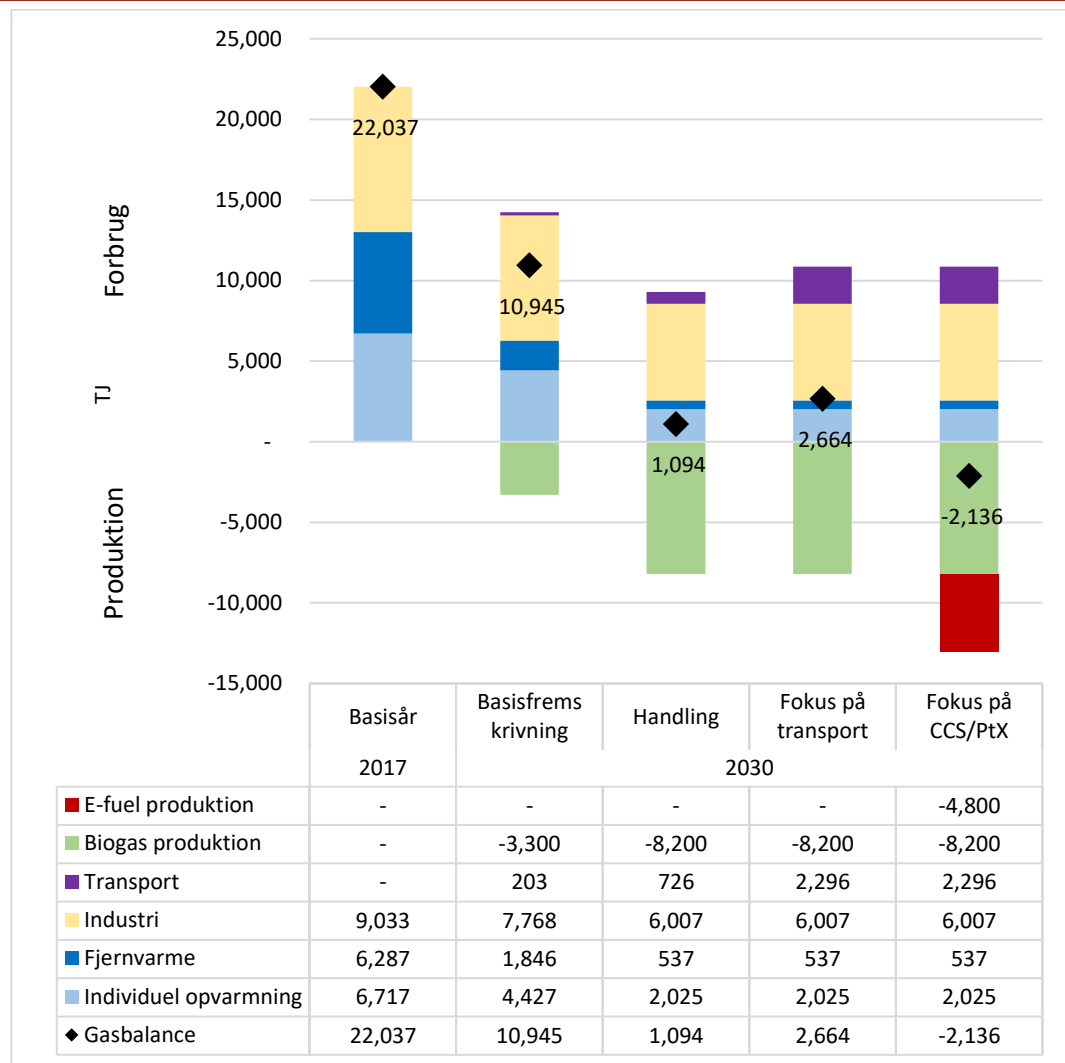
Elforbruget stiger ved hvert scenarieskift. I basisfremskrivningen stiger det med knap 25% som følge af elektrificering af opvarmning samt øget udbredelse af elbiler. I de øvrige scenarier stiger elforbruget yderligere, særligt fordi der vil være yderligere elektrificering af transporten. I 'Fokus på CCS/PtX' vil der være et øget elforbrug til brintproduktion med elektrolyse. Her stiger elforbruget med mere end 50% i forhold til i dag.



Figur 24: Udviklingen i elforbrug.

### 1.33 Gasbalance

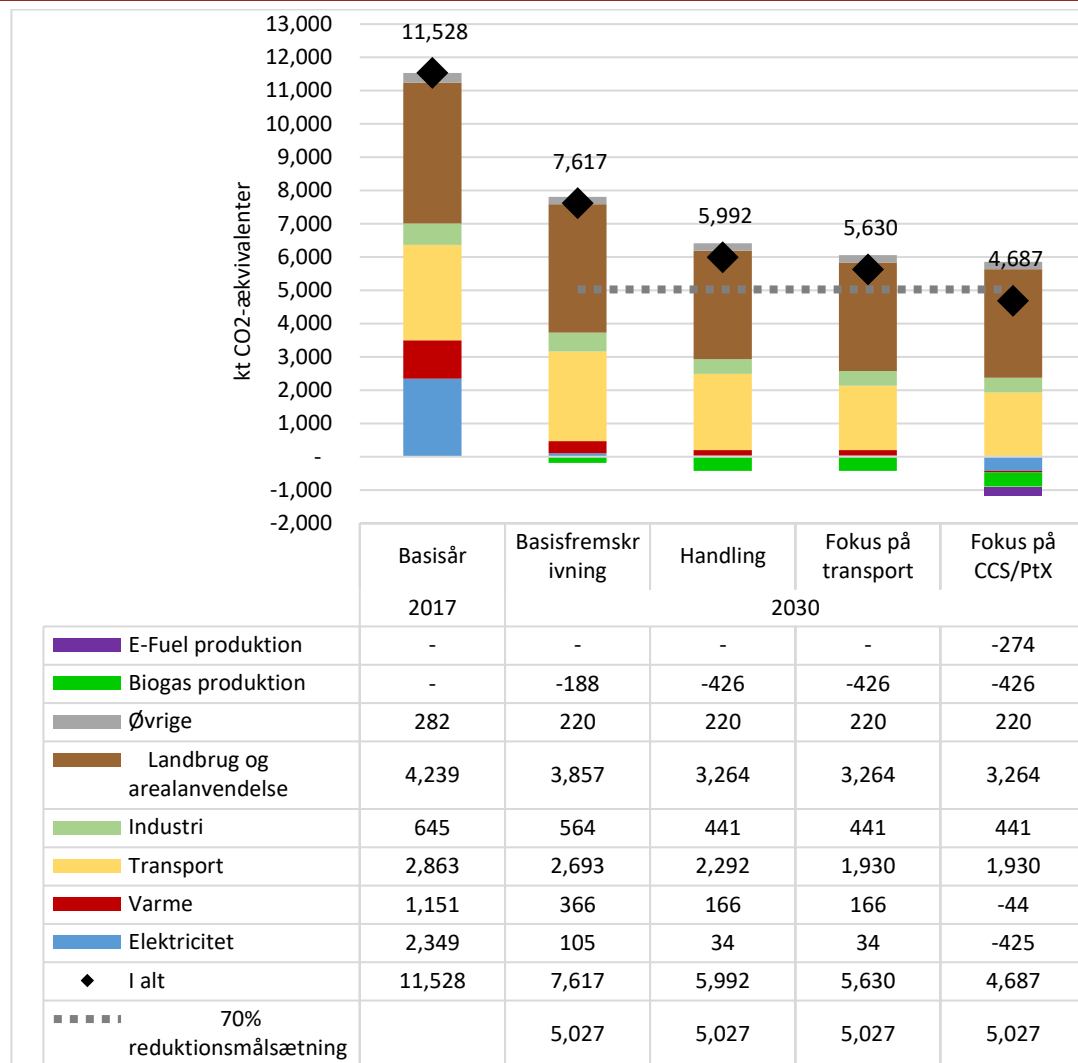
Figur 27 viser en gasbalance mellem gasforbrug og biogasproduktion. I basisåret er der ikke vist en biogasproduktion, selvom der er en væsentlig produktion i dag. Det skyldes manglende data for den eksisterende biogasproduktion. Det ses, at gasforbruget falder for individuel opvarmning, industri og fjernvarme, mens forbruget stiger for transportsektoren. Biogasproduktionen øges, og i 'Fokus på CCS/PtX' er der et overskud af grøn gasproduktion.



Figur 25: Udvikling i gasbalance.

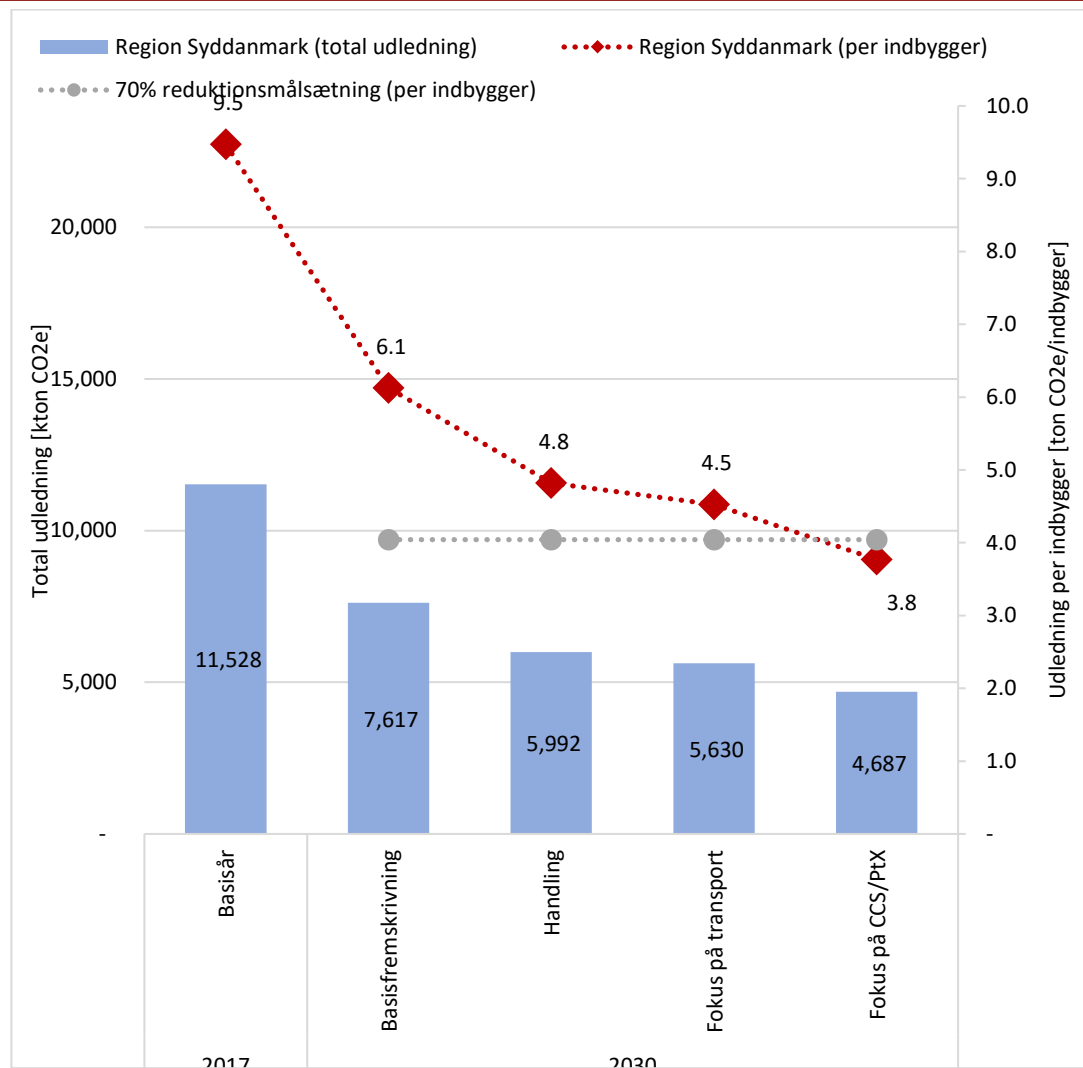
### 1.34 Drivhusgasregnskab





Figur 26: Samlet drivhusgasudvikling med 70% reduktionsmålsætning.

### 1.35 Udledning per indbygger



Figur 27: Udviklingen i samlet drivhusgasregnskab (venstre akse), udledningen per indbygger (højre akse) og 70% reduktionsmålsætningen per indbygger (højre akse).

## Appendiks F: Temanotater

## Temanotat 1: Det fleksible energisystem

Et bredt flertal i Folketinget har indgået aftale om en bindende klimalov, der skal sikre, at Danmark reducerer drivhusgasemissionerne med 70% i 2030 ift. 1990 og bliver klimaneutral senest i 2050. Indfrielsen af disse mål vil medføre markante ændringer af vores energisystem og vores transportmidler.

Sol, vind og elektrificering

I dag udgør biomasse størstedelen af forbruget af vedvarende energi i både Danmark og Region Syddanmark, men fremadrettet forventes sol og særligt vindkraft at blive de dominerende vedvarende energikilder. Sol og vind kan producere el til meget konkurrencedygtige priser, og er ikke underlagt de samme resursemæssige begrænsninger som biomasse. I kombination med en omfattende elektrificering af opvarmningssektoren, industri og transport vil det muliggøre dybdegående reduktioner i anvendelsen af fossile brændstoffer.

Behov for øget fleksibilitet

Udbygningen med vind og sol vil samtidigt kalde på øge fleksibilitet indenfor alle grene af energisystemet – både i det overordnede elnet og hos elforbrugerne.

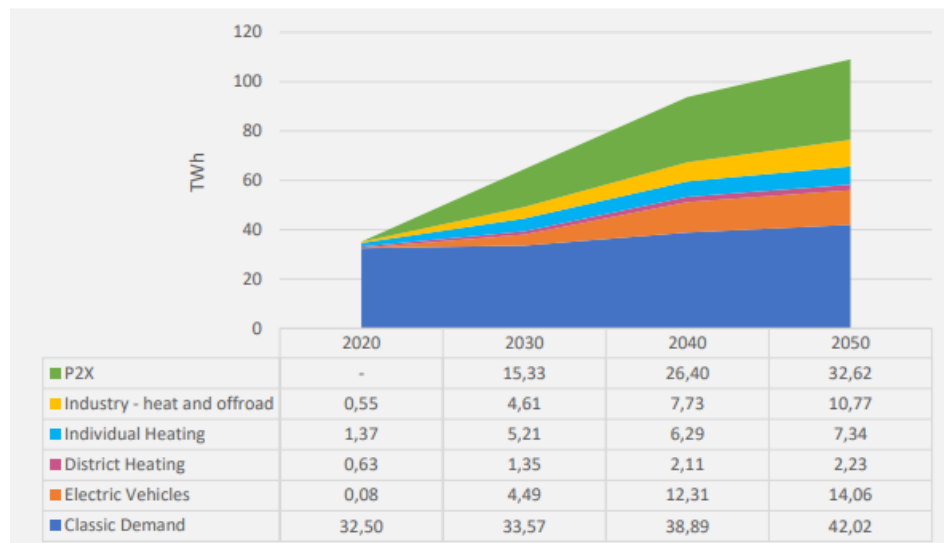
Analyser foretaget i projektet "Roadmap for elektrificering i Danmark" viser, at mængden af elektricitet, der skal flyttes mellem lande, vindmølleparker og vindøer, vil blive flerdoblet sammenlignet med i dag og afføde et markant stigende behov for eltransmissionskapacitet. Stærkere transmissionsforbindelser gør det muligt at nyttiggøre elproduktionen, når der er lokalt VE-overskud, og udnytte de lagringsmuligheder, der findes i de store vandkraftområder i Norden og i andre bjergrige områder.

Elforbruget tredobles frem mod 2050

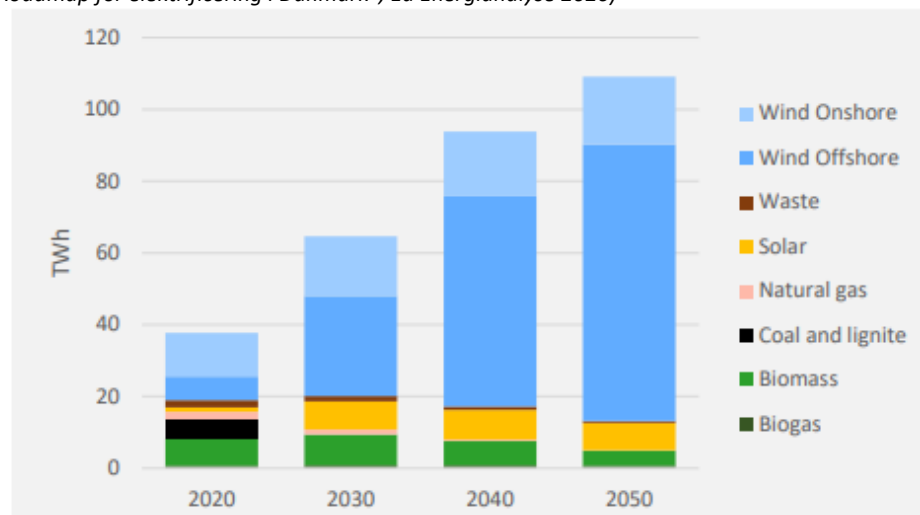
De to efterfølgende figurer fra samme viser, hvordan hhv. elforbrug og elproduktion kan forventes at udvikle sig frem mod 2050, hvis Danmark skal leve op til målsætningerne om 70 % reduktion af drivhusgasudledningerne i 2030 og nettonuludledning i 2050.

I scenariet Ambitiøs elektrificering øges elforbruget i Danmark med hele ca. 55% frem mod 2030, og der sker yderligere en fordobling af elforbruget mod 2050. Det nye elforbrug ligger indenfor opvarmning, eldrevne køretøjer, industri og produktion af grønne brændstoffer (P2X) – mens den fremtidige forsyning altovervejende sker fra sol og vind.

I resten af Europa forventes en lignende udvikling hvis EU skal leve op til sine klimapolitiske målsætninger, men naturligvis med udgangspunkt i de enkelte landes resurser og forudsætninger – eksempelvis forventes solceller at spille en væsentligt større rolle i de sydeuropæiske lande.



Figur 28: Elforbrugsudvikling for Danmark fra 2020 til 2050 i scenariet Ambitiøs elektrificering (Kilde: "Roadmap for elektrificering i Danmark", Ea Energianalyse 2020)



Figur 29: Elproduktion i Danmark i det ambitiøse si scenariet Ambitiøs elektrificering (Kilde: "Roadmap for elektrificering i Danmark", Ea Energianalyse 2020)

### Udfordringen med at integrere sol og vind

Elektrificeringen og de store mængder sol og vind påfører energisystemet fire betydelige udfordringer:

1. At sikre værdi af vind og sol når der er overskud af produktion
2. At sikre tilstrækkelig produktionskapacitet, når det ikke blæser og solen ikke skinner.
3. Systembalancering, dvs. håndtering af vind og sols delvise uforudsigelighed og fluktuerende produktionsmønster.
4. At sikre tilstrækkelig netkapacitet både på overordnet niveau og i de underliggende net

Mere varierende elpriser Integrationsudfordringen vil afspejle sig i elmarkedspriserne, som vil variere væsentligt mere end i dag. Der vil således både blive flere høje priser og særligt flere timer med meget lave priser - og derigennem interessante forretningsmuligheder for at servicere det stigende behov for fleksibilitet i elsystemet. Både energiselskaber, virksomheder, landbrug, boligejere og aktører i transportsektoren vil blive påvirkede af denne omstilling og kan bidrage til løfte integrationsudfordringen.

På grund af det øgede elforbrug til rumvarme om vinteren og den stigende afhængighed af elproduktion fra sol, forventes desuden tydelige og stigende sæsonvariationer i elpriserne, især i Nordeuropa. Dette hænger også sammen med, at bl.a. fjernvarmen går fra at være nettoproducent af el (kraftvarme) til at blive nettoforbruger af el (varmepumper og elkedler).

#### **Elmarkedspriserne som indikator for systemudfordringer**

Priserne i spot- og regulerkraftmarkederne er gode indikatorer for elsystemets udfordringer. I day-ahead markedet fastsættes markedsprisen i hver time af det marginale kraftværk, dvs. det værk, der har budt ind til den højeste pris. Vind og sol har ingen brændselsomkostninger og byder derfor ind til en meget lav pris i elmarkedet. Dermed presses de dyre værker så at sige ud af elmarkedet, og herved sænkes elmarkedsprisen. Antallet af timer med meget lave eller negative priser i elmarkedet kan derfor bruges som indikator på udfordringen med at sikre værdi af vind og sol, mens høje elpriser er udtryk for en presset effektbalance.

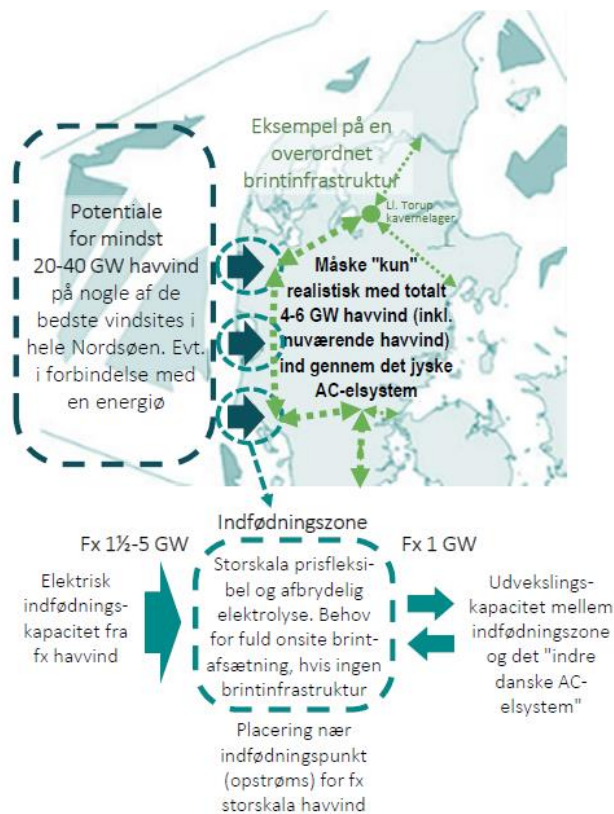
Udfordringerne med systembalancering kan tilsvarende læses ud af priserne i regulerkraftmarkedet.

Nye prissignaler I det fremtidige system bliver det endnu vigtigere at sende præcise signaler til markedsaktørerne om prisen på el, afhængigt af både *tid* og *sted*. I dag ser alle forbrugere i Vestdanmark den samme elmarkedspris, men det må forventes at ændre sig i takt med, at elmarkedet og tariffer udvikles til at levere større fleksibilitet.

Nogle steder i Danmark er de lokale elnet allerede udfordret af den mængde sol og vind, som er tilsluttet nettet, og det problem vil kun vokse. Derfor afprøver Energinet og netselskab Cerius aktuelt et lokalt elmarked på Lolland, hvor forbrugere og producenter af el i området betales for at skrue op eller ned afhængigt af det lokale systems tilstand. Håbet er, at konceptet kan udbredes til resten af landet.

## Indfødningszoner

Tilsvarende har Energinet præsenteret muligheden for at etablere særlige indfødningszoner, der hvor kablerne fra store havvindmølleparker går i land. Ved at reducere tarifferne i disse zoner kan man give store elforbrugere, fx elektrolyseanlæg til brintproduktion, incitament til at placere sig her - og dermed reducere behovet for netforstærkninger. Indfødningszonerne er endnu ikke defineret, men området omkring Esbjerg (Endrup transformerstation) vil være en oplagt kandidat.



Figur 30: Konceptuel illustration af indfødningszoner. Indfødningszonerne kan eventuelt kombineres med en brintinfrastruktur, som videredistribuerer den brint, der produceres på elektrolyseanlæg placeret i indfødningszonerne. Kilde: Energinet: Nye Vinde til Brint (jan, 2020).

## Dynamiske tariffer

De generelle forbrugstariffer vil også ændre sig. Traditionelt har forbrugerne betalt en fast tarif per kWh – større for små forbrugere og mindre for større forbrugere (som typisk aftager på et højere spændingsniveau) – uanset belastningen i nettet. En række elselskaber herunder bl.a. TREFOR i Region Syddanmark er overgået til

### Elkedler

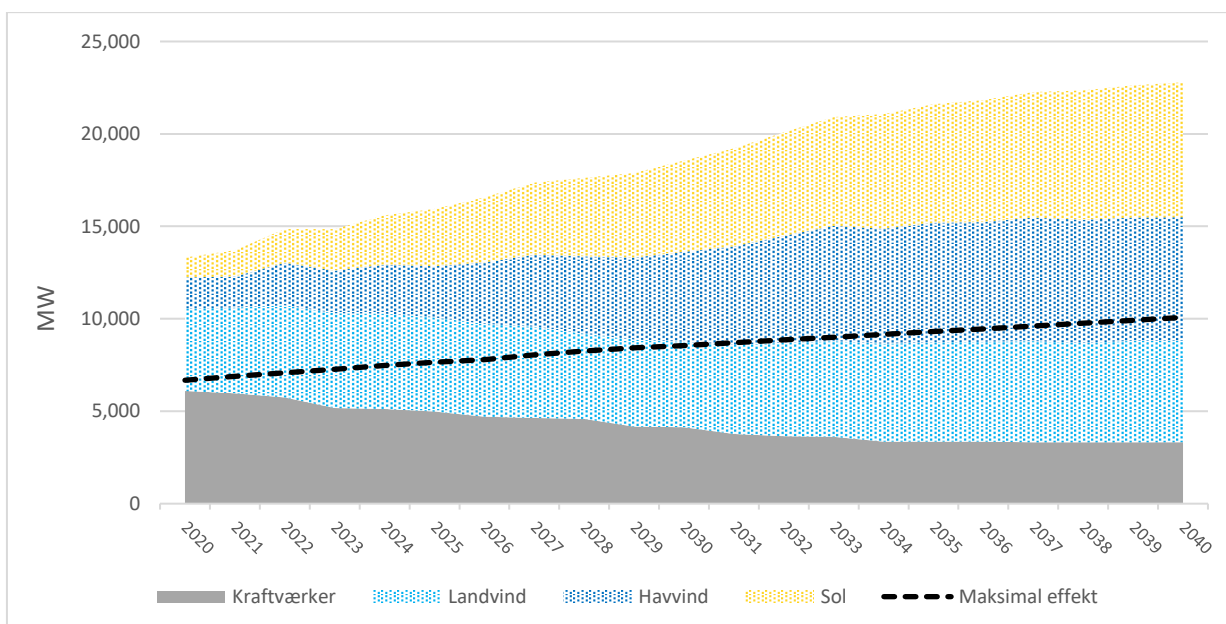
Mange fjernvarmeselskaber i Region Syddanmark har investeret i elkedler for at kunne nytte af lave elpriser i day-ahead markedet og særlige markerne for balancering. Særligt markedet for specialregulering, som i høj grad har leveret systemydelse til Tyskland, har i perioder været meget attraktiv. I alt findes der i dag (2018) 165 MW elkedler i Region Syddanmark.

tidsdifferentierede priser, hvor tariffen afhænger af, hvornår der bruges el (kaldet Tarifmodel 2.0). Konkret opereres med en højere tarif i tidsrummet fra kl. 17 til 20 i vinterhalvåret, hvor belastningen typisk er højest, og lavere resten af året. Et arbejde pågår både blandt elselskaberne og i myndighedsregi med at udvikle nye tarifmodeller, som i endnu højere grad afspejler den forbrugernes belastning af nettet.

## Elforsyningssikkerhed

Knaphed på produktionskapacitet i det overordnede system vil afspejle sig i høje elmarkedspriser – og historisk har der været få eksempler på meget høje elpriser i Vestdanmark. Hvor der tidligere har været et overskud af regulerbar elproduktionskapacitet i Danmark, ser vi imidlertid ind i en situation, hvor det maksimale effekttræk markant vil overstige kapaciteten på de hjemlige termiske kraftværker. I 2030 forventes spidslastforbruget ifølge Energistyrelsen at være cirka dobbelt så højt som den regulerbare produktionskapacitet og i 2040 cirka tre gange så højt (se figur nedenfor). Konsekvensen er en stigende afhængighed af udlandsforbindelser og adgang til produktionskapacitet i de lande, Danmark er forbundet med.

Spørgsmålet er, om Energinet og myndighederne kan acceptere denne afhængighed af udlandet, som også ud fra en beredskabsmæssig vinkel kan vise sig problematisk. Hvis ikke, kan der potentielt opstå interessante indtjeningsmuligheder for de mange mindre kraftvarmeanlæg i regionen, som ellers har været presset økonomisk efter ophøret af grundløbstilskuddet.



Figur 31: Effektbalance for Danmark frem mod 2040. Baseret på Energistyrelsens "Analyseforudsætninger til Energinet 2019". Årene 2019-2024 bygger på Energifaen (tæt på "frozen policy"), 2025-2030 bygger på mål om 55 % VE i 2030, 2030-2040 bygger på fossil uafhængighed frem mod 2050.



Udfordringer i de lavere liggende net

Udfordringerne i de lavere liggende net relaterer sig grundlæggende til håndtering af lokale flaskehalse. Det danske eldistributionsnet har generelt set god kapacitet, men kan blive udfordret af dels et stigende elforbrug og dels stigende lokal elproduktion – nok primært fra solceller.

Opladning af elbiler kan udgøre en særlig udfordring, fordi de ofte tilsluttes med en stor ladeeffekt. Standarden i dag er 11 kW, men kan på sigt blive 22 kW. Nettet er imidlertid typisk dimensioneret til samtidigt forbrug på 4-6 kW. Hvis elbilerne lader samtidigt kan det således give en betydelig overbelastning i det lokale elnet. Og her kan signalerne fra elmarkedet – spot og regulerkraft – faktisk udgøre en særligt udfordring, hvis en lav spotpris eller en høj pris på nedregulering (=øget forbrug), gør det attraktivt for elbilerne at lade på de samme tidspunkter.

Traditionelt set har man løst de lokale netproblemer ved at forstærke elnettet, men i fremtiden kan nye løsninger i form af førnævnte dynamiske tariffer eller egentlige lokale markeder eller prissignaler vise sig at være mere omkostningseffektive.

### Elektrificering og sektorintegration

Fokus på sektorintegration

I fremtiden forventes sektorkobling og -integration at levere en væsentlig del af den nødvendige fleksibilitet for at integrere vind og sol.

I det følgende foretages en indledende drøftelse af mulighederne for sektorkobling. Derudover henvises til de specifikke temanotater og case-studier, hvor de enkelte emner behandles mere udførligt.

El i fjernvarmesektoren

På grund af let adgang til varmelagre og gode muligheder for at skifte mellem forskellige opvarmningsteknologier ligger der et væsentligt fleksibilitetspotentiale indenfor fjernvarme. Med nedsættelsen af elafgiften til 15,5 øre/kWh er eldrevne varmepumper efterhånden konkurrencedygtige med biomasseløsninger selv på mindre attraktive varmekilder som udeluft, når fjernvarmeselskaberne står overfor at skulle investere i ny produktionskapacitet. Og i regeringens udspil til Klimahandlingsplan lægges der op til at sænke elvarmeafgiften yderligere til under 1 øre/kWh.

I Region Syddanmark har man allerede erfaringer med at udnytte overskudsvarme fra Facebooks datacenter i Odense, og med yderligere datacentre i støbeskeen i bl.a. Fredericia, Kassø mv. vil der opstå flere muligheder. **Tema 6** behandler mulighederne for at udnytte overskudsvarme fra datacentre og udnyttelse af industriel overskudsvarme, mens **case-studiet for Odense** bl.a. ser nærmere på mulighederne for kombinere storskala anvendelse af varmepumper, overskudsvarme og varmelagre

.. og den individuelle varmforsyning

Eldrevne varmepumper i den individuelle opvarmning kan blive vigtige aftagere af el, men tilbyder ikke samme fleksibilitet, som fjernvarmesystemet. Det hænger sammen med at varmelagre i lille skala til husholdninger er forholdsvis dyre. Kombineres eldrevne varmepumper med et gasfyr i en hybridløsning, har de muligheder for at tilbyde en større grad af fleksibilitet ved at kunne skifte mellem el og gas afhængigt af priserne i elmarkederne.

I **Tema 5** undersøges muligheder og udfordringer ved konvertering af regionens olie- og gasopvarmede bygninger til varmepumpeløsninger.

El i industrien

Indfrielsen af 70 % målet i 2030 kræver indsatser i alle sektorer – også i industrien. Der er betydelige potentialer for både at energieffektivisere og elektrificere ved bl.a. at konvertere kedler til varmepumper. Elektrificering i industrisektoren er delvist afhængig af udvikling og demonstration af store højtemperatur varmepumper og udvikling af nye processer som fx mikrobølger i teglproduktion (hvor der findes flere værker i regionen). I det omfang industrien har mulighed for at skifte mellem brændselskedler og elbaserede løsninger, vil det potentielt kunne tilføre energisystemet en betydelig fleksibilitet

I industrien opererer man imidlertid i reglen med tilbagebetalingstider, der er væsentligt kortere end i fjernvarmesektoren, og dette kan være en betydelig barriere for at udvikle potentialerne indenfor både energieffektivisering og elektrificering.

Biogas og biomasse

Indenfor nogle typer af industrielle processer (fremstilling af cement, asfalt og tegl) vil man fortsat i et forskelligt omfang have brug for direkte indfyring brændsler, og her kan biogas udgøre en vigtig substitut for kul, naturgas og olie. Andre værdifulde anvendelsesmuligheder for biogas ligger i den tunge transport og som spidslastbrændsel i el- og varmforsyningen, mens anvendelsen til rumvarme er mindre oplagt, da der er gode alternative i form af fjernvarme og varmepumper. **Tema 3** behandler biogassens rolle i energiforsyningen og kortlægger det anseelige regionale produktionspotentiale.

Ligesom biogas, er biomasse en begrænset resurse som imidlertid har fået en stærkt stigende rolle i de senere år, særligt til fjernvarmeproduktion. Bl.a. i Trekantsområdet er varmforsyningen med ombygningen af Skærbækværket mange år frem lagt fast på forbrænding af biomasse, og biomasse indgår som en central del af flere af de små fjernvarmeområder. **Tema 2** belyser prioriteringen af biomasse til energiformål.

Affald

Affaldsenergianlæg leverer en stor del af grundlastbehovet i fjernvarmenettene i Esbjerg, Odense, Kolding, Sønderborg, Svendborg og Nyborg. Der er imidlertid et

kraftigt politisk fokus på at reducere affaldsmængderne til forbrænding via ændret design af produkter, øget genbrug og genanvendelse. I den nylig vedtagne "Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi" er stort flertal af folketingets partier enige om, at affaldssektoren skal være klimaneutral i 2030 og at udsortering dansk plast fra forbrændingen skal op på 80 pct. i 2030. Aftalepartierne er vil desuden foretages en kontrolleret nedlukning af forbrændingskapacitet i Danmark (ca. 30 % reduktion i kapaciteten i 2030) på baggrund af en konkret plan som KL anmodes at udarbejde. Sektoren og aftaleparterne peger desuden på CO<sub>2</sub>-fangst og -lagring (CCS) som virkemidler, der vil gøre det muligt for sektoren at blive CO<sub>2</sub>-neutral i 2030. Implementeres klimaplanen for affald vil det få væsentlig betydning for fjernvarmeforsyning i en række byer i Region Syddanmark. **Tema 7** undersøger de regionale perspektiver for Affald og cirkulær økonomi.

#### El til transport

Selvom eldrevne køretøjer er faldet meget i pris er elbiler fortsat et dyrt CO<sub>2</sub>-reduktionstiltag. Det skyldes primært prisen på batteriet. På indtægtssiden udgør sparet diesel den væsentligste fordel, mens fleksibel ladning og systemydelse er af mindre betydning. Frem mod 2025 forventes det samlede regnestykke imidlertid at ændre sig til fordel for elbilen, primært fordi prisen på batterier forventes at falde yderligere.

Storskala udbredelse af elbiler vil afføde et betydeligt behov for udbygning af den lokale el-infrastruktur, herunder etablering og forsyning af ladeinfrastruktur til eldrevne køretøjer.

I **Tema 4** om Grøn mobilitet ser vi nærmere på mulighederne for at dekarbonisere transportsektoren, med særligt fokus på de løsninger der vedrører elektrificering.

#### PtX

Power to X (PtX) er blevet et centralt tema, når de langsigtede målsætninger om at blive fri af fossile brændstoffer undersøges. Med PtX-teknologi kan der potentielt produceres bæredygtige brændstoffer til transportsektoren, som i dag har store udfordringer med at finde klimarigtige løsninger. Det omfatter både brændstoffer til tung transport, skibsfart og luftfart. PtX-anlæg kan desuden levere overskudsvarme, der kan udnyttes til fjernvarme. Med nærhed til at enorme havvindressurser og gode muligheder for etablering af store solcelleanlæg i det åbne land er potentialerne for PtX gode i Region Syddanmark.

Den væsentligste barriere for PtX er prisen. Ea Energianalyse beregnet den samfundsøkonomiske CO<sub>2</sub>-skyggeomkostning for PtX brændstoffer i 2030 til ca. 2.000 kr./ton eller opefter, afhængigt af X'et. Yderligere billiggørelse af havvind, solceller og elektrolyseanlæg kan dog flytte resultatet.

Afhængigt af designet og placeringen i nettet vil PtX anlæg kunne levere et betydeligt element af fleksibiliteten til elsystemet. Produktion kan således stoppe i perioder med lav vind og høje elpriser, og anlæggene har også potentiale for at kunne bidrage til balancering af vind- og sol. Tema 8 går dybden med mulighederne for at indpasse PtX i energisystemerne i Region Syddanmark.

## Temanotat 2: Prioritering af biomasse til energiformål

Biomasse har i de senere år fået en stigende rolle i den danske el- og fjernvarmesektor. Bl.a. i trekantsområdet er varmeforsyningen med ombygningen af Skærbækværket mange år frem lagt fast på forbrænding af biomasse, og biomasse indgår som en central del af flere af de små fjernvarmeområder. Biomassens bæredygtighed har længe været grund til diskussion, og Danmarks forbrug af biomasse kom særligt i fokus, da FN's klimapanel med en særanalyse påpegede, at biomasse til forbrænding ikke nødvendigvis er klimavenligt.

I dette temanotat gives der en kort status for forbruget af biomasse i Danmark og Region Syddanmark og dets perspektiver frem mod 2030. Dernæst er der fokus på udfordringen med bæredygtig biomasse. Det leder videre til prioritering af den begrænsede biomasseressource samt alternativer til biomassebaseret varmeproduktion. Til sidst opsummeres og der opstilles nogle hovedanbefalinger til Region Syddanmark.

### Forbrug af biomasse til energiformål i Danmark

Biomasseforbruget i den danske energiforsyning er i de senere steget, hvor særligt forbruget i el- og fjernvarmesektoren har oplevet kraftig vækst. Siden 2000 er det danske forbrug af fast biomasse steget fra ca. 60 PJ til ca. 160 PJ. I el og fjernvarme er forbruget steget fra ca. 30 PJ i 2000 til ca. 100 PJ i 2018.

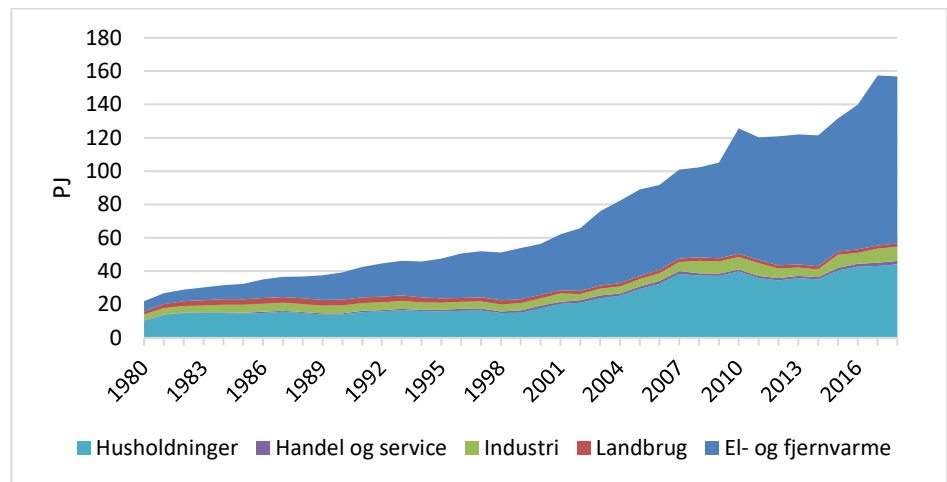
Fast biomasse stod dermed for ca. 64 pct. af den vedvarende energi (VE), som blev brugt i Danmark i 2018. Fast biomasse udgør samlet set 16% af Danmarks endelige energiforbrug, hvoraf 43% er importeret træ. Det stigende forbrug af biomasse er dermed den primære årsag til, at Danmarks VE-andel de senere år har været stigende.

Fast biomasse i den danske energiforsyning omfatter træpiller, træflis, træaffald, brænde, halm og bionedbrydeligt affald. Biomassedefinitionen kan være forskellig, men her omfatter biomasse foruden ovenstående også biogas og biobrændstoffer. Træbiomasse omfatter alene træpiller, træflis, træaffald og brænde.

Biomasse har haft gunstige rammevilkår

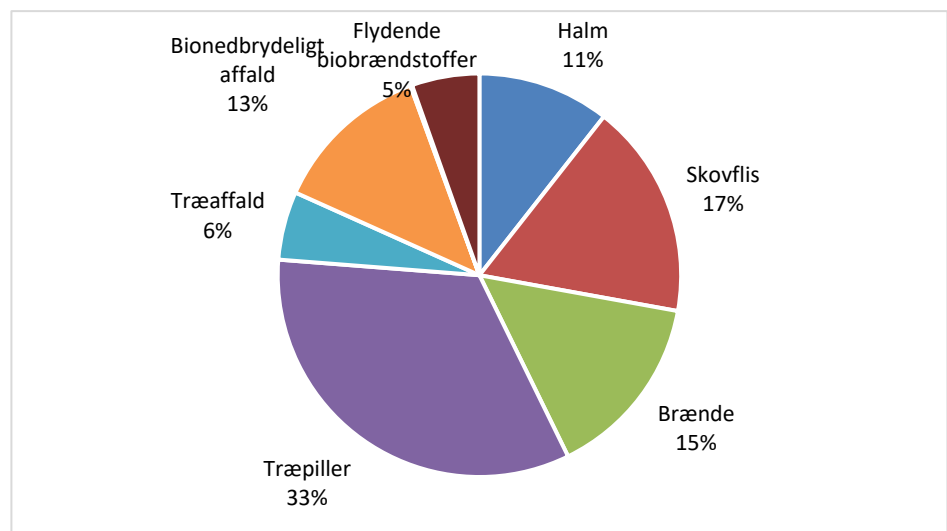
Det voksende forbrug har været drevet af et politisk ønske om at fremme biomasse til energiformål bl.a. ved at fratage biomasse energi- og CO<sub>2</sub>-afgift til varmeproduktion og give tilskud til biomassebaseret elproduktion. Dertil kommer den forhandlede afgiftsfordel, som giver producenterne incitament til at omstille til biomasse, da det giver mulighed for et højere afkast end under hvile-i-sig-selv-regulering. I de senere år er det politiske fokus imidlertid været ved at flytte væk fra biomasse som en dominerende løsning ved den grønne omstilling. Bl.a. er

eltilskuddet ikke forlænget for nye biomasseværker, og udfases for eksisterende værker.



Figur 32. Udviklingen i forbruget af fast biomasse fordelt på sektorer. Biomasse omfatter her halm, skovflis, træaffald, træpiller, brænde og bionedbrydeligt affald. Kilde: Energistatistik 2018

Danmarks forbrug af fast biomasse fordelt på sektorer er vist i Figur 1 ovenfor. El og fjernvarme har haft den mest markante stigning i forbruget. Omlægningen fra kul til biomasse på flere centrale værker herunder bl.a. Skærbækværket og Fynsværket slår tydeligt igennem i statistikken. Størstedelen biomasseforbruget er træpiller. Nedenfor er en fordeling af al biomasseforbrug i Danmark vist. Træpiller udgør 1/3 af biomasseforbruget efterfulgt af træflis med 17% og brænde med 15%.

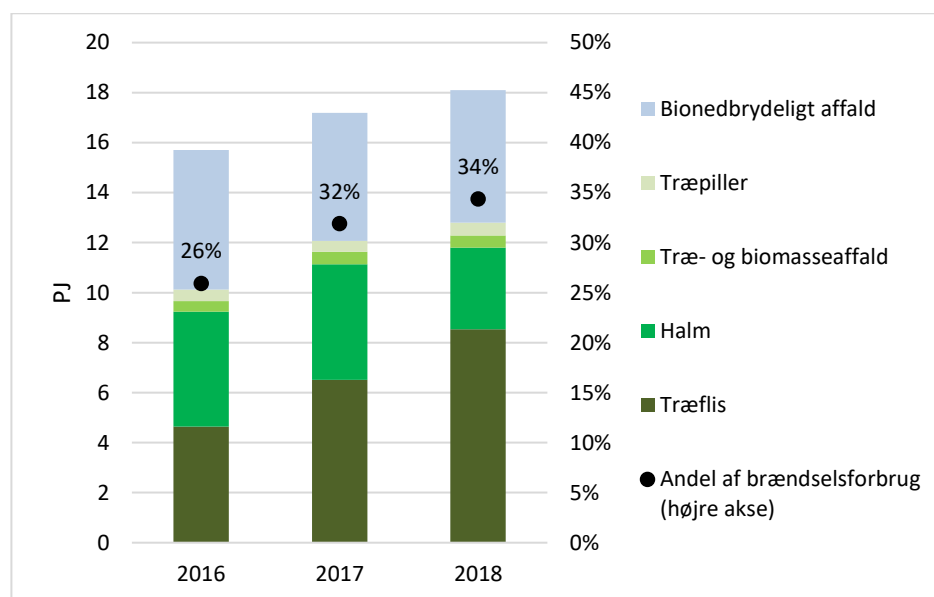


Figur 33. Fordeling af biomasseforbrug i Danmark på biomassetyper 2018. Kilde: Energistatistik 2018

I takt med at flere store kraftvarmeværker bliver omstillet til biomasse vil forbruget i de kommende år fortsat stige. I Energistyrelsens basisfremskrivning 2020 forventes forbruget af fast biomasse i 2020 at være steget til 187 PJ fra 166 PJ i 2018. Frem

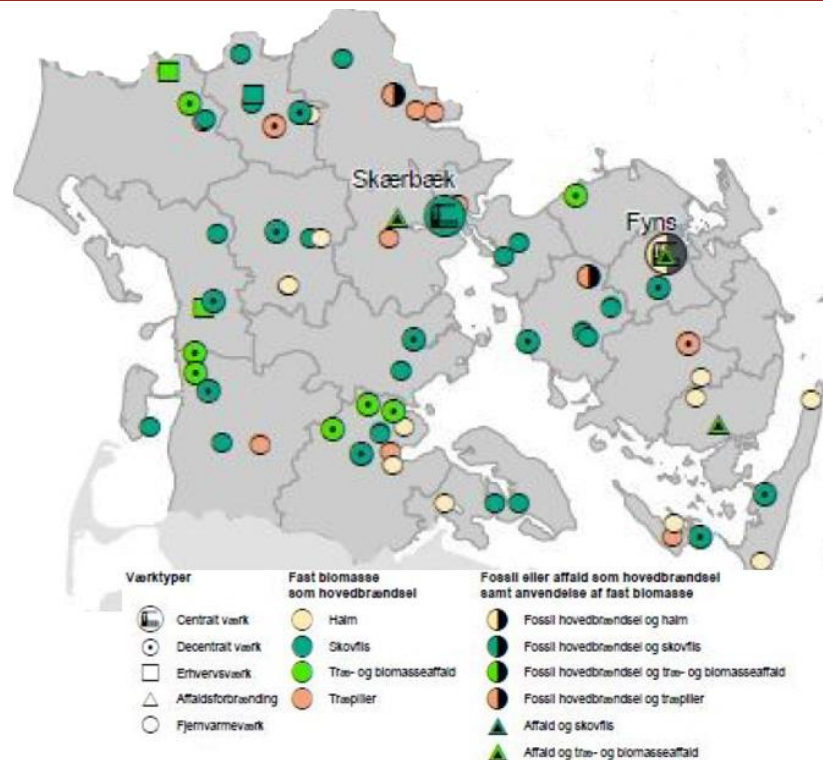
mod 2030 forventer Energistyrelsen ikke yderligere store udsving i forbruget, som i 2030 er 169 PJ.

Figur 2 viser forbruget af fast biomasse til el og fjernvarme i Region Syddanmark i 2016-2018. I 2018 udgjorde biomasse 34% af brændselsforbruget til el og fjernvarme i Region Syddanmark. Det ligger nogenlunde på niveauet med forbruget for hele landet, hvor fast biomasse til el og fjernvarme udgjorde 35%. I Region Syddanmark er forbruget af træflis relativt set større end på landsplan, mens træpiller fylder mere i statistikken for hele Danmark.



Figur 34. Forbrug af fast biomasse til el- og fjernvarmeproduktion i Region Syddanmark. Kilde: Energiproducenttælling 2018

Nedenfor er vist et udklip af Region Syddanmark fra Energistyrelsens kort over eksisterende biomassefyrede anlæg. De biomassefyrede anlæg ligger spredt over hele regionen.



Figur 35. Oversigt over biomassefyrede anlæg i Region Syddanmark. Visningen er et udklip af Region Syddanmark fra Energistyrelsens kort fra Biomasseanalyse 2020, Kilde: (Energistyrelsen, 2020)

Biomasse vil være dominerende mange år frem

De store biomassefyrede anlæg i Region Syddanmark er Skærbækværket med et forbrug på ca. 450.000 tons flis årligt (ca. 4,2 PJ) og Fynsværket med en kapacitet på ca. 220.000 tons halm årligt (ca. 3,2 PJ). De to store værkers forbrug udgør ca. 40% af al fast biomasse i regionen. Dertil kommer en række mindre kraftvarme- og fjernvarmeanlæg omfattende bl.a. Haderslev, Aabenraa, Sønderborg, Assens m.fl.

Skærbækværket ombygning til flis 2017 betyder, at TVIS mange år frem vil være baseret på biomasse. I Esbjerg og Odense står man i dag over store investeringsbeslutninger, hvor biomasse er en del af overvejelserne. Fynsværket har for nyligt besluttet at satse på en kombination af teknologier herunder varmepumper, damvarmelager, naturgas og en udvidelse af biomassekapaciteten ved udskiftning af eksisterende flisfyret kedel. I Esbjerg satses der ligeledes på etablering af store varmepumper (både luft og havvand) i kombination med fliskedler. Hvor biomasse har været dominerende i langt størstedelen af andre centrale varmeområder, har Odense og Esbjerg været tilbageholdende med udelukkende at satse på biomasse som primær varmeproduktion. Det er sandsynligvis et resultat af det ændrede politiske fokus på biomassens bæredygtighed og ressourcebegrænsning. Konkret kan nye værker ikke længere opnå eltillskud, men der er ligeledes en forventning om, at rammevilkår ikke bliver forbedret for biomasseforbrug, mens rammevilkår for varmepumper med regeringens klimahandlingsplan forbedres.



## Udfordringen med bæredygtighed

Afbrænding af biomasse indregnes i Danmarks klimaregnskab som nuludledning i henhold til internationale regler. Der har længe og er fortsat diskussion om, hvorvidt biomasse er helt så bæredygtigt, som det fremgår af regnskaberne.

Debat om biomassens reelle CO<sub>2</sub>-aftryk

Biomasse har vist sig at kunne erstatte fossile brændsler både hurtigt og relativt billigt, men forbruget af biomasse er blevet kritiseret fra flere sider<sup>15</sup>, fordi der på kort sigt udledes mere CO<sub>2</sub> til atmosfæren end der optages. Det kan tage flere år at genskabe kulstoflagret fra den afbrændte biomasse, og der kan være usikkerhed om, hvorvidt der reelt genplantes lige så meget skov, som der afbrændes, når der ikke er tale om restprodukter.

Klimarådet advarede i analysen 'Biomassens betydning for grøn omstilling' fra 2018 om, at biomasse ikke er CO<sub>2</sub>-neutral på linje med sol og vind, og at Danmark bør sikre, at biomasseforbruget ikke udgør et problem for klimaet. De peger på, at det er nødvendigt regulere biomasseforbruget ud fra bæredygtighedskriterer, således at kun den del af biomassen, som kan karakteriseres som klimavenlig kan indregnes med nuludledning. Øvrig biomasse bør tillægges en CO<sub>2</sub>-udledning. Det bør ligeledes afspejles i de rammevilkår, som biomasse gives. Dvs. klimavenlig biomasse fortsat er afgiftsfritaget, mens ikke bæredygtig biomasse bør pålægges afgifter. Debatten blev yderligere skærpet af, at FN's klimapanel i 2019 udgav en særreport, om 'land use', hvor der advares imod at forbruge biomasse til energiformål, hvis det ikke er fremstillet bæredygtigt. (IPCC, 2019)

Kritikken fra FN's klimapanel affødte en analyse af Energistyrelsen om biomasseforbruget i Danmark, 'Biomasseanalyse', som blev fremlagt i maj 2020. I analysen konkluderes det, at der er risiko for, at en del af den biomasse, der forbruges til el- og fjernvarmeproduktion i Danmark kan føre til øgede globale CO<sub>2</sub>-udledninger, fordi de lande Danmark importerer biomasse fra ikke på nuværende tidspunkt *har bindende og tilstrækkelige klimamål, som medregner alle sektorer korrekt herunder LULUCF-sektoren.* (Energistyrelsen, 2020).

Bæredygtig biomasse og CO<sub>2</sub> gæld

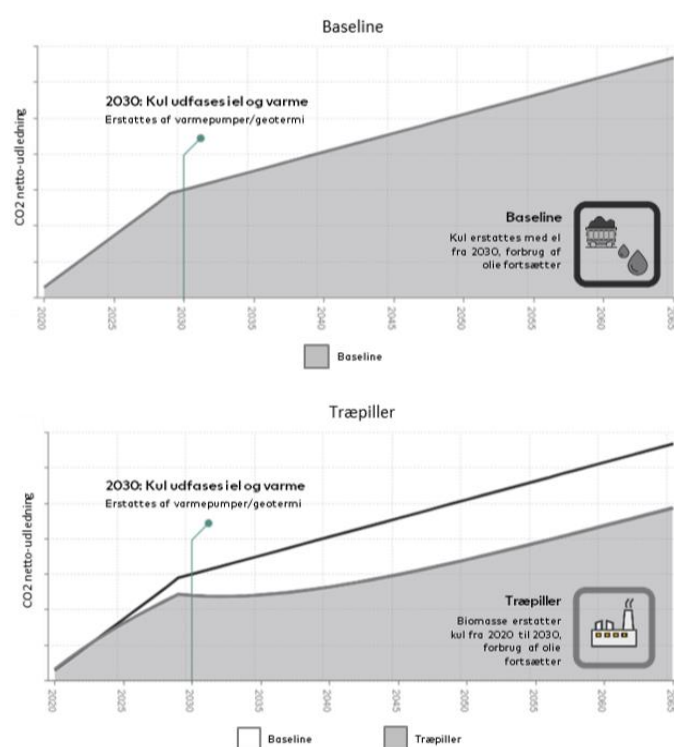
Bæredygtig biomasse til forbrænding indebærer, at CO<sub>2</sub>-udledningen ved afbrænding modsvares enten af kulstofoptag ved genplantning af skov, eller at der er tale om restprodukter, hvor CO<sub>2</sub>-udledning ved forrådnelse alligevel ville være udledt til atmosfæren på et senere tidspunkt. I begge tilfælde kan der gå et antal år før biomassen reelt medfører en CO<sub>2</sub> besparelse, og der tales derfor om en "CO<sub>2</sub>-gæld" der skal tilbagebetales. Hvis der ikke er tale om restprodukter, eller hvis der ikke genplantes eller hvis biomassen ikke bruges effektivt kan der gå flere årtier før

<sup>15</sup> bl.a. Klimarådet, FN's klimapanel og flere af de grønne organisationer i Danmark herunder Danmark Naturfredningsforening og Concito,

CO2 gælden er tilbagebetalt, og biomasseafbrænding fører til reelle CO2-besparelser.

Biomasseafbrænding giver et CO2-pust til atmosfæren

Selv ved afbrænding af restprodukter fra skoven der effektivt fortrænger fossile brændsler kan der være tale om en øget CO2-udledning i få år (Et CO2 pust). I takt med at der opstår en ny kulstofbalance i skoven vil biomasse fra det pågældende område efterhånden kunne regnes som delvist eller helt CO2 neutralt. Ved fældning af skov med genplantning tager det længere tid at nå den balance end ved brug af restprodukter. Lokale forhold i skoven har betydning. Nedenfor er vist et illustrativt eksempel, der viser effekten af at bruge restbiomasse fra tempereret skov (fx Danmark) til forbrænding i en overgangsperiode fra 2020-2030.



Figur 36. Illustration af effekten af at bruge biomasse i stedet for kul i perioden 2020-2030. Kilde: (Ea Energianalyse, 2019)

Produktion af biomasse kan på den anden side også gavne klimaet, hvis timingen byttes om, så der først plantes skov for dernæst at forbrænde det. Dermed vil der midlertidigt blive suget mere CO2 ud af atmosfæren, som ved forbrænding af biomasse udledes igen.

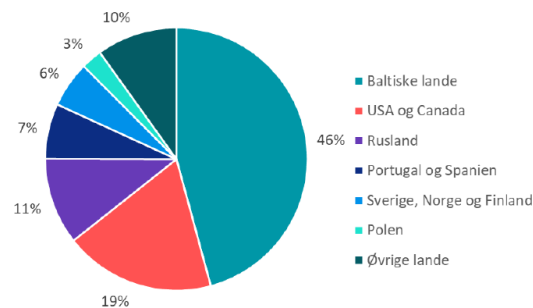
Biomassens klimapåvirkning håndteres i en anden sektor

Regnskabsmæssigt tillægges der ikke en CO2-udledning ved afbrænding af biomasse, selvom der reelt kommer CO2 ud af skorstenen. Det skyldes, at CO2-udledningen håndteres i arealsektoren (LULUCF-sektoren) og indregnes som en ændring i et lands kulstoflager, når biomasse udtages. Reduceres skovmængden og dermed kulstofpuljen, fordi det forbrændes, skal det indgå som en øget CO2-

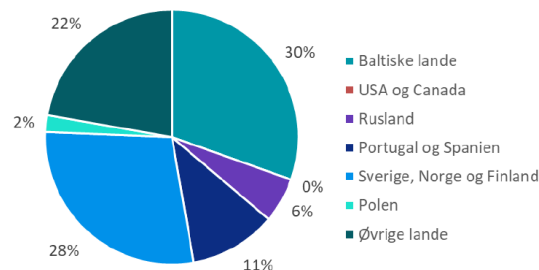
udledning fra LULUCF. Hvis skoven genrejses vil det i perioden give et positivt bidrag til klimaregnskabet (LULUCF).

Udfordringen ved at bruge importeret biomasse

CO<sub>2</sub>-regnskabsmetoden giver en udfordring ved at bruge importeret biomasse. Selvom der indregnes en øget CO<sub>2</sub>-udledning fra et givent importland ved udtag af biomasse, så vil konsekvenserne være afhængig af det pågældende lands klimapolitik og klimaforpligtigelser. Uden en tilstrækkelig stærk klimapolitik vil det ikke nødvendigvis få en konsekvens, hvis ikke der genrejses skov. Derudover er det ikke al udtagning af skov, der reelt indgår i klimamålene. Bl.a. derfor mener Klimarådet ikke, at Danmark automatisk kan gå ud fra, at importeret biomasse er CO<sub>2</sub>-neutralt. Nedenfor fremgår det, hvor Danmark importerer træpiller og træflis fra. Størstedelen kommer fra Europa herunder primært de baltiske lande og norden, men mere end 20% af både træflis- og træpilleforbruget kommer fra Rusland og øvrige lande.



Figur 37. Oprindelsesland for importerede træpiller til Danmark. Kilde: (Energistyrelsen, 2020)



Figur 38. Oprindelsesland for importeret træflis til Danmark. Kilde: (Energistyrelsen, 2020)

### Biomasse er en begrænset ressource

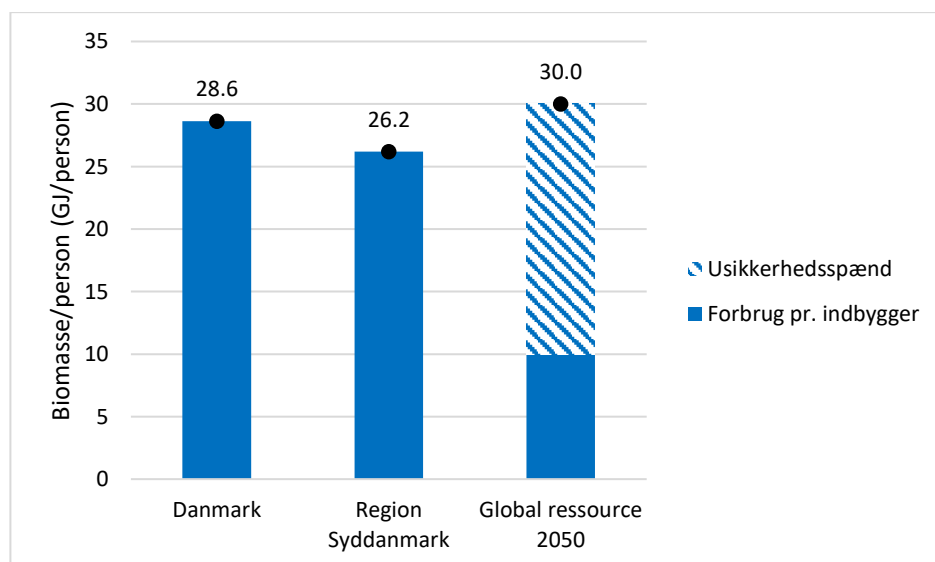
Biomasseressourcer til energiformål er begrænsede, fordi biomasseproduktion er arealkrævende og der kun er vis mængde restprodukter til rådighed. I 2017 blev der på verdensplan anvendt 37 EJ biomasse til energiformål ifølge FN's klimapanel (IPCC, 2019). Det samlede fremtidige potentiale afhænger bl.a. af landbrugsarealet til fødevarerproduktion, produktiviteten i landbruget og arealer til energiafgrøder eller hurtigt voksende skov.

FN har skærpet deres vurdering af bæredygtigt bioenergi-potentiale

Energistyrelsen vurderer, at der maksimalt er et bæredygtigt potentiale på 100-300 EJ biomasse til energiformål i 2050. Det er samme niveau, som resultatet af et litteraturstudie i analyse 'Biogas og VE brændstoffer til tung transport' fra 2016. Det svarer i 2050 til 10-30 GJ biomasse pr. person i 2050. FN's klimapanel vurderer i deres rapport fra 2019, at det globale bæredygtige bioenergi-potentiale i 2050 vil være ca. 100 EJ, fordi det alternativt vil lægge et betydeligt pres på tilgængeligt land, fødevarerproduktion og priser.

Energistyrelsen vurderer yderligere, at det maksimale potentiale for biomasse produceret på dansk jord er 160-180 PJ inkl. biogas og bionedbrydeligt affald<sup>16</sup>. Pr indbygger svarer det til 28-31 GJ/person hvoraf er ca. 10 GJ/person er træbiomasse. Det er lidt lavere end Ea Energianalyse vurderede i 2016 på baggrund af et litteraturstudie. Her var det centrale estimat 214 PJ/år. Dermed ligger de danske biomasseressourcer pr. person nogenlunde på niveau eller over det globale potentiale pr person.

Figur 3 nedenfor viser et estimat for biomasseforbrug i Danmark og i Region Syddanmark samt den globale ressource i 2050 ifølge Energistyrelsens vurdering baseret på FN's klimapanel. Biomasse omfatter her al biomasse inkl. fast biomasse, biogas, bioolie og biobrændstoffer. Forskellen mellem Danmark og Region Syddanmark skyldes alene forskelle i hvor meget biomasse der bruges i el- og fjernvarmesektoren, da det ikke har været muligt at få regionspecifikke data for forbrug i andre sektorer.



Figur 39. Estimeret biomasseforbrug pr. indbygger i Danmark og Region Syddanmark 2018. Kilde: Energistatistik, Danmarks statistik, Energiproducenttælling og egne beregninger.

<sup>16</sup> Ekskl. Energiafgrøder og 'blå biomasse' fra havet

Region Syddanmarks  
biomasseforbrug er ikke  
bæredygtigt på lang sigt

I Region Syddanmark blev der i 2018 forbrugt 26 GJ biomasse pr. person omfattende al biomasse fra Energistatistikens opgørelse. I forhold til de langsigtede globale ressourcer pr. person ligger Region Syddanmarks forbrug inden for usikkerhedsspændet – dog i den høje ende. I forhold til FN's klimapanel's nyeste vurdering (100 EJ/år), ligger Region Syddanmark imidlertid en faktor 2-3 over det bæredygtige niveau. Udfordringen skærpes yderligere af, at forbruget i dag primært kun bruges til el og varme, mens der kun anvendes meget lille del i transporten. Når transporten også skal være CO<sub>2</sub>-neutral kan der blive behov for endnu flere biomasseressourcer, hvis ikke el og fjernvarmesektorerne omstilles væk fra biomasse. Det er derfor nødvendigt at biomasseressourcen bruges i de sektorer, hvor det er svært at finde klimavenlige alternativer.

### **Biomasseressourcen bør prioriteres**

Den begrænsede biomasseressource bør prioriteres til områder, hvor den har størst værdi. I el og fjernvarmesektoren, hvor størstedelen af det danske forbrug ligger, tegner andre VE-løsninger allerede nu til at blive de dominerende: Vind og sol til elproduktion og varmepumper, overskudsvarme, geotermi, solvarme og varmelagre til fjernvarmeproduktion. Transportsektoren har en særligt stor udfordring med at finde billige klimavenlige løsninger herunder særligt den tunge transport, flybranchen og skibsfarten. I øjeblikket er der meget fokus på at undersøge Power to X (PtX) teknologi til at løse disse udfordringer. En af udfordringerne – særligt i Danmark – bliver at finde løsninger til de kulstofbaserede brændstoffer, hvis ikke der er tilstrækkeligt med kulstofkilder fra bl.a. afbrænding af biomasse. Biomasse kan alternativt bruges direkte til at producere avanceret 2G biobrændstof.

De avancerede 2G teknologier kan lidt forenklet opdeles i teknologier baseret på biologiske/enzymatiske processer (bioethanol og biogas) og teknologier baseret på termisk forgasningsteknologi (bl.a. Fischer-Tropsch diesel).

De tekniske udfordringer ved forgasningsteknologierne har vist sig at være betydelige, når biomasse er råvaren. Et egentligt kommercielt gennembrud kræver derfor en målrettet og langsigtet udviklingsindsats som bedst løftes i internationalt samarbejde. Det synes særdeles usikkert, om der kan opnås en betydelig kommerciel produktion inden 2030.

### **Alternativer til biomasse**

Biomasse leverer en stor del af fjernvarmeproduktionen i dag. Hvis biomasse skal udfases til afbrænding, skal der alternative VE-varmeteknologier i spil. I energisektoren forudses eldrevne varmepumper at komme til at spille en væsentlig rolle i de kommende årtier. Andre vigtige teknologier i den fremtidige forsyning bliver efter al sandsynlighed geotermisk varme (fx har Mærsk indledt samarbejde med Aarhus Kommune), solvarme, overskudsvarme og varmelagre.

Målt på varmekapacitet spiller varmepumper fortsat en begrænset rolle i dagens fjernvarmeforsyning, og erfaringerne med at have et fjernvarmesystem baseret primært på varmepumper er derfor stadig ikke mange. Der er dog en lang række anlæg er på vej til at blive etableret. Økonomien i varmepumpeløsninger er blevet markant forbedret i løbet af de senere år, på grund af en række ændringer i regulering og rammebetingelser. Bl.a. kan nævnes reduktionen i elvarmeafgiften, udfasning af PSO-afgiften og etablering af tilskudsordninger. Med regeringens aftale til klimahandlingsplan er elvarmeafgiften reduceret til 0,4 øre/kWh, som forventes at sætte yderligere skub i udviklingen. Nedenfor er fordele og ulemper ved udvalgte VE-teknologier til fjernvarmeproduktion opstillet.

	Fordele	Ulemper
Varmepumper (luft, grundvand, havvand)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kan bruges som grundlast/mellemlast</li> <li>• Ubegrænset ressource</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dårlig effektivitet om vinteren</li> <li>• Temperatur på varmekilde tæt på frysepunktet om vinteren kræver særlige forhold</li> <li>• Få danske erfaringer</li> </ul>
Overskudsvarme, datacentre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lave varmekapacitetsomkostninger</li> <li>• Kan bruges som grundlast/mellemlast</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stor risiko ved investering</li> <li>• Kræver typisk netinvesteringer som afskrives over lang årrække</li> <li>• Kan kun udnyttes ved udvalgte placeringer</li> </ul>
Overskudsvarme PtX-fabrik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potentielt stor fremtidig varmekilde</li> <li>• Meget få danske erfaringer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrolyse producerer efter elpris – ikke efter varmebehov</li> <li>• Høje investeringsomkostninger</li> <li>• Evt behov for boost</li> </ul>
Geotermi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlast</li> <li>• Meget store potentialer hvor undergrunden er rigtig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stor økonomisk risiko</li> <li>• Flere dårlige erfaringer</li> <li>• Lang etableringstid.</li> </ul>
Solvarme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mange danske erfaringer</li> <li>• Høj pålidelighed</li> <li>• Brændselsfri varme som skaber robust projektøkonomi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktion og efterspørgsel matcher ikke</li> <li>• Store arealkrav</li> </ul>
Varmelagre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forbedrer udnyttelsen af fluktuerende varmekilder</li> <li>• Bedre udnyttelse af produktionskapacitet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Store tab af varme</li> <li>• Arealkrævende</li> </ul>

Tabel 12. Fordele og ulemper ved VE teknologier til varmekapacitet

En hurtig udfasning af biomasse til el og fjernvarme kan være udfordret af de mange nyligt installerede anlæg, hvor investeringer vil gå tabt. Derudover er erfaringerne med alternative teknologier endnu sparsomme, som gør det kompliceret at starte omstillingen af fjernvarmen til fx varmepumper og geotermi.

## Bør Region Syddanmark satse på biomasse til energiformål?

### Hovedkonklusion og anbefalinger

Region Syddanmark har ligesom resten af Danmark i dag et højt forbrug af biomasse til energiformål, når der sammenlignes med det langsigtede bæredygtige potentiale.

Set i lyset af de store udfordringer med at finde klimavenlige brændsler i transportsektoren, bør biomasseforbruget fokuseres disse sektorer.

På baggrund af begrænsningen af biomassen som ressource bør biomasse på længere sigt ikke anvendes til forbrænding, men bør prioriteres til produktion af brændstoffer i transportsektoren, hvor det er dyrere at finde VE-alternativer. Region Syddanmark anbefales derfor at arbejde for at begrænse mængden af biomasse til energiformål på længere sigt. Fordelen ved at brænde biomasse på større værker (fremfor fx i brændefyr og i transportsektoren) er, at kulstofindholdet i røggassen kan opsamles og udnyttes. Derfor anbefales følgende:

- Opbygning af viden og erfaringer med alternativer til biomasse til fjernvarme herunder varmepumper, solvarme, damvarmelagre og geotermi
- Sikre at biomasse til forbrænding er bæredygtigt
- Støtte demonstrationsprojekter for kulstoflagring fra biomasse- og affaldsfyrede anlæg.
- Nedbringe affaldsmængderne til forbrænding – jf. temanotat om affald
- Skovrejsning. En forudsætning for at biomasse er bæredygtig er at forbrænding modsvares af opbygning af kulstofslagre. Derfor anbefales det, at der arbejdes for at øge kulstoflagre på land.

## Referencer

- COWI. (2018). *Temaanalyse om store datacentre*. København: Energistyrelsen.
- Ea Energianalyse. (2016). *Biogas og andre VE brændstoffer til tung transport*. København: Ea Energianalyse.
- Ea Energianalyse. (2017). *Energiscenarier for Sønderjylland og Sydvestjylland*. København: Ea Energianalyse.
- Ea Energianalyse. (2019). *Altinget Debat - Biomasse kan være vigtig i langsigtet klimastrategi*. København: Altinget.
- Ea Energianalyse. (2020). *Roadmap for elektrificering i Danmark - Hovedrapport*. København: Ea Energianalyse.
- Energinet. (2020). *Ny vinde til brint - PtX strategisk handleplan*. Fredericia: Energinet.
- Energinet og Dansk Energi. (2020). *Gamechangere for PtX og PtX-infrastruktur i Danmark*. Fredericia og København: Energinet og Dansk Energi.
- Energistyrelsen. (2019). *Energistatistik 2018*. København: Energistyrelsen.
- Energistyrelsen. (2019). *Nyhed - Energistyrelsen støtter Power-to-X projekter med 128 mio. kr.* København: Energistyrelsen.
- Energistyrelsen. (2020). *Biomasseanalyse*. København: Energistyrelsen.
- EU Kommissionen. (2018). *A clean planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*. Bruxelles: European Commission.
- Everfuel og Shell. (2019). *Pressemeddelelse vedr. HySynergy – Everfuel og Shell indgår strategisk samarbejde om en storskala brintfabrik*. Fredericia: Everfuel og Shell.
- Folketinget. (2020a). *Aftale om øget udnyttelse af overskudsvarme*. København: Folketinget.
- Folketinget. (2020b). *Lov om ændring af lov om afgift af elektricitet, lov om afgift af naturgas og bygas m.v., lov om afgift af stenkul, brunkul og koks m.v. og lov om energiafgift af mineralolieprodukter m.v.* København: Folketinget.
- IPCC. (2019). *Climate Change and Land, An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. IPCC.
- Klimarådet. (2018). *Biomassens betydning for grøn omstilling - Klimaperspektiver og anbefalinger til regulering af fast biomasse til energiformål*. København: Klimarådet.
- Klimarådet. (2019). *Store datacentre i Danmark*. København: Klimarådet.
- Regeringen. (2020). *Aftale om øget udnyttelse af overskudsvarme*. København: Regeringen.
- SDU, NIRAS og NISA. (2019). *Nordic GTL - a pre-feasibility study on sustainable aviation fuel from biogas, hydrogen and CO2*. Odense: Nordic Initiative for Sustainable Aviation.



Skatteministeriet. (2019). *Nye regler for overskudsvarme i 2020*. København: Skatteministeret.

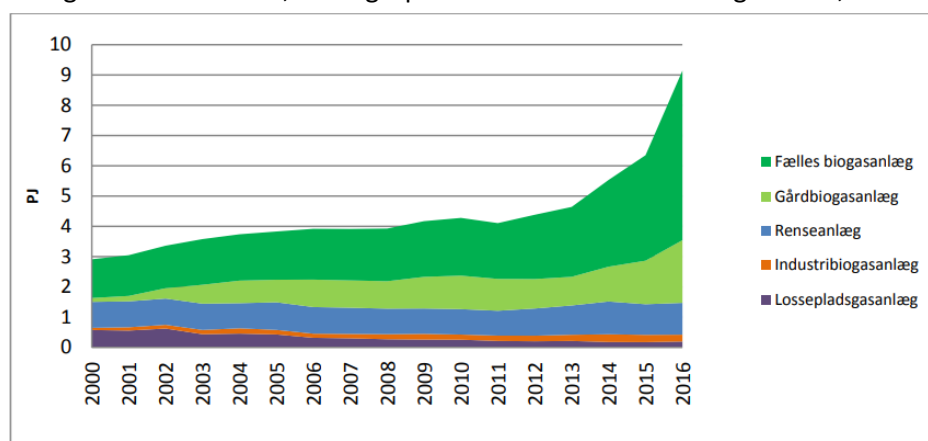
Aabenraa Kommune. (2018). *Datacenterstrategi*. Aabenraa: Aabenraa Kommune.

## Temanotat 3: Biogassens rolle i energiforsyningen

Om 30 år ventes energiforsyningen i Danmark at være 100% baseret på vedvarende energi. Energieffektivitet, elektrificering og sektorkobling er dominerende tendenser i arbejdet på at nå det mål. Produktionen af biogas er i disse år stigende i Danmark, især drevet af betydelige tilskud. I dette temanotat ses på biogassens anvendelse, og det diskuteres hvilken rolle biogassen fremadrettet kan få.

### Biogas og naturgas i Danmark

Biogas har en lang historie i Danmark, hvor de første biogasanlæg blev etableret i 1920'erne på renseanlæg og især 1980'erne på landbrugsbaserede biogasanlæg. I dag er der biogasanlæg på ca. 50 spildevandsanlæg og på et antal større og mindre lossepladser udvindes og udnyttes gassen. Dertil kommer ca. 90 landbrugsbaserede fællesanlæg og gårdanlæg, der behandler ca. 15% af den samlede mængde husdyrgødning i Danmark (ENS, 2018: "Perspektiver for produktion og anvendelse af biogas i Danmark"). I 2016 udgjorde den samlede gasproduktion ca. 9 PJ. Se Figur 1. Energistatistikken viser, at biogasproduktionen i 2018 var steget til 13,4 PJ.



Figur 40: Udviklingen i biogasproduktionen fra 2000 til 2016 i PJ. (Kilde: ENS, 2018: "Perspektiver for produktion og anvendelse af biogas i Danmark").

### Støtte til biogas

Størstedelen af den øgede biogasproduktion opgraderes og tilføres naturgasnettet. Drivkraften er især de forbedrede støttemuligheder, som blev etableret med Energiaftalen 2012. I 2020 modtager biogas der opgraderes og tilføres naturgasnettet en støtte på 125 kr/GJ, svarende til 4,5 kr. pr. m<sup>3</sup> opgraderet biogas. Til sammenligning var naturgasprisen i 2019 ca. 1,2 kr./Nm<sup>3</sup><sup>17</sup>. Det samlede støttebeløb ventes at stige til omkring 3 mia. kr./år i 2030, hvorfor den nuværende støttemodel udfases. Uden nye virkemidler ventes biogasudbygningen derfor at gå i stå når de sidste anlæg under nuværende ordning er i drift omkring 2023.

<sup>17</sup> Gasspotprisen på Gaspoint Nordic, Forsyningstilsynets naturgasstatistik, 2019

## Biotickets

Udover støtte suppleres den samlede biogasindtægt også af naturgasværdien, certifikater samt evt. de såkaldte biotickets<sup>18</sup>. Værdien af certifikater og biotickets er stærkt efterspørgselsbestemte. I de senere år har der været stor efterspørgsel efter certifikater fra bl.a. Sverige, idet svenske aktører kan få afgiftsabat på biogas. Oplysninger fra sektoren om certifikatværdien svinger, men det antages her at værdien svarer til 50 øre/m<sup>3</sup> bionaturgas produceret. Værdien af bionaturgas i 2020 kan derfor groft anslås til 125 (støtte) + 25 (naturgasværdi) + 15 (certifikat) + (biotickets<sup>19</sup>), i alt mere end 165 kr/GJ svarende til 6 kr/m<sup>3</sup> biometan. Prisen på biotickets fastsættes ud fra prisforskellen på de biobrændstoffer der erstattes af biotickets og de fossile brændsler der er alternativet.

## Det danske gasforbrug

Som vist i Figur 2, anvendes naturgas i dag særligt i industrien men også i stort omfang til opvarmning af boliger. Det store transmissionsnet løber igennem det meste af landet langs de store motorveje, mens mindre lokale distributionsnet leverer gassen ud til store dele af landet. Historisk startede udbygningen af naturgas i 1980'erne, og individuel gasfyring begyndte at blive mere udbredt og erstatte oliefyrrer op igennem halvfemserne og nullerne. I dag er ca. 400.000 boliger opvarmet med naturgas via distributionsnettene.

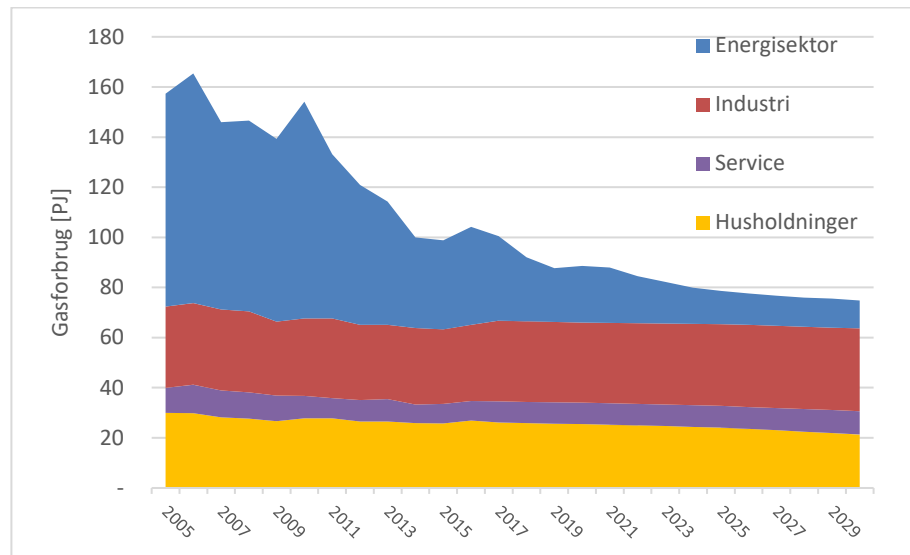
## Forventninger til det fremtidige gasforbrug

Siden 2000 har gasforbruget i Danmark været stærkt aftagende, og en række analyser har peget på at denne tendens vil fortsætte. Bl.a. har den grønne omstilling og lave elpriser betydet, at naturgas i langt mindre omfang end tidligere anvendes til el- og fjernvarmeproduktion. Fremadrettet ventes drivkræfterne væk fra gas i højere grad at blive drevet af de klimapolitiske målsætninger. De seneste 3-5 år har gasforbruget i Danmark imidlertid ligget stabilt omkring 90 PJ (ekskl. Nordsøen), men Energistyrelsens seneste basisfremskrivning (BF19) peger på et forbrug i 2030 på under 80 PJ.

---

<sup>18</sup> For den mængde biogas der går til vejtransport kan iblandingskravet udløse såkaldte biotickets. Det er Eas vurdering, at værdien er biotickets varierer, men kan være op til over 100 kr/GJ.

<sup>19</sup> Hvert olie- og gasselskab har i dag pligt til at sørge for, at der sker en iblanding i deres brændsler svarende til mindst 5,75% af energiindholdet af den brændstofmængde der sælges. Denne forpligtelse kan opfyldes gennem enten iblanding i det solgte brændstof, eller ved køb af biotickets, der repræsenterer målopfyldelse udført af andre selskaber.



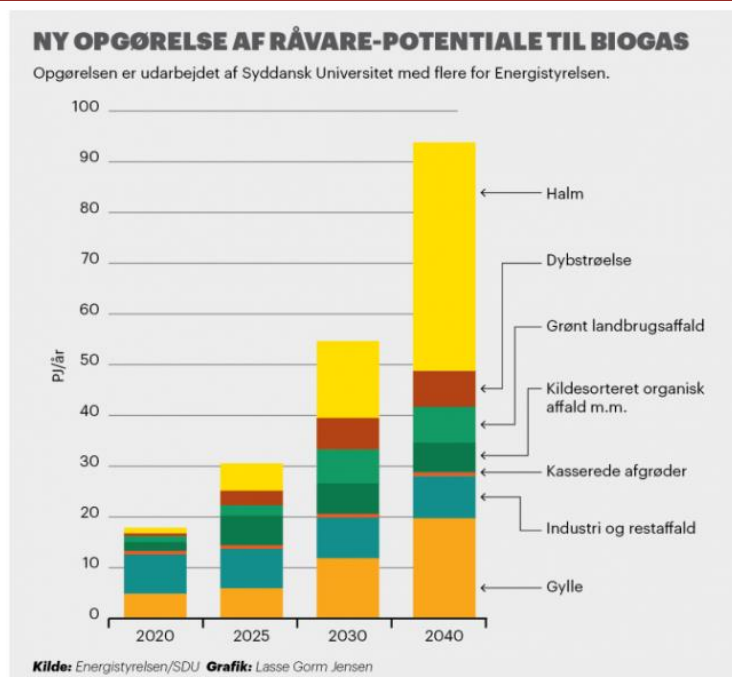
Figur 41: Efterspørgsel efter gas i Danmark (excl. Nordsøen). Kilde: BF19.

Basisfremskrivningen viser også at produktionen af biogas ventes at vokse til i alt 27 PJ i 2023, hvoraf 18,5 PJ tilføres naturgasnettet som bionaturgas.

Med målsætningen om 70% reduktion af klimagasser i 2030, virker det dog mere og mere sandsynligt, at naturgasforbruget vil falde betydeligt mere end vist i Basisfremskrivningen samt at der bliver vedtaget virkemidler til at øge biogasproduktionen yderligere. I rapporten "Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion, Klimarådet marts 2020", peges der på et samlet gasforbrug i 2030 i Danmark på under 50 PJ, der vurderes at kunne dækkes af biogas.

## Biogaspotentialiet i Danmark

Det langsigtede tekniske potentiale for biogasproduktionen i Danmark baseret på nationale ressourcer er tidligere blevet opgjort til mellem 40 og 50 PJ, afhængigt af hvilke ressourcer der antages anvendt. Senest har Syddansk Universitet for Energistyrelsen dog peget på et biogaspotentialt i 2030 på mere end 50 PJ, stigende til godt 90 PJ i 2040 (Energistyrelsen, 2020: "Energiafgrødeanalysen"). Ifølge Ingeniøren, kalder professor Henrik Wenzel det en »hvis man støvsuger det hele«-opgørelse, hvor halm, som tidligere blev brændt i varmeværker, behandles i biogasanlæg.



Potentiale-ogørelse for råvarer til biogas, udført af forskere fra SDU med flere, Februar 2020.  
Illustration: Lasse Gorm Jensen Kilde: SDU

Figur 42: Maksimale ressourcer til produktion af Biogas. Kilde: Artikel i Ingeniøren 5 marts 2020.

Mulighed for større produktion af biomasse til forgasning

I Energiforbrugsanalysen beskrives det, hvordan der er store potentialer for en øget produktion af biogas, baseret primært på halm og biogas. Som beskrevet oven for, kan dette biomassepotentiale nå helt op til 94 PJ i 2040 fra under 20 PJ i dag. For at denne store stigning i biomassepotentialet kan udnyttes til større produktion af biogas, er det afgørende, at en langt større andel af husdyrgødningen går igennem biogasanlæg og forgasses. I dag sker det kun for ca. 20-25% af fraktionen, og det er principielt muligt at nå et markant højere niveau. Et højere niveau kræver dog samtidig, at der fremskaffes markant mere tørstof, som kan anvendes i forgasningsprocessen, og her er der muligheder i en større anvendelse af særligt halm og til dels græs som kilde til det tørstof.

I rapporten beskrives det også, at man ved at anvende brintressourcer til at omdanne biogas-CO<sub>2</sub> til metan, er den øvre grænse for gasproduktionen ca. 160 PJ, hvis alle egnede biomasseressourcer anvendes og produktionen suppleres med tilføring af brint til opgradering.

### Fokus på Region Syd

Biogasproduktionen i Region Syddanmark

Biogasproduktionen i Region Syddanmark udgøres ifølge Energistyrelsen af 13 store og 10 små landbrugsanlæg (se figur i Bilag 1). De større landbrugsanlæg i Region Syddanmark der er angivet på kortet med navn, er anført i Tabel 1 nedenfor sammen med deres placering, biomassebehandlingskapacitet og årligt bionaturgaspotentiale. Der er meget markante forskelle på størrelserne af anlæggene, hvor det mindste anlæg behandler ca. 36.000 ton biomasse om året og

producerer ca. 3 millioner kubikmeter biogas om året, mens det største anlæg, Korskro biogas i Esbjerg kommune, behandler 710.000 tons biomasse og producerer 22 millioner kubikmeter biogas om året. Samlet set er produktionskapaciteten på de større anlæg i Region Syddanmark næsten 145 millioner kubikmeter biogas om året, svarende til ca. 3.3 PJ, mens kapaciteten for den årlige behandling af biomasse er næsten 4 millioner ton, hvilket svarer til ca. 33% af behandlingskapaciteten på biogasanlæg i Danmark ifølge en opgørelse udført af SEGES og Agrotech for Erhvervsstyrelsen (Erhvervsstyrelsen, 2015: "Kortlægning af hensigtsmæssig lokalisering af nye biogasanlæg i Danmark").

Hvis det antages, at Region Syddanmarks andel af den samlede produktion af biogas fastholdes frem mod 2040 i takt med at produktionen udbygges til at omfatte alle de 94 PJ biomasseressourcer beskrevet i Energiafgrøderapporten, så vil produktionen kunne blive ca. fire en halv gange større i 2040, og dermed nå ca. 640 Nm<sup>3</sup> biogas svarende til ca. 15 PJ.

Opgørelse af  
biomasseressourcen i  
Region Syddanmark

I samme rapport opgøres fra Erhvervsstyrelsen angives dog også det eksisterende biomassegrundlag til forgasning opgjort på kommuner. Der opereres med fire fraktioner i opdelingen: husdyrgødning, affald, naturarealer og overskudshalm, hvor husdyrgødning og overskudshalm er de to klart største fraktioner. For kommunerne i Region Syddanmark udgør disse to fraktioner et biomassepotentiale på hhv. 188 og 186 millioner Nm<sup>3</sup> til produktion af bionaturgas. Dermed udgør den nuværende produktion på ca. 143 millioner Nm<sup>3</sup> ca. 38% af potentialet i regionen. Ud fra den opgørelse er det samlede potentiale for biogasproduktion i regionen ca. 8,2 PJ – omtrent halvdelen af det beregnede potentiale i Energiafgrøderapporten. Der er dermed behov for en udbygning af ressourcepotentialet i regionen, hvis den produktion skal kunne realiseres.

Biogasanlæg	Placering	Kapacitet (ton biomasse p.a.)	Produktionskapacitet (NM3 biogas p.a.)
Storde Biogas	Tønder Kommune	74.000	2.200.000
Ribe Biogas	Esbjerg Kommune	305.000	13.578.000
Korskro Biogas	Esbjerg Kommune	710.000	22.000.000
Outrup Biogas	Varde Kommune	127.000	7.750.000
Blaabjerg Biogas	Varde Kommune	220.000	7.000.000
Sdr. Vium	Varde Kommune	N/A	5.000.000
Holsted Biogas	Vejen Kommune	400.000	13.000.000
Linkogas	Vejen Kommune	458.805	19.000.000
Sønderjysk Biogas	Haderslev Kommune	600.000	20.000.000
Nordfyn Biogas	Nordfyn Kommune	300.000	10.000.000
Zastrov Biogas	Nordfyn Kommune	36.000	3.000.000
Fangel Biogas	Odense Kommune	250.000	10.000.000
Midtfyn Biogas	Midtfyn Kommune	360.000	11.000.000
<b>SAMLET</b>		<b>3.840.805</b>	<b>143.528.000</b>

Tabel 13 Oversigt over større biogasanlæg i Region Syddanmark

Naturgasforbruget i Region Syddanmark

Det samlede naturgasforbrug i Region Syd er ifølge udtræk fra BBR om erhverv, husholdninger og offentligt varmekonsum og fra Energistyrelsen om procesenergien i erhverv. Ifølge de opgørelser er naturgasforbruget til opvarmning i erhvervene ca. 2,3 PJ, ca. 4,7 PJ i husholdningerne og ca. 0,25 PJ i det offentlige, mens anvendelsen af gas til proces i erhvervene er ca. 0,7 PJ for et samlet naturgasforbrug på 7,9 PJ. Dermed udgør potentialet for biogasproduktion på de eksisterende større anlæg i regionen ca. 42% af det samlede forbrug af naturgas i dag. De relaterede emissioner fra naturgassen er sammenlagt ca. 451 kton CO<sub>2</sub>.

Barrierer for større udbredelse i Region Syddanmark

Der er i Region Syddanmark ikke særlige barrierer eller udfordringer for udbygning af en mere omfattende produktion af biogas i forhold til andre steder i landet. Tværtimod har Region Syddanmark grundlæggende gode forudsætninger på grund af et omfattende landbrug og store husdyrhold der kan levere store mængder input til produktion af biogas. Udfordringerne ved at øge produktionen ligger derfor først og fremmest i at sikre lokal godkendelse og accept hos eventuelle naboer i forhold til anlæggene. Det er vigtigt at biogasanlæggene ligger centralt i forhold til kommuner, og det betyder ofte også et relativt tyndt befolket område, men alligevel er det vigtigt, at der tages passende hensyn til naboer, som kan frygte for store luftgener ved opførslen af biogasanlæg.

## Det fleksible energisystem

En række analyser peger på, at fremtidens energisystem i meget høj grad kan forventes at blive bygget op omkring fluktuerende elproduktion, særligt vind og sol. Eksempelvis peger rapporten "Roadmap for elektrificering i Danmark" på, at mere end 80% af fremtidens elproduktion i Europa med stor sandsynlighed vil være vind og sol. I Danmark kan det blive mere end 90% understøttet af stærke transmissionsforbindelser til Tyskland og Norden. En udfordring ved vind og sol er deres variabilitet, som delvist kan løses gennem forbrugsstyring, ved brug af batterier og gennem udveksling af elektricitet mellem landene. Anvendelse af gas som spidslast har også betydeligt potentiale. Hertil kommer, at der skal findes erstatningsbrændsler for de mængder af kul, olie og naturgas der vanskeligt lader sig erstatte af elbaserede løsninger. Biogas har dermed potentialet for dels at levere CO<sub>2</sub>-neutral fleksibilitet til el-systemet, og dels erstatte fossile brændsler i husstande, industri og transport.

Gas til industri og varme

Også de danske varme- og industrisektorer skal omstille væk fra fossile brændsler, og der skal findes alternative løsninger, der kan fungere for industriprocesser og for gasfyrede husholdninger. En mulighed er, at kedler og fyr i industri og husholdninger omlægges til varmepumper og i et vist omfang til fjernvarme.

Anvendelse af gas i transportsektoren

En anden anvendelsesmulighed for biogas er i transportsektoren - i særdeleshed den tunge godstransport - hvor andre muligheder er vanskelige og dyre. Her kan biogas der er omdannet til metanol eller tryksat eller flydende biogas anvendes i stedet for benzin og diesel.

Biogas samt CO<sub>2</sub> indholdet i biogas har også potentiale til at blive omdannet til flybrændstof og diesel ved forskellige processer, der også omfatter syntetisering med brint. Syddansk Universitet har peget på denne mulighed i samarbejde med bl.a. Niras og Nordic Initiative for Sustainable Aviation (NISA). Disse såkaldte Power-to-X processer behandles mere omfattende i Temanotat 8).

Anbefalinger fra Klimarådets rapport angående biogas

I Klimarådets nye rapport gives der tre anbefalinger til fremme af produktionen af biogas og dens anvendelse i energisystemet. Det første forslag går på en revision af biogasstøtten og støtten til elproduktion på biogas. Klimarådet forventer at støtten til disse aktiviteter skal stige til ca. 3 milliarder om året i 2020. Hvor støtten i dag gives til produktion af biogas uafhængigt af anvendelse, foreslås det i rapporten, at biogasstøtten opdeles i en landbrugsdel og en energidel. Det foreslås i rapporten, at støtten til landbrugsdelen kun gives til biogasproduktion, der har påviselige klimapositive effekter, mens energidelen bør støttes uafhængigt af anvendelse. Der forventes dermed at komme et større og mere fokuseret fokus på støtte til produktion af biogas i fremtiden.



Det andet punkt i Klimarådets anbefalinger til biogas er en igangsættelse af et større udbud frem mod 2025, som skal fremme innovation og øget effektivisering i biogasproduktionen, som det har været tilfældet i lignende udbud for fx vindmøllebaseret strømproduktion. Anbefalingen er, at udbuddene i første omgang skal sigte efter at øge produktionen af biogas til 35 PJ i 2025, hvilket er en forøgelse på 7 PJ over Basisfremskrivningen. Hvis det nås vil ca. halvdelen af det samlede gasforbrug være grønt i 2025.

Det sidste punkt i Klimarådets anbefalinger er at udslip af fra biogasanlæg af metan og lignende drivhusgasser fastlægges og stoppes. Det foreslås at der snarest muligt gøres status over tilstanden på de danske anlæg, og at der derefter gennemføres en målrettet indsats for at stoppe udslip. Dermed kan der komme et behov for investeringer i mere tætte biogasanlæg inden for kort tid.

Regeringens udspil til klimahandlingsplan

Den 20. maj 2020 fremlagde regeringen udspil til dele af den første klimahandlingsplan i henhold til Klimaloven, herunder forslag til ny udbudsrunde for biogas. Konkret vil regeringen afsætte 95 mio. kr. årligt i 2024 stigende til 230 mio. kr. årligt fra 2025 til biogas og andre grønne gasser. Det understreges, at regeringen vil sikre mest mulig grøn gas for pengene gennem effektive udbud.

### **Konklusioner og anbefalinger om biogas i Region Syd**

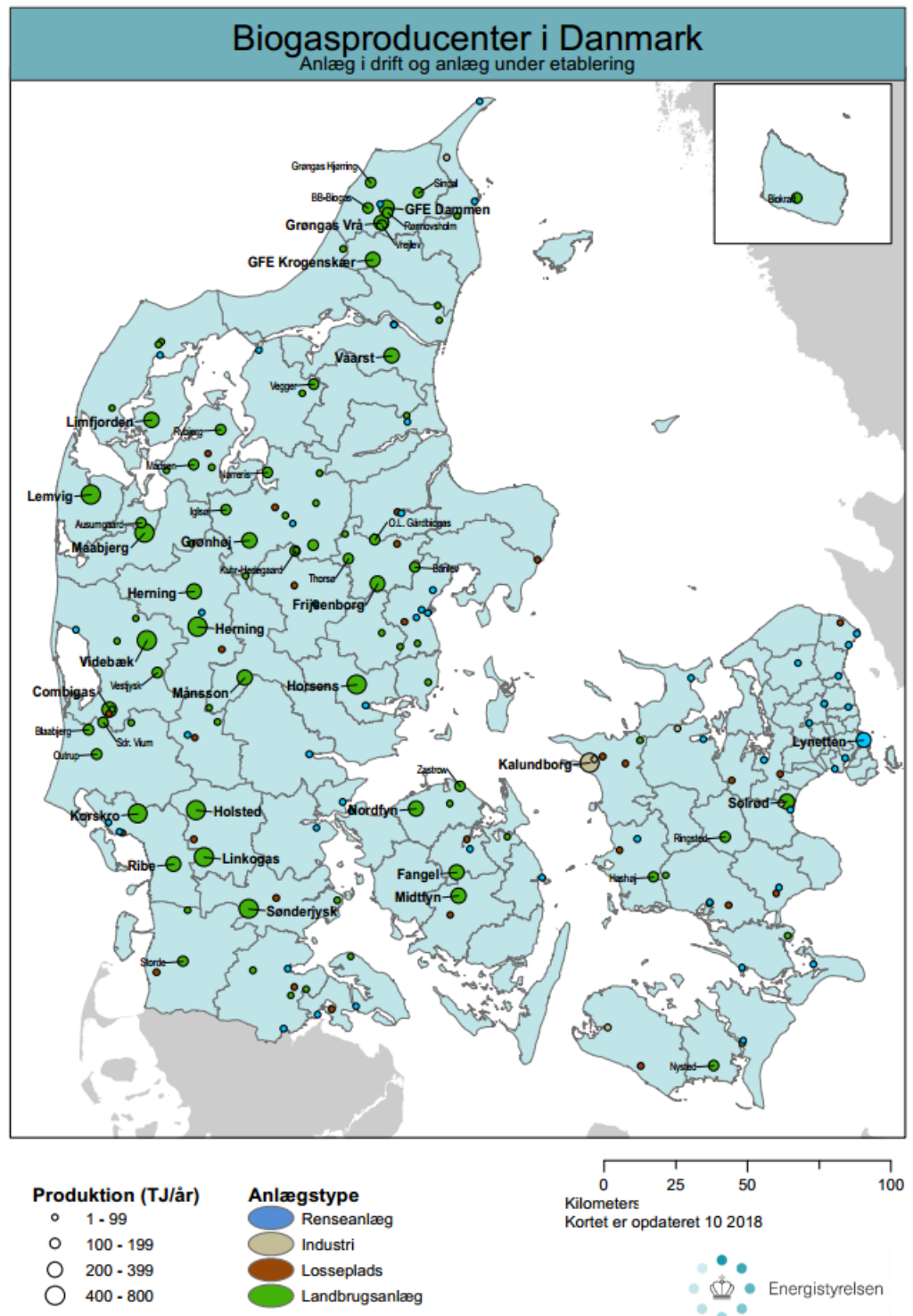
Biogas vil komme til at spille en vigtig rolle i det fremtidige energisystem, som en fleksibel og højværdi energibærer, der vil finde anvendelse i mange forskellige højværdi processer, både under direkte anvendelse og som input til opgradering gennem P2X processer. Biogassen vil også kunne bruges til klimaneutral opvarmning af husstande, men alternative varmekilder bør afsøges, så biogassen vil kunne bruges i mere værdiskabende sammenhænge. Der er politisk fokus på, at biomasseressourcen skal øges og i højere grad tages i anvendelse, og der afsættes yderligere midler til en øget og mere effektiv produktion af biogas.

Følgende anbefalinger kan derfor præsenteres i forhold til håndtering og udbygning af biogasressourcen:

- Opdatere varmeplan i samarbejde med kommuner og el- og gasselskaber, så anvendelse af gas til opvarmning kan udfases.
- Udarbejde regional biogasstrategi i samarbejde med SDU og landbruget til fremme af biogasproduktionen og optimal udnyttelse af den eksisterende ressource.
- Som en del af regionens biogasstrategi bør der udarbejdes en målrettet indsats for at støtte biogasproducenter i regionen i at få del i offentlige støttemidler til at fremme udvikling, demonstration og produktion af biogas samt P2X i regionen. Herunder specifikt ved at understøtte forberedelse af de nye udbudsrunder for grøn gas, jævnfør regeringens udspil til Klimahandlingsplan.
- Regionen kan ligeledes understøtte ansøgningsprocesser fra EU, der giver støtte til regioner, forskning og nationale projekter.

- Analysere mulighederne for at anvende biogas i tung transport herunder regional busdrift og den tunge godstransport inkl. udbygning af fyldestationer i regionen for at sikre en høj anvendelsesværdi af den producerede biogas og fremme en omstilling af den tunge transport.

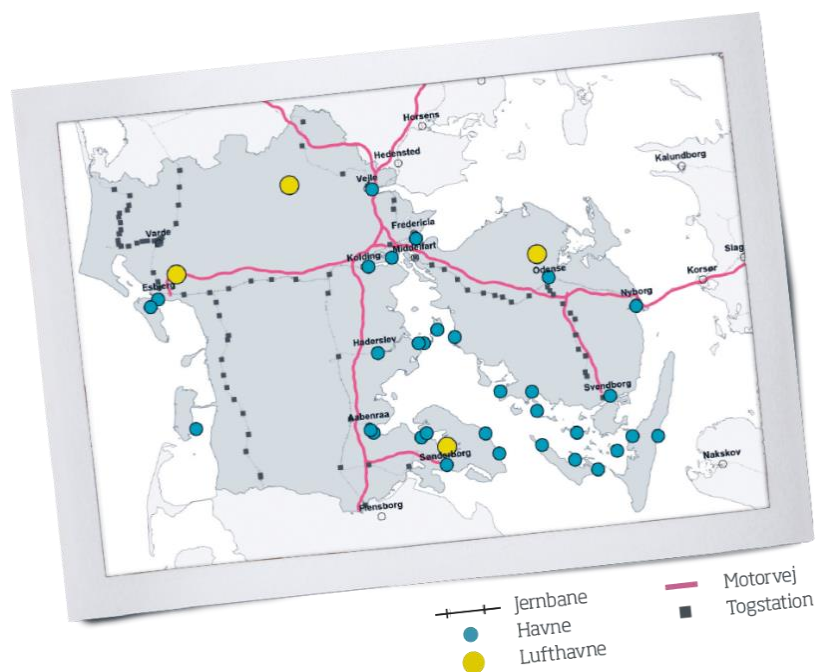
### Bilag 1: Kort over biogasanlæg (ENS, 2018)



## Temanotat 4: Grøn mobilitet

Transportsektoren stod i 2017 for omkring 28 % af de samlede nationale drivhusgasemissioner, svarende til 14 mio. ton CO<sub>2</sub>. For at nå Klimalovens målsætning om 70 % reduktion i 2030 er det derfor nødvendigt med en gennemgribende grøn omstilling af transportsektoren over en kort årrække.

I Region Syddanmark er billedet det samme; her udledte transportsektoren i 2017 ca. 3 mio. ton CO<sub>2</sub> – det samme som hele regionens el- og varmesektor og omkring 28 % af regionens samlede emissioner. Regionens geografiske placering som handelsport til resten af Nordeuropa betyder, at regionen har en unik transportsektor, som samtidig giver gode muligheder for at bidrage til den grønne omstilling. Omvendt betyder den lave befolkningstæthed og forholdsvist store køreafstande, at fx omstilling af personbilismen kan blive mere udfordrende end i de tættere bebyggede områder af landet.



Figur 43: Transportinfrastruktur i Region Syddanmark. Kilde: [Region Syddanmark].

Kendetegn for Region Syddanmark

Som Danmarks geografisk næststørste region er Syddanmark en vigtig del af det danske og nordeuropæiske mobilitetsnetværk. Jyllandskorridoren, som forbinder Danmark og Skandinavien med Nordtyskland og resten af Europa, er både historisk og i dag en af de vigtigste handelsveje for godstransport på land. En stor del af det nationale jernbanenet går ligeledes på tværs af Fyn og videre nord- og sydpå, ligesom Danmarks næststørste lufthavn, Billund, er placeret i regionen. Samtidig med regionens vigtighed for den nationale infrastruktur medfører regionens

størrelse, at en stor del af befolkningen er afhængig af individuelle transportløsninger i hverdagen.

Udviklingen af den overordnede danske transportinfrastruktur er en national opgave, og den grønne omstilling af transportsektoren vil i særdeleshed være afhængig af rammevilkår både i Danmark, men også i vores nabolande og fælleseuropæiske samarbejde. Region Syddanmark og kommunerne i regionen har imidlertid en vigtig rolle i forhold til at understøtte udviklingen af infrastruktur til den grønne transport, fx ladeinfrastruktur til eldrevne køretøjer, ligesom man har mulighed for at påvirke hvordan fremtidige nationale infrastrukturprojekter skal prioriteres. Regionen kan endvidere indgå i partnerskaber om grønne transportløsninger på tværs af erhvervsliv, stat og det offentlige.

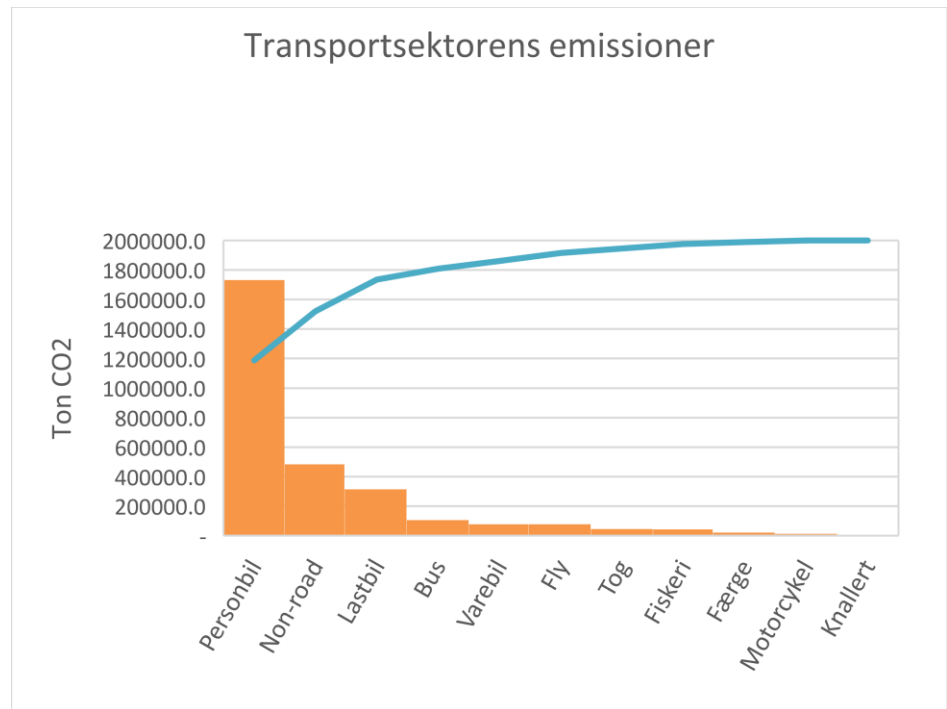
#### Læsevejledning

Dette notat redegør for Region Syddanmarks nuværende transportrelaterede drivhusgasudledninger og undersøger med udgangspunkt i regionens karakteristika og en række nationale analyser (Klimarådet, Klimapartnerskaberne, Concito mm.) de virkemidler og tiltag, hvor Region Syddanmark kan bidrage med at facilitere en grøn omstilling af transportsektoren.

#### Nuværende emissioner fra transportsektoren

##### **Transportsektoren i Region Syddanmark i dag**

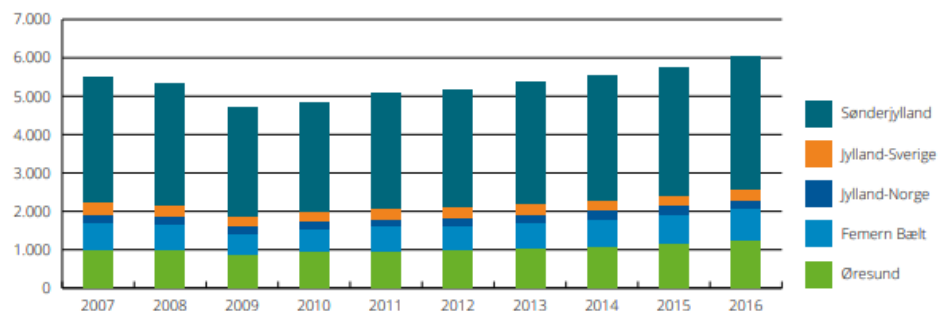
De nuværende transportrelaterede emissioner i Region Syddanmark er baseret på DTUs Transportvaneundersøgelse (TU) 2017 summeret op for regionens 22 kommuner. Emissioner fra person diesel- og benzinbiler udgør i opgørelsen 59,4 %, mens non-road køretøjer (traktorer mm.) udgør 16,6 %. Kollektive transportformer, bus og tog, udgør hhv. 3,5 % og 1,5 %, mens godstransport i lastbiler og varebiler udgør hhv. 10,8 % og 2,7 %.



Figur 44: Transportsektorens emissioner [Ton CO2] fra Energi- og CO2-regnskabet. Emissionerne er baseret på DTUs Transportvaneundersøgelse (TU) for regionen i 2017.

#### Nuværende transportarbejde

Sat i forhold til regionernes indbyggertal ligger transportarbejdet for de fleste køretøjstyper væsentligt over landsgennemsnittet. Mens en gennemsnitlig personbil i Danmark har et transportarbejde på 17.100 køretøjskilometer per bil (kkm), er det tilsvarende gennemsnit for Region Syddanmark 19.900 kkm per bil. For godstransport med lastbiler gør det sig ligeledes gældende, at transportarbejdet geografisk i Region Syddanmark udgør 27,4 % af det samlede nationale transportarbejde fra lastbiler – en væsentlig højere andel end regionens indbyggertal relativt til det nationale på 21,2 %. Dertil kommer international transport på regionens veje og jernbaner, som ikke fremgår af den nærværende opgørelse. Den dansk-tyske landegrænse, som udgøres af tre motor- og hovedveje samt to jernbaneovergange, er den mest befærdede grænseovergang for gods til og fra Danmark, fx kom 2/3 af lastbiler ind i Danmark via Sønderjylland i 2016 (se Figur 3). Det betyder, at en stor andel international transport kører på Region Syddanmarks veje og jernbaner.



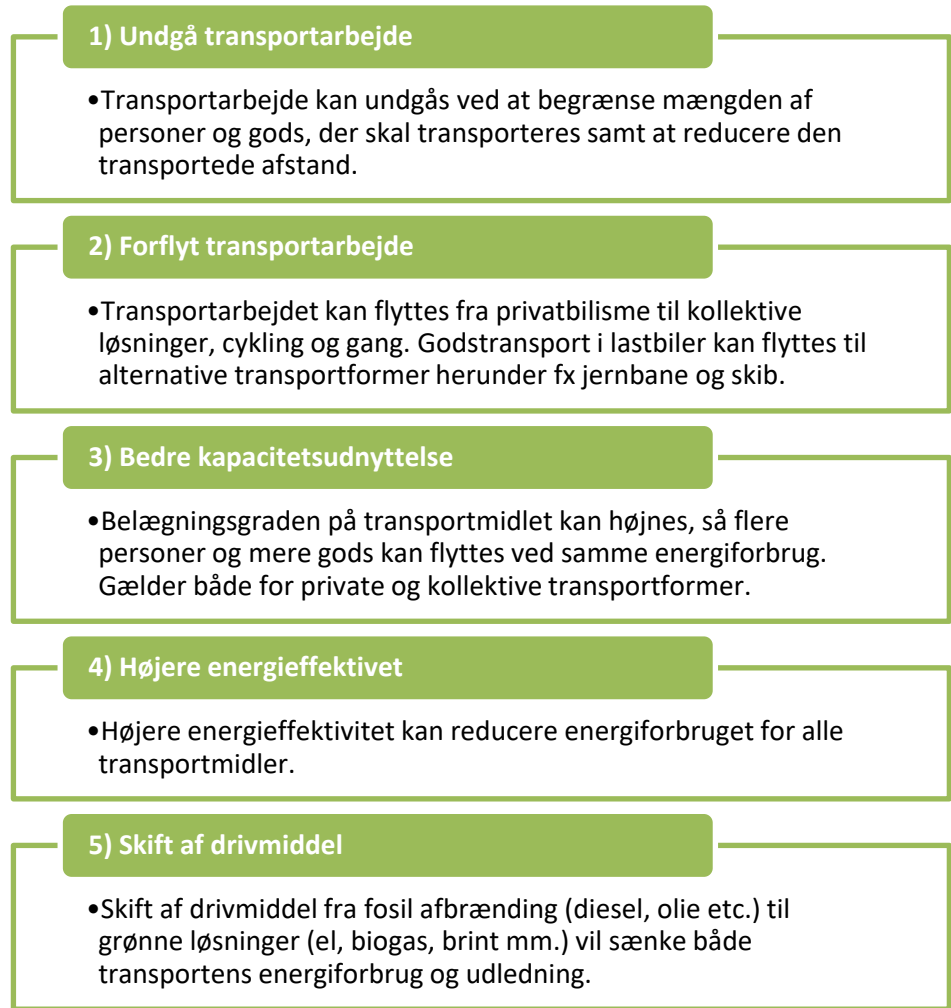
Figur 45: Udviklingen i den samlede lastbiltrafik på vej, over bro og med færge til Danmark fordelt på regioner. Antal lastbiler pr. årssdøgn i retning mod Danmark. Kilde: ITDs grænsetælling og Danmarks Statistik.

## Handlemuligheder

På trods af, at den grønne omstilling af transportsektoren i stor grad vil afhænge af markedets teknologivalg samt nationale og internationale rammevilkår, kan Region Syddanmark skubbe på omstillingen via en række tiltag og initiativer.

Overordnet kan handlemulighederne i transportsektoren grupperes på følgende områder: 1. Undgå transportarbejde; 2. Flytte transportarbejde fra privatbilisme til tog, bus, cykel eller gang; 3. Bedre kapacitetsudnyttelse af transportmidler; 4. Højere energieffektivitet; 5. Skift af drivmiddel. (Se Figur 4)

Fokus ligger ofte i handlepunkt 5, hvor transportformens drivmiddel ændres fra fossildrift til et grønt alternativ. Som region og derved med udvidede muligheder for strategisk planlægning af transportsektoren, har Region Syddanmark dog yderligere potentiale for at bidrage til, at de øvrige handlemuligheder også kommer i spil. På trods af, at den mest effektive måde at reducere transportrelaterede udledninger, er at formindske transportarbejdet, er det ofte vanskeligt og det kan risikere at begrænse mobilitet for personer og varer. Derimod er der ofte gode muligheder for at påvirke transportadfærd og derved forflytte transportarbejde til kollektive eller mere grønne transportformer. Fx forventes det, at letbanen i Odense vil bidrage til CO<sub>2</sub>-reduktioner som følge af ændret transportadfærd hos odenseanerne. En velstruktureret planlægning af den regionale kollektive trafik og dertilhørende velfungerende rejseplanlægningsværktøjer og tilstrækkelig bus- og togfrekvens kan ligeledes bidrage til øget brug af kollektive løsninger og reduceret privatbilisme. Flere kommuner arbejder samtidigt med forbedrede forhold for gående og cyklister.



Figur 46: Fem overordnede handlemuligheder til reduktion af transportsektorens emissioner.

Indenfor transport af gods er det næppe hensigtsmæssigt at arbejde for reducerede godsmængder, men forflytning af en del af godstransporten fra lastbiler til alternativer, såsom jernbane og skib, udgør en oplagt reduktionsmulighed. I dag transporteres op mod 94 % af alt gods på veje, mens kun 6 % transporteres med jernbane. Europakommissionen har som en del af deres "European Green Deal"<sup>20</sup> igangsat arbejdet med en omfattende fælleseuropæisk grøn mobilitetsstrategi, hvor det bl.a. er en hovedprioritet at betydelige andele af den nuværende vejgodstransport skal forflyttes til jernbane og indenlands søtransport. EU-initiativet "Shift2Rail", som er et netværk bestående af bl.a. store industrivirksomheder, teknologiudviklere, myndigheder og akademiske institutter, arbejder for at forbedre vilkårene for jernbanetransport i Europa, herunder med et mål om at fordoble den nuværende jernbanekapacitet. Som en vigtig korridor i den

<sup>20</sup> European Clean Deal blev vedtaget i december 2019 af EU, og har som mål at EU's medlemslande i 2050 skal være klimaneutrale.

Nordeuropæiske infrastruktursektor vil Region Syddanmark kunne deltage i sådanne initiativer, enten selv eller ved at facilitere deltagelse fra regionens industri- og jernbaneaktører. Region Syddanmark kunne fx have fokus på udbredelsen af modalhubs, hvor gods omlæsses fra lastbiler til tog, hvor det er hensigtsmæssigt.

For at sikre, at de kollektive alternativer bidrager til den grønne omstilling, er det nødvendigt at undersøge hvordan de resterende dieseldrevne jernbanestrækninger i regionen i fremtiden kan konverteres til grønne drivmidler. Her kan regionen som strategisk partner skubbe på for, at Arriva og DSB (og Banedanmark) undersøger hvilke alternativer, som er mest egnet for de specifikke lokalbaner.

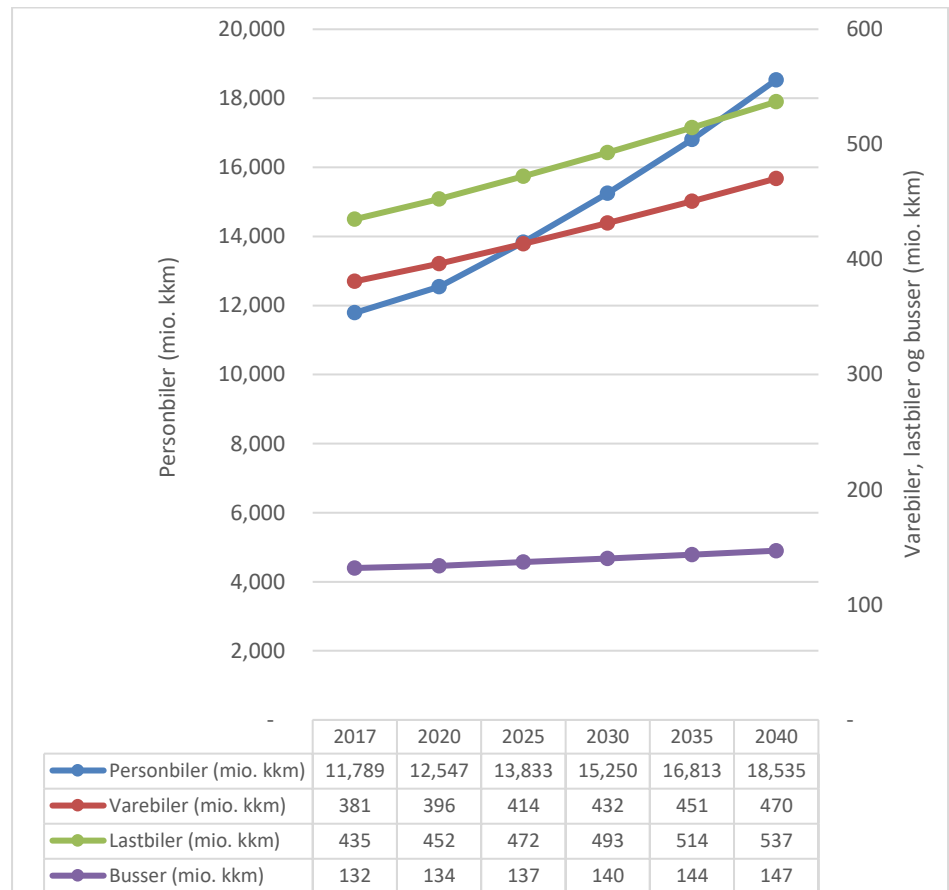
### **Forventninger til fremtidens grønne transportsektor**

Forventninger til  
fremtidigt  
transportarbejde

Transportarbejdet forventes at stige som følge af befolkningsvækst, øget vejinfrastruktur, økonomisk vækst og at folk pendler længere.

For at give et fingerpeg over, hvordan transportarbejdet kan udvikle sig i Region Syddanmark, er det nuværende transportarbejde fremskrevet jf. Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019. Her er forudsat en årlig vækst for personbilisme på 1,97 % frem til 2040 og 1,38 % for lastbiler, mens varebiler og busser har lavere vækstrater. Vækstraterne er beregnet af Trafik-, Bygge-, og Boligstyrelsen til anvendelse i deres Landstrafikmodel.





Figur 47: Det vejgående transportarbejdes forventede udvikling jf. Energistyrelsens Basisfremskrivning 2019 (BF19). Personbiler på venstre akse og varebiler, lastbiler og busser på højre akse.

Især transportarbejdet fra personbilisme vil i 2030 være steget med ca. 29 % og i 2040 ca. 57 % ift. 2017. Det vil betyde, at hvis gennemføres tiltag til at dæmpe trafikvæksten eller reducere bilernes anvendelse af fossile drivmidler, vil emissionerne stige voldsomt over de næste årtier som følge af langt flere biler på de danske veje.

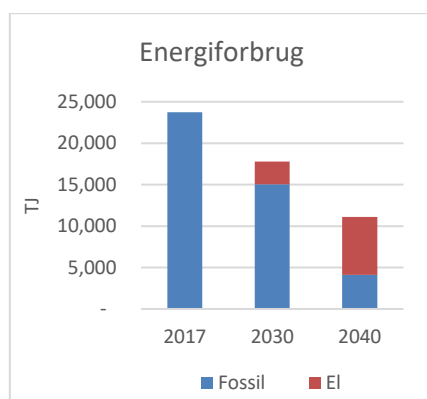
Fremskrivningen af transportarbejdet tager ikke højde for regionale tendenser og fremtidige infrastrukturprojekter. Fx forventes det, at det nyligt vedtagne Femern Bælt projekt på lang sigt at flytte en væsentlig del af transportarbejdet væk fra Region Syddanmarks motorveje (Dansk-Tysk Transportkommission, 2015).

## Personbiler

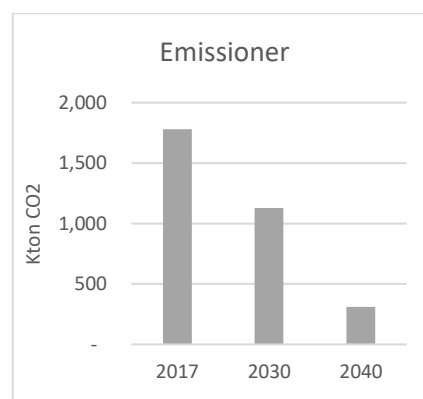
Elektrificeringen af persontransporten forventes at være et centralt tiltag i opfyldelsen af 70 % målsætningen. I den sammenhæng er det vigtigt at nævne, at det forudsættes at det danske elsystem i 2030 er emissionsfrit som følge af udbygning med grøn elproduktion, herunder hav- og landvindmøller, solceller og udfasning af fossile brændsler i kraftvarmeproduktionen. Udviklingen for personbiler forventes i stor stil at blive drevet af den teknologiske udvikling og af de nationale rammevilkår. Regeringen har besluttet, at nye diesel- og benzinbiler ikke skal kunne sælges fra 2030. Den tidligere regering vurderede, at det ville føre til

mindst en million el- og plug-in hybridbiler i 2030, svarende til ca. 34 % af personbilflåden. Samtidig forventes der samlet set at komme op mod 600.000 yderligere personbiler i Danmark frem mod 2030 (Klimarådet). På nuværende tidspunkt iblandes biobrændstoffer både i benzin og diesel, men i relativt beskedent omfang i Danmark (ca. 5 % for benzin og 7 % for diesel). Nyere benzinbiler kan køre med op til 15 % iblandet bioethanol (Det amerikanske miljøagentur, EPA), mens 95 % af benzinbilerne på de danske veje kan køre på 10 % iblandet bioethanol (Drivkraftdanmark). I fx Sverige er der stor fokus på brug af biobrændstof som virkemiddel til at reducere transportsektorens emissioner.

Per 1. januar 2020 var der ca. 590.000 personbiler i Region Syddanmark, hvoraf lige under 4.000 var el- eller hybridbiler (DST). Samtidig med den forventede stigning i den samlede flåde, vil det betyde, at der i Region Syddanmark i 2030 som følge af ændrede nationale rammevilkår og regulering kan være op mod 250.000 el- og hybridbiler på vejene, hvis man på nationalt niveau når ca. 1 mio. elbiler og plug-in'er. Frem mod 2050 forventes det, at der næsten udelukkende er elbiler på regionens veje.



Figur 48: Personbilers energiforbrug i Region Syddanmark i dag og muligt energiforbrug i 2030 og 2040 ved hhv. 34 % og 80 % elbilsandele.



Figur 49: Emissioner fra personbiler i Region Syddanmark i dag og mulig reduktion i 2030 og 2040 ved hhv. 34 % og 80 % elbilsandele.

En øget elektrificering af transportsektoren vil stille krav til elnettets kapacitet, både på transmissions- og distributionssiden. Samtidig forventes øvrige sektorer (fjernvarme etc.) ligeledes at have et øget elforbrug de kommende årtier, som giver behov for større mængder grøn elproduktionskapacitet. (For mere om fremtidens energisystem, se temanotat 1: Det fleksible energisystem).

## Kollektiv trafik

Regionens trafikelskaber har i samarbejde med kommunerne ansvaret for den grønne omstilling af den kollektive trafik. I flere af regionens store byer, Esbjerg, Kolding, Vejle og Odense skal busdriften i udbud i 2021-2022, hvilket giver mulighed for valg af grønne løsninger. Elbusser er fortsat en dyrere løsning end dieselbussen, men forskellen kan forventes at blive udjævnet i de kommende år. Et alternativ til

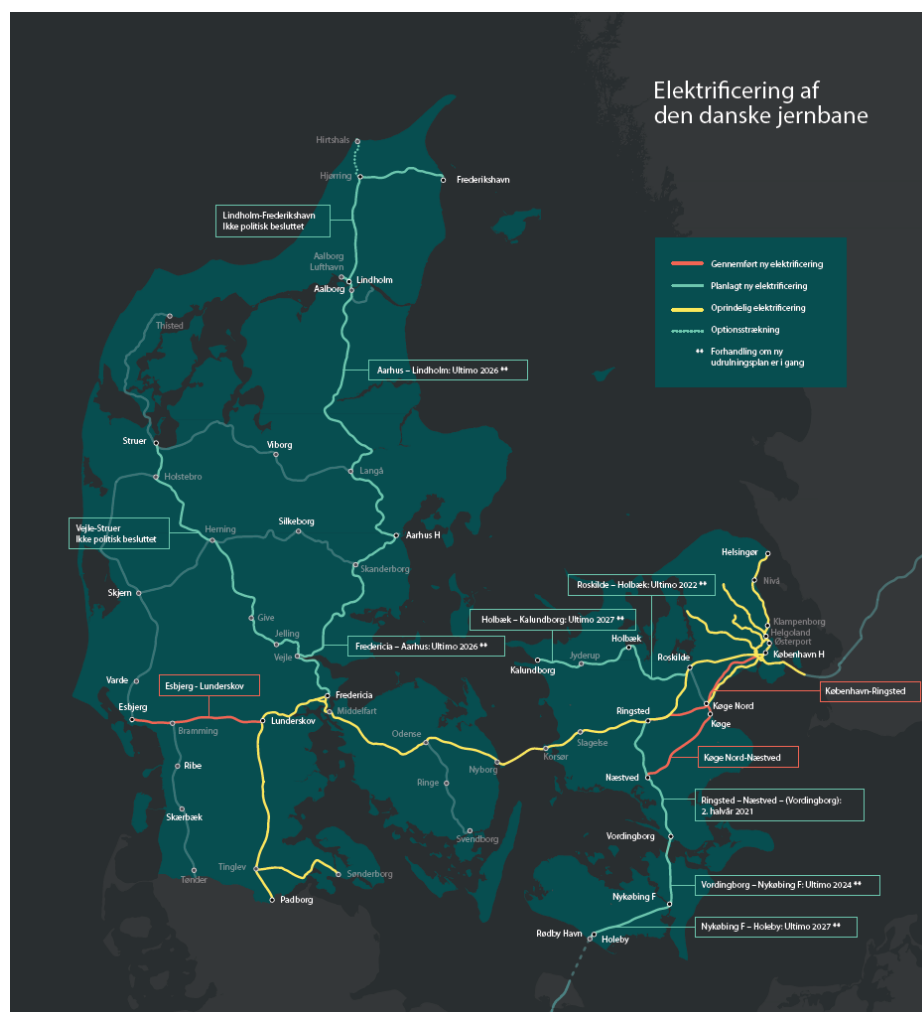
diesel- og elbussen er gasbusser, som kører på opgraderet biogas. En udfordring ved at anvende biomasse til landtransport er, at biomasse er en knap ressource, som skal bruges med omhu. (Se temanotat 2: Prioritering af biomasse til energiformål og temanotat 3: Biogassens rolle i energiforsyningen). På længere sigt kan brintbusser også være et alternativ, når teknologien modnes og prisen bliver konkurrencedygtig. I dag kører der i regionen allerede 48 gasbusser rundt (i Fredericia og Sønderborg) samt tre diesel-el hybridbusser i Kolding (COWI). COWI gennemførte i 2019 analyse for Sydtrafik som pegede på, at et samspil mellem flere forskellige teknologier og drivmidler vil være attraktivt at have i spil i fremtidens bussektor.

Overordnet har Danmark haltet efter det resterende Europa, hvad det angår elektrificering af det overordnede jernbanenet. Den elektrificerede hovedlinje fra København til Fredericia er planlagt at blive forlænget videre nordvest mod Struer og nord mod Aalborg og Frederikshavn. Fra Fredericia sydpå mod Padborg og Sønderborg er også elektrificerede, ligesom strækningen mod Esbjerg blev elektrificeret i 2017.

Lokalbanerne Svendborgbanen (DSB) og Esbjerg-Struerbanen (Arriva) er fortsat dieseldrevne strækninger. Da der ikke umiddelbart er planer om at elektrificere de to lokalbaner vha. køreledninger, kan det blive relevant at se mod batteriløsninger evt. med opladning ved endestationerne, eller grønne brændsler, fx brinttøge, som allerede kører i Tyskland. Trafikministeriet har i en nylig analyse konkluderet, at batteritogteknologien er moden til praktisk afprøvning i Danmark og har økonomisk potentiale for de lokale jernbanestrækninger som ikke kan elektrificeres vha. køreledninger (Trafikministeriet, 2019). I den forbindelse har Trafikministeren ligeledes udtalt, at omstilling af lokalbanerne til batteritog kan ske på denne side af 2030. Især har ministeren haft blik på, at den nuværende forsøgsordning med batteritog i Slesvig-Holsten kan forlænges til Sønderborg og Trekantområdet (A4, 2020).

Passagertransport med tog hen over den tyske grænse er i dag forbundet med en tidskrævende omvej ind til banegården i Flensburg. En ny grænsebanegård er derfor på tegnebrættet (fx i Flensburgforstaden Weiche), som vil spare ca. 15 minutter af rejsetiden. En mere effektiv persontransport i grænseområdet kan hjælpe til at overflytte transportarbejde fra personbilisme til tog. Ligeledes vil der være mulighed for en lignende opførelse af en kombiterminal i grænselandet, som kan sikre en effektiv godstransport.

I Odense står den eldrevne letbane til at være klar i 2021. Forventningen har været, at ca. 1 % af transportarbejdet fra personbilisme i og omkring Odense by i fremtiden vil blive konverteret til letbanen (Odense Letbane, 2013). Udbygning med nye kollektive løsninger kan være aktuelt i flere af Region Syddanmarks større byer.



Figur 50: Elektrificering af det danske jernbanenet. Kilde: [Banedanmark].

## Godstransport

Som beskrevet, er Region Syddanmarks andel af det transportarbejde af gods relativt stort som følge af regionens centrale geografiske placering. Samtidig gør forbindelsen til det øvrige Europa, at omstillingen af godstransporten vil være afhængig af tendenser og teknologivalg internationalt. I modsætning til personbiltransporten er det på nuværende tidspunkt ikke klart, hvilke teknologier, som skal være hjørnesten i den grønne omstilling af den tunge godstransport, hvor især de lange distancer er en udfordring. Både Klimarådet og Klimapartnerskabet for transport peger ikke på én specifik teknologi. For kortdistance vurderes el mest lovende, mens biodiesel, biogas, naturgas, el fra batterier, el-veje<sup>21</sup>, brint og alternative CO<sub>2</sub>-neutrale brændstoffer alle muligvis vil få en rolle i den grønne omstilling af den tunge transport. Med udgangspunkt i, at 50 % af godstransporten foregår på 2 % af vejnettet, har Concito i deres analyse "Decarbonisering af vejgodstransporten" vurderet, at både kort- og langdistancetransport frem mod

<sup>21</sup> El-veje dækker over det engelske begreb "E-roads", som dækker over flere forskellige teknikker, herunder køreledninger, el-skiner i vejen og induktion.

2050 kan elektrificeres ved el-motorveje og batteridrevne lastbiler uden "(...) at grundlæggende teknisk-økonomiske barrierer skal overvindes.". El-veje vil kræve gennemgående samarbejde internationalt, bl.a. fælles valg af teknologi og det vil være nødvendigt med store investeringer i infrastruktur.

Skibe og fly

Hos naboerne i Tyskland har man allerede søsat en række pilotprojekter, i særdeleshed med brint. Ni motorvejsstrækninger (herunder en omkring Kiel) er med i forsøgsordningen, hvor der er opsat brinttankstationer. Sideløbende er der også igangsat demonstrationsprojekter for el-motorveje, fx lige syd for Lübeck på A1, som løber fra den danske grænse og sydpå gennem Tyskland. Kigger man mod Sverige, er biobrændstoffer med til allerede nu at reducere udledningen fra den tunge transport. På længere sigt kan Power-to-X (PtX) blive et vigtigt element i omstillingen af lastbiler, skibe og fly til grønne transportformer. Ammoniak, metanol, metan mm. omdannet fra grøn el (fx produceret i Region Syddanmark, som har fordelene af store mængder grøn strøm fra Nordsøen) kan bruges i de sektorer, hvor især eldrift ikke er muligt. (For mere om PtX og mulighederne for alternative brændsler i fremtiden, se temanotat 8: Power to X).

Varebiler

Varebiler og godstransport over korte afstande internt i regionen forventes at følge tendenserne som for personbiler og vil med stor sandsynlighed gå mod elektrificering. Pga. især varebilers ofte begrænsede kørselsafstande og virksomheders stigende fokus på bæredygtighed, er der endda mulighed for at indfasningen af el i varebilssegmentet kan ske hurtigere end for personbiler.

## Regionens rolle og handlemuligheder

Den grønne omstilling af transportsektoren vil være betinget af både internationale, nationale, regionale og kommunale valg. Internationalt vil teknologivalg og fælleseuropæiske rammevilkår i høj grad danne grundlag for, hvordan omstillingen af fx den tunge transport vil udvikle sig. På nationalt niveau vil forbud, afgifter og tilskudsordninger til fx elbiler være et helt centralt element i omstillingen, ligesom nationale aktører (Banedanmark, DSB mm.) vil have betydende roller. Regionens rolle vil være af strategisk karakter og som samlingspunkt for kommunerne. Regionen vil desuden være ansvarlig for den grønne omstilling af egen flåde samt de kollektive trafikselskaber (i samarbejde med regionens kommuner). På regionalt og kommunalt niveau vil elektrificering af transportsektoren betyde, at der skal sikres tilstrækkelig ladeinfrastruktur via planlægning og offentlig-private partnerskabet. Derudover skal dialog og samarbejde med el-selskaber og distributører sikre, at elnettets kapacitet er gearet til elektrificeringen.

Herunder følger en ikke udtømmende liste af strategiske handlemuligheder, hvor Region Syddanmark aktivt kan bidrage til den grønne omstilling af transportsektoren.

- Region Syddanmark kan undersøge mulighederne for at gøre jyllandskorridoren til en "Grøn transportkorridor". Herunder at indgå samarbejde med de omkringliggende danske og tyske aktører. Det kunne eksempelvis omhandle muligheder for LNG, brint og/eller biogas tankstationer i Syddanmark, udbredelsen af opladningsinfrastruktur, el-veje, og/eller initiativer i grænselandet fx omkring de store service- og godsterminaler.
- Region Syddanmark kan påtage sig rollen som videnshub for den grønne omstilling, med fokus på at facilitere partnerskaber og workshops, koordinere finansiering, foretage analyser og samle op på tværgående resultater. Ligeledes kan regionen bidrage til og medvirke i fælleseuropæiske vidensnetværk.
- Som fælles organ og talerør for Region Syddanmarks 22 kommuner kan regionen være med til at påvirke at den nationale regulering, afgiftsniveauer og tilskudsordninger sikrer en smidig og omkostningseffektiv grøn omstilling af transportsektoren.
- Region Syddanmark har muligheder for at elektrificere sin egen køretøjsflåde, ligesom regionen har indflydelse på fremtidige teknologivalg i den offentlige transport. Herunder vil det ligeledes være muligt at assistere regionens kommuner og byer med udviklingen af grønne mobilitetsplaner, som bl.a. skal undersøge lokale virkemidler til at fremme brugen af offentlig transport og grønne teknologier.

## Temanotat 5: Varmepumper til individuel varmforsyning

### Formål

Folketingets mål om en 70% reduktion af udledningerne i 2030 ift. niveauet i 1990, kræver at en kraftig reduktion af fossile brændsler i alle sektorer, herunder også opvarmningssektoren. Det vurderes at en kombination af fjernvarme og individuelle varmepumper i høj grad skal sikre grøn opvarmning af boligmassen i Danmark. At varmepumper regnes som grøn opvarmning skyldes at elproduktion i Danmark ventes at være stort set 100% baseret på vedvarende energi allerede i 2030.

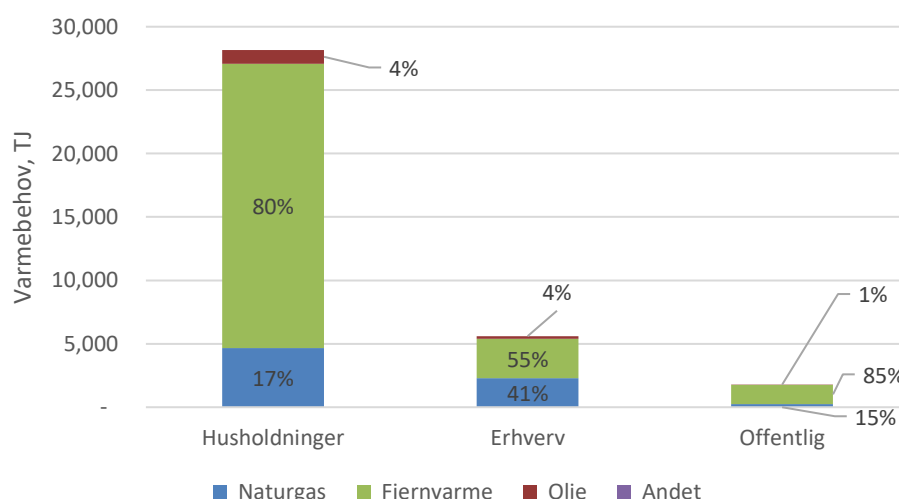
Udbredelsen af varmepumper er ikke så stor endnu, da de kræver en betydelig investering og har vanskeligt ved at konkurrere økonomisk med fx gasopvarmning. Hertil kommer reguleringen, der bl.a. med PSO-tariffer og elvarmeafgift samt tilslutningskrav til fjernvarme og gas, der mange steder har gjort det uinteressant at anvende varmepumper. Med de seneste energipolitiske aftaler, samt med den fortsatte udvikling af varmepumpeteknologien ventes varmepumper at blive mere attraktive fremadrettet.

I dette notat gennemgås varmepumpernes fordele og ulemper som varmekilde sammenlignet med andre varmekilder, og der afsluttes med anbefalinger.

### Varmeforsyningen i dag

Den danske bygningsbestand opvarmes i dag vha. en blanding af forskellige energiformer, herunder fjernvarme, gas, olie, biomasse, traditionel elvarme, og varmepumper.

Figur 1 viser en opgørelse af hvordan varmebehovet i forskellige bygningstyper dækkes i Region Syddanmark. Procesvarme er frasorteret. Opgørelsen er baseret på BBR, og indeholder derved en del usikkerheder da bygningsejerne selv er ansvarlige for opdatering af BBR-oplysninger.



Figur 51. Opgørelse af varmebehovet i Region Syddanmark baseret på BBR-oplysninger fra 2017.

Ifølge BBR leveres ca. 75% varmebehovet af fjernvarme, mens ca. 20% af varmebehovet leveres af naturgas og 4% leveres af olie. Skift til individuelle varmepumper ventes især at være relevant for de bygninger som i dag har olie- og gasopvarmning samt træpillefyr. Ifølge Figur 1 er der dog ikke en betydelig mængde boliger opvarmet med træpiller.

### Teknologien

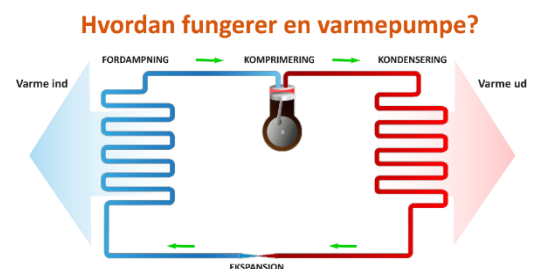
Individuelle varmepumpe omfatter de varmepumper som forsyner enkelte huse eller bygninger.

Varmepumpeteknologien er ikke ny, men interessen er steget markant de seneste år, da især økonomien er blevet væsentlig forbedret i forbindelse med sænkning af elvarmeafgiften, fjernelse af PSO-afgiften samt etablering af tilskudsordninger.

Eldrevne varmepumper henter varme fra omgivelserne, fx fra udendørsluften eller jorden, og øger temperaturen vha. en kølekreds drevet af elektricitet. Da varmepumpens elforbrug går til at "flytte" varme fra koldere omgivelser (fx udeluft) til varmere omgivelser indendørs, kan der leveres mere varme end der forbruges el. Med andre ord, varmepumper har en effektivitet over 100%. Effektiviteten kaldes også varmepumpes COP-værdi, hvor en varmepumpe med en COP-værdi på 3 betyder at den leverer 3 kWh varme for hver kWh elektricitet (effektivitet på 300%).

### Varmepumpetyper

Der findes flere forskellige typer varmepumper, hvor varmepumpens navn indikerer hvorfra varmen optages samt hvilket medie varmen leveres som.



- Luft-luft: En luft-luft varmepumpe optager varme fra udendørsluften og leverer opvarmet luft indendørs.
- Luft-vand: En luft-vand varmepumpe optager også varme fra luft, men leverer opvarmet vand i stedet
- Væske-vand: En væske-vand varmepumpe, også kaldt et jordvarmeanlæg, optager varme fra jorden vha. nedgravede slanger med cirkulerende væske, og leverer opvarmet vand.

En luft-vand og en jordvarme varmepumpe kan fungere som centralt varmeanlæg på lige fod med et gasfyr, mens en luft-luft varmepumper er en supplerende varmekilde da den ikke kan levere brugsvand. Til gengæld har en luft-luft varmepumpe mulighed for at levere køling på varme sommerdage ved at vende flowet i kølekredsen.

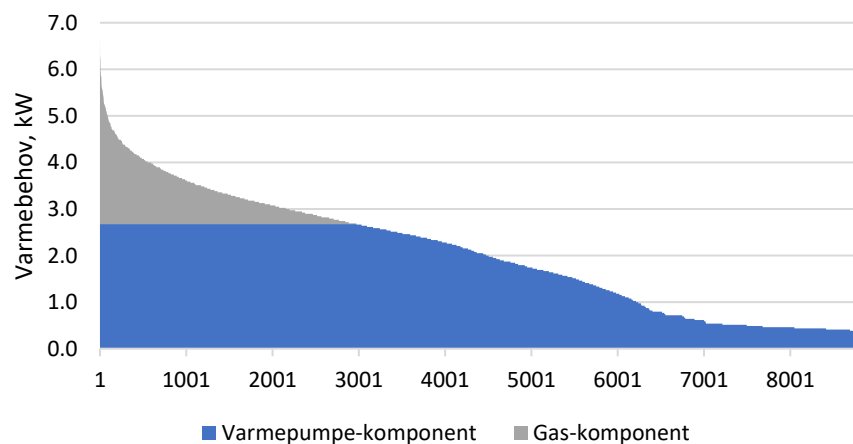


Varmepumper kan sagtens levere varmt vand til en bolig selvom det er  $-10^{\circ}\text{C}$  udenfor, men deres effektivitet falder ved stigende temperaturforskelle mellem varmekilde og varmeleverance. Derfor når det er koldt udenfor har en varmepumpe en lavere effektivitet sammenlignet med mildere dage. Et jordvarmeanlæg har den højeste gennemsnitlige COP, da den har en mere stabil og frostfri varmekilde.

#### Gashybridvarmepumpe

I forbindelse med udfasning af gasopvarmning, er en fjerde type varmepumper også blevet interessant, kaldt en gashybridvarmepumpe. Denne er typisk en kombination af en luft-vand varmepumpe og et gasfyr, hvor varmepumpen leverer størstedelen af varmen, og gasfyret anvendes når varmepumpens virkningsgrad er lav og/eller når elpriserne er høje.

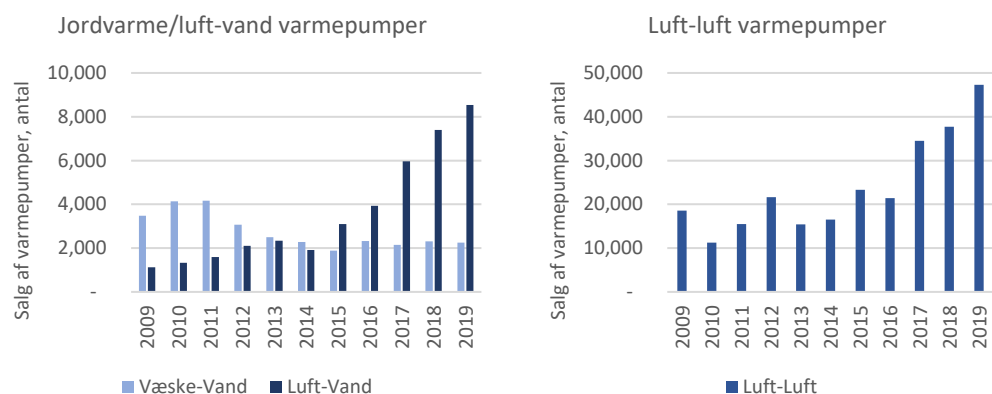
En luft-vandvarmepumpe har en høj investeringsomkostning sammenlignet med et gasfyr, og i en hybridløsning kan størrelsen af varmepumpen reduceres betydeligt, da den ikke skal levere spidsvarmebehovet på kolde vinterdage. Figur 3 viser et eksempel på en varighedskurve for et hus hvor spidsbelastningen er knap 7 kW. Varmepumpen er her dimensioneret til 40% af spidslasten men leverer stadig ca. 85% af varmebehovet. Derfor får forbrugeren stadig i høj grad fordel af varmepumpens lave driftsomkostninger samt udledningerne fra opvarmning reduceres kraftigt. Denne type varmepumpe er derfor især interessant for eksisterende gaskunder, som allerede er tilkøbt gasnettet. Desuden er der mulighed for at benytte et eksisterende gasfyr i løsningen.



Figur 52. Eksempel på en varmekurve for husstand med varmebehov på 18 MWh. Her leverer varmepumper over 85% af varmen, og har en kapacitet på 40% af den maksimale varmeeffekt.

Figur 1 viser salgstallene siden 2009 for de tre mest almindelige typer individuelle varmepumper: luft-luft, luft-vand og væske-vand (jordvarme) varmepumper.

Der ses en kraftig stigning i salget af varmepumper siden 2015, hvor der er sket mere end en fordobling af salget for luft-vand og luft-luft varmepumper. Jordvarmeanlæg har ikke set samme vækst hvilket kan skyldes at de, trods deres højere COP, har en højere investering og en mere krævende installation sammenlignet med en luft-vand varmepumpe.



Figur 53: Salgstal for varmepumper: Kilde: Energistyrelsen

#### Etageboliger

Varmepumper kan også benyttes i etageboliger, hvor der blot installeres en fælles varmepumpe med tilstrækkelig kapacitet til at forsyne boligblokken, på samme måde som en gaskedel ville. Sådant et anlæg kan bestå af flere mindre modulvarmepumper, som kobles og i fællesskab leverer varmen.

#### Tekniske udfordringer

##### Udfordringer og barrierer

En varmepumpe kræver en udendørsdel som optager varme som enten er et luftindtag-modul eller en nedgravet slange. En luft-baseret varmepumpe kan have støjgener som begrænser placeringen. Dette kan give udfordringer i tætbebyggelse, fx rækkehuse.

Et jordvarmeanlæg kræver en tilstrækkelig stor have til slangen som graves ca. 1 meter ned, hvilket stiller krav til grundstørrelsen og øger investeringsomkostningerne. Dog har et jordvarmeanlæg generelt højere COP end en luft-vand varmepumpe, da jorden i denne dybde har mere stabile temperaturer og er frostfri.

Varmesystemet i en bygning kan også begrænse muligheden for at anvende en varmepumpe som varmekilde. Fx kan 1-strengssystemer være en udfordring da de kræver højere fremløbstemperaturer. Højere fremløbstemperaturer sænker varmepumpens COP og hæver derved driftsomkostninger, både fordi varmepumpens effektivitet falder og det kan være nødvendigt at supplere med elpatron.

På trods tekniske udfordringer vurderes det at en varmepumpe løsning er mulig i størstedelen af bygninger, men der vil naturligt være situationer hvor en varmepumpe ikke er den rette løsning.

#### Ikke-tekniske udfordringer

Udover det tekniske udfordringer, er det også en række ikke-tekniske udfordringer.

Varmepumper som er centralvarmeanlæg har en stor up-front investering sammenlignet med fx et gasfyr. Selvom den store investering typisk opvejes af lave

driftsomkostninger over varmepumpens levetid, kan det fungere som en barriere for nogle forbrugere. Jf. teknologikataloget koster en 10 kW varmepumpe i 2020 92.400 kr. inkl. moms, og hos faktiske udbydere ses også højere priser. Dog er efterspørgslen for varmepumper fortsat lavt sammenlignet med andre opvarmningskilder, og øget efterspørgsel forventes at sænke priser. På det svenske marked, hvor varmepumper har større udbredelse, ligger priserne på 65.000 – 80.000 DKK inkl. installation som vist i nedenstående tabel. Priserne er betydeligt lavere og det må derfor forventes at med stigende efterspørgslen i Danmark, vil priserne falde til et lignende niveau. Indtil da, kan disse barrierer afhjælpes med fx tilskud, gode lånevilkår, m.m.

Areal m <sup>2</sup>	Kapacitet kW	Ca. pris 1000 DKK
90-130	5-7	64-78
130-170	7-9	68-82
170-210	9-13	71-85
210-250	13-17	75-89

De eksisterende gaskunder har en ekstra økonomisk barriere ved skift til varmepumpe. Når en gaskunde vælger at skifte til anden varmeforsyning, kan gasselskabet kræve at kunden fysisk frakobles fra gasnettet. Denne frakobling skal kunden i dag betale, og koster ca. 8.000 kr. inkl. moms.

En anden barriere er den manglende information om varmepumper hos forbrugerne. Fx er der forbrugere som ikke ved at en varmepumpe er et alternativ til deres eksisterende varmekilde. Derudover kan forbrugere mangle tillid til at en varmepumpe kan producere 50-60 grader varmt vand med luft som er -10 grader. Det naturligt for forbrugere at vælge det de kender, men øget kendskab til teknologien kan øge antallet af forbrugere som vælger en varmepumpeløsning over deres nuværende opvarmningsform. Stigende erfaringer med varmepumper i nabolagene vil med tiden øge viden om varmepumper, men oplysningskampagner og nudging kan hjælpe.

### Klimaaftalen fra juni 2020

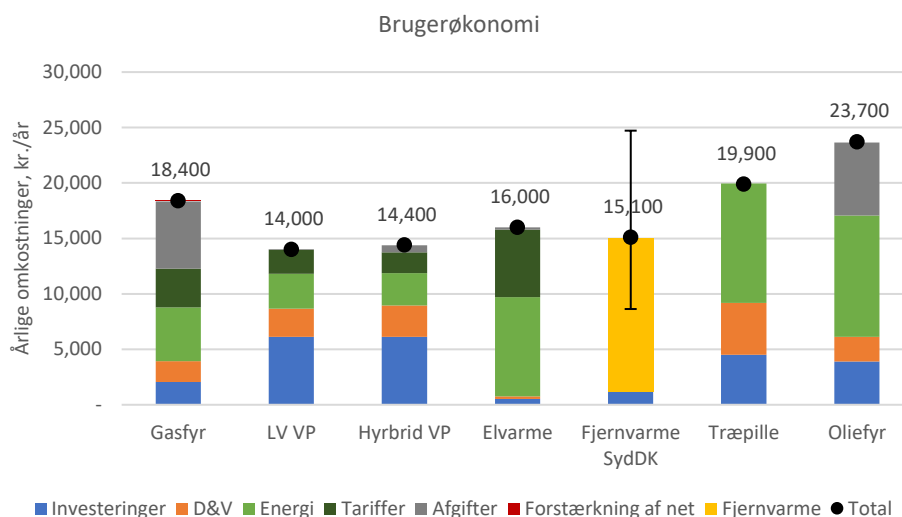
Klimaudspil maj 2020

I maj 2020 kom regeringens første klimaudspil som bl.a. omhandler en grøn opvarmningssektor, hvor brugen af olie og naturgas erstattes af grøn fjernvarme og elektriske varmepumper. Konkret omfatter aftalen bl.a. at:

Forhøje satsen for rumvarmeafgiften (fossile brændsler) fra 56,7 kr./GJ til 62,3 kr./GJ og at nedsætte satsen for elvarmeafgiften fra 15,5 øre/kWh til henholdsvis 0,4 øre/kWh for erhverv og 0,8 øre/kWh for husholdninger. Ændringerne træder i kraft med virkning fra 1. januar 2021.

Der afsættes 300 mio. – 500. mio. kr årligt frem mod 2030 til udfasning af olie- og gasfyr. Herunder til bortkobling fra gasnettet.

	<p>Det undersøges inden udgangen af 2020, om der kan etableres en særlig låneordning til borgere med manglende finansieringsmuligheder.</p>
Varmepumpens konkurrencedygtighed	<p>Ea var projektleder på Energifonden's projekt "Udfasningen af naturgas til rumvarme" (2020), hvor både den samfundsøkonomiske optimale sammensætning af opvarmning af de eksisterende gasforbrugere samt den forventet brugeradfærd og forventet udvikling med og uden forskellige virkemidler blev undersøgt.</p>
Privatøkonomi	<p>I det sammenhæng blev omkostningerne ved forskellige opvarmningsformer for forskellige typer varmekonsumenter vurderet. Figur 5 viser en sammenligning af de brugerøkonomiske omkostninger for et enfamiliehus med et årligt varmebehov på 18,1 MWh for følgende opvarmningsformer:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasfyr med gas</li> <li>• Luft-vand varmepumpe</li> <li>• Hybrid varmepumpe</li> <li>• Vandbåren elvarme</li> <li>• Fjernvarme i Region Syddanmark</li> <li>• Træpillefyr</li> <li>• Oliefyr</li> </ul> <p>I figuren anvendes lokale tariffer for el og gas. For gastariffen anvendes middel af tariffen på Fyn og det sydlige Jylland (41,7 kr./GJ eller 1,65 kr./m<sup>3</sup>). For eltariffen anvendes middel af de to distributører, N2 og Vores Elnet (0,19 kr./kWh).</p> <p>Derudover anvendes sænket elvarmeafgift (0,8 øre/kWh) og en hævet energiafgift på fossil opvarmning medtaget (62,3 øre/kWh), som er i overensstemmelse med regeringens seneste klimaaftale.</p> <p>I klimaaftalen afsættes også et beløb til varmepumpe og fjernvarmetilskud. Dette er ikke medtaget i Figur 5. Derudover er frakoblingsgebyret for eksisterende gaskunder ikke medregnet i Figur 5, da dette også forventes at blive fjernet med den seneste klimaaftale.</p> <p>Der vises en omkostning til forstærkning af gasnettet som forventes i forbindelse med stigende andel grøn/biogas i nettet grundet større mængder decentraliseret produktion. Gaskunders gasforbrug afregnes i dag som naturgas uanset mængden af grøn gas i forsyningen.</p> <p>Fjernvarmeomkostningen viser middel prisstatistik samt minimum/maksimum for fjernvarmeområder i Region Syddanmark pr. januar 2020. Omkostningen til fjernvarmeunit er vist separat, men i nogle fjernvarmeområder kan denne være inkluderet i abonnementet.</p>



Figur 54. Årlige brugerøkonomiske omkostninger for enfamiliehus med et varmebehov på 18,1 MWh i 2025. Der indgår ikke betaling til frakobling fra gasnettet. Lokale el- og gastariffer fra 2020 er anvendt. Fjernvarmeomkostninger viser middel og spænd for fjernvarme

Som set i Figur 54 er varmepumpeløsningerne konkurrencedygtige med andre opvarmningsformer, herunder gasopvarmning, træpiller samt oliefyr. Afhængig af det specifikke område kan varmepumperne også være konkurrencedygtige med den eksisterende fjernvarme.

Med de kommende lave elvarmeafgifter forventes vandbåren elvarme også at blive konkurrencedygtig, især ved lave varmebehov. Dette skyldes at investering og faste omkostningerne er lave, som opvejer de højere elomkostninger. I huse med lave varmebehov, kan elvarme derfor blive den billigste opvarmningsform.

Mere end halvdelen af fjernvarmeområderne har lavere årlige omkostninger end middelværdien, og især i disse områder bør fjernvarme prioriteres over individuel varmeforsyning med varmepumper. Derudover bør ny fjernvarme prioriteres i områder hvor den kan etableres med lavere årlige omkostninger end kan opnås med varmepumper.

I fjernvarmeområder med høje årlige omkostninger skal det vurderes hvorvidt individuelle varmepumper bør prioriteres. Dette kan afhænge af omstændighederne for de høje fjernvarmeomkostninger i disse områder. Hvis de høje omkostninger skyldes en dyr fossil varmekilde, kan det være mere fordelagtigt at udskifte fjernvarmeproduktionen med fx en stor varmepumpe, for både at nedbringe fjernvarmeomkostningerne og udledninger.

## Samfundsøkonomi

Figur 6 viser de samfundsøkonomiske omkostninger for de samme løsninger, hvor gas og eltarifferne erstattes af de tilsvarende samfundsøkonomiske satser. CO<sub>2</sub> prissættes baseret på Energistyrelsens samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger 2019. Prisen stiger fra 214 kr./ton i 2020 til 385 kr./ton i 2040. De samfundsøkonomiske omkostningerne for

fjernvarmeløsningen vises blot som den brugerøkonomiske værdi fratrukket moms, da den faktiske samfundsøkonomiske omkostning er afhængig af den specifikke type fjernvarme.

For opvarmning med gas vises både gasopvarmning baseret på naturgas og meromkostning ved skift til 100% grøn gas. Meromkostningen til grøn gas inkluderer den øget udgift til gas, forstærkning af gasnet og sparet CO<sub>2</sub> omkostninger. Meromkostningen ved grøn gas vises som den skræverede omkostning i Figur 6. Det antages at hybridvarmepumpen benytter grøn gas.

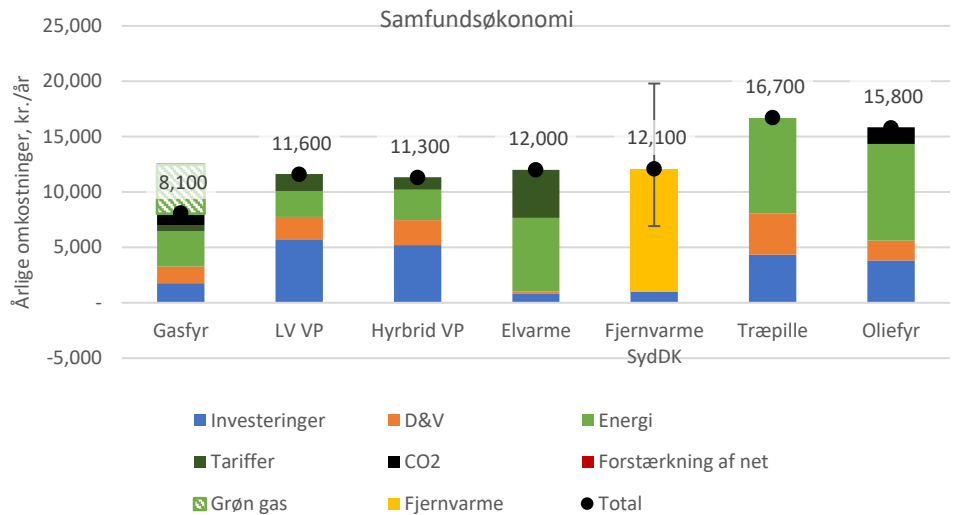
Det ses Figur 6 at opvarmning med naturgas har den lavest samfundsøkonomiske omkostning på 8.500 kr./år, men der er to forbehold for dette:

- Hvis naturgas erstattes af en grøn gas som biogas er omkostningerne væsentlig højere, hvor de årlige omkostninger stiger til 12.100 kr./år.
- Beregningen er lavet med eksisterende antagelser om CO<sub>2</sub>-omkostninger i 2030. I forbindelse med 70%-målsætningen vil CO<sub>2</sub>-prisen potentielt stige fra 286 kr./ton til 2.000 kr./ton hvilket ville hæve de årlige omkostninger til 14.800 kr./år.

Uanset om naturgas erstattes med biogas eller om CO<sub>2</sub> prisen hæves, peger begge ændringer på at opvarmning med gas ikke vil være den samfundsøkonomiske billigste løsning i fremtiden.

Varmepumpeløsningerne, elvarme og fjernvarme (middel) ligger meget tæt med årlige omkostninger på 11.300-12.100 kr./år. Dog kan fjernvarme variere en del. Derudover er fjernvarmeomkostninger her et estimat, hvor det ville være nødvendigt at beregne de faktiske samfundsøkonomiske omkostninger for den specifikke type fjernvarme.

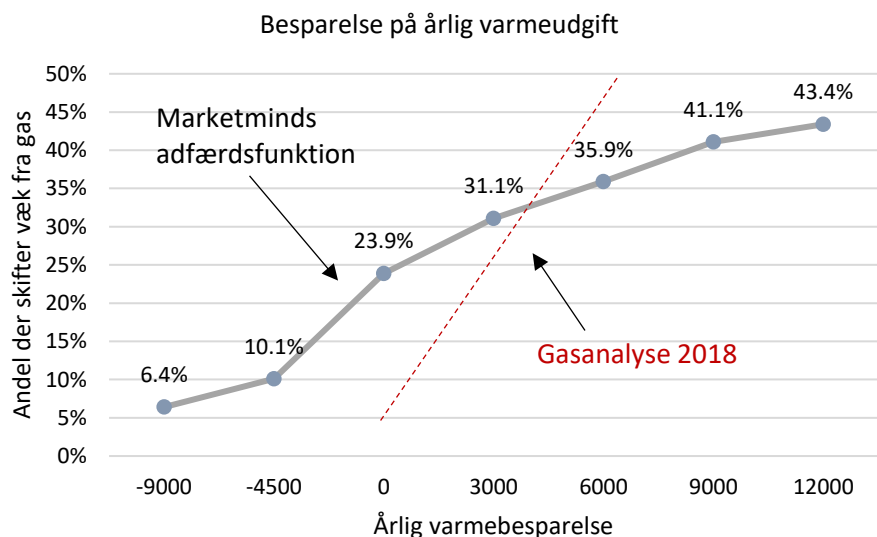
Det bør påpeges at grundet elvarmeforbuddet er det som udgangspunkt ikke lovligt at etablere ny elvarme (gælder ikke varmepumper), men grundet ændringerne i elsektoren siden forbuddet trådte i kraft i 1988 (revideret 1994) samt ønsket om en dekarboniseret opvarmningssektor bliver dette forbud potentielt fjernet i fremtiden.



Figur 55. Årlige samfundsøkonomiske omkostninger for enfamiliehus med et varmebehov på 18,1 MWh i 2025.

## Gasopvarmning

I projektet for Energifonden blev der udviklet en model som estimerer den forventet udvikling af varmeforsyningen af eksisterende gasopvarmet bygninger. I den forbindelse udførte MarketMinds en forbrugeradfærdsanalyse for at undersøge hvordan boligejere forholder sig til varmekildeskift. Marketminds har interviewet godt 1.000 naturgaskunder i en såkaldt Conjoint- analyse, der kvantificerer præferencer baseret på en række valg, som den interviewede stilles overfor. Et resultat af analysen er en adfærdsfunktion vist i Figur 56.



Figur 56. Adfærdsfunktion baseret på Conjoint model fra Marketminds spørgeskemaanalyse. Til sammenligning ses tidligere anvendt adfærdsfunktion baseret på historiske data fra oliefyrrskift. Kurven viser sammenhængen mellem årlig, privatøkonomisk besparelse

Adfærdsfunktionen viser sammenhængen mellem beregnede varmeomkostninger og andelen af forbrugere, der vælger at skifte bort fra gas, når fyret er udtjent. Hvis der fx er samme økonomi ved varmepumper eller fjernvarme som ved et nyt gasfyr viser kurven, at 23,9% vælger at skifte til ny forsyningsform, mens 76,1% vælger at købe nyt gasfyr. Med en potentiel varmebesparelse på fx 6.000 kr/år, vælger 35,9% af forbrugerne at skifte. Man kan mene, at adfærdsfunktionen er relativt flad, hvilket signalerer, at forbrugerne, ifølge analysen, er relativt upåvirkede af økonomien.

Efter analyse af resultaterne fra Marketminds kan det konkluderes at der er meget lille forskel mellem forbrugernes præferencer for enten varmepumper eller fjernvarme.

#### Opvarmning med olie

Der findes allerede virkemidler som opfordrer forbrugere til at udskifte deres oliefyr, og bestanden er også faldende. Figur 7 viser en anden adfærdsfunktion fra en anden analyse i 2018, baseret på historisk oliefyr skift. Denne funktionen er stejlere hvilket betyder at forbrugerne er mere villige til at skifte. Dog er der forbrugere som forsat ikke ønsker eller har muligheden for at skifte til fx fjernvarme eller en varmepumpe. På trods af dette forventes at de resterende olieopvarmet bygninger i høj grad konverteres til anden opvarmningsform under gældende rammevilkår.

#### Potentialet i Region Syddanmark

Som nævnt tidligere leveres ca. 25% af varmebehovet i Region Syddanmark i dag af enten olie eller naturgas i individuelle fyr mens ca. 75% leveres som fjernvarme. Hvis alle individuelle olie- og gasfyr konverteres til VE kilder, kan udledningerne reduceres med 0,5 mio. ton CO<sub>2</sub>.

Varmeproduktion til fjernvarme i Region Syddanmark havde en udledning på ca. 0,7 mio. ton CO<sub>2</sub> fra brugen af kul, naturgas og olie i 2018. Dertil kommer udledningerne fra affaldsforbrænding. Her medtages kun udledninger knyttet varmeleverancen og ikke elproduktionen. Hvis brugen af naturgas, olie og kul udfases fuldstændigt til varmeleverancen, reduceres udledningerne med 0,7 mio. ton, hvor størstedelen skyldes brugen af kul.

Det totale potentiale ved udfasning af kul, olie og naturgas i regionens opvarmningssektor derfor ca. 1.2 mio. ton CO<sub>2</sub>. eks. potentielt fra affaldssortering.

#### Anbefalinger

Arbejdet i forbindelse med projektet "Udfasning af naturgas til rumvarme" fra 2020, viser at alle alternativer til naturgasforsyning kommer i spil, samt at det er lokale forhold og små variationer i beregningsforudsætninger, der afgør om fjernvarme, eldrevne varmepumper, hybridvarmepumper eller direkte elvarme leverer den samfundsøkonomisk bedste løsning. Der kan altså ikke entydigt peges på én opvarmningsform. Dog viste projektet at traditionel gasopvarmning med biogas kun bør have en lille rolle på grund af omkostningerne ved produktion af biogas. Derudover, som vist i Figur 54 og Figur 55 er hverken opvarmning med træpiller eller olie konkurrencedygtige med varmepumper og fjernvarme.



- Det anbefales at udarbejde ny strategisk varmeplanlægning i et tæt samarbejde mellem forsyningsselskaberne (gas, el, fjernvarme) samt kommuner. En sådan planlægning skal sikre, at lokale forhold omkring overskudsvarme, varmekilder til kollektive varmepumper, behov for netforstærkninger m.v. belyses tilstrækkeligt. Der vil være behov for, at de centrale myndigheder udarbejder en vejledning til denne nye planlægningsindsats.

Rettidig udmelding om fremtidens muligheder for varmeforsyning er også relevant, hvis/når dele af gasnettet lukkes ned frem mod 2040, og ved udbygning af ny fjernvarme. Fjernvarme er en kollektiv forsyning, der i mange lokalområder er den samfundsøkonomisk optimale varmeforsyning. Fjernvarme kræver dog god planlægning og høj tilslutning for at være økonomisk og konkurrencedygtig.

- Det anbefales at igangsætte en fokuseret indsats med Nudging, der kan ændre forbrugernes adfærdsmønstre. Analysen for Energifonden viste, at kontakten til installatøren er vigtig i forbrugernes beslutningsproces. Kombinationer af virkemidler, der fx omfatter skrotningspræmier for eksisterende gasfyr, der ikke er udtjente, målrettede kampagner og oplysning, der kan håndteres af fjernvarmeselskaber og installatører i kombination med efteruddannelse og krav til installatører, bør iværksættes. Nudging indsatsen kan også omfatte hjælp til adgang til tilskudsmidler og potentielt også finansiering.

## Temanotat 6: Datacentre og industriel overskudsvarme

Apple, Google og Facebook har alle annonceret etablering af datacentre på dansk grund, hvoraf flere er placeret i Region Syddanmark. De mange datacentre kan være med til at skabe arbejdspladser og potentielt kan overskudsvarmen fra datacentrene udnyttes til fjernvarme.

Datacentrene vil også skabe en øget efterspørgsel på grøn strøm. Alle store datacenteroperatører har således planer om at dække elforbruget fra deres danske datacentre med vedvarende energi. Den vedvarende energi kan komme fra anlæg i umiddelbar tilknytning til datacentrene, fx store solcelleanlæg eller vindmøller og solceller andre steder i landet. En anden mulighed er, at datacentrene køber såkaldte oprindelsesgarantier fra producenter af grøn strøm, som ikke nødvendigvis er i Danmark. Klimarådet har på den baggrund advaret om, udbygningen med datacentrene kan påføre det danske samfund en omkostning til ekstra udbygning med vedvarende energi, hvis de langsigtede målsætningerne for reduktion af drivhusgasser og VE i energisystemet skal opfyldes.

I dette notat er fokus imidlertid på mulighederne for at udnytte overskudsvarme fra datacentrene i fjernvarmeforsyningen.

### Læsevejledning

Notatet beskriver indledningsvist, hvorfor datacentre kommer til Danmark, hvor meget de kan forventes at øge energiforbruget med, og hvilke datacentre der er etableret og planlægges specifikt i Region Syddanmark. Herefter ser vi nærmere på økonomien i udnyttelse af varme fra datacentre, hvordan datacentervarme kan indgå i fremtidens fjernvarmeforsyning og hvilke krav det vil stille til udbygningen af fjernvarmeinfrastrukturen, hvis potentialerne skal udnyttes. I den forbindelse analyserer vi også, hvordan nuværende og planlagte ændringer i regulering bl.a. overskudsvarmeafgifter og elafgifter påvirker konkurrencedygtigheden for overskudsvarme fra datacentre. Afslutningsvis præsenteres idéer til handlinger som Region Syddanmark og kommunerne i Syddanmark kan tage for at fremme omkostningseffektiv udnyttelse af overskudsvarme fra datacentre.

### Hvorfor kommer datacentre til Danmark?

Datacentre er interessante at placere i Danmark, fordi Danmark har attraktive rammevilkår. Det skyldes bl.a.

- Lave elpriser
- Høj grad af VE-elproduktion
- Høj el-forsyningssikkerhed
- Adgang til internetkabler herunder bl.a. Havfrueforbindelsen fra Esbjerg til New Jersey i USA
- Stabile politiske rammevilkår

- Effektiv myndighedsbehandling

Den danske regering har desuden arbejdet målrettet med at tiltrække datacentre gennem 'Invest in Denmark'.  
(Klimarådet, 2019)

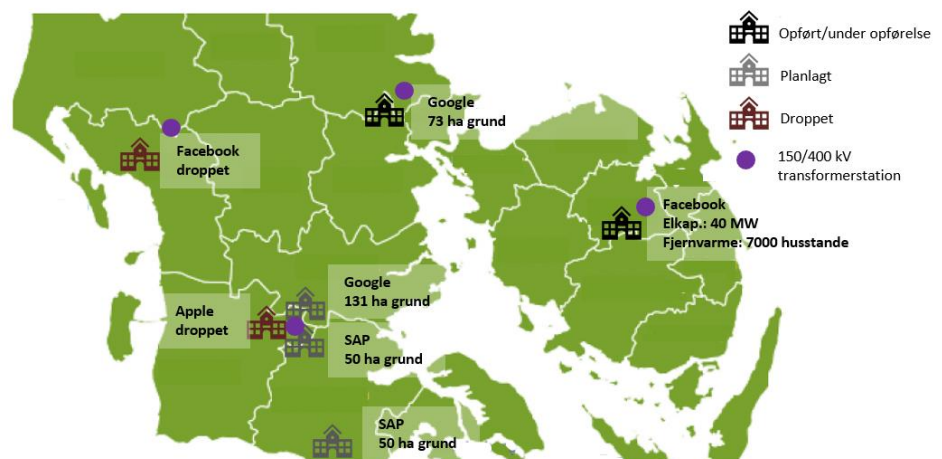
Fra et datacenterperspektiv har det i første omgang ikke være muligheden for at afsætte overskudsvarmen til et fjernvarmenet, der har været blandt de primære årsager til at placere sig i Danmark. Med det store fokus fra de lokale samfund for at tilkoble datacentervarmen til fjernvarmenettet, kan det imidlertid have ændret sig.

Energiforbruget til datacentre

COWI har i analysen 'Temaanalyse om store datacentre' fra 2018 forsøgt at fremskrive det samlede antal HSDC i Danmark. I den centrale fremskrivning (lineær fremskrivning) forventes det at der frem mod 2030 vil komme 6 HSDC anlæg stigende til 9 i 2040 baseret på den forventede udvikling i databehov. En typisk størrelse på et HSDC er 100-200 MW-el. (COWI, 2018). På landsplan forventes elforbruget til store datacentre at stige med 7 TWh i 2030 ifølge Energistyrelsens seneste energifremskrivning, det svarer til en 20 % forøgelse af det nuværende samlede elforbrug (Energistyrelsen, 2019, Basisfremskrivning 2019).

## Datacentre i Region Syddanmark

I Region Syddanmark er der en række planer om datacentre, og kommunerne arbejder fortsat på at tiltrække flere. I Fredericia er Google i færd med at opføre et datacenter, og Facebook har opført et datacenter syd for Odense. Desuden ejer Google en grund ved Kassø, men her er byggestart endnu ikke meldt ud. Det tyske IT-gigant SAP har opkøbt to grunde á 15 ha. til etablering af datacenter ved hhv. Kassø og Padborg. Apple og Facebook har droppet planerne om datacentre ved hhv. Kassø og Esbjerg, men det er fortsat kommunernes forventning, at der vil blive etableret flere datacentre i området.



Figur 57. Illustration af datacentre i Region Syddanmark

Oplysninger om de planlagte HSDC i Kassø og Padborg findes ikke offentligt. Facebooks datacenter ved Odense er ca. 40 MW-el, mens Apples planlagte datacenter ved Aabenraa var ca. 30 MW-el. Anlæggene bygges dermed ikke endnu i 100 MW-størrelsen.

Region Syddanmark er attraktiv for datacentre

Region Syddanmark har gode muligheder for at tiltrække datacentre. Det skyldes bl.a. 1) at regionen har flere transformerstationer, hvor datacentre kan aftage strøm direkte fra højspændingsnettet. 2) Direkte dataforbindelse til USA gennem 'havfrueforbindelsen' og stor udbredelse af fibernet med ledig kapacitet 3) Billig jord. Dertil har regionen allerede nu opbygget erfaring med myndighedsbehandling af datacentre. På den måde kan placeringen af de første datacentre være med til at lægge vejen for de næste. (Aabenraa Kommune, 2018)

I Odense kan Facebooks datacenter levere varme til 7000 husstande. Groft omregnet svarer det til at 40% af effekttrækket i MW-el (40 MW) omdannes til MW-varme. Der er imidlertid planer om at udvide varmeudnyttelsen med yderligere 5000 husstande på den måde kan udnyttelsesandelen være knap 70%. I casestudiet for Odense vil der blive kigget nærmere på dette.

### Muligheder for at udnytte overskudsvarme fra datacentre

Datacentre genererer en betydelig mængde varme som potentielt kan udnyttes til fjernvarmeproduktion. Temperaturen, overskudsvarmen leveres ved, afhænger af, om datacentret etableres med vand- eller luftkøling. Ved luftkøling leveres varmen ved ca. 25-30 grader, mens den ved vandkøling kan leveres ved 40 grader eller mere. Uanset hvilken kølingsform, der vælges, er det nødvendigt at hæve temperaturen vha. varmepumper til formentligt et sted mellem 70 og 85 grader afhængigt af fremløbstemperaturen i det fjernvarmenet, der afsættes til.

Varmeproduktionspotentialer i MW vil formentligt i store træk svare til datacentrenes effekttræk i MW. Der vil være en vis del af overskudsvarmen som ikke kan udnyttes, omvendt leverer varmepumpernes eget elforbrug også et varmebidrag.

Datacentres overskudsvarmepotentiale 2030

Med Energistyrelsens fremskrivning med 7 TWh elforbrug i 2030 vil der således potentielt også være 7 TWh varme (eller 25 PJ fjernvarme) hvis effekttrække i MW-el antages at være det samme i MW-varme. Det svarer til knap 20% af den danske fjernvarme i 2030. Det er imidlertid ikke muligt at udnytte det fulde potentiale dels fordi datacentre ikke nødvendigvis placeres efter gode varmeafsetningsmuligheder og dels fordi overskudsvarmen ikke matcher varmeefterspørgslen. COWI vurderer i deres analyse fra 2018, at et højt estimat er at 41% af overskudsvarmen kan

udnyttes til fjernvarme i 2030, som falder til ca. 25% i 2040. Dvs. totalt ca. 10 PJ varme svarende til 8% af det danske fjernvarmeforbrug.

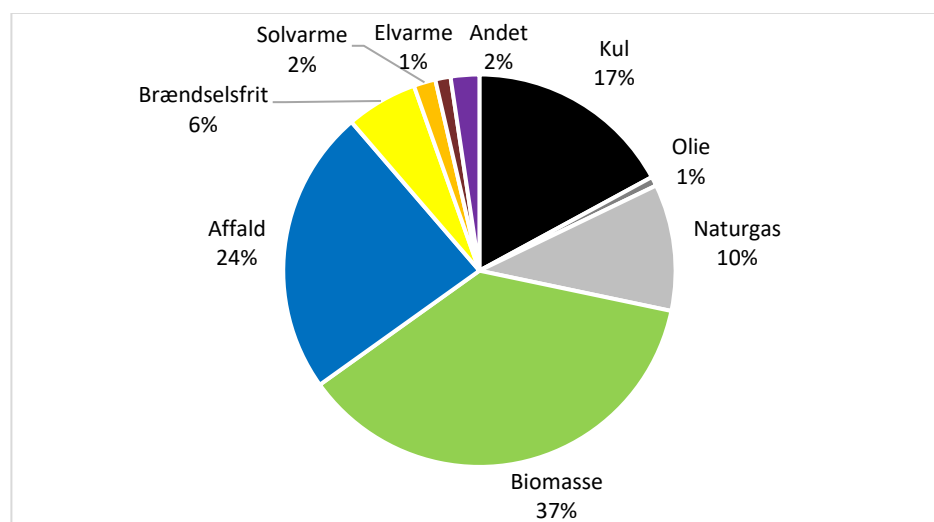
Der er betydelige investeringer forbundet med at udnytte spildvarme fra datacentre, dels til selve varmepumperne, dels til etablering af fjernvarmenet som forbinder datacenteret med eksisterende (og potentielle nye) fjernvarmekunder. Den grundlæggende økonomi i at udnytte overskudsvarmen fra datacentre afhænger derfor dels af datacenterets temperaturforhold, dels af beliggenheden i forhold til eksisterende fjernvarmenet. Dertil kommer afgiftsmæssige spørgsmål. Der kan derudover være en risiko for, at datacenteret lukker, før investeringerne i varmepumper og fjernvarme er tjent hjem. Økonomien vil derfor også afhænge af hvor langsigtede aftaler, der kan indgås med ejeren af datacenteret.

### Overskudsvarmes rolle i den fremtidige fjernvarmeforsyning

Sammenlignet med det øvrige Danmark har Region Syddanmark en meget høj anvendelse af fjernvarme. Hele 75% af varmebehovet i husholdninger og virksomheder er dækket af fjernvarme ifølge energi- og CO<sub>2</sub>-regnskabet. I regionen er der 69 fjernvarmenet repræsenteret, som tilsammen leverer ca. 27 PJ fjernvarme.

Nuværende  
fjernvarmeforsyning

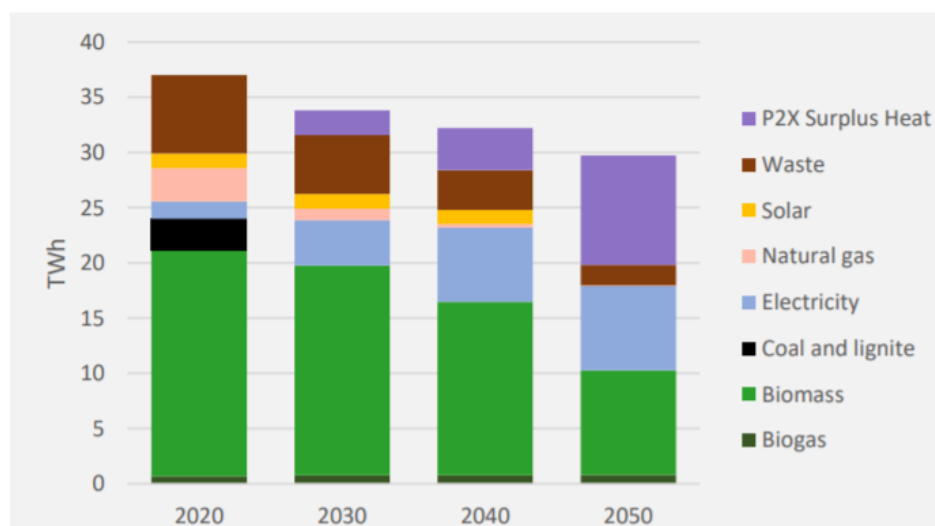
I dag produceres fjernvarmen fra et miks af biomasse (37%), affald (24%), kul (17%), naturgas (10%) og øvrige (12%). Den fossile del udgør ca. 36% i dag. Den kulbaserede fjernvarmeproduktion kommer primært fra Esbjergværket og Fynsværket. I Esbjerg stopper den kulbaserede fjernvarmeproduktion fra 2021, mens det i Odense endnu ikke er klart, hvornår Fynsværkets kulforbrug endeligt udfases, men det vil ske inden 2030.



Figur 58. Fordeling af fjernvarmeproduktion i Region Syddanmark 2018. Kilde: Energiproducenttælling og egne beregninger

## Fremtidige fjernvarmeforsyning - tendenser

Den fremtidige fjernvarmeproduktion i Danmark forventes at ændre markant karakter. Hvor dagens varmeproduktionsanlæg især anvender biomasse, affald og fossile brændsler, vil fremtidens fjernvarmeproduktion primært basere sig på varmepumper, overskudsvarme og PtX-produktion. I analysen 'Roadmap for elektrificering af Danmark' (Ea Energianalyse, 2020) er den danske fjernvarmeproduktion undersøgt under hensyntagen til den langsigtede målsætning i 2050 og energiaftalen fra 2018. Der er regnet på to scenarier: et moderat elektrificeringsscenario og et ambitiøst elektrificeringsscenario. Resultatet fremgår af Figur 4 for det ambitiøse scenarie. Her fremgår det, at fjernvarme frem mod 2050 vil være et mix af el, biomasse og overskudsvarme fra anlæg, der producerer grønne brændstoffer ('PtX surplus heat'). Dvs. overskudsvarmen fra datacentre kan potentielt skulle konkurrere med anden overskudsvarme. Varmen fra affaldsforbrænding aftager ligesom fjernvarmeproduktion fra kul og naturgas udfases. Den samlede fjernvarmeproduktion reduceres over tid på grund af stigende effektivitet i bygningsmassen. Fjernvarmens andel af den samlede bygningsopvarmning er holdt uændret i analysen vist i figuren nedenfor.



Figur 59. Fjernvarmeproduktion i Danmark fra analysen 'Roadmap for elektrificering af Danmark' fra 2020. Udviklingen vises for analysens 'ambitiøse scenarie'. Kilde: (Ea Energianalyse, 2020)

I 2030 er der i scenariet fortsat en mindre andel naturgas samt en stor andel affald, men VE-andelen er allerede i 2030 over 90%.

## Datacentre fortrænger anden varmeforsyning

På kort sig kan overskudsvarme fra datacentre forventes, primært at fortrænge biomasse og i mindre omfang fossile brændsler. På den lange bane vil overskudsvarme fra datacentre skulle konkurrere med andre varmepumper og andre muligheder for at udnytte overskudsvarme fx brændstoffabrikker og vil derfor ikke nødvendigvis påvirke regionens CO<sub>2</sub>-udledning, da den alligevel ville blive reduceret kraftigt uden datacentre.

Datacentre kan spille en rolle i fremtidig fjernvarmeforsyning

Alligevel formodes det, at datacentervarmen kan være med til at bidrage til den grønne omstilling. For det første kan der uden datacentre fortsat være en mindre andel fossilt forbrug i 2030, ligesom datacentervarmen kan frigøre biomasse, som kan anvendes til at fortrænge fossilt brændsel indenfor andre anvendelsesområder. For det andet kan datacentervarmen være med til øge omstillingshastigheden for energisystemet. Der er således endnu ikke udbredte erfaringer med at drive store varmepumper til fjernvarme fra fx havvand. Den højere temperatur fra datacentre giver alt andet lige et bedre grundlag for varmepumper og kan dermed være med til at give mere erfaring med store varmepumper. Udnyttelsen skal imidlertid ses sammen med den risiko, der kan være ved at investere i anlæg og transmissionsledninger, hvor varmekilden kan være midlertidig.

Varmepotentiale ved 50% af datacentre i Region Syddanmark

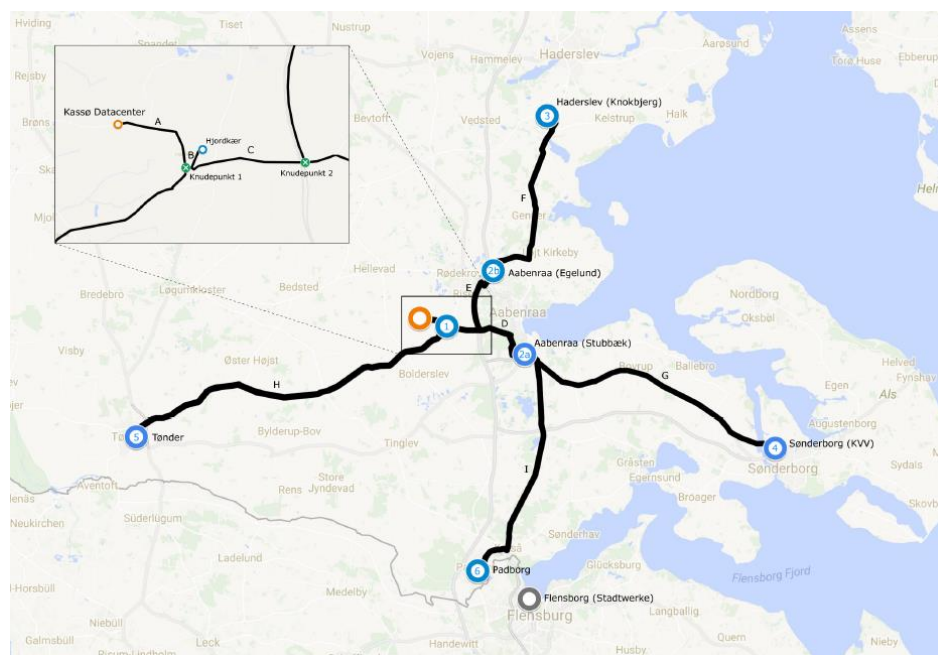
Region Syddanmark har allerede i dag tiltrukket størstedelen af datacentre i Danmark. Hvis det antages, at halvdelen af energiforbruget til datacentre fra Energistyrelsens fremskrivning kommer til at ligge i Region Syddanmark og at der kan udnyttes 41% af varmen (jf. COWIs vurdering) vil det betyde, at datacentre ville kunne levere fjernvarme svarende til knap 20% af regionens fjernvarmeforbrug (5 PJ ud af 27 PJ). Elforbruget i regionen ville stige med ca. 12% i forhold til elforbruget i dag (29 TWh i dag) alene fra datacentre. Dertil skal lægges elforbrug til varmepumper til udnyttelsen af varmen.

Om overskudsvarmen reelt kan udgøre en væsentlig andel af regionens fjernvarmeforbrug vil afhænge af, om det kan placeres tæt på eksisterende fjernvarmesystemer. Alternativt skal varmen fordeles i regionen ved at bygge nye transmissionsledninger. Sidstnævnte kan imidlertid vise sig at være en noget risikofyldt løsning. Serverelementerne der forbruger strøm i et datacenter, har en kort levetid (<10 år), hvorefter det skal udskiftes. Et transmissionsnet skal afskrives over op til 40 år, og dermed vil det være risikofyldt at bygge en så langsigtet investering på en varmekilde med stor udskiftning, som fx øger sandsynligheden for at datacenter kan flytte eller lukke. Elementerne i et datacenter udskiftes med hyppighed på ned til hvert 3. år, dvs. investeringen er meget kortsigtet sammenlignet med andre industrielle investeringer.

## Mulighederne for at udnytte overskudsvarme for datacentre i Sønderjylland

I forbindelse med analysen 'Energiscenarier for Sønderjylland og Sydvestjylland', som var en del af Strategisk Energiplanlægning i 2017, undersøgte Ea Energianalyse ved hjælp af Balmorel-modellen, om der kunne være en gevinst ved at udnytte overskudsvarmen fra datacenter ved Kassø til et nyetableret

fjernvarmetransmissionsnet mellem de større byer i Sønderjylland (Haderslev, Aabenraa, Sønderborg, Tønder og Flensborg), Se illustration nedenfor.



Figur 60. Illustration af et regionalt transmissionsnet til udnyttelse af overskudsvarme fra datacenter ved Kassø

Analysens hovedkonklusion var:

1. Der kan kun opnås lille gevinst frem mod 2030 og 2050 ved overskudsvarme fra datacentre – selv når Flensborgs varmegrundlag medtages
2. På kort sigt vil datacentervarme fortrænge varme fra allerede etablerede anlæg, som for det samlede system fører til et tab
3. På længere sigt vil fjernvarme i højere grad blive baseret på varmepumper. Dermed skal datacentervarme konkurrere med andre varmepumper. Transmissionsnet skal derfor kunne betales hjem af en højere virkningsgrad (højere COP) og potentielt lavere CAPEX pr MW-varme ved en større samlet investering
4. Investeringen i transmissionsnet, der skal afskrives over mange år, indebærer en høj risiko
5. Højere COP-værdi forbedrer økonomien

Det økonomiske resultat fra analysen er opsummeret i Tabel 1 nedenfor. På kort sigt vil datacenteret påføre systemet et tab på 36 mio. kr., fordi den driftsmæssige gevinst ved at bruge datacentervarme ikke overstiger den højere investeringsomkostningerne til datacentervarmepumper og transmissionsnet. Det skyldes bl.a., at datacentervarmen fortrænger varme fra anlæg, der endnu ikke er teknisk udtjente. På længere sigt er gevinsten stigende, fordi datacenteranlægget



medfører færre investeringer i andre varmeanlæg. Hvis datacentervarmen kan udnyttes i 30 år – dvs. helt frem til 2050, kan der opnås en beskedent gevinst på 24 mio. kr. årligt.

Mio. kr.	2023	2030	2050
Besparelse i systemet	-52	-90	-112
Omkostninger til varmepumper og transmissionsnet	88	88	88
Nettogevinst	-36	2	24

Tabel 14. Beregning af gevinst ved datacenter ved Kassø og investering i transmissionsnet omfattende Aabenraa, Haderslev, Sønderborg, Tønder og Flensborg. Kilde: (Ea Energianalyse, 2017)

I analysen blev det ikke undersøgt om kun dele af transmissionsnettet kunne føre til større økonomiske fordele. Fx er det sandsynligt at ved kun at forsyne Aabenraa, hvor store netinvesteringer ikke er nødvendigt, ville økonomien være bedre.

Ovenstående analyse baserede sig på forudsætninger om afgifter og overskudsvarmesatser. Netop disse forudsætninger har imidlertid væsentlig betydning for konkurrencedygtigheden af overskudsvarmeløsningerne. I de følgende afsnit har vi derfor foretaget en nærmere analyse af dette spørgsmål.

### Overskudsvarmeafgift – mulighed eller barriere?

Ny overskudsvarmeafgift i februar

I februar 2020 er der besluttet en ny lov til ændring af overskudsvarmeafgiften. Indretningen af den eksisterende overskudsvarmeafgift har tidligere været kritiseret for at stå i vejen for udnyttelse af overskudsvarme fra industrien, og dermed er et formål med ændringen bl.a. at øge overskudsvarme til fjernvarmeproduktion. Regeringen forventer at udnyttelsen af overskudsvarme vil stige med 35% i forhold til i dag. (Folketinget, 2020a)

Afgiften er kritiseret af datacenterindustrien

Datacenterindustrien var imidlertid meget kritisk over for den gennemførte lov. De mener, at den spænder ben for at fjernvarmeselskaberne kan udnytte varmen fra datacentre, fordi der fortsat skal betales afgift af varmen.

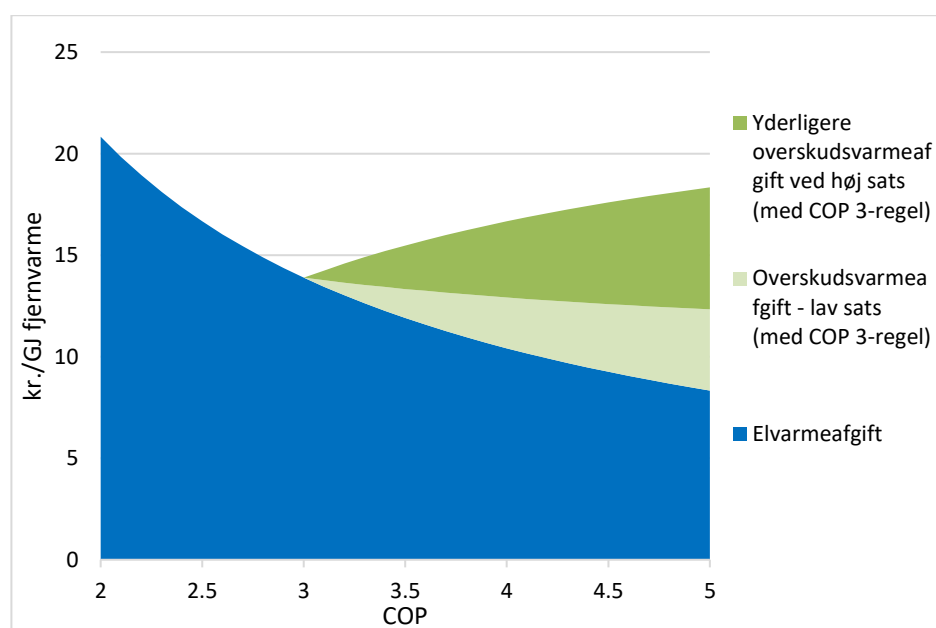
Regeringen lægger op til at sænke afgifterne

Med regeringens udspil til en klimalov er det desuden lagt op til at både elvarmeafgiften sænkes fra 15,5 øre/kWh i dag til 0,4 øre/kWh samt at overskudsvarmeafgiften fjernes for elbaseret varme. De nævner bl.a. muligheden for at udnytte overskudsvarmen fra datacentre som en årsag til fjerne afgiften på elbaseret opvarmning.

I notatets appendiks findes der en beskrivelse af både den eksisterende og den nye overskudsvarmeafgift. I det følgende er konsekvenserne af den nye overskudsvarmeafgift undersøgt for datacentervarme.

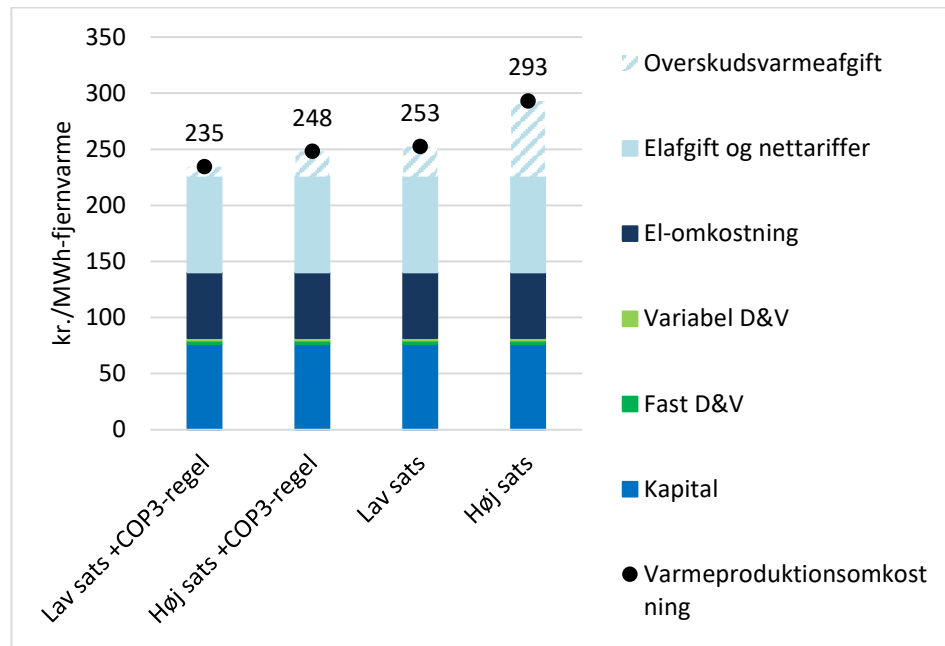
#### Overskudsvarmeafgiften for datacentre

Hvor meget overskudsvarmeafgift, datacentre skal betale vil bl.a. afhænge af om de kan certificeres og om COP 3-reglen vil gælde for datacentre. Med regeringens udspil til en klimaplan er der lagt op til at den elbaserede overskudsvarmeafgift helt fjernes. Figur 1 illustrerer, hvor meget afgift, der potentielt skal betales afhængig af om overskudsvarmen fra et datacenter kan indregnes under den høje eller den lave sats (om der kan opnås certificering), når COP 3-reglen fortsættes. Den blå kurve viser, hvor meget elvarmeafgift, der betales. Hvis der ikke skal betales overskudsvarme af elbaseret overskudsvarme, vil der hvis varmepumpen opnår en COP på 5 skulle betales 8 kr./GJ-varme. Hvis der skal betales den lave overskudsvarmeafgift, stiger det med 4 kr./GJ-varme. Skal der betales den høje sats, skal der samlet betales 10 kr./GJ i overskudsvarmeafgift, dvs. i alt 18 kr./GJ i afgift ved en COP på 5.



Figur 61. Illustration af betaling af elvarmeafgift og overskudsvarmeafgift for et datacenter for variende COP. Bemærk den totale overskudsvarmeafgift ved den høje sats er både den lysegrønne og den mørkegrønne kurve

For at forstå hvor meget det betyder for den samlede omkostning ved at producere varme fra datacentre, er der i figuren nedenfor vist et regneeksempel, hvor betydningen af COP, sats og COP-3-reglen er vist.



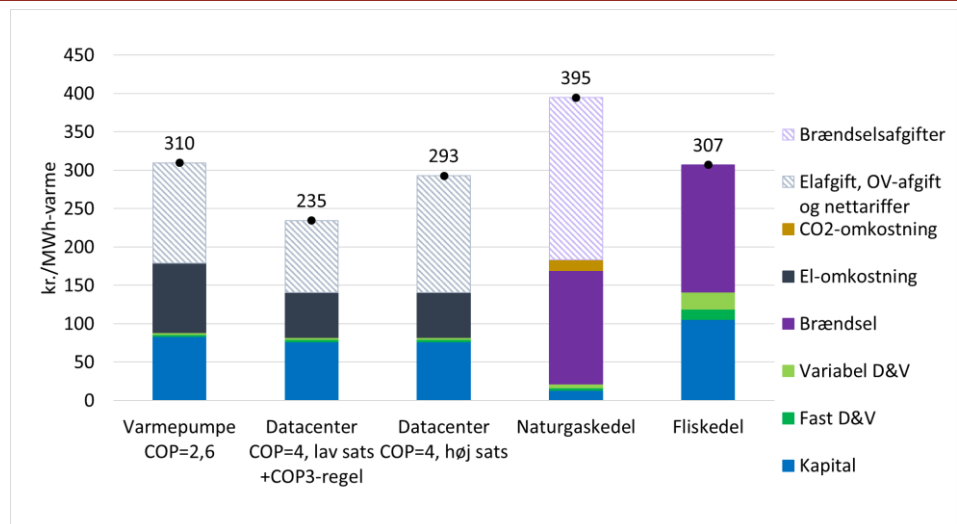
Figur 62. Beregning af varmeproduktionsomkostning ved datacentervarmepumper ved forskellige lav/høj sats for overskudsvarmeafgiften og om COP 3-reglen gør sig gældende. Beregningen baserer sig på 5000 fuldlasttimer og en elpris på 234 kr./MWh. Kilde: Egne beregninger

Med en COP på 4 vil den laveste produktionsomkostning være 235 kr./MWh når overskudsvarmeafgiften er den lave sats og COP 3-reglen gør sig gældende. Hvis der skal betales høj sats og COP 3-reglen ikke gælder, vil det betyde en omkostning på 293 kr./MWh, dvs. 25% højere end det laveste niveau. Det er en forholdsvis stor betydning den endelige praksis for hvordan overskudsvarmeafgiften skal pålægges.

### Hvordan påvirker reguleringen datacentrevarmens konkurrencedygtighed?

Overskudsvarme fra datacentre kan potentielt føre til lavere fjernvarmeproduktionsomkostninger. Figur 3 viser enhedsomkostningen ved at producere fjernvarme fra forskellige kilder. Her indgår kun produktionsomkostningen, og omkostninger til nye fjernvarmeledninger skal derfor lægges oveni prisen på datacentervarmen.

Af figuren fremgår det, at produktionsomkostningen ved at udnytte overskudsvarme fra datacentre med en varmepumpe umiddelbart har de laveste omkostninger, hvor der kan produceres fjernvarme til 235 kr./MWh – dvs. ca. 24% lavere end omkostningen ved en anden varmepumpe, der antages at kunne producere varme til 310 kr./MWh. Selv hvis den høje overskudsvarmeafgift gør sig gældende er varme fra datacentre fortsat ca. 6% lavere og dermed fortsat den billigste produktionsform.



Figur 63. Beregning af varmeproduktionsomkostninger i 2023 ved udvalgte typer af fjernvarmeproduktion ex omkostninger til udbygning af fjernvarmenettet. Bemærk datacenterproduktionsomkostningen er vist for to niveauer af overskudsvarmeafgift

Hvis regeringens udspil til en klimaplan bliver en realitet, vil afgifterne til varmepumper falde til 0,4 øre/kWh og overskudsvarmeafgiften helt blive fjernet. Dermed vil omkostningen til luft-vand varmepumpen falde til ca. 250 kr./MWh i regneeksemplet og datacentervarmen falde til ca. 196 kr./MWh. Varmepumper baseret på luft bliver således mere konkurrencedygtige i forhold til datacentervarme.

### Forslag til handlepunkter

- Lave grundige risikovurderinger ved investeringer i varmepumper ved datacentre.
- Udnytte varmen ved nærtliggende fjernvarmenet
- Arbejde for at datacentre bør kunne certificeres så de betaler ingen eller lav overskudsvarmeafgift
- Udpege arealer til datacentre tæt ved eksisterende fjernvarmenet for at undgå risikofyldte netinvesteringer
- Undersøge om det kan være økonomisk attraktivt at investere i vandkøling frem for luftkøling i forbindelse med opførelsen af nye datacentre

### Referencer

- COWI. (2018). *Temaanalyse om store datacentre*. København: Energistyrelsen.
- Ea Energianalyse. (2016). *Biogas og andre VE brændstoffer til tung transport*. København: Ea Energianalyse.
- Ea Energianalyse. (2017). *Energiscenarier for Sønderjylland og Sydvestjylland*. København: Ea Energianalyse.

- Ea Energianalyse. (2019). *Altinget Debat - Biomasse kan være vigtig i langsigtet klimastrategi*. København: Altinget.
- Ea Energianalyse. (2020). *Roadmap for elektrificering i Danmark - Hovedrapport*. København: Ea Energianalyse.
- Energinet. (2020). *Ny vinde til brint - PtX strategisk handleplan*. Fredericia: Energinet.
- Energinet og Dansk Energi. (2020). *Gamechangere for PtX og PtX-infrastruktur i Danmark*. Fredericia og København: Energinet og Dansk Energi.
- Energistyrelsen. (2019). *Energistatistik 2018*. København: Energistyrelsen.
- Energistyrelsen. (2019). *Nyhed - Energistyrelsen støtter Power-to-X projekter med 128 mio. kr.* København: Energistyrelsen.
- Energistyrelsen. (2020). *Biomasseanalyse*. København: Energistyrelsen.
- EU Kommissionen. (2018). *A clean planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*. Bruxelles: European Commission.
- Everfuel og Shell. (2019). *Pressemeddelelse vedr. HySynergy – Everfuel og Shell indgår strategisk samarbejde om en storskala brintfabrik*. Fredericia: Everfuel og Shell.
- Folketinget. (2020a). *Aftale om øget udnyttelse af overskudsvarme*. København: Folketinget.
- Folketinget. (2020b). *Lov om ændring af lov om afgift af elektricitet, lov om afgift af naturgas og byggas m.v., lov om afgift af stenkul, brunkul og koks m.v. og lov om energiafgift af mineralolieprodukter m.v.* København: Folketinget.
- IPCC. (2019). *Climate Change and Land, An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. IPCC.
- Klimarådet. (2018). *Biomassens betydning for grøn omstilling - Klimaperspektiver og anbefalinger til regulering af fast biomasse til energiformål*. København: Klimarådet.
- Klimarådet. (2019). *Store datacentre i Danmark*. København: Klimarådet.
- Regeringen. (2020). *Aftale om øget udnyttelse af overskudsvarme*. København: Regeringen.
- SDU, NIRAS og NISA. (2019). *Nordic GTL - a pre-feasibility study on sustainable aviation fuel from biogas, hydrogen and CO2*. Odense: Nordic Initiative for Sustainable Aviation.
- Skatteministeriet. (2019). *Nye regler for overskudsvarme i 2020*. København: Skatteministeret.
- Aabenraa Kommune. (2018). *Datacenterstrategi*. Aabenraa: Aabenraa Kommune.



## Bilag: Overskudsvarmeafgift

Formålet med at have afgifter på udnyttelse af overskudsvarme er at kompensere for, at procesvirksomheder er pålagt meget lave energifgifter. Uden overskudsvarmeafgift vil procesvirksomheder have incitament til bevidst, at sløse med energiforbruget for at tjene på salg af overskudsvarme til varmekonsumenter.

Nuværende  
overskudsvarmeafgift

Ved det nuværende system betales der alene overskudsvarmeafgift, når varmen kommer fra proces, hvor der har været betalt lav afgift af brændsler og bruges til rumvarme. Overskudsvarmeafgiften lå i 2020 på 52,1 kr./GJ og er dermed lidt lavere end den generelle afgift på brændsler på godt 57 kr./GJ. Overskudsvarme fra biomasse svarer ikke overskudsvarme, fordi biomasse ikke er pålagt afgifter til rumvarme (dermed har virksomhederne ikke incitament til at bruge biomasse til produktion af falsk overskudsvarme).

Dertil kommer en række muligheder for at betale mindre overskudsvarme. De vigtigste omfatter:

- Overskudsvarme fra anlæg etableret før april 1995, der var bevilliget afgiftsfritagelse for leverancer af fjernvarme efter en nu ophævet procedure, er afgiftsfritaget (overgangsordningen).
- Leveres overskudsvarmen til andre – fjernvarme eller ekstern overskudsvarme, kan afgiften begrænses til 33 pct. af vederlaget. Vederlaget er salgsprisen for varmen.
- Der betales alene overskudsvarmeafgift af den del af varmeproduktionen fra varmepumpen, der ligger ud over 3 gange elforbruget til varmepumpen (refereres til som COP-3-reglen)
- Virksomheder, der udnytter overskudsvarme fra proces til rumvarme internt i virksomheden, er fritaget for overskudsvarmeafgift i sommerhalvåret (sommerfritagelsesreglen)

Den nye  
overskudsvarmeafgift

En ny overskudsvarmeafgift har været diskuteret og analyseret i en årrække forud for den vedtagne ændring i februar i år. Bl.a. bygger den nye lov på anbefalinger fra afgifts- og tilskudsanalysen fra 2017. Den nye overskudsvarmeafgift medfører følgende:

- Gamle anlæg fra før 1995 bevarer fritagelse til 2034
- Den interne overskudsvarmeafgift sænkes fra ca. 35 kr./GJ til 25 kr./GJ
- Vederlagsreglen afskaffes
- Ekstern overskudsvarme sænkes til 25 kr./GJ (med særlig prisregulering)
- For certificerede virksomheder er afgiften 10 kr./GJ for ekstern overskudsvarmeafgift

Til aftalen er der lagt op til at følgende skal konkretiseres senere:

- Hvordan en virksomhed kan blive certificeret (efter den internationale standard ISO 50001)

- Prisregulering der skal hindre falsk overskudsvarme, give incitament til at udnytte overskudsvarme og sikre billigst mulige varmepriser (Skatteministeriet, 2019), (Folketinget, 2020a), (Folketinget, 2020b)



## Temanotat 7: Affald og cirkulær økonomi

Med den danske målsætning om 70% reduktion af udledning af drivhusgasser i 2030, og med "European Green Deal" er klimaudfordringerne et emne der er helt afgørende i dansk og europæisk energi- og erhvervspolitik. 70% målet kræver, at udledningen af klimagasser i Danmark reduceres fra ca. 47 mio ton CO<sub>2</sub>-e (CO<sub>2</sub> ækvivalenter) i 2020 til knap 23 mio ton CO<sub>2</sub>-e i 2030. Ud over klimamålsætningen er der stigende opmærksomhed på bæredygtig brug af naturressourcer, hvor begreber som cirkulær økonomi er i fokus. Disse dagsordener vil få stor betydning for den fremtidige affaldshåndtering i Danmark.

Affaldshåndteringen er indrammet både af en dansk og europæisk lovgivning for affald, som regulerer håndteringen af forskellige typer affald og som muliggør handel med affald på tværs af landegrænser. I Danmark og i EU har affaldsområdet i en årrække været genstand for politisk opmærksomhed, og der er gjort meget for at genanvende og energi-udnytte affaldsressourcerne. Danmark har en førerposition internationalt i effektiv affaldsforbrænding. Som et svar på klimadagsordenen diskuteres og afprøves mulighederne for at indfange og lagre CO<sub>2</sub>-udledningen fra affaldsforbrændingen ved hjælp af den såkaldte CCS-teknologi (Carbon Capture and Storage), og derved markant reducere emissionerne ved affaldsforbrændingen. Forsøg er i gang eller under forberedelse i Holland, Norge Sverige og senest også i Danmark (ARC i København).

### Import og eksport af affald

I EU er der en stigende handel med affald på tværs af landegrænser, da mange lande har et overskud af affald, mens andre lande har en betydelig behandlingskapacitet til genanvendelse og forbrænding. I henhold til reglerne for grænseoverskridende handel inddeles affald i to overordnede grupper: Orange eller grønt affald. Orange affald er omfattet af særlige dokumentationskrav, og der skal foreligge skriftligt samtykke fra de kompetente myndigheder, før overførsel kan finde sted. Grønlistet affald i rene fraktioner er som udgangspunkt ikke anmeldeligt, men bliver det, hvis fraktionerne blandes.

I dag er den største eksportør af affald i EU England, men andre lande som Tyskland, Polen og Frankrig ligger i Danmarks nærområde og kan fremadrettet blive interessante i en import/eksport sammenhæng. Sverige og Danmark er begge lande med veludviklede fjernvarmesystemer, en betydelig forbrændingskapacitet og er nettoimportører af affald til forbrænding og energiudnyttelse. Med høj energieffektivitet giver affaldsforbrænding potentielt en billig varmforsyning, men på længere sigt er det muligt og sandsynligt at større og større dele af det såkaldt "forbrændingsegnede" affald genbruges eller genanvendes til andet end energiformål. Der arbejdes både politisk og i erhvervslivet på at finde måder, hvorpå vi kan anvende ressourcer mere effektivt og genanvende mere.

Den politiske ramme for affaldshåndtering

Den nuværende danske nationale affaldsstrategi blev formuleret af den daværende S-, R-, SF-regering i "Danmark uden affald II" fra april 2015. Affaldsstrategien fokuserede på forebyggelse af affaldsfraktioner som det første skrid mod en mere bæredygtig affaldshåndtering og ressourceanvendelse. Der var særligt fokus på indsatsområder som madspild, bygge- og anlægsbranchen, tekstiler, elektronik og emballage. Det er planen at strategien vil blive opdateret i starten af 2020.

På EU-niveau er der også i de seneste år fremsat nye strategier og krav til en mere effektiv anvendelse af ressourcer og håndtering af affald. I en ny handlingsplan fra marts 2019, og som bygger videre på EU's Circular Economy Action Plan fra 2015, fastsættes en række genanvendelsesmål for EU frem mod 2025, 2030 og 2035 samt en række tiltag til fremme af en cirkulær økonomisk forståelse i EU-landene i forhold til anvendelse af plastik.

Blandt de mest centrale mål i handlingsplanen var en målsætning om 65% genanvendelse af kommunalt affald frem mod 2030, en målsætning om 75% genanvendelse af emballageaffald i 2030 (heraf 55% af plastikken der anvendes i emballage), og en bindende målsætning om at reducere deponering til max 10% af kommunalt affald i 2030. Dertil kommer også et forbud mod at anvende deponering til at håndtere affald der er indsamlet i rene fraktioner og tiltag til fremme af genanvendelse af plastik og andet affald i industrielle symbioser.

Cirkulær økonomi

Centralt i affaldshåndteringsplanerne er behovet for i første omgang at mindske mængden af affald, og dernæst at øge genanvendelsen af de skabte affaldsmængder. I EU Kommissionens seneste Strategi for Plastik i en Cirkulær Økonomi går man et godt stykke videre med ambitionerne i forhold til den tidligere handlingsplan. Nu er ambitionen at al plastik der anvendes i emballage skal genbruges eller genanvendes i 2030. Tanken bag den cirkulære økonomi er, at den enes affald skal blive den andens ressource, sådan at produktion af plastik affald der deponeres eller forbrændes drastisk kan mindskes eller helt elimineres.

Ifølge EU blev der skabt næsten €147 mia. i værdi gennem cirkulære aktiviteter som reparationer, genanvendelse og genbrug, mens investeringerne beløb sig til €17,5 mia. Der vurderes med andre ord at være store potentialer og besparelsesmuligheder i en mere omfattende omstrukturering af økonomien henimod øget genanvendelse og mindre spild.

For at fremme mulighederne for at gennemføre denne målsætning og anspore til opbygningen af et marked for genanvendelse af plastik, har EU Kommissionen lanceret en kampagne, der skal få virksomheder til at arbejde aktivt for at genanvende plastikken. Ved annonceringen i marts 2019 var der 70 virksomheder,

der havde givet tilsagn. Det er vurderingen, at bare disse 70 selskaber alene vil kunne overgå målet på 10 millioner tons genanvendelse, hvis de alle gennemfører deres tiltag . For at nå målet om 100% genanvendelse af plastik i 2030 er det afgørende, at der arbejdes hårdt på udviklingen af nye teknikker og teknologier til behandling af plastfraktioner, og at der udvikles et standardiseret og effektivt marked for omsætning af plastikaffald – noget som EU er i gang med at arbejde på.

Nye  
behandlingsmetoder til  
plastik

Der findes en række forskellige metoder til at udsortere og viderebehandle plastikaffald, så det kan genanvendes eller endda genbruges. Den mest udbredte metode er mekanisk genanvendelse, hvor plastfraktioner udsorteres og adskilles, vasket og behandles. I visse tilfælde kan produktet genanvendes, men oftere sker det, at kvaliteten nedgraderes og plastikken må anvendes i et andet produkt . For at kunne opnå genanvendelse af plastik i samme kvalitet som inputmaterialet, arbejdes der på at udvikle forskellige teknikker til behandling af affaldsplasten.

En af disse teknikker er pyrolyse, hvor plastikken nedbrydes ved høje temperaturer under fravær af ilt. Teknikken har i mange år været anvendt til at nedbryde biomasse til at producere olie, men har endnu ikke opnået stor udbredelse i forhold til plastikaffald . Pyrolyse egner sig bedst til polyethylen (PE) og Polypropylen (PP), da de er simple hydrocarboner.

En anden metode der kan anvendes, er at nedbryde plastikfraktioner i flydende opløsning, hvorved farvestoffer, additiver og lignende kan udtrækkes og selve plastikken reformeres i det ønskede produkt. Metoden adskiller sig fra pyrolyse ved at polymererne ikke nedbrydes, og derfor er nemmere at genanvende i nye produkter. Det typiske tab ved denne metode er kun mellem 3-5%, men jo mere uren fraktionen er, desto mere energi skal der bruges på at nedbryde materialets struktur, og desto dyrere bliver det. Grundig udsortering og rensning er derfor vigtig. De adskilte monomerer kan så igen samles i polymerer af samme kvalitet som helt ny-producerede polymerer.

En fremtid energisektor  
uden CO2-udledninger

Med energiaftalen fra juni 2018 skal energisektoren, med undtagelse af affaldsforbrændingen, blive næsten CO2-neutral frem mod 2030. I affaldsforbrændingen kommer CO2-udledningen især fra forbrænding af plastik. Der er som beskrevet ovenfor ambitioner om at genanvende al plastik i emballage i 2030 på EU-niveau, og der arbejdes både på at etablere et marked og teknikker til at nedbryde og genanvende plastik. Opgaven er dog omfattende, og det er tvivlsomt, om det vil kunne lade sig gøre at realisere denne målsætning i løbet af de næste ti år.

I EU produceres der omtrent 58 millioner tons plastikaffald hvert år, hvoraf 40% stammer fra emballage. Dertil kommer 22% i forbrugs- og husholdningsvarer, 20%

fra byggebranchen, og de resterende 18% er fordelt på biler, elektronik og landbrug . Det vil formentlig være sværere helt at fjerne eller genanvende al plastik inden for de andre anvendelsesområder, og må i hvert fald anses som meget urealistisk inden 2030. Det er derfor overvejende sandsynligt, at der stadigvæk i 2030 indgår plastik i affaldsforbrændingen i 2030.

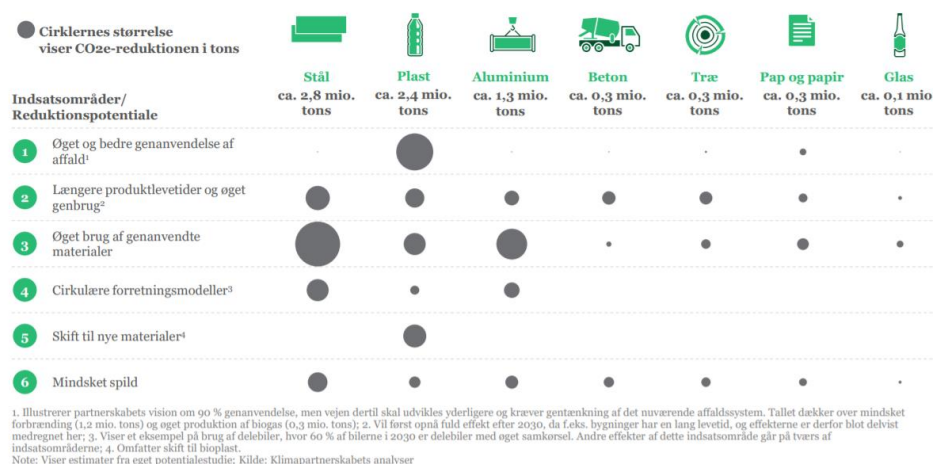
Dansk Affaldsforening  
2030 strategi

De danske affaldsforbrændingsanlæg udleder i dag 1,4 millioner tons CO<sub>2</sub> fra "fossilt" affald – primært plastik – og står dermed for knap 3% af den samlede danske CO<sub>2</sub>-udledning. Hertil kommer emissioner fra deponier m.v. på mere end 1 mio ton CO<sub>2</sub>-e. Dansk Affaldsforening har fremsat en strategi for at opnå CO<sub>2</sub>-neutralitet i 2030 for forbrændingen. Ifølge Dansk Affaldsforening udgør plasten i restaffaldet ca. 80% af den fossile CO<sub>2</sub>-udledning fra affaldsenergianlæggene. Dansk Affaldsforening understreger at der i dag mangler genanvendelsesløsninger for lavkvalitetsplastik, og at det er en begrænsning i forhold til at finde andre anvendelser end forbrænding. Foreningen anbefaler derfor, at kommuner og affaldsselskaber skal have mulighed for at etablere indsamlings- og sorteringsordninger for plastaffald for både borgere og virksomheder, da det i dag kun er 8% af de affaldsproducerende virksomheder, der sorterer plast. Derudover anbefaler de blandt andet, at afgiftsprovenuet i den danske affaldsenergisektor tilbageføres til brug for en statslig støtteordning for udvikling af CCS/U-teknologi til affaldssektoren, som er en hjørnesten i deres reduktionsplan frem mod 2030.

Klimapartnerskabet

Regeringens klimapartnerskab "Affald og vand, cirkulær økonomi" offentliggjorde i marts 2020 sine anbefalinger til regeringen. Partnerskabet anbefaler en målsætning om 90% genanvendelse af affald i 2030. Herunder en betydelig udfasing af affaldsforbrænding.

#### Reduktionerne stammer primært fra stål og plast



Figur 64. Partnerskabets vision om 90% genanvendelse i 2030 samt reduktionspotentialer.

Partnerskabet påpeger fire nødvendige tværgående aktiviteter der understøtter visionen:

- Design af materialer for længere produktlevetider, og fokus på genbrug og genanvendelighed, ændret materialebrug og mindre affald.
- Harmoniserede standarder og certificeringer der understøtter omstillingen til cirkulær økonomi ved at definere ens spilleregler på markedet på tværs af lande
- Digitalisering samt cirkulære forretningsmodeller med nye platforme til udbredelse af dele- og serviceløsninger.
- Partnerskaber og sektorkobling til at håndtere komplekse materialestrømme

Partnerskabet anbefaler bl.a. nye roller i affaldssektoren som en vigtig motor, herunder producentansvar for emballage. Det anbefales at der vedtages obligatorisk ensartet sortering af husholdningsaffald i hele landet samt klare krav om sortering af erhvervsaffald og et effektivt tilsyn.

Regeringens udspil til Klimahandlingsplan

Den 20 maj 2020 fremlagde regeringen udspil til dele af den første klimahandlingsplan i henhold til Klimaloven, herunder tiltag på affaldsområdet. Udspillet har fokus på affaldssortering, herunder en vision om udsortering af 80 pct. dansk plast fra forbrændingen i 2030. Endvidere er visionen, at affaldssektoren er klimaneutral i 2030. Affaldssortering er dels udvidet og standardiseret kildesortering, dels fokus på investeringer i genanvendelses anlæg. Der er ikke i udspillet nævnt CCS fra affald.

### **Affaldsforbrænding i Region Syd**

Ifølge Energistyrelsens BEATE model for affaldsforbrænding er der 4 dedikerede, 1 specielt og 1 multifyret forbrændingsanlæg i Region Syd, som er opsummeret i Tabel 1 nedenfor. Fortum Waste Solutions A/S er et specialiseret anlæg der, sammen med QuantaFuel Skive, står for behandling af farligt kemisk affald i Danmark. De andre anlæg forbrænder primært affald med og producerer varme og elektricitet til de omkringliggende byer. Generelt er der en overskudskapacitet i Danmark, mens der mangler kapacitet i Jylland, hvilket ses i fx Sønderborg og Svendborg, hvor der produceres mere affald i lokalområdet end der forbrændes.

Anlægsnavn	Type	Årlig kapacitet	Faktisk anvendelse	Ovnlinjernes alder
Fjernvarme Fyn Affaldsenergi, Odense	Affaldsforbrænding	290.000 t.	269.000 t. (2018)	Renoveret 2018
Fortum Waste Solutions A/S, Nyborg	Kemibehandling	200.000 t.	173.000 t. (2012)	-
Energist, Kolding	Affaldsforbrænding	155.000 t.	145.000 t. (2018)	Ovn 1: 1994 Ovn 2: 2007
Energist, Esbjerg	Affaldsforbrænding	220.000 t.	217.000 t. (2018)	Ovn: 2003
Sønderborg Kraftvarmeværk	Affaldsforbrænding	55.000 t.	55.000 t. (2019)	Ovn: 1996
Svendborg Kraftvarme	Affaldsforbrænding	50.000 t.	50.000 t. (2019)	Ovn: 1999

Tabel 15. Oversigt over affaldsanlæg i Region Syd.

CO2-  
reduktionspotentiale

Dermed forbrændes der årligt ca. 736.000 tons affald på de fem anlæg og behandles yderligere ca. 173.000 tons farligt kemisk affald på Fortum anlægget. Der er grundlæggende tre måder at håndtere affaldet på: det kan nedgraves som en form for CCS, det kan udsorteres og genanvendes i andre produkter gennem fx kemisk nedbrydning og rekonstituering og det kan udsorteres og genbruges ved fx forbrænding, hvor der kan anvendes CCS-teknologier til at indfange drivhusgasserne, der derved udledes. Hvis der antages en gennemsnitlig brændværdi for affaldet på 11.5 GJ/ton og den gennemsnitlige emissionsfaktor for affaldet er 28,24 kg CO<sub>2</sub>/GJ, så vil CCS kunne reducere udledningerne i regionen med op mod 239.000 ton CO<sub>2</sub> om året.

Den fremtidige  
udfordring for Region  
Syddanmark

Affaldsmængderne der skal håndteres styres ultimativt af befolkningens størrelse, de producerede affaldsmængder per indbygger og den faktiske genanvendelsesgrad. Affaldsmængderne der produceres per indbygger og den faktiske genanvendelsesgrad kan påvirkes gennem politiske tiltag, men reflekterer i lige så høj grad virksomheders og forbrugeres engagement i reduktionen af affaldsmængderne, og kan vanskeligt prognosticeres på nuværende tidspunkt. Udviklingen i befolkningsstørrelsen kan dog vurderes mere præcist, og her forventer Danmarks Statistik at befolkningstallet i Region Syd vil stige fra ca. 1,223 millioner i 2019 til ca. 1,254 millioner i 2030 (DST: FRLD119) – en negligerbar stigning på 2,5%. Det relativt stabile befolkningstal giver dermed nogle bedre forudsætninger for at reducere den absolutte mængde af affald, mindske plastforbrændingen og de medfølgende CO<sub>2</sub>-udledninger.

Hvilken vej fremad?

Affaldsforbrændingen leverer i dag ca. 25% af energien til fjernvarmen og plastik i restaffaldet står for ca. 80% af den fossile CO<sub>2</sub>-udledning fra affaldsenergianlæg

(Dansk Affaldsforening, 2019: "CO2-neutral affaldsenergi 2030"). Man står derfor over for et valg, om man vil prioritere fjernvarmen og endda importere mere affald til forbrænding, eller om plastikken skal udsorteres til brug i mere værdiskabende anvendelser. Ønsket om at gøre affaldshåndteringen emissionsfri og mulighederne for alternative anvendelser af plastikaffaldet, antyder et behov for en genovervejelse af den nuværende praksis med at afbrænde plastikken. En udfordring ved en mere omfattende genanvendelse af plastfraktionerne er, hvor mange forskellige typer af plastik der findes, og som kræver særlig behandling. Hvis der fx på EU-niveau blev foretaget en grad af standardisering af plastiktyper der anvendes, ville det formentlig have en gavnlig virkning på mulighederne for at øge genanvendelsesgraden for plastikken.

Mulige tiltag for cirkulær økonomi og reduktion af CO2 fra affaldsforbrændingen

- **Øget genanvendelse af plast:** Dansk Affaldsforening vurderer at en kombination af virkemidler til øget udsortering og genanvendelse af plast, såsom krav til mærkning og eco-design, bedre sortering kan bidrage til at reducere andelen af plast, der energiudnyttes, med ca. 65%.
- **Bedre sorteringsordninger og nye mål for genanvendelse:** Kommuner og affaldsselskaber kan arbejde på at etablere indsamlings- og sorteringsordninger fra både borgere og virksomheder samt udarbejde ambitiøse målsætninger for genanvendelse. I dag er det kun 8% af affaldsproducerende virksomheder, der sorterer deres plastik. Dette er i tråd med regeringens udspil på affaldsområdet.
- **Mellemdponering af plastikaffald:** Et alternativ til genanvendelse eller forbrænding med indfangning af CO2 er mellemdponering af plastikaffaldet. Dermed fjernes CO2-emissionerne fra forbrænding af plastikken, og ressourcerne ville potentielt kunne udnyttes på et senere tidspunkt, hvis den i fremtiden bliver mere værdifuld.
- **Anvendelse af CCS:** Hvis man ønsker at vedligeholde fjernvarmeproduktionen fra affaldsforbrændingen, vil det være vanskeligt at udsortere plastikken, da den leverer så stor en del af energien. Et alternativ kan derfor være at fortsætte med forbrændingen og indfange CO2-emissionerne ved hjælp af CCS.
- **Udarbejde en regional handlingsplan for affaldshåndtering og fjernvarme:** Uanset hvilken vej der vælges, er det vigtigt at der findes en klar og gennemtænkt plan for fremtiden for affaldshåndtering i regionen, hvor de forskellige muligheder og konsekvenser er afvejet mod hinanden, og beslutninger indtænkes i en større sammenhæng i forhold til fx anlægsinvesteringer, klimastrategi, varmestrategi osv.



## Temanotat 8: Power to X

### Perspektiver for Power to X i Danmark

Power to X (PtX) er blevet et centralt tema, når de langsigtede målsætninger om at blive fri af fossile brændstoffer diskuteres. Det er det også blevet i regeringens udspil til en klimahandlingsplan, som blev fremlagt d. 20. maj. Med PtX-teknologi kan der produceres bæredygtige brændstoffer til bl.a. den tunge vejtransport, flytransport, skibsfarten og højtemperatur-processer i industrien, hvor det kan være svært at finde alternative klimavenlige løsninger.

PtX-produkter er dyre at producere og kan ikke uden støtte konkurrere med fossile alternativer som olie og naturgas. Målt i omkostning pr. sparet CO<sub>2</sub>-udledning er PtX også i dag dyrere end mange andre klimatiltag som fx direkte elektrificering (varmepumper, elbiler mm.) og biogas. Det skyldes bl.a. at teknologien er langt fra moden, og fordi PtX kræver omfattende processer, som i dag kun findes i lille skala. På længere sigt kan PtX imidlertid være en teknologi, der kan bidrage til, at vi får de fossile brændsler fuldt udfaset fra det danske energisystem. Derfor kan det være en fordel, at opbygningen af PtX-teknologi, -infrastruktur og -markeder allerede i dag påbegyndes.

70%-målsætningen kan sætte skub i PtX

Med regeringens 70%-målsætning vil der potentielt allerede inden 2030 blive behov for PtX. Flere analyser herunder Klimarådets 70%-analyse, Dansk Industris klimaplan, analysen 'Roadmap for elektrificering af Danmark' og Klimapartnerskaberne for energi og forsyning peger på, at PtX skal være med til at løse den langsigtede klimamålsætning i 2050, og at der frem mod 2030 vil blive behov for at modne teknologien ved en kraftig udbygning af brintproduktionen fra elektrolyse. Energinet peger i deres handlingsplan på, at PtX kan bidrage med reduktion af 1,5 Mt CO<sub>2</sub>-reduktion i 2030, mens klimapartnerskaberne for energi og forsyning peger på 1,9 Mt i 2030.

PtX kræver udbygning af VE-elkapacitet

PtX forudsætter, at der udbygges en stor mængde elektrolysekapacitet. Klimapartnerskaberne for energi og forsyning peger på, at der skal udbygges ca. 2-3 GW elektrolyse inden 2030. Til sammenligning er Nordens største anlæg ved at blive etableret i Fredericia på 20 MW.

Hvorfor PtX i Danmark?

Danmark har gode rammevilkår, som kan understøtte en omkostningseffektiv udbygning af PtX i Danmark. Det skyldes bl.a.

- Potentielt billigere VE-elektricitet end i mange andre lande på grund af stort VE-potentiale med muligheder med udbygning med havvind samt gode udlandsforbindelser
- Et omfattende gasnet og adgang til gaslagre



- Betydelig landbrugssektor med et stigende antal større biogasanlæg, som kan være en kilde til billig CO<sub>2</sub> til kulstofbaserede PtX-produkter.
- Fjernvarmesystemer som kan aftage og udnytte overskudsvarmen fra PtX-anlæg
- Brint kan være med til at skabe balance i elsystemet, når der er store mængder fluktuerende strøm.

#### Internationale perspektiver for PtX

EU peger i deres scenarieanalyse 'A clean planet for all' fra december 2018 på brint og elektrofuels som centrale for at nå EU's samlede 2050-målsætning og for at overholde Paris-aftalen. PtX-produkter udgør i 2050 21% af det samlede slutforbrug i 2050 i scenarier, der overholder Parisaftalen. (EU Kommissionen, 2018)

I Tyskland er der fra politisk side formuleret en brintstrategi som bl.a. omfatter udbygning af brintinfrastruktur og en 11 mia. kr. stor F&U-pulje for en 10årig periode. (Energinet, 2020) Brintinfrastruktur syd for den danske grænse, kan være særligt interessant for Region Syddanmark.

#### Igangsatte projekter

I Danmark kigger flere store aktører som Ørsted, Haldor Topsøe og Mærsk på mulighederne for enten at producere eller at aftage PtX-produkter. Ørsted undersøger bl.a. produktion af brint fra offshore vindmøller, mens Topsøe afsøger mulighederne for metanolproduktion bl.a. med deres e-SMR anlæg i Foulum. Mærsk ønsker at være CO<sub>2</sub>-neutrale i 2050 og har i den forbindelse meldt ud, at ammoniak til deres skibsdrift kan være en mulighed.

Fra regeringen og myndighedernes side er der også stort fokus på, at Danmark skal være med i PtX-udviklingen. I Danmark findes der i dag flere projekter, hvor brintproduktion og/eller videresyntesering af brint undersøges. Bl.a. gav Energistyrelsen støtte til to større projekter i december 2019: Greenlab Skive P2X og HySynergy i Fredericia.

#### Greenlab Skive P2X

I Greenlab Skive P2X opsættes et 12 MW elektrolyseanlæg til brintproduktion, som skal aftage strøm fra en nærliggende 80 MW vindpark. Brinten indgår i en videre syntese til metanolproduktion og en delmængde af brinten afsættes tryksat til aftagere af grøn brint. Projektet skal give større viden om, hvordan elektrolyse, synteseanlæg og elmarkedet spiller sammen.

#### HySynergy

HySynergy-projektet i Fredericia er et 20 MW elektrolyseanlæg og et 500 MWh-brintlager, som dels afsætter brint til Shell-raffinaderiet og dels via 'et mobilt højtryksbrintlager' afsætter brint til fx transport. Overskudsvarmen afsættes til fjernvarmenettet i TVIS. Partnerne bag projektet har meldt ud, at de ønsker at opskalere produktionen til 1 GW, hvis de første erfaringer med anlægget er gode. (Energistyrelsen, 2019), (Everfuel og Shell, 2019)

Region Syddanmark forventes således allerede i dag at få det største elektrolyseanlæg i Danmark, som kan have perspektiv til at blive langt større.

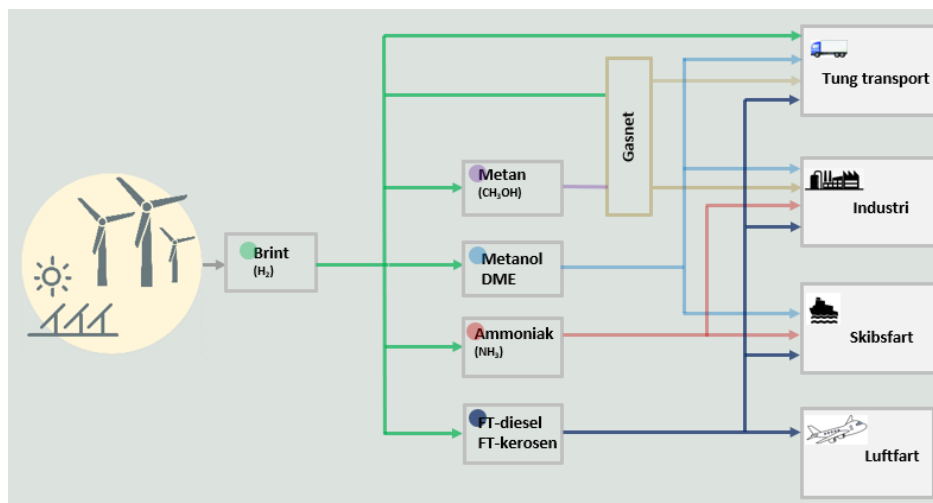
SDU undersøger flybrændstof

Foruden Hysynergy ligger Syddansk Universitet i Region Syddanmark, som i 2019 lavede et pre-feasibility (forundersøgelse) studie af mulighederne for at producere grøntfly brændstof i samarbejde med NIRAS og NISA. SDU anslår, at der kan produceres grønt flybrændstof via Fischer Tropsch processen til ca. 50% mere end dets fossile alternativ i 2030. Derudover peger studiet på, at der kan produceres store mængder overskudsvarme fra brændstoffabrikker, som kan udnyttes til overskudsvarme. Her nævnes Odense og erstatningen af den kulfyrede blok på Fynsværket som et muligt indpasningssted.

### Afsætningsmuligheder for PtX

Hvad er PtX?

Power to X er en fællesbetegnelse for produktion af brændstoffer, som har konverteringen af vedvarende elproduktion via elektrolyse til brint til fælles. Ved PtX kan brint anvendes direkte som slutprodukt eller videreforædles til fx gasformige eller flydende brændstoffer som metan, metanol, dimetylæter (DME), ammoniak, syndiesel (FT-diesel), kerosen (FT-kerosen), benzin m.m. En skitsering over centrale PtX-stier for Danmark er vist i figuren nedenfor.



Figur 65. Skitsering af udvalgte PtX-stier i Danmark. Det omfatter både hvilke produkter, der kan produceres, og hvilke sektorer, der kan være potentielle aftagere.

Brint produceres ved elektrolyseanlæg, som bruger elektricitet som input til at spalte vand til brint (H<sub>2</sub>) og ilt (O<sub>2</sub>).

Brint som muligt slutprodukt

Brint kan anvendes direkte til tung transport eller industri. Det kan enten ske ved at industri og transport aftager brint direkte til teknologi, der anvender brint som input, eller brint kan afsættes til naturgasnettet. Hvis brinten skal anvendes direkte til transport, kræver det, at brinten tryksættes til op til 700 bar og at der investeres i

specifikke brintkøretøjer, der via en brændselscelle omdanner brint til el, der driver en elmotor. Når brinten afsættes til gasnettet fortrænger det naturgas, og anvendes således i de sektorer, der i dag bruger gas. Det indebærer fx industri, opvarmning, spidslastanlæg til el- og fjernvarme.

Det kan imidlertid have større værdi at anvende brint som input til andre synteser, da det kan udvide afsætningsmulighederne herunder transportsektoren, hvor betalingsvilligheden er større.

#### Metanol

Brint kan også anvendes i en katalytisk damp-omformningssyntese i kombination med CO<sub>2</sub> til at danne metanol. Metanol kan bl.a. anvendes til

- Iblanding til benzinformbrug. Energistyrelsen vurderer, at der kan blandes 3% volume i benzinformbruget uden yderligere tiltag
- Skibsfart
- Metanoldrevne brændselsceller til tung transport. Blue World Technologies i Aalborg etablerer eksempelvis en fabrik til at producere metanolbrændselsceller, der kan bruges i lastbiler.

#### Ammoniak

Ammoniak kræver ikke en kulstofkilde, men kan derimod bruge kvælstof (N<sub>2</sub>) fra luften, som i kombination med brint kan syntetiseres til ammoniak via Haber-Bosch processen. Fossilt produceret ammoniak anvendes i dag på verdensplan i høj grad til kunstgødning. I Danmark er der ikke stor kunstgødningsproduktion, hvor grøn ammoniak kan fortrænge CO<sub>2</sub>-udledning på dansk grund, men ammoniak undersøges i øjeblikket som et alternativt brændstof. Det gøres bl.a.

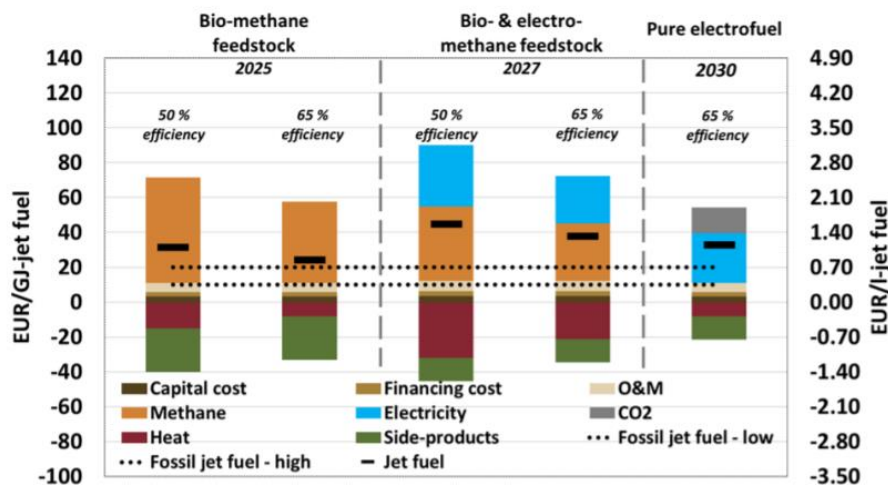
- Skibsfart – Mærsk undersøger mulighederne for at bruge ammoniak til skibsfart. Udfordringen er, at ammoniak er giftigt og kan udsætte besætningen for risiko
- Dansk Energi og Energinet peger på ammoniak som muligt brændsel til spidslast eller til industri
- Topsøe peger på ammoniak som en mulighed for at producere et flydende brændstof til en lavere omkostning end både metanol og syndiesel

#### Flybrændstof

Luftfarten er et af de områder, hvor det vil blive udfordrende at finde en CO<sub>2</sub>-neutral løsning, primært pga. sikkerhed og fordi fly ikke kan tilsluttes rørbundne brændstoffer eller elnettet. SDU, NIRAS og NISA har som nævnt undersøgt tre mulige måder at producere grønt flybrændstof på i analysen 'Nordic GtL' fra 2019. Alle løsninger indebærer Fischer-Tropsch processen, hvor der kan produceres et kerosen-lignende produkt, som kan bruges i de forbrændingsmotorer, som fly anvender i dag. Produktionsstierne omfatter:

1. Biometan til flybrændstof
2. Blanding af biometan, CO<sub>2</sub> og brint til flybrændstof
3. CO<sub>2</sub> og brint til flybrændstof

Sidstnævnte er det, der kaldes 'pure electrofuel', og er mest relevant i forhold til PtX. I analysen anslås det, at flybrændstof kan produceres til en merpris på 0-100% i forhold til det fossile alternativ. Analysens hovedresultat er vist nedenfor. (SDU, NIRAS og NISA, 2019)



Figur 66. Omkostninger til at producere flybrændstof ved tre forskellige procesdesigns i analysen 'Nordic GTL'. Kilde: (SDU, NIRAS og NISA, 2019)

Brændstof udgør ca. 20-25% af et flyselskabs omkostninger. Selv hvis prisen for grønt brændstof er det dobbelte vil en flybilletpris 'kun' skulle stige i med ca. 25%.

Ea Energianalyse har bl.a. i forbindelse med klimapartnerskaberne brugt data fra analysen 'Nordic GTL' til at komme med et estimat af omkostningerne til at producere flybrændstof ved at bruge egne forudsætninger om fx brændselspriser, virkningsgrader, afskrivningsperioder mm. Prisen anslås her at være ca. 3-4 gange den fossile pris – dvs. markant højere end SDU's estimat.

På afsætnings siden er der derudover stort interesse for at aftage grønt flybrændstof. Brancheorganisationen Dansk Luftfart opsatte i 2019 egne klimamålsætninger for luftfarten som branche. Herunder

- CO2-neutral luftfart i 2050
- 30% af flybrændstof skal være bæredygtigt

I Klimapartnerskabet for luftfart anbefales det, at klimamål for branchen opnås ved

1. øget brændstofeffektivitet
2. iblandingskrav
3. klimafond som finansieres af klimabidrag fra passagerer

En forudsætning for et iblandingskrav er at prisen ikke må være højere end det dobbelte af det fossile alternativ. Så selvom den umiddelbare vilje findes hos branchen, kan prisen muligvis alligevel blive en hindring for udbredelsen.

Diesel

Dieselproduktion indebærer ligesom flybrændstof Fischer Tropsch proces. Diesel kan være interessant særligt i den tunge transport, hvor el ikke er en mulighed.

#### PtX vs. CCS

Kulstofbaseret PtX (en del af det som også kaldes CCU – carbon capture and utilisation) sammenholdes ofte med CCS (carbon capture and storage), fordi begge processer involverer CO<sub>2</sub>-fangst fx fra forbrændingsprocesser eller biogasopgraderingsanlæg. CO<sub>2</sub> kan også fanges direkte fra luften (direct air capture), men pga. den lave koncentration af CO<sub>2</sub> i luften, er det en forholdsvis energikrævende og omkostningstung mulighed.

Når CO<sub>2</sub>'en er indfanget, kan det enten bruges til at producere et brændstof ved kulstofbaseret PtX eller CO<sub>2</sub>'en kan lagres i undergrunden (storage). Hvis det antages, at et PtX-produkt fortrænger et fossilt alternativ, har de to løsninger samme CO<sub>2</sub>-fortrængning.

Klimarådet vurderer i deres analyse af 70%-målsætningen, at den laveste samfundsøkonomiske omkostning opnås ved at lagre CO<sub>2</sub>, dvs. ved CCS frem for CCU. De vurderer dog samtidig at kulstofbaseret PtX kan blive nødvendigt for at opnå 2050-målsætningen om CO<sub>2</sub>-neutralitet. Derfor anbefaler de, at der arbejdes på at udbygge elektrolysekapaciteten og brintproduktion frem mod 2030 for at opbygge viden og for at modne teknologien. Energinet og Klimapartnerskaberne vurderer derimod at PtX er en nødvendighed inden 2030 for at opnå 70%-målsætningen i 2030 og den langsigtede 2050-målsætning.

Regeringens udspil til Klimahandlingsplan

Den 20. maj 2020 fremlagde regeringen udspil til dele af den første klimahandlingsplan i henhold til Klimaloven, herunder tiltag om PtX. Det fremhæves, at elektrolyse og PtX-teknologier samt indfangning af CO<sub>2</sub> skal udvikles og prioriteres. Konkret foreslås en markedsbaseret pulje på 400 mio. kr. årligt fra 2024 til at indfange og lagre CO<sub>2</sub>.

Endvidere vil regeringen fremme forskning, udvikling og demonstration af PtX og Carbon Capture Utilisation and Storage (CCUS). Endelig vil regeringen lave en samlet strategi for CCUS for at sætte rammerne for den fremtidige indsats.

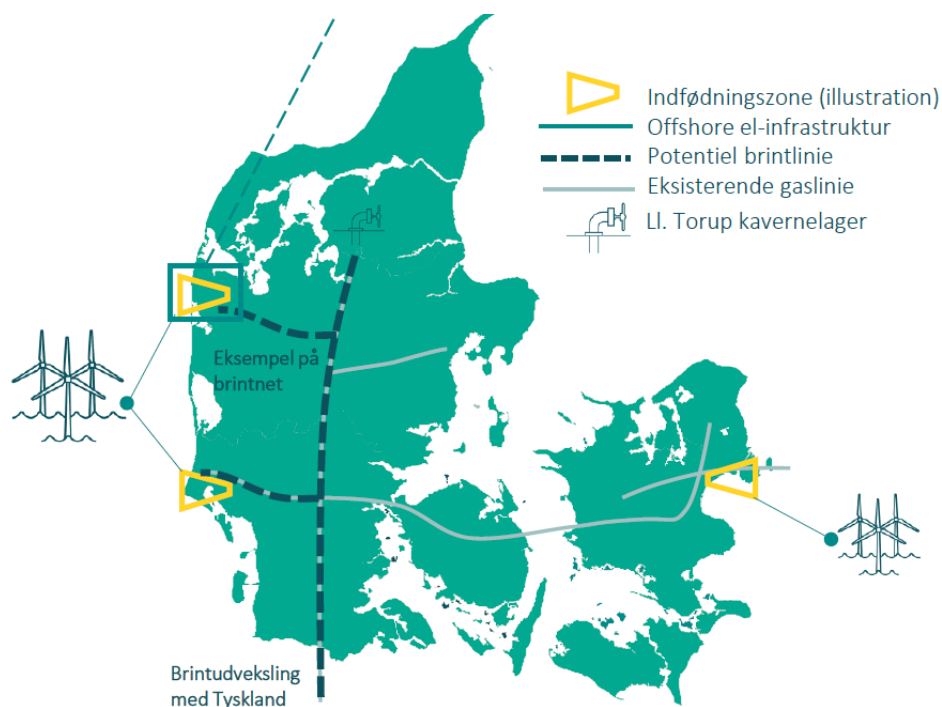
#### **PtX i Region Syddanmark**

Region Syddanmark kan være et oplagt sted at placere første store mængder PtX-produktion, fordi

1. Havvind fra Nordsøen kan give anledning til placering af en 'indfødningzone' for VE-el fx omkring Esbjerg
2. Tysk brintinfrastruktur kan gøre brintproduktion i Region Syddanmark ekstra interessant, hvis der kan laves en kobling til det tyske (og hollandske) net. Dermed kan den første brintinfrastruktur med fordel

placeres i Region Syddanmark, da der kan være en mulighed for eksport og øget balancering

3. Mulighed for potentielt at udpege store og billige arealer til PtX-anlæg giver Region Syddanmark en komparativ fordel sammelignet med mere tætbeboede områder
4. Region Syddanmark har flere større fjernvarmenet, hvor overskudsvarmen fra PtX-produktion kan afsættes, og hvor der inden for en årrække skal tages beslutning om ny fjernvarmeforsyning
5. Allerede påbegyndt PtX-projekt: Brintproduktion i projektet HySynergy ved Shell Raffinaderiet i Fredericia har planer om opskalering til op til 1 GW
6. Syddansk Universitet i Odense har fokus på produktion af bæredygtigt flybrændstof – den lokale fokus og viden kan være en vigtig nøglebrik i forhold til at igangsætte et lokalt/regionalt projekt



Figur 67. Illustration af mulig infrastruktur for PtX i Danmark. Figuren viser, at Region Syddanmark har gode rammer for PtX med potentielt indfødningszone, brintline og eksisterende gasline. Kilde: (Energinet og Dansk Energi, 2020)

## Potentiale vurdering og indpasning i energisystemet i Region Syddanmark

Potentialet for PtX kan på den ene side begrænses af, hvor meget CO<sub>2</sub> der kan fortrænges med PtX og på den anden side hvilke produktionsbegrænsninger, der er for regionen.

Der kan opnås en CO<sub>2</sub>-besparelse fra

- Transport herunder busser, lastbiler, færger
- Industri – fokus på højtemperaturprocesser
- Udnyttelse af overskudsvarme – erstatning af andre brændsler til varmeproduktion
- Eksport af PtX-produkt fra regionen – afhænger af kulstofbalance

Som vigtigste produktionsbegrænsninger kan nævnes

- Tilgængeligt kulstof herunder potentialet fra biogasanlæg
- Fjernvarmeafsætning – hvor meget fjernvarme kan der afsættes?

Her fokuseres på de direkte reduktioner i regionen fra transport og industri på efterspørgselsiden og på kulstofbalancen på udbudssiden.

Nedenfor er energiforbruget fra bustransport, færger, tung transport (lastbiler) og højtemperatur processer for Region Syddanmark opsummeret, idet det har potentiale for at blive erstattet af PtX. Potentialet er dermed her groft estimeret til 6,9 PJ. Foruden nedenstående kan der være bidrag fra fiskeri og non-road.

TJ	Energiforbrug med potentiale for PtX i dag (TJ)
Busser	1527
Færger	283
Tung transport	4443
HT-industri	239
<b>Total</b>	<b>6492</b>

*Tabel 16. Overslagsestimater for den maksimale afsætning af PtX i Region Syddanmark baseret på energiforbruget i dag. Det antages, at metanol kan anvendes i færger og HT-industri, mens der forbruges FT-diesel til tung transport og busser. For industri er det antaget at 10% af energiforbruget til industri omfatter HT-processer fra fossile kilder svarende til andel for hele DK. Kilde: Energi- og CO<sub>2</sub>-regnskab for Region Syddanmark og egne beregninger*

#### Begrænsning fra biogas

For PtX-produkter som metanol, DME, diesel, flybrændstof m.fl. kræves der en kulstof-kilde. Opgraderingsanlæg til biogas udgør en relativ billig CO<sub>2</sub>-kilde, fordi CO<sub>2</sub> fra biogassen allerede udskilles, og der derfra kan hentes en gasstrøm med en høj koncentration af CO<sub>2</sub>. I temanotat 3 blev det opgjort, at 143 mio. Nm<sup>3</sup> biogas produceres i Region Syddanmark svarende til 3,3 PJ. Herfra kan der hentes ca. 50 mio. Nm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> eller ca. 99.000 ton CO<sub>2</sub>. I temanotat 3 blev det ligeledes vurderet, at biogasproduktionen potentielt kunne øges ca. 378 mio. Nm<sup>3</sup>. CO<sub>2</sub> fra biogas til PtX-udnyttelse kan dermed opgøres til ca. 261.000 tons.

	Ton CO <sub>2</sub> /ton produkt	kg CO <sub>2</sub> /GJ-produkt	MJ-produkt/ton CO <sub>2</sub>
Metan	2,75	55	18
Metanol	1,37	68	15
FT-diesel+benzin*	6,14	142	7

Tabel 17. Nøgletal for forbrug af CO<sub>2</sub> til produktion af kulstofbaserede PtX-produkter. Ved Fischer Tropsch er det antaget, at der produceres et mix af diesel og benzin

Baseret på værdier for hvor meget produkt, der kan produceres fra 1 ton CO<sub>2</sub> (Tabel 1) er det samlede potentiale for CO<sub>2</sub> fra biogas således at der kan produceres **3,8 PJ** metanol eller **1,8 PJ** FT-diesel fra biogas. Det kan dække ca. 25-50% af energiforbruget til busser, færger, tung transport og HT-industri.

Biogaskapacitet i dag, rå biogas	Mio. m <sup>3</sup> /år	143,5
Biogaspotentiale*	Mio m <sup>3</sup> /år	378
CO <sub>2</sub> -mængde til PtX max	Mio m <sup>3</sup> /år	132
CO <sub>2</sub> -mængde til PtX max	Tons	261.000
Metanol fra biogas max	PJ	3,8
FT-diesel fra biogas max	PJ	1,8
Metan fra biogas max	PJ	4,8

Tabel 18. Begrænsning af PtX-produktion fra biogas. Biogaspotentialer baserer sig på temanotat 3 om biogas. \*Biogaspotentialet baserer sig på vurderingen i temanotat 3, hvor det anslås at der i dag produceres 38% af regionens potentiale

Potentialeopførelsen indebærer at alle biogasopgraderingsanlæg anvendes til PtX. Det er nok næppe realistisk, at det er rentabelt i alle tilfælde, og det vil typisk kun omfatte større anlæg.

#### Begrænsning fra biomasse

Der forbruges i Region Syddanmark i dag 13 PJ biomasse til el og varmeproduktion. Dertil kommer ca. 10 PJ affald. Hvis al CO<sub>2</sub> fra forbrænding af biomasse og affald indfanges svarer det til ca. 1,3 mio. tons fra biomasse og ca. 0,8 mio. tons fra affald. Fra det kan der produceres ca. 30 PJ metanol og 15 PJ FT-diesel. Dvs. mere end det samlede potentiale. Det er imidlertid ikke realistisk, at al CO<sub>2</sub> indfanges og bruges direkte i PtX-proces. Formentlig vil det kun være større værker som Skærbækværket, affaldsværker, Fynsværket m.fl., hvor det giver mening at lave CO<sub>2</sub>-fangst.

Potentialet er således til stede til at kunne lave kulstofbaseret PtX.

### Mulige handlingspunkter for Region Syddanmark

- Identificere mulige placeringer af de første indfødningszoner
  - Udpege arealer ud for fx Esbjerg



- Understøtte at regionale aktører får del i den nye pulje fra 2024
- Undersøge om det kan være økonomisk attraktivt bruge enten brint eller anden PtX-produkt til den offentlige transport og kommunal transport fx regionale og kommunale busser (primært længere distancer), fragt mm.
- Undersøge mulighederne for indpasning af stor elektrolysekapacitet i elnettet lokalt eller ved indfødningszoner
- Etablere et regionalt netværk, som skal fremme F&U og demonstrationsprojekter af PtX i Region Syddanmark
- Udarbejde en kulstofstrategi for Region Syddanmark, dvs. kortlægge alle kulstofkilder (CO<sub>2</sub>-udledning) og lave strategi for, hvordan kulstof skal bruges (udledning, lagring, Power-to-X)
- Indgå dialog med industrielle aktører om mulighed for kortlægge potentialet for at anvende brint til proces