

Omstilling frem mod 2030

Byggeklodser til et samfund med lavere drivhusgasudledninger

OBS!

Opdaterede anbefalinger til sidst i dette dokument

Omstilling frem mod 2030

Byggeklodser til et samfund med lavere drivhusgasudledninger

OBS!

Opdaterede anbefalinger til sidst i dette dokument. Efter færdiggørelsen af denne rapport har Energistyrelsen opjusteret deres forventning til reduktionsbehovet frem mod 2030, og for at imødekomme dette er Klimarådets anbefalinger til omstillingen frem mod 2030 ligeledes opdateret. De opdaterede anbefalinger er beskrevet i indstiksnottatet *Energistyrelsen har opjusteret sit skøn for reduktionsbehovet i ikke-kvotesektoren frem mod 2030*, der findes til sidst i dokumentet.

Peter Birch Sørensen
Jørgen Elmeskov
Pia Frederiksen
Jette Bredahl Jacobsen
Niels Buus Kristensen
Poul Erik Morthorst
Katherine Richardson

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

Omstilling frem mod 2030

Byggeklodser til et samfund med
lavere drivhusgasudledninger

Udgivet i juni 2017 af

Klimarådet

Frederiksholms Kanal 4B, 5. sal
DK-1220 København K
+45 22 68 85 88
mail@klimaraadet.dk
klimaraadet.dk

ISBN 978-87-998744-4-6

Design B14

Tryk GP-Tryk A/S



5041 0661 Svanemærket tryksag GP-Tryk A/S

• • • • •

• • • • •

• • • • •



Indhold

	Forord	6
1	Hovedkonklusioner og anbefalinger	8
2	Danmarks klimamålsætninger	22
	2.1 Status på danske målsætninger	26
	2.2 EU's klimapolitik - nye rammebetingelser frem mod 2030	36
	2.3 Konklusioner og anbefalinger	48
3	Behov for øget globalt ambitionsniveau	50
	3.1 Klimaaftalen i Paris	55
	3.2 Hvad skal der til for at holde temperaturstigningen under 2 grader?	61
	3.3 Hvordan kan EU bidrage til opnåelse af 2-gradersmålsætningen?	70
	3.4 Konklusioner	75
4	Principper for målopfyldelse i 2030	76
	4.1 Omstillingselementer og virkemidler	80
	4.2 Samfundsøkonomiske omkostninger	86
	4.3 Perspektivet mod 2050	94
	4.4 Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030	101
	4.5 Konklusioner	104
5	Muligheder for reduktioner frem mod 2030	106
	5.1 Overblik over ikke-kvotesektoren	110
	5.2 Transport	113
	5.3 Landbrug	120
	5.4 Opvarmning	127
	5.5 Produktionserhverv	132
	5.6 Affald	135
	5.7 Konklusioner	137
6	Omstillingsvejen mod 2030	138
	6.1 Reduktionsbehov inden 2030	142
	6.2 S sammensætning af omstillingselementer	146
	6.3 Konklusioner og anbefalinger	158

A	Appendiks	162
A.1	Mindre vejtransport	165
A.2	Kollektiv transport	168
A.3	Mere brændstoføkonomiske biler	171
A.4	Flydende biobrændstoffer	173
A.5	Elbiler	178
A.6	Elbusser	183
A.7	Gas i tung transport	186
A.8	Elektrificering af jernbanen	190
A.9	Plantefedt til malkekvæg	194
A.10	Mindre malkekvægsbestand	197
A.11	Forsuring af gylle	202
A.12	Energipil	206
A.13	Græsarealer	210
A.14	Individuelle varmepumper	213
A.15	Træpillefyr	216
A.16	Store varmepumper	218
A.17	Solvarme	221
A.18	Biogas i naturgasnettet	224
A.19	Energireovering af bygninger	229
A.20	Energieffektivisering i produktionserhvervene	234
	Noter	238

Forord

Klimarådet er nedsat i medfør af klimaloven, der blev vedtaget af Folketinget i 2014 og har til formål at etablere en overordnet strategisk ramme for Danmarks klimapolitik med henblik på at overgå til et lavemissionssamfund i 2050. Klimarådet har siden 2015 givet anbefalinger til regeringen i form af årlige hovedrapporter suppleret med enkeltstående analyser af udvalgte klimapolitiske problemstillinger. I efteråret 2016 fik Danmark en ny regering bestående af Venstre, Konservative og Liberal Alliance og med den også et nyt regeringsgrundlag, hvor det blandt andet hedder:

”Udledningen af drivhusgasser skal fortsat falde. Danmark er parat til at påtage sig et ambitiøst 2030-mål for reduktion af udledninger uden for kvotesystemet. Regeringen vil udarbejde en omkostningseffektiv strategi for opfyldelse af Danmarks reduktion i 2030 inden udgangen af 2017. Regeringen vil blandt andet inddrage anbefalinger fra Klimarådet.”

Med denne rapport om *Omstilling frem mod 2030 - byggeklodser til et samfund med lavere drivhusgasudledninger* fremlægger Klimarådet sine forslag til en strategi, der kan hjælpe Danmark i mål i 2030 under hensyntagen til det langsigtede mål om et lavemissionssamfund i 2050.

Klimarådet har i denne rapport valgt at sætte fokus på de *omstillingselementer*, der bør indgå i Danmarks grønne omstilling frem mod 2030 som et vigtigt skridt på vejen mod et lavemissionssamfund i 2050. Med omstillingselementer mener vi omstillinger i produktion eller forbrug, der kan fungere som byggeklodser i arbejdet med at skabe et samfund med meget lave udledninger af drivhusgasser.

Omstillingselementer kan fx være indførelse af eldrevne varmepumper i varmforsyningen, udbredelse af elbiler i transporten, energireovering af bygninger og klimavenlig håndtering af husdyrgødning i landbruget. Et omstillingselement vil typisk kunne gennemføres ved brug af flere forskellige virkemidler som fx afgifter, tilskud, forbud eller påbud. Mens der kan være politisk uenighed om, hvilke konkrete virkemidler der bør vælges, håber Klimarådet, at vi med denne rapport kan bidrage til at skabe konsensus om, hvilke omstillingselementer der bør indgå i den grønne omstilling i de kommende år.

I denne hovedrapport for 2017 giver vi derfor vores bud på et udvalg af omstillingselementer, der kan sikre en omkostningseffektiv opfyldelse af 2030-målet set i lyset af Danmarks langsigtede mål i 2050. Vi peger samtidigt på en række virkemidler, man politisk kan vælge for at realisere disse omstillingselementer.

Denne rapport indeholder – ligesom den nylige rapport fra regeringens Energikommission – anbefalinger til fremtidens energipolitik. Både Energikommissionens rapport, de tidligere hovedrapporter fra Klimarådet og rapporten fra den tidligere Klimakommission i 2010 fremhæver en række afgørende elementer i Danmarks grønne omstilling såsom nødvendigheden af en øget elektrificering af energiforbruget, øget integration af de forskellige dele af energisystemet, udvikling af energilagringmuligheder, fortsat energieffektivisering og en vedholdende indsats inden for forskning, udvikling og demonstration af

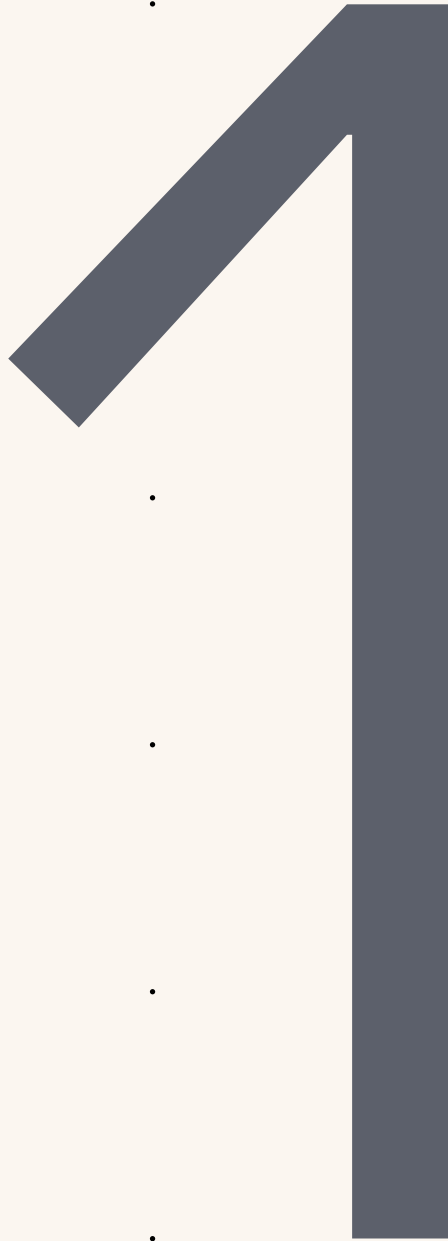
alternative energiteknologier. Energikommissionen understreger ligeledes på linje med Klimarådet og Klimakommissionen det langsigtede mål om Danmark som lavemissionssamfund i 2050 som et afgørende pejlemærke for energi- og klimapolitikken på kortere sigt. De senere års udredningsarbejder har således bidraget til at udvikle en bred fælles forståelse af hovedelementerne i Danmarks grønne omstilling. Denne rapport fra Klimarådet bygger videre på dette arbejde med særligt fokus på den del af drivhusgasudledningerne, der ikke er omfattet af EU's kvotehandelssystem.

I løbet af de kommende år skal Folketinget vedtage et nyt energiforlig, og regeringen vil i forbindelse med den klimapolitiske redegørelse i 2017 fremlægge en klimaplan, der samler regeringens initiativer på klimaområdet. Det er Klimarådets håb, at vi med denne rapport kan inspirere regeringen og de øvrige partier i Folketinget til en frugtbar diskussion af de muligheder, der ligger i de enkelte omstillingslementer, og hvordan de kan bidrage til opfyldelsen af målsætningerne i 2030 samtidig med, at det endelige mål om et lavemissionssamfund i 2050 tænkes med i kommende politiske tiltag.

København, juni 2017

Klimarådet består af:

- Peter Birch Sørensen (formand), professor i økonomi ved Københavns Universitet
- Jørgen Elmeskov, rigsstatistiker i Danmarks Statistik
- Pia Frederiksen, sektionsleder og seniorforsker ved Institut for Miljøvidenskab ved Aarhus Universitet
- Jette Bredahl Jacobsen, professor i miljø- og ressourceøkonomi og viceinstituttleder for forskning ved Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi ved Københavns Universitet
- Niels Buus Kristensen, transportforsker og forskningsleder ved Transportøkonomisk Institutt i Oslo
- Poul Erik Morthorst, professor i energiøkonomi og afdelingsleder ved DTU Management Engineering
- Katherine Richardson, professor i biologisk oceanografi og leder af Sustainability Science Centre ved Københavns Universitet.



• • • • •

• • •

Hovedkonklusioner og anbefalinger

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

Klimarådet udarbejder løbende anbefalinger til dansk klimapolitik, herunder valg af omstillingsveje og virkemidler til realisering af klimalovens målsætninger. Klimaloven er vedtaget med udgangspunkt i målet om et lavemissionssamfund i 2050, men den klimapolitik, Danmark skal gennemføre i dag, har ofte et lidt kortere sigte. I denne rapport om *Omstilling frem mod 2030 – byggeklodser til et samfund med lavere drivhusgasudledninger* ser Klimarådet derfor på, hvordan omstillingen mest hensigtsmæssigt kan tilrettelægges i det kommende årti. Hvis vi skal realisere ambitionen om et lavemissionssamfund i 2050, er det afgørende, at omstillingen mod 2030 får den rigtige retning og et passende tempo.

Omstillingen frem mod 2030 i den del af økonomien, der ikke er omfattet af EU's kvotesystem, styres af det mål, Danmark har påtaget sig som medlem af EU. Den nuværende VLAK-regering, der blev dannet i efteråret 2016, har i sit regeringsgrundlag efterspurgt Klimarådets anbefalinger til, hvordan Danmark bedst kan omstille ikke-kvotesektoren, og derfor har denne rapport særligt fokus på 'biler, bønder og boliger', som denne del af økonomien populært betegnes.

For at skabe overblik over så bred en opgave bruger Klimarådet i denne rapport begrebet *omstillingselement*. Et omstillingselement er en omstilling af produktionen eller forbruget, der bidrager til at sænke drivhusgasudledningerne fx ved overgang til mere klimavenlige og energieffektive teknologier. Det kan blandt andet være elbiler, bioforgasning af husdyrgødning eller energirenovering af bygninger. Denne rapport har analyseret mulighederne i 20 omstillingselementer med henblik på at sammensætte en pakke af elementer, der kan sikre opfyldelse af målet i 2030 ud fra klare kriterier. Rapporten viser, at målet kan opfyldes uden store omkostninger for Danmark og måske endda med en lille samfundsøkonomisk gevinst.

Analysen af de enkelte omstillingselementer forholder sig til både pris og potentiale i forhold til reduktion af drivhusgasser, men tager ikke stilling til, hvilke afgifter, tilskud, krav eller andet, der skal til for at realisere omstillingselementerne. På den måde adskiller omstillingselementer sig fra virkemidler, og dermed kan overvejelserne holdes på et mere overordnet niveau, uden at diskussionen kommer til at handle om, hvem der skal betale for hvad. Virkemidler er naturligvis vigtige for gennemførelsen af nye klimapolitiske tiltag, og en detaljeret analyse af centrale virkemidler kan passende bygge oven på denne rapport.

Omstillingen mod 2030 omfatter også den kvoteomfattede del af økonomien, og her har regeringen sat rammerne med et mål om, at 50 pct. af al vores energi skal komme fra vedvarende energikilder. Energistyrelsens seneste basisfremskrivning har vist, at Danmark ikke når de 50 pct. i 2030 med de tiltag, der hidtil er vedtaget. Der er derfor behov for ny politik, og denne rapport beskriver, hvor stor udfordringen er set i lyset af både 2030-målet og 2050-målet om en energiforsyning, der er fuldt ud baseret på vedvarende energi.

Klimarådet ser også ud over Danmarks grænser. EU sætter i høj grad rammerne for den danske klima- og energipolitik, og denne rapport redegør for den seneste udvikling i den europæiske klimaregulering. Rapporten retter også fokus mod den globale klimadagsorden og Parisaftalen. Nok er aftalen et vigtigt skridt i den rigtige retning, men det erkendes, at den ikke er tilstrækkelig, hvis den globale opvarmning skal holdes under 2 grader. Derfor er der i aftalen indbygget en forventning om, at landenes ambitionsniveau for udledningsreduktioner vil stige, og af den grund er det sandsynligt, at EU vil øge sine klimaambitioner i de kommende år, hvilket Danmark bør være forberedt på i tilrettelæggelsen af sin målopfyldelse.

I det følgende gennemgås hovedkonklusionerne og anbefalingerne fra rapportens kapitler.

MPH

9:16
40

P 70000 miles
53 miles



Omstilling af ikke-kvotesektoren frem mod 2030

Rapportens hovedtema er, hvordan Danmark frem mod 2030 mest hensigtsmæssigt kan reducere udledningerne af drivhusgasser fra den del af økonomien, der ikke er omfattet af EU's kvotesystem. Kapitel 4 opridser de overordnede principper bag rapportens analyse, mens kapitel 5 præsenterer de potentielle tiltag til opfyldelse af 2030-målet, som Klimarådet har undersøgt. Den endelige prioritering af tiltagene foretages i kapitel 6.

Fokus er på omstillingselementer frem for virkemidler

Som medlem af EU står Danmark over for at skulle reducere sine udledninger af drivhusgasser i ikke-kvotesektoren mod 2030. Denne sektor omfatter især transport, landbrug og dele af opvarmning og industri. Målet danner rammen for den danske omstilling i disse dele af vores økonomi.

Klimarådet forholder sig til målopfyldelsen frem mod 2030 med udgangspunkt i begrebet *omstillingselement*, som betegner klimavenlige ændringer af produktion eller forbrug. Der kan være tale om ny teknologi, effektiviseringer, produktionsomlægninger og lignende. Begrebet adskiller sig fra virkemidler, som er de politiske håndtag, der skal realisere omstillingselementerne. Ved at fokusere på omstillingselementer bliver det muligt at konkretisere diskussionen af målopfyldelsen, så man kan fastlægge en retning for den grønne omstilling i de forskellige dele af samfundet.

For hvert omstillingselement finder analysen det potentiale til reduktion af udledningerne i perioden 2021 til 2030, som kan opnås med relevante virkemidler. Potentialet måles i forhold til Energistyrelsens *Basisfremskrivning 2017*, som fremskriver udviklingen i energiforbruget og drivhusgasudledningerne, hvis der ikke gennemføres ny politik. Ved at sammensætte en pakke med flere omstillingselementer, kan Klimarådet skitsere en strategi for opfyldelse af reduktionsmålet i ikke-kvotesektoren. Med udgangspunkt i denne strategi bliver opgaven efterfølgende at beslutte politiske virkemidler, der kan realisere de valgte omstillingselementer.

Pris og 2050-perspektiv er de vigtigste kriterier for valget af omstillingselementer

Klimarådet peger på to hovedkriterier, når der skal vælges omstillingselementer til at opfylde målet i 2030. Kriterierne er dels prisen, og dels om elementet peger i retning af Danmarks klimamål for 2050. Tilsammen bør disse kriterier udgøre hovedakserne i samfundets prioritering.

Den relevante pris er de samfundsøkonomiske omkostninger. Heri indgår direkte omkostninger til investeringer og drift, men også afledte omkostninger for samfundet som følge af fx lokal forurening og trafikstøj. Det er dog kun muligt at angive en omtrentlig størrelsesorden af de samfundsmæssige omkostninger, da de i praksis afhænger af virkemidlet.

Danmark har som mål i 2050 at være et lavemissionssamfund baseret på vedvarende energi. Det indebærer en omfattende omstilling, som må foregå gradvist over hele perioden. Hvis den skal forceres over en kortere periode op mod 2050,

vil omkostningerne stige. Omstillingen inden 2030 bør derfor lette omstillingen mod det lavemissionssamfund, vi ønsker os i 2050. Omkostningerne til omstillingen skal minimeres over den samlede periode og ikke ses isoleret for delmål frem mod 2030. Af den grund er det vigtigt at prioritere omstillingselementer for 2030, som også er en del af den langsigtede vision. Det gælder specielt for store forandringer, der kræver ændrede teknologivalg og investeringer med lang levetid. Også Energikommisionen, der udkom med sine anbefalinger i april 2017, slår til lyd for, at Danmark skal være på rette spor mod 2050, når man planlægger omstillingen for de kommende år.

Klimarådet har undersøgt 20 forskellige omstillingselementer

Klimarådet undersøger i denne rapport et stort udvalg af omstillingselementer inden for forskellige sektorer. I transporten ses blandt andet på elbiler, bio-brændstoffer og kollektiv transport. I landbruget er der fx fokus på behandling af husdyrgødning, vedvarende græsarealer og reduceret kvæghold. Mulige omstillingselementer i opvarmningen er varmepumper, solvarme og energireovering, mens analysen også inkluderer elementer, der kan medvirke til at nedbringe udledningerne fra industriens energiforbrug. Omstillingselementernes potentiale, og hvordan de vurderes ud fra analysens to hovedkriterier, er vist i figur 1.1, som uddybes i kapitel 6.

Klimarådet har udvalgt en pakke af omstillingselementer, der opfylder 2030-målet

Energistyrelsens centrale skøn for det samlede reduktionsbehov over perioden 2021-2030 er 9,4 mio. ton CO₂e, hvis Danmark også gør brug af muligheden for at medregne kulstofoptag i jorde og skove (LULUCF-tiltag) i målopfyldelsen. En reduktion på 9,4 mio. ton CO₂e svarer til ca. 3 pct. af de samlede forventede udledninger i perioden, hvis der ikke gennemføres ny politik. Der er dog væsentlig usikkerhed om, hvad reduktionsbehovet reelt viser sig at blive.

Klimarådet har med udgangspunkt i figur 1.1 i første omgang sammensat en pakke af syv omstillingselementer, der opfylder reduktionsbehovet frem mod 2030. Pakken består af energireovering af bygningsmassen, individuelle varmepumper, store varmepumper i fjernvarmen, solvarme, energieffektivisering i produktionserhvervene, naturgas i tung transport og forsuring af kvæg- og svinegylle. Pakken har fokus på energi, men tager også fat på den nødvendige omstilling af landbrug og transport. Samlet set giver pakken en beskedne gevinst for samfundet på ca. 1. mia. kr. set over hele perioden. Det præcise tal er naturligvis usikkert, men det viser, at målet i 2030 med meget stor sandsynlighed kan opfyldes uden de store omkostninger.

Det er også muligt at bruge kvoter fra EU's kvotesystem til at opfylde målet i ikke-kvotesektoren. Ved at benytte denne mulighed kan målet opfyldes en smule billigere, men en dansk kvoteannullering har en meget lille klimaeffekt på kort og mellemlangt sigt og bringer ikke Danmark tættere på den langsigtede omstilling af samfundet, som er nødvendig frem mod 2050, hvilket betyder, at opgaven vil blive endnu større efter 2030. Derfor anbefaler Klimarådet, at Danmark ikke benytter muligheden for at annullere kvoter.



Figur 1.1 Omstillingselementernes potentiale, omkostninger og 2050-perspektiv

Anm.: Cirklernes størrelse udtrykker potentialet for reduktion af drivhusgasudledningen i perioden 2021-2030 målt i ton CO₂-ækvivalenter. Placeringen af cirklerne inden for felterne har ikke betydning.

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

Danmark bør gennemføre flere omstillingselementer, end målet fra EU kræver

Generelt set viser Klimarådets analyse, at det er overkommeligt for Danmark at opfylde målet i ikke-kvotesektoren. Der er derfor gode grunde til at overveje en større reduktion, end det centrale skøn for reduktionsbehovet giver anledning til. I det lys anbefaler Klimarådet:

- Danmark bør sigte mod en større reduktion af udledningen af drivhusgasser i ikke-kvotesektoren end det, der svarer til Energistyrelsens centrale skøn for reduktionsbehovet. En større reduktion vil mindske behovet for et opskruet tempo i Danmarks grønne omstilling efter 2030. En større reduktion vil også være udtryk for rettidig omhu i den sandsynlige situation, hvor EU skærper sine klimamål frem mod 2050 som led i opfyldelsen af Parisaftalen. Et forsigtighedsprincip tilsiger ligeledes en større reduktion, da reduktionsbehovet kan vise sig større end Energistyrelsens skøn.

Hvis man ønsker en større reduktion end det centrale skøn peger på, viser Klimarådets analyse, at det er mest oplagt at tage fat på omstillingselementer som elbiler, træpillefyr og energipil. Af disse finder Klimarådet, at der i forhold til den langsigtede omstilling er mest perspektiv i elbiler.

Tabel 1.1 opsummerer de i alt otte omstillingselementer, som det ifølge Klimarådets analyse er mest hensigtsmæssigt at fokusere på inden 2030. På flere områder er Klimarådet enig med Energikommisionen, hvilket blandt andet gælder behovet for elektrificering af opvarmning og transport og omkostnings-effektive energibesparelser.

Omstillingselement	Potentiale	Samfundsøkonomisk omkostning	Letter omstillingen frem mod 2050
Energirenovering af bygninger	1,4 mio. ton CO ₂ e	Meget billigt	I høj grad
Individuelle varmepumper	3,3 mio. ton CO ₂ e	Meget billigt	I nogen grad
Energieffektivisering i produktionserhvervene	2,6 mio. ton CO ₂ e	Meget billigt	I nogen grad
Gas i tung transport	0,2 mio. ton CO ₂ e	Meget billigt	I nogen grad
Store varmepumper	0,9 mio. ton CO ₂ e	Billigt	I høj grad
Solvarme	0,8 mio. ton CO ₂ e	Billigt	I høj grad
Forsuring af gylle	1,0 mio. ton CO ₂ e	Billigt	I nogen grad
Elbiler	2,2 mio. ton CO ₂ e	Medium	I høj grad
Overlap	-0,3 mio. ton CO ₂ e		
I alt	12,0 mio. ton CO₂e		

Tabel 1.1 Klimarådets udvalgte omstillingselementer

Anm.: Enkelte omstillingselementer overlapper en smule, hvilket trækkes fra for at undgå dobbeltregning.

Klimarådets anbefalinger for ikke-kvotesektoren lægger vægt på indenlandske reduktioner

På baggrund af analysen af omstillingselementer anbefaler Klimarådet:

- I den ikke-kvotefattede del af energiområdet bør Danmark mod 2030 satse på øget udbredelse af varmepumper suppleret med solvarme. Samtidig bør vi fokusere på omkostningseffektive energibesparelser i bygningsmassen og i produktionserhvervene.
- I transporten bør vi påbegynde omstillingen til elektrificeret vejpersontransport i form af elbiler, mens gas bør introduceres som alternativt drivmiddel til lastbiler.
- I landbruget bør omstillingen i første omgang have fokus på behandling af husdyrgødning. Her er flere teknologier relevante, men forsuring synes lige nu at være det samfundsøkonomisk mest attraktive tiltag.
- Danmark bør i videst muligt omfang opfylde målet i ikke-kvotesektoren ved indenlandske reduktioner og kun købe udledningsrettigheder i andre lande, hvis det mod slutningen af målperioden viser sig, at vi ikke har reduceret nok, og under forudsætning af, at købet af udledningsrettigheden modsvares af dokumenterede reduktioner i sælgerlandet.
- Danmark bør ikke benytte muligheden for at bruge kvoter fra kvotesystemet til at opfylde målet i ikke-kvotesektoren, med mindre der inden udgangen af 2019, hvor beslutningen om brug af kvoter skal tages, gennemføres en reform af kvotesystemet, så det store kvoteoverskud nedbringes markant.

Danmarks klimamålsætninger

Som i tidligere rapporter gør Klimarådet status over de danske målsætninger på klima- og energiområdet i kapitel 2. Kapitlet har også et særligt fokus på de seneste direktiver og forslag fra EU på dette område.

Danmark opfylder de fleste mål for 2020, men mangler ny politik mod 2030

Danmark er godt på vej mod at efterleve de fleste energi- og klimapolitiske målsætninger frem mod 2020. Den seneste basisfremskrivning fra Energistyrelsen forventer, at Danmark i 2020 vil opfylde EU's krav til såvel udbredelsen af vedvarende energi som til udledningerne i den ikke-kvotefattede del af økonomien. Ligeledes ser det ud til, at vi når det mål om 40 pct. reduktion i de samlede danske udledninger i forhold til 1990, som et flertal i Folketinget tidligere har bakket op om. Til gengæld viser fremskrivningen, at det EU-mål, som Danmark har for anvendelsen af vedvarende energi i transportsektoren i 2020, kræver igangsættelse af nye initiativer.

I 2030 ser tingene anderledes ud. Mange af de nuværende klimatiltag og -initiativer udløber om få år, og derfor viser fremskrivningen, at den grønne omstilling vil gå i stå, hvis vi ikke gennemfører nye tiltag på klima- og energiområdet. Derfor kræver det politisk handling, hvis Danmark i 2030 skal opfylde EU's mål for reduktion af udledningerne i ikke-kvotesektoren og regeringens eget mål om 50 pct. vedvarende energi i energiforsyningen.

Regeringen har sat mål for vedvarende energi i 2030

Målet om 50 pct. vedvarende energi i 2030 bliver styrende for omstillingen af den danske energiforsyning og transport de næste år. Der skal snart forhandles om en ny energiaftale, som vil række frem mod 2030, og i den forbindelse anbefaler Klimarådet:

- Den kommende energiaftale bør skabe stabile rammer for omstillingen til vedvarende energi i det kommende årti, så regeringens mål om en andel af vedvarende energi i energibehovet på 50 pct. i 2030 som minimum nås. Dette skal ikke mindst ses i lyset af, at fx vindmøller og solceller er blevet meget billigere i de seneste år. Derfor er det hensigtsmæssigt, at regeringen vil evaluere målsætningen om indfasning af 50 pct. vedvarende energi med passende mellemrum for at tage stilling til, om vedvarende energi skal indføres hurtigere. Et højere mål end 50 pct. vil kunne sikre en mere gradvis overgang til et lavemissionssamfund i 2050 baseret på vedvarende energi.

Mange centrale kraftvarmeverker i Danmark omstiller i disse år fra kul til biomasse, hvilket delvist sker som følge af afgiftsfritagelsen af biomasse. Det vil medføre en kraftig forøgelse af anvendelsen af importeret biomasse i form af træpiller og træflis. Dette hjælper til at opfylde målet for vedvarende energi, men det er vigtigt, at den anvendte biomasse er produceret på bæredygtig vis, så brugen af den bidrager til en reel reduktion af den globale drivhusgasudledning.

Basisfremskrivningen peger dog på risikoen for, at større elforbrug vil betyde mere elproduktion baseret på kul. Kul er en af de energiformer, der udleder mest CO₂ til atmosfæren pr. energienhed, og øget kulforbrug modarbejder regerin-

gens mål for den vedvarende energi. Det vil derfor være en rimelig dansk ambition ikke at bruge kul i el- og varmeproduktion fra 2030. Meget peger dog på, at markedet selv afvikler de tilbageværende kulfyrede kraftværksblokke inden 2030, men hvis denne markedstendens vendes, kan det blive nødvendigt at gribe ind.

EU sætter rammerne for den danske klima- og energipolitik

De fælles beslutninger i EU er i høj grad styrende for den danske klimapolitik, både hvad angår målsætninger og konkret regulering af erhverv og sektorer. Mod 2030 har EU sat rammen for klimapolitikken i ikke-kvotesektoren ved at pålægge hvert land en reduktionsforpligtigelse for perioden fra 2021 til 2030. I opfyldelsen har medlemslandene mulighed for at benytte såkaldte fleksibilitetsmekanismer som alternativ til indenlandske klimatiltag. Det drejer sig om brug af kvoter fra EU's kvotesystem, køb af udledningsrettigheder fra andre lande og medregning af bidrag fra LULUCF-tiltag.

I kvotesektoren har EU's system for omsættelige kvoter længe været nødlidende som drivkraft for omstillingen. Systemet lider under et stort overskud af kvoter, hvilket har resulteret i en meget lav kvotepris, som i dag har svært ved at skabe incitament til en teknologiudvikling, der kan drive omstillingen til vedvarende energi. EU har de seneste år forsøgt sig med forskellige revisioner af kvotesystemet, og i 2017 forhandles der om en reform af systemet, der efter hensigten skal give en højere kvotepris. Hvis det lykkes, vil det mindske behovet for offentlig støtte til vedvarende energi.

I december 2016 kom EU-Kommissionen med sin såkaldte Vinterpakke. Vinterpakken indeholder en række konkrete initiativer, der skal bidrage til udmøntningen af EU's energiunion. Vigtige forslag i pakken er, at EU's mål for energiefektivitet i 2030 skal skærpes, at der skal stilles skrappe bæredygtighedskrav til biomasse, at støtte til vedvarende energi skal tildeles under konkurrence, og at en vis andel af støtten skal åbnes for anlæg placeret i andre medlemslande.

Danmark skal i den kommende tid forhandle i EU om vigtige elementer i den fremtidige europæiske klima- og energipolitik, og Klimarådet har følgende anbefalinger til den danske forhandlingsposition:

- Danmark bør i forbindelse med de igangværende klima- og energipolitiske forhandlinger i EU arbejde for:
 - En så ambitiøs reform af kvotesystemet som muligt, der sikrer, at det nuværende kvoteoverskud nedbringes markant.
 - Regler, der sikrer, at udtag af træ til bioenergi medregnes i producentlandets CO₂-regnskab.
 - At bæredygtighedskravene til biomasse også kommer til at gælde for eksisterende produktionsanlæg, idet danske anlæg formentlig ellers ikke vil være omfattet.
 - At EU-Kommissionen fremsætter ambitiøse krav til bilproducenterne om at reducere CO₂-udledningen fra person- og varebiler og tunge køretøjer samt krav om en stigende andel af nulemissionsbiler i det samlede årlige bilsalg, som bidrager til at fremme teknologiudviklingen, som man fx ser det i det californiske certifikatsystem.

Behov for øget globalt ambitionsniveau

I kapitel 3 løfter Klimarådet blikket fra den danske og europæiske dagsorden og ser i stedet på den globale klimasituation. I sidste ende er det den, der bør diktere udviklingen i de danske og europæiske klimamål.

Parisaftalen bringer verden i den rigtige retning, men er ikke tilstrækkelig

I december 2015 lykkedes det verdens statsledere at nå til enighed om den til dato mest vidtgående globale aftale på klimaområdet. Parisaftalen har som målsætning at holde den globale temperaturstigning i forhold til det førindustrielle niveau 'et stykke' under 2 grader med sigte på at begrænse stigningen til 1,5 grader. Ifølge regeringsgrundlaget skal Danmark nationalt og internationalt bidrage til at opfylde denne ambitiøse målsætning.

Parisaftalen er et vigtigt skridt i den rigtige retning. Men de bidrag til den globale reduktionsindsats, som verdens lande indtil videre har meldt ind til FN under aftalen, er langt fra tilstrækkelige, hvis aftalens målsætning skal være inden for rækkevidde. Det vil kræve en væsentlig forøgelse af landenes klimambitioner at nå målsætningen. Hvis ikke der vedtages og igangsættes større reduktionsindsatser i de kommende årtier, vil der blive behov for langt mere drastiske reduktioner af drivhusgasudledningen fra midten af dette århundrede.

Det globale drivhusgasbudget giver forventning om øgede klimaambitioner i EU

Jordens befolkning kan kun tillade sig at udlede en begrænset mængde drivhusgas til atmosfæren, hvis vi skal undgå for stor en koncentration af drivhusgasser i atmosfæren. Kravet er betydelige reduktioner af drivhusgasudledningen på kort sigt samtidig med øget optag af CO₂ i jorde og skove, hvis Jordens kulstofkredsløb skal balancere fremover.

EU er allerede godt på vej mod at overopfylde sit reduktionsmål i 2020, og der synes derfor at være gode forudsætninger for at øge de europæiske klimamål frem mod 2030 som bidrag til en forstærket global klimainsats. EU's drivhusgasudledning pr. indbygger vil forventeligt være lavere end fx USA's og Kinas i 2030, men EU's udledning pr. indbygger vil fortsat ligge over det gennemsnitlige niveau, som kloden ifølge FN's miljøprogram bør sigte efter, hvis vi skal have to tredjedele chance for at indfri 2-gradersmålsætningen. Derfor kan man forvente, at EU vil skærpe sine klimamål. Det har selvsagt betydning for dansk klimapolitik, som derfor i udgangspunktet bør tage i betragtning, at EU's målsætninger sandsynligvis vil blive skærpet.

2

• • • • •

• • •

Danmarks klimamålsætninger

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

Danmark er nået langt med at opfylde nationale og internationale målsætninger på klima- og energiområdet. Vi er godt på vej til at efterleve de energi- og klimapolitiske målsætninger frem mod 2020, men målet om anvendelse af vedvarende energi i transportsektoren i 2020 opnås ikke uden yderligere tiltag. Samtidig er der behov for nye politikker for at indfri målene i 2030 for drivhusgasreduktion og udbygning med vedvarende energi.

Der skal forhandles om en ny energiaftale, der kan træde i kraft, når den nuværende energiaftale udløber i 2020. Regeringen har en målsætning om at øge andelen af vedvarende energi til 50 pct. i 2030. Vedvarende energi bliver hele tiden billigere, og derfor er det hensigtsmæssigt, at regeringen vil evaluere målet med passende mellemrum for at tage stilling til, om vedvarende energi skal indføres hurtigere.

Energistyrelsens *Basisfremskrivning 2017* viser en risiko for, at større elforbrug i fremtiden vil betyde mere elproduktion baseret på kul. Kul er en af de energiformer, der udleder mest CO₂ til atmosfæren pr. energienhed, og øget kulforbrug modarbejder regeringens mål for den vedvarende energi. Det vil derfor være en rimelig dansk ambition ikke at bruge kul i el- og varmeproduktionen fra 2030.

Mange danske centrale kraftvarmeværker omstiller i disse år fra kul til biomasse. Det medfører en kraftig forøgelse af anvendelsen af importeret biomasse i form af træpiller og træflis. Dette tæller med i at opfylde målet for vedvarende energi, men det er vigtigt at sikre, at den anvendte biomasse også bidrager til en reel reduktion af den globale drivhusgasudledning.

EU er med til at sætte rammerne for den danske klimapolitik, både hvad angår målsætninger og konkret regulering af erhverv og sektorer. Derfor ses der i dette kapitel også nærmere på, hvad den kommende lovgivning, som forhandles i EU, vil få af betydning for Danmarks klima- og energipolitik frem mod 2030.

2.1 Status på danske målsætninger

Klimarådet vurderer hvert år, hvordan det går med opfyldelsen af Danmarks nationale klimamålsætninger og internationale klimaforpligtelser, herunder de EU-forpligtelser som Danmark har påtaget sig. Ifølge Energi styrelsens seneste basisfremskrivning er Danmark på rette vej i forhold til at opfylde vores EU-forpligtelser i 2020. Dog kræver målet om 10 pct. anvendelse af vedvarende energi (VE) i transportsektoren i 2020 igangsættelse af nye initiativer. Det kræver desuden nye politiske tiltag at nå EU-målsætningen i 2030 om reduktion af drivhusgasudledningen i de ikke-kvotebelagte sektorer og regeringens mål for udbygning med vedvarende energi.

Tabel 2.1 viser status for målopfyldelse for Danmarks forskellige målsætninger.

	Aftale	Vedrører	Forpligtelse/mål	Målopfyldelse?
Målsætning er opfyldt/forventes opfyldt med de besluttede tiltag	Mål for 2020:			
	EU's klimamål 2013-20 (2. Kyotoperiode)	Drivhusgasudledning, ikke-kvotefattig	-20 pct. fra 2005 til 2020	●
Målsætning kan opfyldes, men kræver yderligere tiltag	EU's 2020 VE-mål	VE-andel af samlet energiforbrug	30 pct. i 2020	●
Målsætning kan næppe nås	EU's 2020-mål for VE i transport	VE-andel i transportsektor	10 pct. i 2020	●
	Mål for 2030:			
	EU's 2030-klimamål	Drivhusgasudledning i ikke-kvotebelagte sektorer i EU	-39 pct. fra 2005 til 2030 (endnu ikke vedtaget)	●
	VLAK-regeringsgrundlag	VE-andel af det endelige energiforbrug	50 pct. i 2030	●
	Mål for 2050:			
	Klimaloven	Lavemissionssamfund i 2050	Mål endnu ikke konkretiseret	●

Tabel 2.1 Klima- og energimålsætninger for Danmark og vurdering af status for målopfyldelse

Kilde: Egne vurderinger.

Danmark når mål for de ikke-kvoteomfattede drivhusgasudledninger i 2020

EU har et mål om at reducere de samlede drivhusgasudledninger med 20 pct. i 2020 i forhold til 1990. Målet er samtidig EU's bidrag til Kyotoprotokollens anden forpligtelsesperiode, som løber fra 2013 til 2020. Dette mål har EU omsat i en reduktion af udledningen fra henholdsvis kvotesektoren og ikke-kvotesektoren, hvor ikke-kvotesektoren hovedsageligt består af landbrug, transport og den individuelle opvarmning i boliger og erhverv. EU's mål for den ikke-kvoteomfattede del af økonomien er en reduktion på ca. 9 pct. i 2020 set i forhold til niveauet i 2005. EU-målet er fordelt mellem medlemslandene på baggrund af disses BNP pr. indbygger. Medlemslandenes individuelle drivhusgasreduktionsmål ligger i spændet fra +20 pct. til -20 pct. i forhold til 2005. Da Danmark i 2005 havde EU's tredje højeste BNP pr. indbygger, har Danmark påtaget sig en reduktionsforpligtelse på 20 pct. i forhold til 2005-niveauet.

Energistyrelsens seneste basisfremskrivning fra 2017¹ viser, at Danmark vil nå sit samlede reduktionsmål for de ikke-kvoteomfattede sektorer i perioden 2013-2020, dog med en forventet underopfyldelse på knap 0,7 mio. ton CO₂e i selve mållåret 2020. Danmark kan tillade sig at underopfylde de årlige reduktionsmål i slutningen af forpligtelsesperioden, da overopfyldelse tidligere i perioden kan modregnes i de år, hvor der underopfyldes. Målet ventes ifølge *Basisfremskrivning 2017* at nås med en margin på ca. 9,4 mio. ton CO₂e. Udledningen og udledningsrettighederne i de enkelte år kan ses i figur 2.2 lidt senere i dette kapitel.

Danmark overopfylder EU-mål for vedvarende energi i energiforbruget i 2020

EU har ligeledes fastsat et mål om at øge den europæiske andel af vedvarende energi i det endelige udvidede energiforbrug til 20 pct. i 2020. Målet er fordelt på medlemslandene i direktivet om fremme af anvendelsen af vedvarende energikilder, der også kaldes VE-direktivet². I 2020 skal mindst 30 pct. af energiforbruget i Danmark være dækket af vedvarende energi. Ifølge den seneste basisfremskrivning opfylder Danmark dette mål uden yderligere tiltag udover dem, der allerede er aftalt i energiaftalen fra 2012³. Det forventes, at andelen af vedvarende energi i energiforbruget stiger til ca. 40 pct. i mållåret 2020. Den store overopfyldelse skyldes primært løbende konvertering af centrale kraftvarmeværker til biomasse, primært i form af importerede træpiller og træflis, samt øget udbygning med vindkraft, særligt på havet. Vind og biomasse erstatter dermed fossile brændsler i el- og varmeproduktionen.

Målet for vedvarende energi i transporten i 2020 opnås ikke uden yderligere tiltag

EU har i VE-direktivet fastsat et mål for anvendelse af vedvarende energi i transportsektoren på 10 pct. i 2020. Danmark er i den forbindelse forpligtet til også at opnå en andel på mindst 10 pct. vedvarende energi i transporten i 2020. Der er tale om et punktmål, og det er derfor kun nødvendigt, at målet opfyldes i selve året 2020.

Energistyrelsens seneste basisfremskrivning viser, at målet for vedvarende energi i transportsektoren ikke nås med nuværende initiativer. Med udgangspunkt i det gældende regelsæt forventes iblanding af biobrændstoffer i benzin og diesel at være på omkring 5,5 pct. i 2020. Hertil kan medregnes elektricitet anvendt i vej- og banetransporten. Ifølge Energistyrelsen resterer der et

Kyotoprotokollen

Kyotoprotokollen blev indgået i 1997 og er et tillæg til FN's rammekonvention om klimaændringer. Protokollen er den første juridisk bindende internationale klimaaf tale, der forpligter de industrialiserede lande til at reducere drivhusgasudledningen.

CO₂e

Dette er en forkortelse for kuldi-oxid-ækvivalenter eller CO₂-ækvivalenter og er en omregningsfaktor til sammenligning af forskellige drivhusgassers indvirkning på drivhuseffekten. Man har således beregnet, hvor mange ton CO₂ der skal til for at skabe den samme effekt som ét ton af en anden gas. Dette tal er så denne anden gas CO₂-ækvivalent. Det drejer sig eksempelvis om metan, lattergas og industrigasser, som alle i forskellig grad bidrager til drivhuseffekten.

Det endelige udvidede energiforbrug

Dette forbrug er defineret som det endelige energiforbrug fraregnet forbrug til ikke-energiformål og hertil lægges grænsehandel, elektricitets- og fjernvarmedistribution samt egetforbrug af elektricitet og fjernvarme ved produktion af samme.

Iblanding af biobrændstoffer

Biobrændstofloven kræver iblanding af 5,75 pct. biobrændsel i benzin og diesel. Den faktiske iblanding på 5,5 pct. i 2020 opfylder dog lovkravet, da de iblandede andengenerationsbiobrændstoffer tæller dobbelt.

yderligere reduktionsbehov på ca. 1,3 pct.-point op til målet på 10 pct. For at nå målet vil det være nødvendigt at igangsætte nye initiativer, som fx at øge kravet til iblanding af biobrændstoffer lige netop i året 2020. En etårig øget iblanding forekommer imidlertid at være en uhensigtsmæssig tilrettelæggelse af reguleringen, som vil medføre stop-go-politik. Kun to EU-lande, Sverige og Finland, ventes lige nu at nå målet om 10 pct. VE i transportsektoren i 2020 uden igangsættelse af yderligere tiltag.

Efter 2020 har Kommissionen foreslået nye regler, der ikke længere forpligter medlemslandene til at opnå en bestemt andel vedvarende energi i transportsektoren. Læs mere herom i afsnit 2.2.

Elhandelskorrigerede drivhusgasudledninger

Tallene for CO₂-udledningen i *Basisfremskrivning 2017* er korrigeret for udsving i elimport og -eksport. I år med fx stor eleksport – typisk på grund af tørår i Norge og Sverige – er CO₂-udledningen fra danske kulfyrede kraftværker større end normalt.

LULUCF

Det står for "Land Use, Land Use Change and Forestry" og er en betegnelse, der dækker over optag og udledninger af drivhusgasser fra jorde og skove.

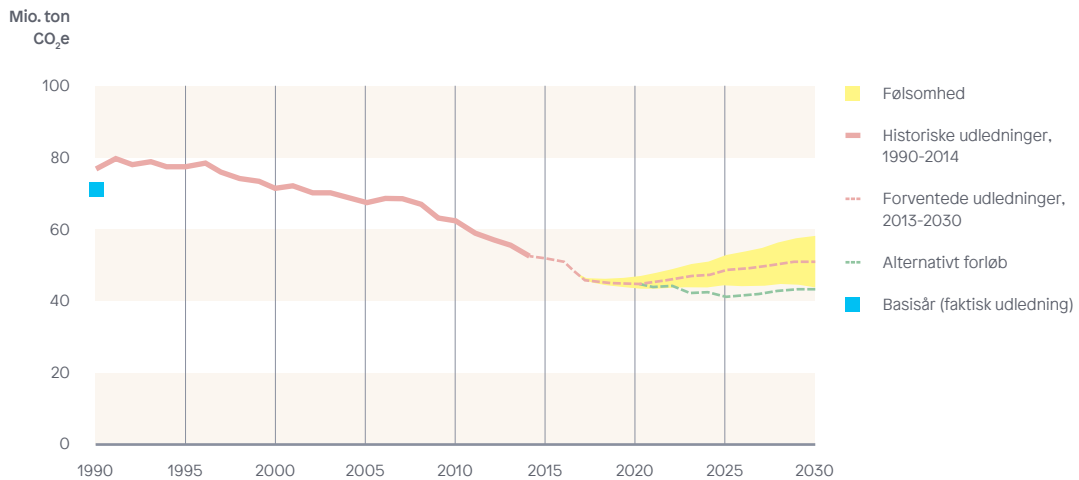
Målet om 40 pct. drivhusgasreduktion i 2020 er bortfaldet, men ventes opnået

Den seneste basisfremskrivning fra 2017 viser i lighed med den forrige fra 2015, at de samlede, nationale, elhandelskorrigerede drivhusgasudledninger forventes reduceret med ca. 37 pct. i 2020 i forhold til den faktiske udledning i 1990. Dertil blev der i basisfremskrivningen fra 2015 tillagt et forventet bidrag på yderligere ca. 3 pct.-point fra forbedret kulstofbalance i jord og skove. Danmark når dermed en reduktion på 40 pct. i 2020 i forhold til 1990, hvis LULUCF medregnes på samme måde som i 2015. Bidrag fra LULUCF fremgår ikke af den seneste basisfremskrivning.

Folketinget vedtog i 2014 den danske klimalov, der skal sikre, at Danmark bliver et lavemissionssamfund i 2050. Af bemærkningerne til Klimaloven fremgår en national målsætning om, at de samlede drivhusgasser i såvel kvotebelagte som ikke-kvotebelagte sektorer skal reduceres med 40 pct. i 2020 i forhold til 1990. Klimarádet har taget til efterretning, at der ikke længere er en 40 pct.-målsætning, hvorfor den i modsætning til tidligere rapporter ikke længere fremgår af tabel 2.1.

Figur 2.1 viser den historiske og den forventede reduktion frem mod 2030. Den forventede reduktion af drivhusgasudledningen indtil 2020 skyldes primært gennemførelse af initiativer fra energiaftalen fra 2012. Blandt andet forventes både en udbygning med havvindmøller og en omstilling fra kul til biomasse, ligesom energisparsindsatsen ventes at reducere energiforbruget. Efter 2020 forventes drivhusgasudledningen at stige frem mod 2030, medmindre der vedtages ny politik. Der er ifølge Energistyrelsen usikkerhed knyttet til fremskrivningen frem mod 2030, hvilket i figur 2.1 er illustreret med det gult markerede område, som viser spændet for Energistyrelsens følsomhedsberegninger.

Figur 2.1 viser også et alternativt forløb, hvor udledningen forbliver nogenlunde på 2020-niveauet frem mod 2030. Det alternative forløb skitserer en udvikling, hvor DONG, som annonceret i 2017, helt stopper med at bruge kul fra 2023. Denne beslutning er ikke medtaget i fremskrivningens hovedscenarie. Læs mere om *Basisfremskrivning 2017* i boks 2.1.



Figur 2.1 Historisk og forventet udvikling i Danmarks samlede elhandelskorrigerede drivhusgasudledning frem til 2030

Anm.: Tallene er korrigeret for elhandel med udlandet.
Kilde: Energistyrelsen, *Basisfremskrivning 2017*.

Målet for ikke-kvotesektoren i 2030 nås ikke med nuværende initiativer

EU har et reduktionsmål for de ikke-kvotefattede sektorer på 30 pct. i 2030 i forhold til 2005. For at gennemføre dette har EU-Kommissionen i sommeren 2016 fremsat et forslag til, hvordan reduktionsindsatsen skal fordeles mellem medlemslandene. EU-Kommissionen har i sit forslag tildelt hvert EU-land et nationalt reduktionsmål for 2030 på mellem 0 og 40 pct. Forslaget forhandles aktuelt i EU.

Danmark har ifølge Kommissionens forslag fået et nationalt reduktionsmål for ikke-kvotesektoren på 39 pct. Det er som ventet i den høje ende, da Danmark er et af de rigeste EU-lande. Konkret ventes reduktionsmålet omsat i en reduktionssti for perioden 2021-30. Danmark vil i den forbindelse blive tildelt gradvist faldende årlige udledningsrettigheder, som vist i figur 2.2.

Kommissionen har foreslået, at udledningsretten i 2021 fastsættes på niveau med den gennemsnitlige udledning i 2016-18, og at udledningsretten i 2030 fastsættes til 61 pct. (100 pct. – 39 pct.) af 2005-udledningen. Den konkrete udledningsret i årene 2021-30 kan således først lægges fast, når udledningen i 2018 kendes. Derudover afhænger slutpunktet for reduktionsstien i 2030 af størrelsen af den historiske 2005-udledning, som måske kan blive justeret som følge af nye opgørelsesmetoder og andre metodeændringer. Som følge af disse usikkerheder kan den endelige reduktionssti først med sikkerhed fastlægges på et senere tidspunkt.

Boks 2.1 Energistyrelsens *Basisfremskrivning 2017*

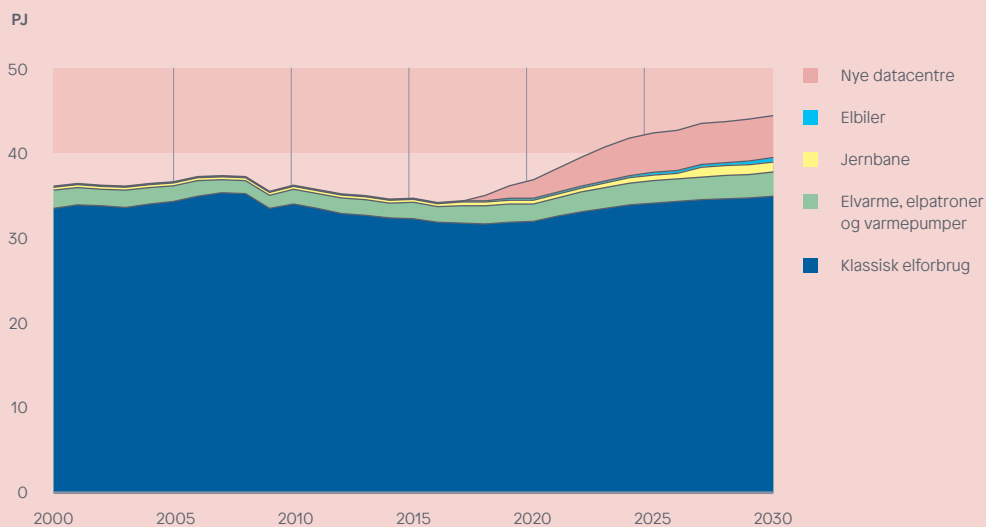
Energistyrelsens *Basisfremskrivning 2017* viser, at der skal gennemføres ny politik for at indfri de energi- og klimapolitiske målsætninger. *Basisfremskrivning 2017* indregner ikke effekten af nye klima- og energitiltag udover den allerede vedtagne politik som for eksempel energiaftalen, der løber frem til 2020. Det skyldes blandt andet, at man ikke vil foregribe de kommende forhandlinger om en ny energiaftale, som skal træde i kraft efter 2020. Der indregnes blandt andet ikke nye tilskudsordninger til etablering af nye energianlæg baseret på vedvarende energi såsom vindmøller og solceller eller omstilling af flere af de centrale kraftvarmeværker til vedvarende energi, end der allerede er planlagt. Der indregnes heller ikke nye energieffektiviseringstiltag efter 2020.

Basisfremskrivningen forventer en kraftig stigning i elforbruget mod 2030, som første figur på næste side viser, blandt andet som følge af forventede lavere forbrugerelpriser på grund af afskaffelsen af PSO-bidraget på elregningen og ud fra en forventning om etablering af nye store, elforbrugende datacentre. Elektrificeringsbidrager i mindre grad til det forventede øgede elforbrug.

Det stigende elforbrug forventes at medføre en stor stigning i elproduktion baseret på kul ved kondensdrift, altså elproduktion uden samproduktion med fjernvarme. Det er vist i anden figur på næste side. Denne form for elproduktion er blandt de mest CO₂-forurenende måder at fremstille el på, og derfor forventes en kraftig stigning i Danmarks drivhusgasudledning fra 2020 og frem mod 2030, som figur 2.1 viser. Samtidig forventes andelen af vedvarende energi at falde fra ca. 40 pct. i 2020 til ca. 39 pct. i 2030.

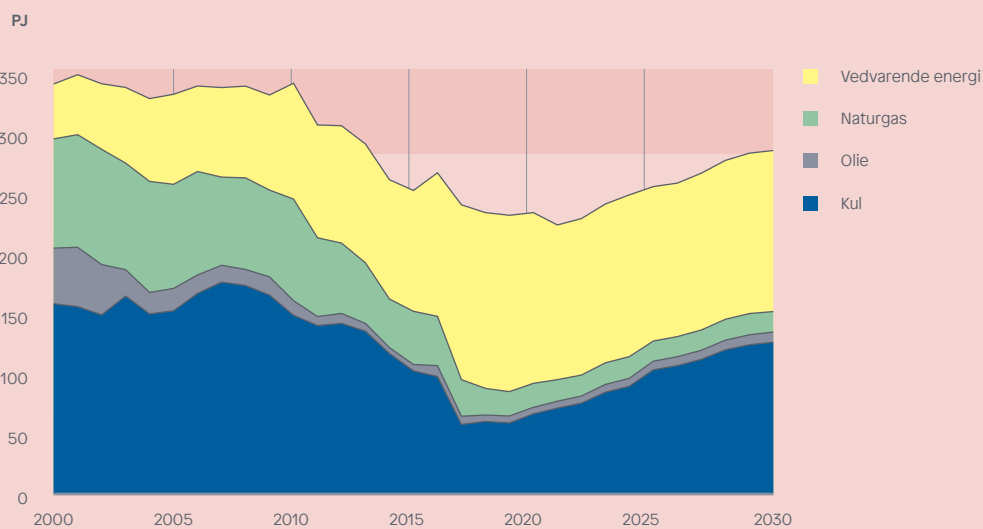
Basisfremskrivning 2017 viser også et alternativt forløb. Det er baseret på DONG's udmelding af 2. februar 2017 om at stoppe med at bruge kul fra 2023 på selskabets kraftvarmeværker. I dette forløb stiger andelen af vedvarende energi til 42 pct. i 2030. Produktionen af el baseret på kul reduceres kraftigt i det alternative forløb set i forhold til det centrale forløb i fremskrivningen, mens den lavere elproduktion i Danmark erstattes med en betydelig elimport. I det alternative forløb forventes Danmarks samlede drivhusgasudledning at forblive nogenlunde på 2020-niveauet frem mod 2030.

Uanset hvilket forløb man betragter, er det uundgåeligt, at der skal gennemføres ny politik for at indfri de energi- og klimapolitiske målsætninger i 2030, og *Basisfremskrivning 2017* kan derfor benyttes som en indikator for, hvor meget ny politik der kan være behov for at vedtage.



Historisk og forventet elforbrug frem mod 2030

Kilde: Energistyrelsen, *Basisfremskrivning 2017*.



Historisk og forventet udvikling i brændselsforbruget i el- og varmeproduktionen frem mod 2030

Kilde: Energistyrelsen, *Basisfremskrivning 2017*.

Energistyrelsens *Basisfremskrivning 2017* forventer, at de danske udledninger i den ikke-kvoteomfattede del af økonomien reduceres med mellem 20 og 26 pct. i 2030 set i forhold til 2005-niveauet uden vedtagelse af nye politikker og klimatiltag. Fremskrivningens centrale skøn er vist i figur 2.2. Samlet set forventer basisfremskrivningen et reduktionsbehov på 17-34 mio. ton CO₂e i hele perioden fra 2021 til 2030, for at de danske udledninger kan holde sig under det tilladte udledningsloft. Det centrale skøn i dette interval er på 24 mio. ton CO₂e.

Danmark vil ifølge Kommissionens forslag få mulighed for at benytte sig af tre fleksibilitetsmekanismer i opfyldelsen af 2030-målet for ikke-kvotesektoren:

LULUCF-kreditter
 En LULUCF-kredit svarer til udledning af ét ton CO₂e. Hvis Danmark samlet set opnår en positiv udvikling i CO₂-balancen i jorde og skove i perioden 2021-2030, får Danmark kreditter for denne nettoforbedring af kulstofbalancen, som kan modregnes i Danmarks udledninger efter nærmere fastsatte regler. Danmark ser ud til at kunne opnå det fulde bidrag fra LULUCF uden yderligere tiltag. Danmark er blandt nogle få EU-lande, der foreslås tildelt en særlig høj adgang til anvendelse af LULUCF-kreditter, fordi landbrugets udledning af drivhusgasser udgør en høj andel af de samlede udledninger i ikke-kvotesektoren.

1. Danmark vil kunne modregne op til 14,6 mio. LULUCF-kreditter i sin opgørelse af CO₂-regnskabet.
2. Danmark vil få adgang til at annullere op til ca. 8 mio. kvoter fra EU's kvotehandelssystem som led i målopfyldelsen.
3. Danmark vil som alle andre medlemslande i ubegrænset omfang kunne købe andre medlemslandes eventuelle overskydende udledningsrettigheder i ikke-kvotesektoren.

Læs mere om Kommissionens forslag til indsatsfordeling og LULUCF-forordning, herunder de foreslåede fleksibilitetsmekanismer i afsnit 2.2.

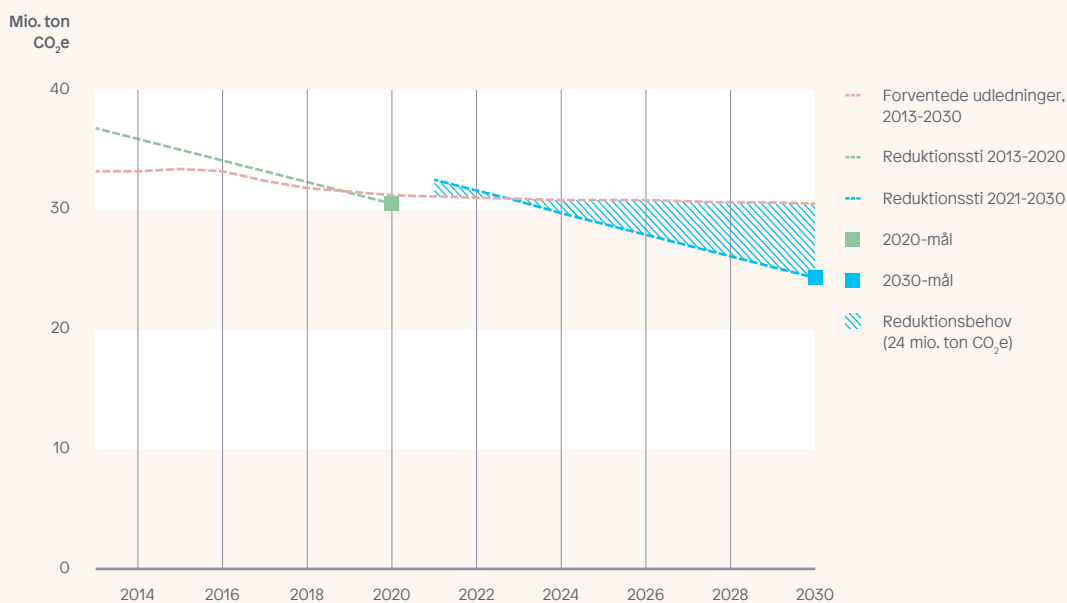
Regeringens mål for vedvarende energi i 2030 nås ikke uden nye tiltag

I regeringsgrundlaget fra december 2016 sætter regeringen det mål, at Danmark i 2030 skal have mindst 50 pct. af sit energibehov dækket af vedvarende energi. *Basisfremskrivning 2017* forventer i sit grundforløb, at andelen af vedvarende energi i energiforbruget falder en smule fra ca. 40 pct. i 2020 til 39 pct. i 2030 i fraværet af ny politik, som vist i figur 2.3. Fremskrivningens alternative forløb viser, at andelen af vedvarende energi kan blive øget til ca. 42 pct., såfremt DONG som annonceret undlader at anvende kul fra 2023. Målet for vedvarende energi opfyldes således ikke uden yderligere tiltag.

Stigningen i andelen af vedvarende energi indtil 2020 skyldes især, at mange centrale danske kraftvarmeværker bliver omstillet fra kul til biomasse i de kommende år. Det bidrager isoleret set til opfyldelsen af målet for vedvarende energi, men vil også medføre en meget kraftig forøgelse af anvendelsen af importeret biomasse. Dansk Energi og Dansk Fjernvarme har indgået en brancheaftale om sikring af bæredygtig biomasse⁴. Det er væsentligt, at den biomasse, der anvendes i energisektoren, bidrager til en reel reduktion af den globale drivhusgasudledning, hvorfor de nye bæredygtighedskrav for fast biomasse, som skal vedtages i EU, også bør gælde for allerede etablerede anlæg, hvilket ellers ikke er på tegnebrættet. Læs mere herom i afsnit 2.2.

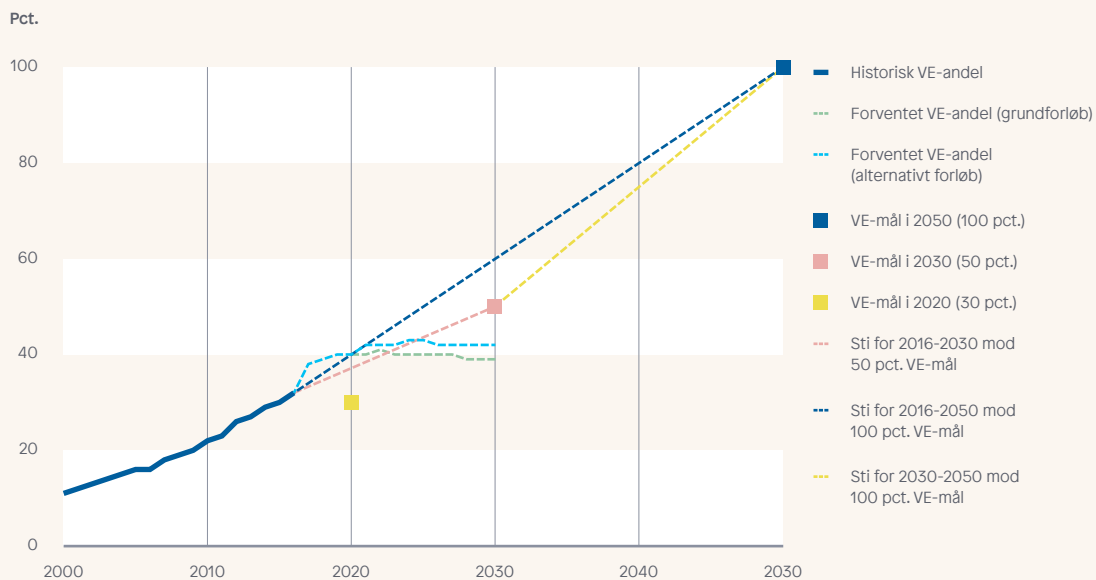
Figur 2.3 illustrerer, at takten for indfasning af vedvarende energikilder vil skulle øges efter 2030, for at Danmark kan nå målet om en energiforsyning udelukkende baseret på vedvarende energi i 2050, som følger af klimaloven.

Basisfremskrivningen viser en risiko for, at kul vil vinde øget udbredelse som brændsel i el- og fjernvarmeproduktionen, hvilket modarbejder regeringens mål for vedvarende energi. Samtidig er et øget kulforbrug et betydeligt skridt i den



Figur 2.2 Forventede udledninger fra de ikke-kvotefattede sektorer frem mod 2030

Kilde: Energistyrelsen, Basisfremskrivning 2017.



Figur 2.3 Andelen af vedvarende energi (VE) i det endelige udvidede energiforbrug

Anm.: I alternativforløbet forventes en udfasning af brugen af kul i DONG-ejede kraftvarmeværker.

Kilde: Energistyrelsen, Basisfremskrivning 2017.

forkerte retning, når målet er et lavemissionssamfund i 2050 baseret på vedvarende energi. Kul er en af de energiformer, der udleder mest CO₂ til atmosfæren pr. energienhed. Et oplagt tiltag, der også kan bidrage til Parisaftalens målsætninger, er derfor hurtigst muligt at stoppe med at afbrænde kul til el- og varmeproduktion. Der er i hvert fald to forudsætninger for en omstilling væk fra kul:

1. Fortsat udbygning med vedvarende energi, særligt hvis elforbruget stiger som forventet på grund af etableringen af nye datacentre i Danmark og fjernelse af PSO-støtten fra elregningen.
2. Reform af EU's kvotehandelssystem, så CO₂-kvoteprisen kan blive væsentligt højere end i dag. Danmark bør arbejde aktivt på EU-niveau for at opnå dette.

Heldigvis tyder meget på, at energiselskaberne selv er på vej væk fra kullet. DONG har, som ovenfor beskrevet, annonceret, at selskabet vil undlade at benytte kul fra 2023. Dermed vil der kun være yderligere to centrale kulfyrede kraftvarmeverker tilbage i Danmark i henholdsvis Aalborg og Odense. Disse to værker, der ikke ejes af DONG, har ikke udmeldt beslutninger om at udfase brugen af kul. Dansk Energi forventer dog i deres rapport om elprisscenarier fra marts 2017, at de tilbageværende kulfyrede kraftværksblokke afvikles inden 2030⁵. Men hvis denne markedstendens vendes, kan det blive nødvendigt at gribe ind for at sikre udfasningen af kul. Det kan ske gennem en forhøjet CO₂-afgift eller ved helt at forbyde kul som brændsel til el og fjernvarme, som planlægges fra efterhånden en håndfuld lande.

Forbud mod kul

Storbritanniens regering udmeldte i 2015, at kul skal være udfaset i 2025. Frankrigs præsident annoncerede i 2016 en ambition om et kulstop i Frankrig fra 2023. I Portugal og Finland er der planer om at udfase kul i 2030. I Østrig planlægger elproducenterne tilsyneladende også at nedlægge de sidste kulkraftværker frem mod 2025. Det hollandske parlament vedtog i 2016 en ikke-bindende målsætning om at reducere drivhusgasudledningen med 55 pct. i 2030, hvilket angiveligt skulle betyde et stop for kulafbrænding. Også Canada har annonceret en udfasning af kul i 2030. Selvom sådanne planer kan ændres af skiftende regeringer, er der således meget, der tyder på, at et stigende antal lande er begyndt at planlægge udfasning af kul i el- og varmeproduktionen.

De politiske partier skal snart til at forhandle om energipolitikken i det næste årti. Regeringens udspil til en ny energiaftale kommer ifølge regeringsgrundlaget i løbet af efteråret 2017 og vil anvise regeringens bud på, hvordan Danmark kan nå målsætningen om 50 pct. vedvarende energi. I den forbindelse har regeringens Energikommission givet en række anbefalinger, som er beskrevet i boks 2.2.

Klimarådet anbefaler, at der med en ny energiaftale skabes stabile rammer for omstillingen til vedvarende energi i det kommende årti, så regeringens mål for den vedvarende energi 2030 som minimum nås. Dette skal særligt ses i lyset af, at vindmøller og solceller er blevet meget billigere i de seneste år. Derfor er det også hensigtsmæssigt, at regeringen vil evaluere målsætningen med passende mellemrum for at tage stilling til, om vedvarende energi eventuelt skal indføres hurtigere. Et højere mål end 50 pct. vil kunne sikre en mere gradvis overgang til et lavemissionssamfund baseret på vedvarende energi.

Klimarådet fokuserer i kapitel 4, 5 og 6 på opfyldelse af målet i ikke-kvotesektoren og anbefaler igangsættelse af konkrete tiltag, som kan bidrage til målopfyldelsen. Disse tiltag vurderes samlet set at kunne bidrage til at øge andelen af vedvarende energi med ca. 2 pct.-point i 2030. Opfyldelsen af målet i ikke-kvotesektoren reducerer dermed behovet for initiativer til at fremme vedvarende energi, men fjerner det langt fra.

Boks 2.2 Energikommissionens anbefalinger

Energikommissionen offentliggjorde d. 24. april 2017 sin rapport med en lang række anbefalinger til en ny energiaftale, som skal træde i kraft efter 2020.⁶ Energikommissionen anbefaler blandt andet, at støtten til vedvarende energi udfases i takt med, at teknologierne kan klare sig på markedsvilkår. Indtil det sker, anbefaler Energikommissionen, at støtten skal tildeles som et tillæg til elprisen på baggrund af markedsbaserede og konkurrencebetonede udbud med udgangspunkt i et princip om teknologineutralitet, fremfor som hidtil med teknologispecifikke støttesatser til fx solceller og landvindmøller. Samtidig anbefaler Energikommissionen en styrkelse af EU's kvotehandelssystem, hvilket isoleret set vil kunne bidrage til at øge elprisen og dermed mindske støttebehovet. Herudover efterspørger Energikommissionen håndtering af skævvridninger i afgiftssystemet, som bremser elektrificeringen af energisystemet gennem udbygning med eldrevne varmepumper. Energikommissionen efterspørger tillige øgede tiltag til fremme af elbiler. Endelig lægger Energikommissionen vægt på fortsat fokus på energibesparelser og -effektivisering og prioritering af energiforskning og demonstrationsprojekter.

Mange af Energikommissionens anbefalinger er i tråd med Klimarådets anbefalinger i tidligere rapporter. Klimarådet har i sine rapporter fra 2015 og 2016 anbefalet at øge udbygningstakten for brugen af vedvarende energi frem mod 2050 samt at indrette afgiftssystemet således, at det ikke modarbejder elektrificering af varmeproduktion og transport.⁷ Senest har Klimarådet i analysen *Det oppustede CO₂-kvotesystem* påpeget behovet for at opstramme EU's kvotehandelssystem, således at systemet kan blive en drivkraft for den nødvendige omstilling.⁸ Flere af Energikommissionens anbefalinger er også på linje med Klimakommissionens anbefalinger fra 2010, når det gælder retningen for omstillingen af det danske energisystem.

Energikommissionen peger på, at blandt andet vindmøller og solceller nu er blevet meget billigere, end man tidligere har forventet. Ifølge internationale undersøgelser er prisen på solceller faldet meget kraftigt i de seneste år og kan tænkes at falde yderligere i de kommende år. Vindmøller er ligeledes blevet markant billigere.⁹ I Danmark har udbud af solceller og havvindmøller i 2016 vist sig at være billigere end tidligere forudset i blandt andet Energistyrelsens teknologikataloger. Hertil kommer, at der er mulighed for at udvikle endnu større havvindmøller og dermed formentlig sænke priserne på elektricitet produceret til havs yderligere. På baggrund af denne udvikling vurderer Klimarådet, at der er gode betingelser for at intensivere udbygningen med både vindmøller og solceller i Danmark.

2.2 EU's klimapolitik - nye rammebetingelser frem mod 2030

EU's klimapolitik lægger en del af rammerne for den danske klimapolitik og justeres løbende for at sikre, at EU lever op til sine overordnede målsætninger. EU har et mål om at reducere sin drivhusgasudledning med mindst 40 pct. i 2030 i forhold til 1990. Målet udgør samtidig den forpligtelse, som EU har meldt ind under Parisaftalen, der skal bidrage til at holde den globale temperaturstigning på under 2 grader. EU's langsigtede klimaambition er, at reducere de samlede drivhusgasudledninger med 80-95 pct. i 2050 i forhold til 1990.

I EU forhandles der aktuelt om konkrete tiltag inden for den fælleseuropæiske klima- og energipolitik frem mod 2030, som er med til at sætte rammerne for den danske klimapolitik. EU-kommissionen har siden 2014 løbende fremsat en række forslag, der for perioden fra 2021 til 2030 skal bidrage til indfrielse af EU's langsigtede klimaambition for 2050. I dette afsnit præsenteres det væsentligste indhold af de lovforslag, der er fremsat på EU-niveau, og som har relevans for Danmark.

EU har sat en række mål på klima- og energiområdet frem mod 2030

Det Europæiske Råd vedtog i oktober 2014 en række centrale konklusioner, der havde til formål at sætte rammerne for EU's klima- og energipolitik frem til 2030. Disse rammer skal bidrage til at indfri EU's langsigtede klimamål om at reducere den samlede udledning af drivhusgasser med 80-95 pct. i 2050. I råds-konklusionerne fastsattes de delmål frem mod 2030, der er oplyst i tabel 2.2:

Indsatsområde	Mål
Hovedmål:	
EU's samlede udledninger	Mindst 40 pct. reduktion i 2030 i forhold til 1990
Udmøntning af hovedmål:	
EU's samlede udledninger i kvotesektoren	43 pct. reduktion i 2030 i forhold til 2005
EU's samlede udledninger i ikke-kvotesektoren	30 pct. reduktion i 2030 i forhold til 2005
Supplerende mål:	
Andel af vedvarende energi i EU	27 pct. i 2030
Forbedring af energieffektiviteten	27 pct. i 2030 ift. BAU (kun vejledende)

Tabel 2.2 Klima- og energimålsætninger på EU-niveau for 2030

Anm.: Kommissionen har foreslået at øge energieffektivitetsmålet til 30 pct. i 2030 samt at gøre målet bindende på EU-niveau. Målet i 2030 skal ses i forhold til 'Business As Usual' (BAU). Der lægges ikke op til, at landefordele målene for energieffektivitet og vedvarende energi.

Efter Det Europæiske Råds vedtagelse af de overordnede retningslinjer har EU-Kommissionen fremlagt forslag til, hvordan målene kan effektueres via EU-lovgivningen. De vigtigste forslag er som følger:

- Forslag til, hvordan målet for ikke-kvotesektoren kan fordeles på lande, og hvordan reglerne for opfyldelse af målet kan se ud, herunder hvordan optag i og udledninger af drivhusgasser fra jorde og skove (LULUCF) kan inkluderes.
- Forslag til revision af EU's kvotehandelsdirektiv, som fastsætter en grænse for udledningerne i kvotesektoren.
- Forslag til en såkaldt Vinterpakke, som skal bidrage til at realisere energiunionen og implementere målene for vedvarende energi og energieffektiviseringer.
- Forslag om strammere krav til CO₂-udledningen fra person- og varebiler og eventuelt tunge køretøjer. Disse forslag ventes først fremsat senere i 2017 eller i 2018.

De ovenfor nævnte lovforslag og initiativer til indfrielse af EU's 2030-mål vil blive beskrevet nærmere i det følgende.

EU-Kommission har fordelt målet i ikke-kvotesektoren på medlemslande

EU har et samlet reduktionsmål for ikke-kvotesektoren på 30 pct. i 2030 i forhold til 2005, som skal fordeles blandt medlemslandene. EU-Kommissionen fremsatte i juli 2016 sit forslag til en fordeling. Kommissionen har tildelt hvert EU-land et reduktionsmål for 2030 på mellem 0 og 40 pct. Forslaget forhandles aktuelt i EU, og formandskabet planlægger at forsøge at opnå en generel indstilling i Det Europæiske Råd i juni 2017, således at Ministerrådet efterfølgende vil kunne forhandle om forslaget med Europaparlamentet.

De konkrete mål for hvert land har stor betydning for Danmarks klimapolitik i det næste årti. Det samme gælder de regler, som bestemmer, hvordan målet kan opfyldes. Som allerede beskrevet i afsnit 2.1, forventes Danmark at få et reduktionsmål på 39 pct.

EU-landene har i Kommissionens forslag i forskelligt omfang fået mulighed for at anvende tre fleksibilitetsmekanismer - også nævnt kort i afsnit 2.1.

1. Det er muligt at medregne LULUCF-kreditter. Hvis et land samlet set forbedrer kulstofbalancen i jorde og skove, kan overskud fra visse LULUCF-aktiviteter i et nærmere begrænset omfang benyttes til modregning af udledninger i den ikke-kvoteomfattede del af økonomien, som beskrevet i boks 2.3. Alle EU-lande har mulighed for at bruge denne fleksibilitetsmekanisme, om end i forskelligt omfang.
2. Det er muligt for udvalgte lande, herunder Danmark, at annullere et begrænset antal kvoter fra EU's kvotehandelssystem som bidrag til målopfyldelsen. Medlemslandene skal inden udgangen af 2019 træffe beslutning om, hvorvidt de vil bruge denne mulighed.
3. EU-landene har mulighed for at købe og sælge udledningsrettigheder på tværs af lande og låne eller spare op af udledningsrettigheder over tid inden for en given forpligtelsesperiode. Dette har også været muligt i den nuværende forpligtelsesperiode, der løber til 2020.

Energiunionen

Det Europæiske Råd vedtog i juni 2014 at etablere en 'modstandsdygtig energiunion med en fremadskuende klimapolitik'. De tre overordnede mål er at sikre forsyningsikkerhed, bæredygtighed og konkurrenceevne. Mere konkret skal etableringen af energiunionen bidrage til at integrere de europæiske energimarkeder, reducere energiforbruget via energieffektivitet, reducere udledningen af CO₂ og andre drivhusgasser samt øge forskning, innovation og konkurrence på energiområdet.

Tabel 2.3 viser EU-Kommissionens forslag til 2030-reduktionsmål i ikke-kvotesektoren for Danmark og andre udvalgte medlemslande. Landene i Nordvest-europa har alle et reduktionsmål tæt på 40 pct. Tabellen viser også muligheden for fleksibilitet. Ikke alle lande kan bruge kvoter i målopfyldelsen, mens muligheden for brug af LULUCF-kreditter varierer på tværs af lande. Kun Irland og Litauen, som ikke er medtaget i tabel 2.3, har procentvis mere adgang til brug af LULUCF, end Danmark har.

For EU som helhed er reduktionsmålet for 2030 30 pct., som nævnt i tabel 2.2. Fratrækker man alle landes mulighed for fleksibilitet og den forventede reduktion i EU med allerede besluttede tiltag, som estimeret af Kommissionens referencescenarie,¹⁰ skal EU som helhed kun reducere udledningen yderligere med ca. 5 pct.-point ud af de oprindelige 30.¹¹ Det viser, at målet for ikke-kvotesektoren er overkommeligt på EU-niveau.

	Reduktion i 2030 i forhold til 2005	Årligt brug af kvoter i forhold til 2005	Årligt brug af LULUCF i forhold til 2005
Danmark	39 pct.	2 pct.	4,0 pct.
Sverige	40 pct.	2 pct.	1,1 pct.
Finland	39 pct.	2 pct.	1,3 pct.
Tyskland	38 pct.		0,5 pct.
Holland	36 pct.	2 pct.	1,1 pct.
Frankrig	37 pct.		1,5 pct.
Polen	7 pct.		1,2 pct.

Tabel 2.3 Reduktionsmål i ikke-kvotesektoren for udvalgte lande og mulighed for fleksibilitet

Anm.: Adgangen til LULUCF er i Kommissionens forslag formuleret som et antal kreditter, der her i tabellen er oversat til en årlig andel af udledningen i 2005.

Kilde: Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, *Grund- og nærhedsnotat til Folketingets Europaudvalg*, 23. august 2016.

LULUCF er som noget nyt med i den europæiske klimaregulering

EU's stats- og regeringsledere har besluttet at medtage LULUCF i EU's klimaregulering. Kommissionens LULUCF-forslag lægger op til, at medlemslandene hver især i perioden 2021-30 skal bidrage til at sikre, at kulstofbalancen i jord og skov ikke forringes med forøgede udslip af drivhusgasser til atmosfæren til følge.

Hvis et lands samlede kulstofbalance udvikler sig positivt, kan landet modregne et nærmere fastlagt antal LULUCF-kreditter fra kategorierne skovrejsning, skovrydning, landbrugsjord og græsarealer i deres målopfyldelse i ikke-kvotesektoren. Anvendelse af LULUCF-kreditter fra ovennævnte fire kategorier er dog kun muligt, hvis den samlede kulstofbalance i jord og skov inklusive en femte kategori, skovforvaltning, ikke forringes. Det er den såkaldte no-debit-regel. LULUCF-forslagets regler beskrives nærmere i boks 2.3.

Forhandlingerne om forslaget mellem Ministerrådet og Europaparlamentet ventes påbegyndt i anden halvdel af 2017. Klimarådet anbefaler, at Danmark i disse forhandlinger arbejder for regler, der sikrer at udtag af træ til bioenergi medregnes i producentlandets CO₂-regnskab. Rationalet herfor uddybes i boks 2.3.

Kvotehandelsystemet skal revideres

EU-Kommissionen fremlagde i sommeren 2015 et forslag til ændring af EU's kvotehandelsdirektiv, som skal gælde fra 2021. Forslaget implementerer Det Europæiske Råds beslutning om et reduktionsmål for de kvotebelagte sektorer på 43 pct. i 2030 i forhold til 2005.

EU's kvotehandelsystem fungerer ikke tilfredsstillende på grund af et meget stort overskud af kvoter. Kvotoverskuddet nærmer sig i øjeblikket 3 mia. kvoter. For at begrænse kvotoverskuddet, blev det i 2015 vedtaget at indføre en permanent markedsstabiliserende kvotereseerve fra 2019, hvortil et stort antal kvoter overføres fremfor at blive auktioneret af medlemsstaterne. Trods vedtagelsen af den markedsstabiliserende kvotereseerve er kvoteprisen i dag stadig for lav til i væsentlig grad at drive omstillingen til mere klimavenlige teknologier. Det skyldes formentlig, at udledningen i de kommende år forventes at være lavere end den samlede årlige kvotetildeling i EU med fortsat øget kvotoverskud til følge.

Markedsstabiliseringsreserve

Reserven fungerer ved, at kvoter optages i reserven, når kvotoverskuddet i kvotesystemet er stort. Omvendt lukkes kvoter ud fra reserven, når kvotoverskuddet er lille.

I EU foregår lige nu forhandlinger om kvotehandelsystemet på baggrund af Kommissionens forslag. Europaparlamentet og Ministerrådet synes at være enige om at stramme forslaget ved at fordoble optaget af kvoter i den markedsstabiliserende kvotereseerve i en årrække, og Ministerrådet foreslår desuden, at der fastsættes en øvre grænse for, hvor mange kvoter, der maksimalt kan ophobes i reserven. Dette kan, afhængigt af hvor meget udledningerne reduceres fremover, betyde, at flere milliarder af de kvoter, der overføres til den markedsstabiliserende kvotereseerve, annulleres permanent. Samlet set forventes disse forslag at øge kvoteprisen, men det er særdeles usikkert, hvor stor stigningen bliver.

I efteråret 2016 blev der i regi af FN's internationale organisation for civil luftfart, ICAO, indgået en aftale om en global markedsbaseret regulering af international luftfart fra 2021. Med udsigten til at en sådan regulering vil træde i kraft

Boks 2.3. LULUCF og fastsættelse af referenceniveauer for skovforvaltning

Ifølge EU-Kommissionens forslag bør medlemslandene indtil videre ikke kunne benytte LULUCF-kreditter fra forbedret kulstofbalance i kategorien skovforvaltning til brug for målopfyldelse i ikke-kvotesektoren. Det skyldes, at opgørelserne af udledninger og optag fra denne kategori er behæftet med meget stor usikkerhed. Kommissionen konstaterer, at medlemsstaternes hidtidigt fastsatte referenceniveauer for forventet optag og udledning fra skovforvaltede områder har afvejet betydeligt fra udledning og optag i 2013-14 ved at overestimere skovfældningen, hvormed der principielt ville kunne genereres LULUCF-kreditter på helt op til 120 mio. kreditter årligt, uden at der egentlig kan siges at have været gennemført klimatiltag. Til sammenligning er den samlede adgang til at anvende LULUCF-kreditter til målopfyldelse begrænset til 28 mio. på EU-niveau årligt i perioden 2021-30 ifølge Kommissionens forslag.

Hvis der opstår et plus på et medlemslands opgørelse af kategorien skovforvaltning, bør dette plus derfor ifølge Kommissionen indtil videre kun anvendes i landets samlede LULUCF-regnskab til at modregne eventuelle minusser i de øvrige fire LULUCF-kategorier: Skovrejsning, skovrydning, landbrugsjord og græsarealer. Alternativt kan det, såfremt der vil være en efterspørgsel, frasælges til brug for andre medlemsstaters LULUCF-opgørelser, så de undgår at komme i minus.

Forslaget lægger op til, at Kommissionen senere kan foreslå at inkludere LULUCF-kreditter fra skovforvaltning, såfremt opgørelsesmetoderne vurderes at være tilstrækkeligt valide, og såfremt medlemsstaternes opgørelse af kulstofbalancen blandt andet reflekterer udledningen af CO₂ som følge af afbrænding af biomasse til energiformål. I denne sammenhæng er det værd at bemærke, at anvendelsen af biomasse til energiformål i EU er steget betydeligt siden 2009, hvor EU's medlemsstater vedtog målsætninger om at øge andelen af vedvarende energi. Udledningen af CO₂ fra afbrændingen af biomasse regnes efter det gældende regelsæt ikke med i opgørelsen af drivhusgasudledningen. Det skyldes, at man betragter biomasse som CO₂-neutral, fordi man samtidig antager, at de lande, der producerer biomassen, medregner CO₂-udledningen i deres drivhusgasregnskaber, når træ udtages til bioenergiformål. Derfor er det vigtigt med regler, der sikrer, at fastsættelsen af referenceniveauer for udviklingen i skovenes udledninger og optag af CO₂ ikke overvurderer den forventede udledning af CO₂ som følge af udtag af biomasse til afbrænding.

Der er en række potentielle problematikker knyttet til, hvordan man i Danmark, EU og resten af verden bedst muligt kan fastlægge en incitamentsstruktur, som bidrager til, at der sker en mere aktiv indsats for at reducere udledningen fra afskovning samt øge optaget af CO₂ i jord og skov. Klimarådet vil på et senere tidspunkt undersøge, hvilke udfordringer og muligheder der kan være forbundet med inkludering af LULUCF i klimamålsætningen.

fra 2021 har Kommissionen fremsat forslag i 2017 om at forlænge den gældende kvoteundtagelse af luftfart for ruter mellem EU og tredjelande indtil da. Det er derfor udelukkende ruter internt i og imellem EU-landene, der vil være omfattet af kvotehandelssystemet frem til 2020. Eftersom international luftfart tidligere forventedes at købe et stort antal kvoter i EU's kvotehandelssystem, medfører undtagelsen en stigning i det forventede overskud af kvoter og dermed en yderligere svækkelse af ambitionsniveauet i EU's kvotehandelssystem.

I Klimarådets rapport *Det oppustede CO₂-kvotesystem*¹² analyseres behovet for at opstramme EU's kvotehandelssystem. Klimarådet vurderer, at der er en stor sandsynlighed for, at kvoteoverskuddet kan fortsætte med at vokse fremover. Det skyldes blandt andet, at udledningen i kvotesektoren i dag ligger ca. 10 pct. under kvotetildelingen. På den baggrund anbefaler Klimarådet, at Danmark fortsat arbejder for en ambitiøs reform af kvotesystemet, der kan medvirke til at nedbringe overskuddet af kvoter markant.

EU's energipolitik reguleres af Vinterpakken

Som en central del af implementeringen af EU's energiunion, der blev lanceret i 2014, fremsatte EU-Kommissionen i november 2016 en omfattende lovgivningspakke kaldet *Clean Energy for All Europeans*, som på dansk omtales som Vinterpakken. Pakken indeholder en række konkrete initiativer, der skal bidrage til udmøntningen af energiunionen, og som også har stor betydning for Danmark.

Vinterpakken indeholder otte lovforslag og to meddelelser og er den mest omfattende lovgivningspakke på energiområdet i mange år. De væsentligste overordnede lovforslag drejer sig om:

- Revision af energieffektivitetsdirektivet
- Revision af bygningsdirektivet om bygningers energimæssige ydeevne
- Forslag til et forvaltningssystem for energiunionen
- Revision af EU's direktiv om fremme af anvendelsen af vedvarende energikilder – herunder bæredygtighedskriterier for fast biomasse og flydende biobrændsler
- Forordning om det indre marked for elektricitet og direktiv om fælles regler for det indre marked for elektricitet.

Delelementerne i Vinterpakken beskrives nærmere i det følgende.

Revision af energieffektivitetsdirektivet

Kommissionen foreslår at øge EU-målet for energieffektivisering fra 27 pct. til 30 pct. i 2030 samt at gøre målet bindende på EU-niveau. Målet byrdefordeles ikke blandt medlemslandene, men vil alligevel sætte rammerne for den danske politik på området. Et andet centralt element er en forlængelse af energispareforpligtelsen til efter 2020. Forhandlinger om forslaget mellem Ministerrådet og Europaparlamentet ventes påbegyndt i løbet af efteråret.

Energispareforpligtelsen

Energieffektiviseringsdirektivet indeholder et krav til medlemslandene om at udarbejde en energispareordning, der forpligter energiselskaberne til at spare 1,5 pct. af energien årligt fra 2014 til 2020.

Revision af bygningsdirektivet om bygningers energimæssige ydeevne

Kommissionen har foreslået en revision af EU's direktiv om bygningers energimæssige ydeevne, det såkaldte bygningsdirektiv, der har til formål at sikre, at der foretages omkostningseffektive energieffektiviseringer i bygninger. Kommissionen anslår, at ca. 75 pct. af EU's bygninger i dag ikke er energieffektive. Forslaget adresserer særligt energieffektiviseringer i den eksisterende bygningsmasse med krav om, at medlemslandenes nationale strategier skal beskrive, hvordan bygningsmassen kan udvikle sig frem mod 2050 med klare milepæle for 2030. Derudover foreslås bestemmelser om etablering af infrastruktur til elbiler i erhvervsbygninger og klargøring af elkabler til elbiler i beboelsesejendomme. EU-formandskabet vil forsøge at opnå en generel indstilling på Det Europæiske Råds energiministermøde i juni 2017 med henblik på at kunne påbegynde forhandlinger med Europaparlamentet om forslaget.

Forslag til et forvaltningssystem for energiunionen

Kommissionen har foreslået en forordning om et nyt forvaltningssystem for energiunionen. Det nye forvaltningssystem er designet med henblik på at forenkle og integrere de nuværende nationale planlægnings-, rapporterings- og monitoreringsmekanismer inden for energi- og klimaområdet. Forvaltningssystemet skal være med til at sikre, at medlemslandenes aktiviteter samlet set bidrager til at opfylde EU's overordnede målsætninger på klima- og energiområdet samt sikre, at EU lever op til sine internationale forpligtelser under Parisaftalen.

Forslaget har tre vigtige aspekter. For det første skal landene udarbejde nationale energi- og klimaplaner med et 10-årigt perspektiv. Det skal gøre det lettere at sammenligne indsatsen på tværs af lande og sikre fremdriften mod de overordnede fælles målsætninger for EU. De første nationale planer skal dække perioden fra 2021 til 2030 og skal forelægges Kommissionen senest 1. januar 2019. Det betyder, at også Danmark snart skal udarbejde en national energi- og klimaplan. For det andet forpligtes medlemsstaterne til hvert andet år fra 2021 at udarbejde statusrapporter for, hvordan det går med at realisere deres nationale planer. For det tredje fastholdes gældende regler fra EU's Monitoreringsforordning om, at medlemsstaterne skal udarbejde og rapportere langsigtede lavemissionsstrategier i et 50 års perspektiv.

På baggrund af rapporterne kan Kommissionen følge med i, om medlemslandenes klimaindsats er på rette spor i forhold til at opfylde EU's samlede 2030-energi- og klimamål. Kommissionen gives bemyndigelse til at foretage videre indgreb som fx at komme med anbefalinger, tage handling på EU-niveau, eller anmode om foranstaltninger fra medlemsstaterne.

Revision af EU's direktiv om fremme af anvendelsen af vedvarende energikilder

Kommissionen har foreslået at revidere rammerne for vedvarende energi i EU's medlemsstater frem mod 2030, det tidligere omtalte VE-direktiv. Forhandlinger om forslaget i Ministerrådet forventes at gå i gang i andet halvår 2017. Formålet med forslaget er at skabe rammerne for, at EU kan nå sit mål om 27 pct. vedvarende energi i 2030. De vigtigste elementer i forslaget er som følger:

- Støtte til vedvarende energi skal tildeles på baggrund af konkurrence.
- De nuværende landespecifikke mål for vedvarende energi i transport bortfalder. I stedet skal brændstofleverandørerne forpligtes til at sikre specificerede andele af vedvarende energi i transporten.
- Der opstilles bæredygtighedskriterier for bioenergi.

Kommissionen foreslår, at støtte til vedvarende energi skal tildeles på baggrund af konkurrence, hvilket i praksis formentlig vil ske gennem udbud. Dette suppleres med forslag til krav om åbning af støtte til elektricitet fra vedvarende energikilder for anlæg i andre medlemslande. Kommissionen foreslår, at 10 pct. af medlemslandenes støtteordninger til vedvarende energi skal gøres tilgængelig for andre medlemslande i 2021-2025, stigende til 15 pct. i 2026-2030. Endelig skal måden, støtten udbetales på, sikre, at producenter af vedvarende energi reagerer på prissignalerne i elmarkedet. Det vil formentlig sige, at støtte skal udbetales i form af faste pristillæg til elprisen og ikke som faste afregningspriser.

I 2020 skal hvert medlemsland anvende mindst 10 pct. vedvarende energi i transporten, men dette krav videreføres ikke efter 2020. Derimod sættes der nye 2030-mål for bestemte typer biobrændstoffer samt nye minimumsgrænser for drivhusgasfortrængning. Brændstofleverandørerne skal i 2021 iblande mindst 1,5 pct. brændstoffer baseret på vedvarende energi, hvilket stiger til 6,8 pct. i 2030. Målet kan opfyldes ved brug af biobrændstoffer, biogas, vedvarende elektricitet, brændstoffer af ikke-biologisk oprindelse (men baseret på vedvarende energikilder) og affaldsbaserede, fossile brændstoffer. Der er reviderede regler for, hvor stor en del af energien, der som minimum skal komme fra avancerede biobrændstoffer baseret på restprodukter, ligesom der er lofter for, hvor stor en andel fødevarer baserede biobrændstoffer, landene kan tælle med.

Kommissionen foreslår bæredygtighedskriterier for bioenergi produceret både i medlemslandene eller importeret. Kriterierne skal gælde for flydende biobrændstoffer og som noget nyt også for fast biomasse og biogas og er beskrevet mere indgående i boks 2.4. Medlemslandene skal fortsat undlade at medregne CO₂-udledning fra afbrænding af fast biomasse samt flydende biobrændsler i deres CO₂-regnskaber, og der stilles fortsat ikke krav om, at potentielle ILUC-effekter i andre lande skal medregnes ved opgørelse af medlemslandenes CO₂-udledning fra bioenergianvendelsen.

Bæredygtighedskravene for fast biomasse forventes ifølge forslaget ikke at gælde for eksisterende danske kraftvarmeværker, der allerede er omstillet til biomasse. Klimarådet anbefaler derfor, at bæredygtighedskravene bør udvides til også at gælde for eksisterende anlæg.

Forordning om det indre marked for elektricitet og direktiv om fælles regler for det indre marked for elektricitet

Kommissionen har fremsat forslag om, at EU's medlemsstater skal indføre markedsregler for elektricitet. Disse regler har til formål at fremme et velfungerende, fleksibelt indre elmarked med bedre konkurrence og klare prissignaler for markedsaktører, som i højere grad gør det muligt at integrere vedvarende energi i det europæiske elsystem.

Åbning af støtte

Den energi, som et danskstøttet projekt placeret i et andet EU-land måtte producere, vil tælle med i opgørelsen af Danmarks andel af vedvarende energi, mens et dansk projekt, der får grøn støtte fra et andet EU-land vil tælle med i det andet lands andel. Danske solcelleprojekter har før vundet et fælles dansk-tysk udbud, hvilket viser et eksempel på hvordan systemet vil kunne fungere.

ILUC

ILUC står for "Indirect Land-Use Change". Et eksempel på en ILUC-effekt er, at anvendelse af biomasse til produktion af flydende biobrændsler kan medføre øget pres på arealanvendelsen og i sidste ende forårsage skovfældning et andet sted på kloden med det formål at skaffe mere landbrugsjord.

Boks 2.4 Bæredygtighedskriterier for bioenergi

Kommissionen foreslår en række kriterier, der skal sikre bæredygtigheden af bioenergi i både produktion og anvendelse. Denne boks beskriver de vigtigste.

Ét vigtigt kriterium omhandler bæredygtig udnyttelse af skove og landbrugsjorde, eksempelvis udtrykt ved krav om genplantning ved skovfældning og krav om, at biomasseressourcerne ikke produceres på naturarealer med høj biodiversitet eller på landbrugsarealer med højt kulstofindhold i jorden.

Import af biomasse må kun ske fra producentlande, der har ratificeret Paris-aftalen, og som derfor må formodes at opgøre og rapportere CO₂-udledning fra skovområder som følge af brug af træ til energiformål på en sådan måde, at CO₂-udledningen tilskrives producentlandets drivhusgasregnskab.

Der stilles krav til reduktion af drivhusgasser fra hele bioenergiens forsyningskæde. Disse krav afhænger af, hvornår det konkrete anlæg er sat i drift. Anlæg, der producerer flydende biobrændsler, og som er fra før 2015, skal fortrænge mindst 50 pct. drivhusgasser sammenlignet med tilsvarende fossile brændsler. Kravet er 60 pct. for nyere anlæg, og det stiger til 70 pct. for anlæg, der sættes i drift fra 2021. Biomasse og biogas til kraftvarmeanlæg på over 20 MW skal i nye anlæg fra 2021 fortrænge mindst 80 pct., hvilket øges til 85 pct. fra 2026.

Forslagets hovedformål er at gøre det lettere at handle med el på tværs af landegrænser. Det skal blandt andet ske ved at fjerne prisregulering på engrosmarkedet, overføre et større økonomisk ansvar til vedvarende energianlæg for de balanceringsomkostninger, som de påfører elsystemet, og afskaffe den prioriterede/garanterede adgang som vedvarende energi har haft til elnettet. Herudover foreslås tilpasning af regler for grænseoverskridende handel, håndtering af flaskehalse i elnettet, ensretning af tariffer for nettilslutning og harmonisering af kriterier for elforsyningsikkerhed.

Desuden foreslås regler for grænseoverskridende deltagelse i kapacitetsmekanismer og en grænseværdi for CO₂-udledningen fra nye anlæg, som indgår i kapacitetsmekanismer, på 550 g CO₂ pr. kWh produceret elektricitet.

EU stiller krav til bilers CO₂-udledning

EU's regler om CO₂ fra personbiler og varebiler stiller krav til den maksimale CO₂-udledning fra bilproducenternes salg af biler. Danmark kan ikke på egen hånd omstille til elbiler og mere energieffektive biler, og derfor er krav til den internationale teknologiudvikling yderst vigtige. I 2021 skal nye solgte biler gennemsnitligt udlede mindre end 95 g CO₂ pr. kilometer, mens kravet til varebilsalget er 147 g. Det forventes, at Kommissionen vil fremsætte forslag til nye krav til biler og varebiler i 2017 eller 2018, som skal gælde på den anden side af 2021. Der er ikke tilsvarende krav til lastbiler og busser, men Kommissionen overvejer at foreslå rapporteringskrav, ligesom det overvejes at opstille specifikke krav til CO₂-udledningen.

Kravene til bilproducenterne afspejler sig ikke fuldt ud i CO₂-udledningen fra bilflåden. Bilerne reelle CO₂-udledning er højere, blandt andet som følge af at de reelle kørselsmønstre adskiller sig fra den anvendte test, og derfor overgår man også snart til en ny og mere retvisende test.

Klimarådet anbefaler, at Danmark arbejder for, at der fastsættes ambitiøse krav til bilproducenterne, der kan medvirke til at fremme den nødvendige teknologiudvikling. Forordningerne kan fx opstrammes ved at opstille mere ambitiøse krav til person- og varebiler i 2025 samt ved at stille krav til lastbiler og busser. Miljøorganisationen *Transport & Environment* ønsker fx at stramme kravet til personbiler og varebiler til henholdsvis 70 og 100 g CO₂ pr. kilometer i 2025.¹³ Som supplement til strammere krav til bilproducenterne kan man stille krav til specifikke andele af elbiler i bilsalget. Fx har europaparlamentarikere fremsat forslag om at, at 25 pct. af bilsalget i 2025 skal være elbiler.¹⁴ Inspiration kan blandt andet hentes i Californien, der har erfaringer med at opstille krav til bilproducenterne om, at elbiler skal udgøre visse andele af bilsalget. Erfaringerne fra Californien beskrives i boks 2.5.¹⁵

Balanceringsomkostninger

Her er tale om omkostninger i elmarkedet ved ikke at kunne producere el på de forventede tidspunkter eller ved at producere el på andre tidspunkter end planlagt. Disse ubalancer er særligt vigtige for varierende energikilder som vind og sol.

Kapacitetsmekanismer

Normalt får producenter af elektricitet kun betaling for den strøm, de leverer. Men i en kapacitetsmekanisme ydes der også betaling for blot at stille produktionskapacitet til rådighed for markedet. Det kan give en mere stabil indtjening for producenterne.

Boks 2.5 Californiens krav om nuludslipsbiler

Californien har et certifikatmarked for nuludslipsbiler. Det pålægger alle bilproducenter, at en vis andel af deres salg skal være lavemissions- eller nulemissionsbiler. Ved salg af sådanne biler tildeles kreditter, som producenterne kan handle indbyrdes med, så producenter, som ikke selv producerer nuludslipsbiler, kan købe sig til opfyldelse af programmets krav. Elbiler og brintdrevne brændsels-cellebiler betragtes i programmet som nulemissionsbiler. En del af kravet kan opfyldes ved at sælge såkaldte opladningshybridbiler, som både har en elmotor og en forbrændingsmotor, og som kan oplade batteriet fra elnettet. Programmet gør, at myndighederne mere direkte kan regulere bilparkens sammensætning, end man ville kunne med fx afgifter.

Et af hovedformålene med programmet er at sikre producenter af nuludslipsbiler en garanteret efterspørgsel. Denne efterspørgsel skal skabe teknologisk udvikling og lavere produktionsomkostninger. Netop fordi Californien er et så stort og vigtigt bilmarked, er det håbet, at den garanterede efterspørgsel kan have en global teknologieffekt.

Organisationen Union of Concerned Scientists følger udviklingen i salget af lavemissions- og nulemissionsbiler og vurderer, at de californiske krav har bidraget til at øge salget. I 2016 vurderede organisationen, at bilproducenterne ved det hidtidige salg allerede har opsparet store mængder af kreditter, fordi de har overopfyldt de hidtil fastsatte målsætninger. Dette skal dog også ses på baggrund af, at målsætningerne hidtil ikke har været specielt stramme. Organisationen vurderer, at de opsparede kreditter muliggør, at de fastsatte californiske krav vil kunne opfyldes til og med 2021 uden at øge salget af elbiler i Californien udover det nuværende niveau på ca. 3 pct. Dette kunne tale for at stramme kravene i Californien, så de fremover kan få en større effekt på bilsalget.

Ni andre amerikanske stater er tilknyttet programmet i Californien.

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

” EU’s kvotehandelssystem fungerer ikke tilfredsstillende på grund af et meget stort overskud af kvoter. Kvoteoverskuddet nærmer sig i øjeblikket 3 mia. kvoter.

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

2.3 Konklusioner og anbefalinger

Dette kapitel har set på, hvordan det går med opfyldelsen af Danmarks klimamålsætninger, både dem vi selv har sat, og dem vi har forpligtet os til i kraft af vores medlemskab af EU. I EU forhandles der lige nu om rammerne for den fælleseuropæiske klima- og energipolitik frem mod 2030, som også vil få stor betydning for den danske klimapolitik. Dette kapitel har derfor præsenteret det væsentligste indhold af de lovforslag, der forhandles om på EU-niveau. Det har ført til følgende konklusioner:

- Danmark er nået langt i forhold til at opfylde nationale og internationale målsætninger på klima- og energiområdet. Danmark er godt på vej med at efterleve de energi- og klimapolitiske målsætninger frem mod 2020. Målet om anvendelse af vedvarende energi i transportsektoren i 2020 kræver dog igangsættelse af nye initiativer.
- Samtidig er der behov for at igangsætte ny politik for at indfri målene i 2030 for drivhusgasreduktion og udbygning med vedvarende energi.
- Regeringen har sat som mål at øge andelen af vedvarende energi til 50 pct. i 2030. Denne målsætning vil kun blive opnået, hvis der igangsættes nye initiativer. Omstillingen til vedvarende energi bør tage højde for den forventede stigning i elforbruget frem mod 2030 som følge af blandt andet nye datacentre.
- Mange centrale, danske kraftvarmeværker forventes omstillet fra kul til biomasse i de kommende år. Dette vil medføre en kraftig forøgelse af anvendelsen af importeret biomasse i form af træpiller og træflis. Det er derfor vigtigt, at den biomasse, der anvendes i energisektoren, bidrager til en reel reduktion af den globale drivhusgasudledning.
- *Basisfremskrivning 2017* peger på risikoen for, at større elforbrug vil betyde mere elproduktion baseret på kul. Kul er en af de energiformer, der udleder mest CO₂ til atmosfæren pr. energienhed, og øget kulforbrug modarbejder regeringens mål for den vedvarende energi. Det vil derfor være en rimelig dansk ambition ikke at bruge kul i el- og varmeproduktion fra 2030. Meget peger dog på, at markedet selv afvikler de tilbageværende kulfyrede kraftværksblokke inden 2030, men hvis denne markedstendens vendes, kan det blive nødvendigt at gribe ind med enten en forhøjet CO₂-afgift eller et forbud mod kul.
- De igangværende forhandlinger i EU om lovgivning på klima- og energiområdet vil også få betydning for Danmarks klima- og energipolitik frem mod 2030. Derfor kommer Klimarådet med en række anbefalinger til Danmarks forhandlingsposition i de kommende forhandlinger.

På baggrund af disse konklusioner anbefaler Klimarådet følgende:

- Den kommende energiaftale bør skabe stabile rammer for omstillingen til vedvarende energi i det kommende årti, så regeringens mål om en andel af vedvarende energi i energibehovet på 50 pct. i 2030 som minimum nås. Dette skal ikke mindst ses i lyset af, at fx vindmøller og solceller er blevet meget billigere i de seneste år. Derfor er det hensigtsmæssigt, at regeringen vil evaluere målsætningen om indfasning af 50 pct. vedvarende energi med passende mellemrum for at tage stilling til, om vedvarende energi skal indfases hurtigere. Et højere mål end 50 pct. vil kunne sikre en mere gradvis overgang til et lavemissionssamfund i 2050 baseret på vedvarende energi.

- Danmark bør i forbindelse med de igangværende klima- og energipolitiske forhandlinger i EU arbejde for:
 - en så ambitiøs reform af kvotesystemet som muligt, der sikrer at det nuværende kvoteoverskud nedbringes markant.
 - regler, der sikrer, at udtag af træ til bioenergi medregnes i producentlandets CO₂-regnskab.
 - at bæredygtighedskravene til biomasse også kommer til at gælde for eksisterende produktionsanlæg, idet danske anlæg formentlig ellers ikke vil være omfattet.
 - at EU-Kommissionen fremsætter ambitiøse krav til bilproducenterne om at reducere CO₂-udledningen fra person- og varebiler og tunge køretøjer samt krav om stigende andel af nulemissionsbiler i det samlede årlige bilsalg, som bidrager til at fremme teknologiudviklingen, som man fx ser det i det californiske certifikatsystem.

5

• • • • •

• • •

Behov for øget globalt ambitionsniveau

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

I december 2015 lykkedes det verdens statsledere at nå til enighed om Parisaftalen. Aftalen er den til dato mest vidtgående globale aftale på klimaområdet med en målsætning om at holde den globale temperaturstigning i forhold til det førindustrielle niveau "et stykke" under 2 grader med sigte på at begrænse stigningen til 1,5 grader.

I henhold til Parisaftalen har verdens lande hver især meldt bidrag til den globale reduktionsindsats ind til FN, men de er langt fra tilstrækkelige, hvis 2-gradersmålsætningen skal være inden for rækkevidde. Det vil kræve en væsentlig forøgelse af alle verdens landes ambitionsniveauer at nå målsætningen.

Hvis ikke der vedtages og igangsættes markante reduktionsindsatser i de kommende årtier, vil der blive behov for langt mere drastiske reduktioner af drivhusgasudledningen henimod midten af dette århundrede.

EU's drivhusgasudledning pr. indbygger vil forventeligt ligge lavere end fx USA's og Kinas i 2030, men EU's udledninger pr. indbygger vil fortsat ligge over det niveau, der ifølge FN's miljøprogram skal være det globale gennemsnit, hvis verden skal have to tredjedele chance for at indfri 2-gradersmålsætningen.

Det kan derfor forventes, at EU på et tidspunkt vil hæve sit ambitionsniveau på klimaområdet som led i de øgede reduktionsbidrag fra verdens lande, der vurderes at være nødvendige.



” Ifølge *Emission Gap Report 2016* fra FN’s miljøprogram, UNEP, er de bidrag til den globale reduktionsindsats, som parterne indtil videre har meldt ind under Parisaftalen, langt fra tilstrækkelige.

3.1 Klimaafspraken i Paris

Parisaftalen har som målsætning at holde den globale temperaturstigning i forhold til det førindustrielle niveau "et stykke" under 2 grader med sigte på at begrænse stigningen til 1,5 grader. Men de bidrag til reduktion af de globale drivhusgasudledninger, som parterne indtil videre har meldt ind under Parisaftalen, er langt fra tilstrækkelige, hvis målet om en maksimal temperaturstigning på 2 grader skal være inden for rækkevidde. Det vil kræve en væsentlig forøgelse af alle verdens landes ambitionsniveauer på klimaområdet for at nå den målsætning. Hvis ikke der vedtages og igangsættes større reduktionsindsatser i de kommende årtier, vil der blive behov for langt mere drastiske reduktioner af drivhusgasudledningen henimod midten af dette århundrede.

I december 2015 blev parterne under FN's klimakonvention, UNFCCC, enige om etablering af en global klimaaftale, den såkaldte Parisaftale.¹ Her lykkedes det verdens statsledere at nå til enighed om den til dato mest vidtgående globale aftale på klimaområdet, hvor 197 parter forpligtede sig til at holde den globale temperaturstigning i forhold til det førindustrielle niveau "et stykke" under 2 grader med sigte på at begrænse stigningen til 1,5 grader.

Parisaftalen vil dog ikke i sig selv indfri aftalens målsætning, da aftalen ikke viser nogen klar vej til, hvordan målsætningen skal nås. Parisaftalen definerer ikke en byrdefordeling parterne imellem og indfører heller ikke nogen sanktioner for parter, der ikke lever op til deres selvvalgte klimamål. Parterne har indmeldt nationale reduktionstilsagn, såkaldte 'Nationally Determined Contributions' til Parisaftalen.

Parisaftalen er dog stadig en politisk milepæl, da den sikrer en politisk forpligtelse blandt alle verdens lande til at styrke deres klimaindsats på tværs af alle sektorer. Dermed bryder Parisaftalen med tilgangen i tidligere aftaler, der kun forpligtigede de rige lande. Samtidig forpligter aftalens parter sig til at bruge ensartede metoder til at kontrollere og indberette drivhusgasudledninger til FN's klimapanel, hvilket kan skabe gennemsigtighed og mere klare linjer i overvågningen af verdens klimaindsats. På den måde tjener aftalen til at opbygge et skelet for en fælles og global indsats for at begrænse udledningen af drivhusgasser. Parisaftalen sender derfor et klart signal for vejen fremad.

Parisaftalen trådte i kraft i 2016 og er indtil videre ratificeret af 145 af de 197 parter. Danmark har også ratificeret aftalen og påtaget sig et fælles reduktionsmål sammen med de øvrige EU-lande. Aftalen forpligter parterne til hvert andet år at indrapportere, hvordan det går med at opnå deres nationale klimamål. Derudover skal parterne hvert femte år opdatere deres individuelle målsætninger, hvor målene kan skærpes, men ikke slækkes.

UNFCCC

United Nations Framework Convention on Climate Change er en FN-konvention, der blev vedtaget i 1992. Danmark har ratificeret denne konvention, som har til formål at mindske udledningen af drivhusgasser.

Danmark og Parisaftalen

Ifølge regeringsgrundlaget skal Danmark nationalt og internationalt arbejde for at bidrage til Parisaftalens målsætning om at holde den globale temperaturstigning i forhold til det førindustrielle niveau "et stykke" under 2 grader med sigte på at begrænse stigningen til 1,5 grader.

3 Behov for øget globalt ambitionsniveau

Der er behov for skærpede reduktionsmål for at indfri 2-gradersmålsætningen

IPCC

FN's klimapanel (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change) blev oprettet i 1988 og er den mest autoritative kilde til aktuel viden om klimaet. IPCC udarbejder løbende rapporter om klimaaendringer og virkningen deraf samt muligheder for at begrænse temperaturstigningerne. Ifølge klimaloven skal Klimarådets rådgivning tage udgangspunkt i videnskabens anbefalinger om den nødvendige klimaindsats. I lovbemærkningerne henvises i den sammenhæng til IPCC.

FN's miljøprogram (UNEP)

FN's miljøprogram har siden 2010 årligt udgivet en såkaldt *Emission Gap Report*, der analyserer, hvor stor en ekstra klimaindsats der vil være behov for, hvis verden skal nå sine klimamålsætninger.

Atmosfæren

Den del af CO₂-udledningen, der forbliver i atmosfæren, bidrager til den globale opvarmning. CO₂ kan ifølge IPCC forblive meget længe i atmosfæren, inden det optages i enten oceaner eller jord og skov. Med den nuværende udledningstakt udledes der årligt langt mere CO₂, end den mængde, der optages i oceanerne samt i jord og skov. Derfor stiger indholdet af CO₂ i atmosfæren.

Ppm

"Parts per million" er en forkortelse for millionte dele, der anvendes ved angivelse af koncentrationen af CO₂ i atmosfæren, og som i denne sammenhæng er opgjort som antallet af CO₂-molekyler i forhold til det totale antal luftmolekyler i atmosfæren.

FN's klimapanel, IPCC, vurderede i 2014, at den globale temperatur var steget ca. 0,9 grader siden industrialiseringen.² I 2017 vurderede den meteorologiske verdensorganisation, WMO, at den globale temperatur i 2016 var steget yderligere 0,2 grader til 1,1 grader.³ 2016 antages dog at have været et særligt varmt år på grund af klimafænomenet El Niño, hvilket er hovedforklaringen på den yderligere temperaturstigning på 0,2 grader.⁴

Ifølge *Emission Gap Report 2016* fra FN's miljøprogram, UNEP, er de bidrag til den globale reduktionsindsats, som parterne indtil videre har meldt ind under Parisaftalen, langt fra tilstrækkelige, hvis målet om en maksimal temperaturstigning på 2 grader skal være inden for rækkevidde. Det vil kræve en væsentlig forøgelse af ambitionsniveauet at nå den målsætning. Der er da også i Parisaftalen lagt op til, at landene skal øge ambitionsniveauet frem mod 2030.

Parterne kan til enhver tid skærpe deres tilsagn om reduktionsbidrag under Parisaftalen. Allerede ved det 24. møde mellem parterne til FN's klimakonvention i 2018 vil aftalens parter drøfte, hvordan det går med at nå aftalens mål. Her er der dog ikke umiddelbart nogen forventning om nye eller opdaterede mål. Første planlagte opdatering af bidragene til Parisaftalen finder sted i 2025. Parter, der allerede fra starten har indmeldt et mål, der løber helt frem til 2030, kan i 2025 nøjes med at genbekræfte dette mål. Det gælder blandt andet EU, som har påtaget sig at reducere sine udledninger med mindst 40 pct. i 2030 i forhold til 1990.

Det er muligt, at EU frem mod 2025 vil hæve sit ambitionsniveau for 2030, da EU traditionelt er gået foran i arbejdet med at modvirke klimaforandringer. Nogle EU-lande har i de senere år ved forskellige lejligheder argumenteret for, at EU bør øge sit drivhusgasreduktionsmål for 2030.^{5,6} En sådan beslutning vil kræve, at EU's stats- og regeringschefer på et tidspunkt kan blive enige herom.

I første omgang bør den globale udledning ifølge Parisaftalen toppe hurtigst muligt, og derefter skal udledningen reduceres kraftigt. Aftalen anerkender, at udviklingslandenes udledning vil toppe senere end de industrialiserede landes udledning. Ifølge aftalen bør der opnås balance mellem drivhusgasudledninger og optag af drivhusgasser i jord og skov samt oceaner i anden halvdel af dette århundrede. Opfyldelse af 2-gradersmålet vil kræve meget drastiske reduktioner af den globale drivhusgasudledning, hvilket uddybes i afsnit 3.2.

IPCC har i sin femte vurderingsrapport fra 2014 forsøgt at vurdere, hvor meget drivhusgas der kan udledes til atmosfæren. CO₂-indholdet i atmosfæren er siden industrialiseringen steget fra under 300 ppm til over 400 ppm. Ifølge IPCC vil det formentlig være nødvendigt at stabilisere indholdet af CO₂ i atmosfæren på 450 ppm i 2100, hvis verden skal have mere end to tredjedele chance for at undgå menneskeskabte temperaturstigninger på over 2 grader i forhold til det førindustrielle niveau.⁷

Jordens kulstofkredsløb bestemmer CO₂-indholdet i atmosfæren

Tilførslen af CO₂ til atmosfæren vil blandt andet afhænge af den fremtidige CO₂-udledning samt af jordens kulstofkredsløb. En række forskere har i 2016 udgivet artiklen *Global carbon budget 2016*,⁸ hvori de forsøger at sætte tal på jordens kulstofkredsløb. Disse tal er vist i tabel 3.1.

Tabel 3.1 viser, at der siden industrialiseringen og frem til 2015 skønnes at være udledt lidt mere end 2.000 mia. ton CO₂. Denne opgørelse omhandler kun CO₂ og ikke øvrige drivhusgasser. Ca. tre fjerdedele af CO₂-udledningen skyldes afbrænding af fossile brændsler og industrielle processer, mens ca. en fjerdedel skyldes udledninger fra jord og skov, som beskrives i boks 3.1. Omkring 860 mia. ton CO₂, ud af de lidt mere end 2.000 mia. tons CO₂, der er udledt, befinder sig fortsat i atmosfæren, mens den resterende mængde formodes at være absorberet nogenlunde ligeligt i henholdsvis oceanerne og jord og skov. Der er dog stor usikkerhed forbundet med opgørelsen af kulstofkredsløbet.

Det fremgår også af tabel 3.1, at der i perioden 2006-15 gennemsnitligt er udledt ca. 38 mia. tons CO₂ årligt. Heraf skønnes ca. 21 mia. tons CO₂ at være blevet optaget i oceaner samt jord og skov. Det betyder, at der er sket en forøgelse af CO₂-indholdet i atmosfæren på ca. 17 mia. ton CO₂ årligt over perioden, og at disse ti år alene står for ca. en femtedel af den samlede forøgelse af atmosfærens CO₂-indhold siden 1870.

Jordens kulstofkredsløb

Dette kredsløb definerer balancen mellem udledninger og optag af CO₂ fordelt mellem atmosfæren, jorde, skove og oceaner.

Drivhusgasser

Udover CO₂ bidrager også andre gasser som fx metan (CH₄), lattergas (N₂O) og industrigasser (F-gasser) til den globale opvarmning. Der foregår dog også udledninger af såkaldte aerosoler, som antages at dæmpe opvarmningen. Disse øvrige drivhusgasser bidrager i forskelligt omfang til den globale opvarmning. Gassernes effekt omregnes til CO₂-ækvivalenter, som forkortes CO₂e.

Mia. tons CO ₂	Årligt 2006-15		Total 1870-2015	
		+/-		+/-
Udledning:				
Fossile brændsler samt procesudledninger fra cement	34	2	1.501	73
Skovafbrænding m.m. (Eluc)	4	2	531	183
Total CO₂-udledning	38		2.031	
Fordeling:				
Atmosfære	17		860	18
Oceaner	10	2	586	73
LULUCF (optag i jord og skov)	11	3	586	219
Total	38		2.031	

Tabel 3.1 Global CO₂-udledning og -fordeling

Anm.: De to kolonner markeret med +/- viser de usikkerheder, der i artiklen angives for estimaterne. Eluc står for "Emissions from land use change". Eluc-opgørelsen fokuserer primært på udledninger fra skovafbrænding og medregner ikke alle typer af arealanvendelser. Bemærk at tabellen kun omhandler CO₂-udledninger og -optag, idet der herudover tillige udledes andre drivhusgasser end CO₂.

Kilde: Le Quéré et al., *Global carbon budget 2016*, Earth System Science Data, 8, 605-649, 2016.

Boks 3.1 Optag og udledninger fra jord og skov

Optag og udledninger af CO₂ i jorde og skove, såkaldt LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry), spiller en afgørende rolle for kulstofbalancen på globalt plan. Det formodes som vist i tabel 3.1, at der i de seneste år årligt er optaget ca. 11 mia. ton CO₂ og samtidig udledt ca. 4 mia. ton CO₂. Jorde og skove fungerer derfor samlet set som dæmpende faktorer i forhold til den globale opvarmning ved at optage mere CO₂ fra atmosfæren, end de udleder.

Den aktuelt store udledning af CO₂ fra jord og skov, fx ved fjernelse af regnskov, gør, at der er et stort potentiale for at reducere CO₂-udledningen til atmosfæren, hvis man kan stoppe eller reducere afskovningen.

Ifølge FN's miljøprogram's *Emissions Gap Report 2015* indgår LULUCF-reduktionsmål som en væsentlig del af parternes reduktionsbidrag til Parisaftalen. Bidragene svarer til ca. 1,9 mia. ton CO₂e i 2030.

Der er dog et endnu større biofysisk potentiale for at øge optaget af CO₂ i jorde og skove på globalt plan. På klimatopmødet i Paris i december 2015 blev der lanceret en frivillig handlingsplan, som forskellige lande, organisationer, private sektorer, NGO'er m.v. kan tilslutte sig.⁹ Planen sigter mod at igangsætte forskning med henblik på at forsøge at øge den globale beholdning af kulstofbundet i jorden med fire promille årligt.

En række forskere offentliggjorde i 2017 en artikel i tidsskriftet *Geoderma*,¹⁰ hvori det fremgår, at der globalt vurderes at være bundet i størrelsesordenen 2.400 mia. ton ren kulstof, svarende til 8.800 mia. ton CO₂, ned til 2 meters dybde på Jordens samlede landareal. Ser man på arealer med landbrugsjord skønner forskerne, at landbrugsjorden ned til 1 meters dybde globalt binder ca. 600 mia. ton ren kulstof, hvilket svarer til 2.200 mia. ton CO₂. Hvis man årligt skulle øge denne kulstofpulje i landbrugsjord med 4 promille, svarer det til ca. 9 mia. ton CO₂ årligt, eller mere end en fjerdedel af den årlige globale udledning af CO₂.

Men spørgsmålet er, hvordan og hvorvidt man vil kunne indføre lovgivning eller økonomiske incitamenter, som vil kunne sikre, at en del af det tilsyneladende store biofysiske potentiale for kulstofbinding i jord og skov indfris i praksis. Herudover er det spørgsmålet, om en del af det biofysiske potentiale for at øge optaget af CO₂ evt. allerede kan være indregnet, da IPCC opstillede det globale CO₂-budget, som bliver beskrevet i afsnit 3.2.

Parterne til Parisaftalen har meget forskellige tilgange til, hvordan optag og udledninger fra jord og skov inddrages i de klimamålsætninger, der er indmeldt i aftalen. Fx er EU's 40 pct.-reduktionsmål i 2030 fastsat for drivhusgasudledningen eksklusiv LULUCF, men Kommissionen har foreslået, at der bør kunne modregnes op til 280 mio. LULUCF-kreditter i perioden 2021-30. USA's og Brasiliens reduktionsmål gælder hele udledningen inklusive LULUCF. Det vil sige, at USA fratrækker nettooptaget i LULUCF-sektoren fra udledningen i både basisåret 2005 og målåret 2030, mens Brasilien lægger udledningen fra skovafbrænding til i både basisåret og målåret. En væsentlig del af Brasiliens reduktionsmålsætning er således knyttet til at reducere udledningen fra skovaf-

brænding i forhold til situationen i basisåret. EU's overvejelser om den fremtidige lovgivningsramme på området er nærmere beskrevet i kapitel 2.

Det er afgørende for klimaindsatsen, at forhandlingsparterne inddrager LULUCF på en måde, der giver incitament til at reducere udledningerne fra fx skovrydning og til at øge optaget af CO₂ i jord og skov. Ligeledes er det meget væsentligt, at regnskabsreglerne indrettes på en måde, så LULUCF-sektoren kun kan generere LULUCF-kreditter, såfremt landene har foretaget en reel indsats, der har medført markant mindre udledninger eller et større optag, end hvad der ville være sket under alle omstændigheder. Hvis der genereres LULUCF-kreditter, uden der reelt har været en klimaeffekt, vil disse kreditter i nogle tilfælde kunne anvendes til at udvande forhandlingsparternes drivhusgas-reduktionsmål for de øvrige sektorer. Dermed vil det blive endnu vanskeligere at indfri 2-gradersmålsætningen.

Den globale drivhusgasudledning er stagneret i de seneste år

På globalt plan er CO₂-udledningen mere end fordoblet siden 1970, og i Kina, der i dag topper listen over lande med størst udledninger, er CO₂-udledningen næsten blevet tredoblet siden år 2000.

Der blev i 2014 udledt ca. 36 mia. tons CO₂ fra afbrændingen af fossile brændsler og industrielle processer, primært procesemissioner fra cementproduktion.¹¹ Hertil kommer udledning af ca. 4 mia. ton CO₂ fra afbrænding af skov, om end der er knyttet stor usikkerhed til opgørelsen af dette tal, som tabel 3.1 viser. Dermed anslås CO₂-udledningen at være i størrelsesordenen 40 mia. tons CO₂. Hertil kommer, at der udledes andre drivhusgasser end CO₂, men størrelsesordenen af udledningen af disse øvrige drivhusgasser er meget usikker. Når man lægger alle udledninger sammen, anslås verdens samlede drivhusgasudledning at udgøre ca. 53 mia. ton CO₂e ifølge FN's miljøprogram.¹² Det skal dog understreges, at der er stor usikkerhed knyttet til at estimere størrelsen af udledningen, som angives at ligge inden for et muligt interval på 48-58 mia. ton CO₂e.

Den globale drivhusgasudledning er stagneret i de seneste år. Spørgsmålet er, om der er tale om en blivende tendens. Det kan også tænkes, at udledningen vil begynde at stige igen fremover, fx hvis der kommer mere økonomisk vækst på globalt plan. Det kan ske, hvis verdens befolkningstal øges som forventet af FN, såfremt drivhusgasudledningen stiger i lande, hvor udledningen pr. indbygger fortsat er meget lavere end det globale gennemsnit.

3.2 Hvad skal der til for at holde temperaturstigningen under 2 grader?

Ifølge FN's klimapanel kan verden kun tillade sig at udlede en begrænset mængde CO₂ til atmosfæren, som de har beskrevet i et CO₂-budget, der er i overensstemmelse med 2-gradersmålsætningen. Dette budget vil være opbrugt i løbet af bare 21 år, såfremt den globale CO₂-udledning fortsætter uændret på det nuværende niveau. Det vil derfor kræve betydelige reduktioner af drivhusgasudledningen på meget kort sigt, samt et øget optag af CO₂ i jorde og skove, hvis det skal lykkes at holde den globale temperaturstigning under 2 grader. På sigt bør Jordens kulstofkredsløb balancere fuldstændigt, hvilket betyder, at der ikke må være nogen netto-udledning af CO₂ fra menneskelige aktiviteter.

IPCC har i en rapport fra 2014 vurderet, hvor meget drivhusgas der vil kunne udledes fremover, såfremt temperaturstigningen med to tredjedele chance skal holdes under 2 grader. FN's miljøprogram har i deres *Emission Gap Report* fra 2014 forklaret baggrunden for IPCC's beregning af det tilladelige CO₂-budget, som vist i tabel 3.2.¹³

Verden har et begrænset drivhusgasbudget tilbage

Det samlede CO₂-budget siden industrialiseringen er af IPCC opgjort til 3.760 mia. ton CO₂. Herfra skal trækkes 2.072 mia. ton CO₂ udledt indtil 2016, hvori medregnes CO₂-udledningen i 2016, hvorfor tallet for den samlede akkumulerede CO₂-udledning er lidt højere end det tal for 2015, der er vist i tabel 3.1. Hertil kommer, at IPCC reserverer en del af budgettet til udledning af andre drivhusgasser end CO₂, svarende til ca. 770 mia. ton CO₂e fra 2011 og fremad. Det tilladelige resterende budget for udledning af CO₂ fra 2017 og frem er således ca. 828 mia. ton CO₂. Dette CO₂-budget skal både rumme CO₂-udledning fra afbrænding af fossile brændsler og industrielle processer samt udledning af CO₂ fra fx afskovning og andre LULUCF-kilder. CO₂-budgettet gælder for den samlede udledning, hvoraf dele efterfølgende vil forblive i atmosfæren, mens andre dele vil blive optaget i oceaner, jorde og skove. Regnestykket for fremtidens drivhusgasbudget, der er kompatibelt med 2-gradersmålet, er vist i tabel 3.2.

Hvis den globale CO₂-udledning fortsætter på 2016-niveauet på ca. 40 mia. ton CO₂ årligt (inklusive LULUCF), vil det resterende tilladelige CO₂-budget på 828 mia. tons CO₂ være opbrugt allerede omkring år 2037.

Det skal understreges, at der er stor usikkerhed forbundet med det af IPCC opstillede drivhusgasbudget. Det skyldes blandt andet, at der er en vis usikkerhed om, hvordan det fremtidige optag af CO₂ i jorde og skove samt i oceanerne vil udvikle sig. Ved beregning af drivhusgasbudgettet må det antages, at IPCC allerede har lagt nogle forudsætninger ind om, hvor meget CO₂ der kan forventes

IPCC's vurdering af det fremtidige CO₂-budget

IPCC har i rapporten *Climate Change 2014 Synthesis Report* vurderet, at der fra 2011 og frem ikke vil kunne udledes mere end yderligere ca. 1.000 mia. ton CO₂ (650-1.250 mia. ton), såfremt temperaturstigningen som følge af det øgede CO₂-indhold i atmosfæren skal holdes under 2 grader. Der foregår en videnskabelig diskussion om størrelsesordenen af det fremtidige CO₂-budget. Dette beskrives fx i artiklen *Differences between carbon budget estimates unravelled* i tidsskriftet *Nature Climate Change* fra februar 2016.

	Mia. ton CO ₂
Samlet CO ₂ -budget	3.670
CO ₂ udledt indtil 2016, inkl. LULUCF	-2.072
Drivhusgasbudget reserveret til udledning af andre drivhusgasser end CO ₂ (metan, lattergas, F-gas m.m.) fra 2011 og fremad, opgjort som CO ₂	-770
Resterende CO₂-budget fra 2017 og frem, inkl. LULUCF	828

Tabel 3.2 Det globale drivhusgasbudget til at nå 2-gradersmålet (mia. ton CO₂)

Anm.: UNEP og IPCC ser bort fra øvrige drivhusgasser end CO₂ udledt indtil 2011 i den metode, der er anvendt til at opgøre det globale drivhusgasbudget på 3.670 mia. tons CO₂. Jf. tabel 3.1 har det årlige optag af CO₂ været stigende i de seneste årtier.

Kilder: UNEP, *The Emissions Gap Report 2014* og *Global carbon budget 2016*, Earth Syst. Sci. Data 8 2016.

optaget fremover. Hvis optaget af CO₂ i oceaner, jorde og skove viser sig at blive højere end forventet af IPCC, vil drivhusgasbudgettet formentlig blive forøget.

Et 1,5-gradersmål kræver endnu større reduktion i udledningerne

Parisaftalen sigter mod at holde den globale temperaturstigning i forhold til det førindustrielle niveau "et stykke" under 2 grader med sigte på at begrænse stigningen til 1,5 grader. IPCC-rapporten fra 2014 går ikke i dybden med at beskrive om og hvordan, 1,5-gradersmålet vil kunne opfyldes.

I lyset af størrelsesordenen af de forventede fremtidige udledninger er vinduet formentlig lukket for at reducere udledningerne så meget, at temperaturstigningen ikke på noget tidspunkt overstiger 1,5 grader¹⁴. Visse forskere argumenterer for, at det teoretisk set bør kunne lykkes at stabilisere opvarmningen på 1,5 grader i 2100, men at temperaturstigningen inden da vil nå at overstige 1,5 grader.

En stabilisering på 1,5 grader i 2100 vil ifølge visse forskere kræve, at nettoudledningen af CO₂ begrænses til ca. 200 mia. ton, og at koncentrationen af CO₂ i atmosfæren bør reduceres fra det nuværende niveau på ca. 400 ppm til ca. 380 ppm i 2100.¹⁵ Dette kan ifølge forskerne teoretisk set gennemføres ved at begrænse CO₂-udledningen til 700 mia. tons CO₂ og samtidig inden 2100 reducere nettoudledningen til ca. 200 mia. tons CO₂ ved at kombinere et meget stort meroptag af CO₂ i jord og skov med en betydelig nedpumpning i undergrunden af CO₂ fra kraftværker, der afbrænder biomasse. Det er et åbent spørgsmål, om det skitserede scenarie vil være fysisk muligt, endsige politisk realiserbart.

1,5-gradersmålet synes derfor med den nuværende viden meget svært at nå. IPCC er dog i gang med at udarbejde en særrapport, som skal vurdere muligheden for at nå 1,5-gradersmålet, men rapporten forventes først offentliggjort i 2018.

Parisaftalens tilsagn om reduktion af drivhusgasudledningen i 2030 er ikke nok

I UNEP's *Emission Gap Report 2016* vurderes det, at den globale drivhusgasudledning vil blive begrænset til 56 (52-58) mia. ton CO₂e i 2030, såfremt parterne efterlever de ubetingede reduktionstilsagn, de har indmeldt i forbindelse med Parisaftalen.¹⁶ Dette vil formentlig indebære en lille stigning i udledningen i forhold til de 53 (48-58) mia. ton CO₂e, der lige nu udledes årligt, som beskrevet ovenfor. Visse parter har dog også indmeldt mere ambitiøse betingede reduktionstilsagn, som vil kunne begrænse udledningen i 2030 til 53 (50-55) mia. ton CO₂e. Usikkerhedsintervallet for vurderingen af udledningsniveauet i 2030 angivet i parenteserne skyldes blandt andet, at nogle af parternes reduktionstilsagn er defineret i forhold til forventede højere fremtidige udledningsniveauer og lignende.

Ubetingede reduktionstilsagn
Der skelnes mellem betingede og ubetingede reduktionstilsagn under Parisaftalen. Nogle lande har indikeret, at de vil være villige til at påtage sig et højere reduktionsmål, såfremt visse betingelser opfyldes. Disse betingelser kan fx være tilsagn om økonomisk støtte, teknologioverførsel, eller at andre sammenlignelige lande øger deres ambitionsniveauer.

UNEP vurderede i sin *Emission Gap Report 2015*, at verden vil være på vej mod 3-3,5 graders opvarmning, selv hvis parternes betingede reduktionstilsagn indfris. Rapporten opfordrer derfor landene til at øge deres reduktionstilsagn under Parisaftalen, så der samlet set opnås en yderligere reduktion på ca. 14 mia. tons CO₂e i 2030. Figur 3.1 viser dette reduktionsbehov, som i 2030 svarer til mere end tre gange EU's samlede årlige drivhusgasudledninger.

Herudover kan det nævnes, at international luft- og skibsfart ikke indgår i parternes reduktionsbidrag til Parisaftalen, og der arbejdes parallelt på at indgå internationale aftaler om, hvorledes disse sektorer kan bidrage til at begrænse drivhusgasudledningen.

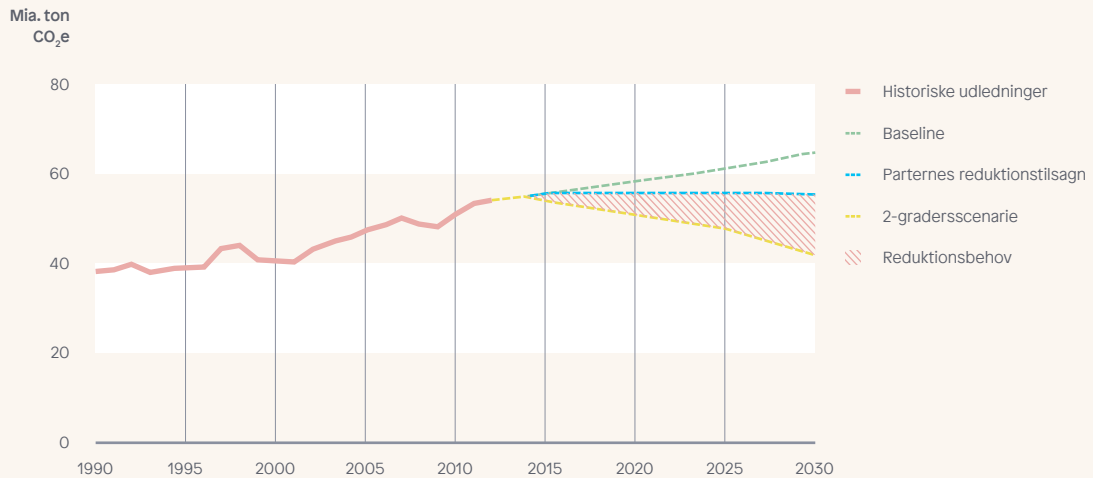
Det er nødvendigt med en reduktion af udledningen pr. indbygger globalt

Ifølge FN's befolkningsprognose forventes verdens befolkningstal at vokse til ca. 8,5 mia. i 2030, som vist i tabel 3.3. Hvis verdens drivhusgasudledning skal reduceres til 42 mia. ton CO₂e i 2030, som angivet i figur 3.1, vil det svare til en udledning på ca. 4,9 ton CO₂e pr. indbygger i 2030.

EU's drivhusgasreduktionsmål i 2030 på 40 pct. i forhold til 1990 svarer til, at EU's samlede udledning skal reduceres til ca. 3,4 mia. ton CO₂e i 2030. EU's befolkning ventes ifølge Eurostat at vokse en smule fra ca. 508 mio. i 2015 til ca. 524 mio. i 2030. EU's reduktion på 40 pct. forventes at svare til en udledning på ca. 6,4 ton CO₂e pr. indbygger i 2030 (eksklusive LULUCF), hvilket er godt 30 pct. mere end de 4,9 ton gennemsnitligt pr. indbygger globalt inklusive LULUCF, som foreslås i UNEP's reduktionssti mod 2-gradersmålsætningen. I 2015 lå EU's udledning på 8,5 tons CO₂e pr. indbygger.

EU har desuden en ambition om at reducere udledningen med 80-95 pct. i 2050 i forhold til 1990. En 80 pct. henholdsvis 95 pct. reduktion af EU's drivhusgasudledning 1990 svarer til en udledning på ca. 2,2 henholdsvis 0,5 ton CO₂e pr. indbygger. I tabel 3.3 vises til sammenligning det opstillede mål for den gennemsnitlige udledning pr. indbygger i verden i 2050, som følger af 2-gradersmålsætningen, på 2,3 ton CO₂e pr. indbygger.

Indfrielse af de samlede drivhusgasreduktionstilsagn indmeldt af parterne til Parisaftalen vil medføre en reduktion af drivhusgasudledningen pr. indbygger



Figur 3.1 Illustration af den nødvendige drivhusgasreduktion for at nå 2-gradersmålsætningen

Anm.: Ifølge *The Emission Gap Report 2016* bør den globale udledning reduceres til ca. 42 (30-44) mia. ton CO₂e i 2030 og ca. 22 (18-25) mia. ton CO₂e i 2050, for at verden kan bevæge sig i retning af 2-gradersmålsætningen.

Kilde: Summen af parternes reduktionstilsagn og 2-gradersmålsætningen (inklusive LULUCF) er fra UNEP's *The Emission Gap Report 2016*. Tallene opdateres jævnlgt og kan hentes på hjemmesiden <http://web.unep.org/climatechange/resources/pledge-pipeline>. Tal for historisk drivhusgasudledning (eksklusive LULUCF) i perioden 1990-2012 er fra European Commission Joint Research Centre, <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=42FT2012>.

	2015	2030	2050
Global befolkning (mia.)	7,3	8,5	9,7
Global drivhusgasudledning ved 2-gradersmål (mia. ton CO ₂ e)	Ca. 53	42	22
Global drivhusgasudledning pr. indbygger ved 2-gradersmål (ton CO ₂ e)	7,2	4,9	2,3
EU's drivhusgasudledning pr. indbygger (ton CO ₂ e)	8,5	6,4	0,5 -2,2

Tabel 3.3 Nødvendig drivhusgasreduktion pr. indbygger for at nå 2-gradersmålet

Anm.: Ifølge *The Emission Gap Report 2016* bør den globale udledning reduceres til ca. 42 (30-44) mia. ton CO₂e i 2030 og ca. 22 (18-25) mia. ton CO₂e i 2050, for at verden kan bevæge sig i retning af 2-gradersmålsætningen. Det svarer til en udledning pr. indbygger på ca. 4,9 ton CO₂e i 2030 og ca. 2,3 ton CO₂e i 2030, såfremt man tager udgangspunkt i FN's befolkningsprognose for den forventede befolkningstilvækst.

Kilde: UNEP, *The Emissions Gap Report 2016*, Eurostats befolkningsprognose⁷, Det Europæiske Miljø-agenturs tal for EU's udledningsret⁸ og FN's befolkningsprognoses middelestimat⁹.

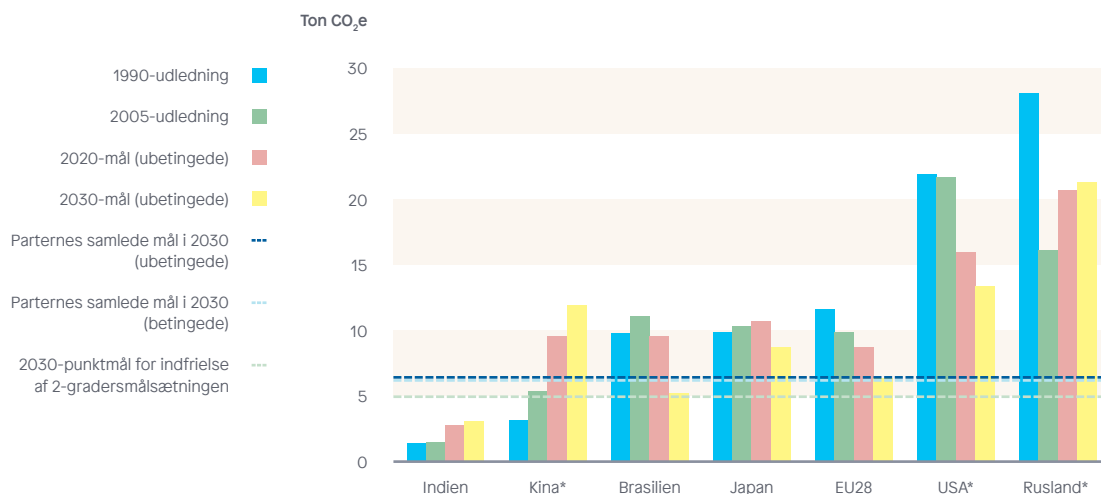
fra 7,2 ton CO₂e i 2015 til ca. 6,5 ton CO₂e i 2030, eller ca. 6,3 ton CO₂e hvis man medregner visse parter betingede reduktionstilsagn. Dette vil dog langt fra være tilstrækkeligt til at bringe verden på vej mod en indfrielse af 2-gradersmålet. Som tidligere nævnt vil en yderligere reduktion til ca. 4,9 ton CO₂e i 2030 ifølge UNEP's *Emissions Gap Report 2016* være nødvendig. For EU vil en reduktion af drivhusgasudledningen til dette niveau svare til en reduktion i 2030 på ca. 55 pct. af EU's samlede drivhusgasudledning set i forhold til udledningen i 1990. Til sammenligning er EU's nuværende mål for 2030 kun på 40 pct. i forhold til 1990.

Verdens lande bidrager forskelligt til reduktionsindsatsen

Figur 3.2 viser udvalgte parter drivhusgasudledning pr. indbygger. Med de indmeldte reduktionsbidrag forventes EU's udledning pr. indbygger at ligge under niveauet i fx Kina og USA. EU's drivhusgasudledning pr. indbygger i 2030 ligger ligeledes på niveau med den globale udledning pr. indbygger som forventes at følge af de reduktionsmål, parterne hidtil har indmeldt til Parisaftalen. Men EU vil fortsat i 2030 have en højere udledning end det niveau på 4,9 ton CO₂e pr. indbygger globalt i 2030 (den grønne stiplede linje), som ifølge UNEP vil være nødvendigt for at holde temperaturstigningen under 2 grader.

Mulige veje frem mod 2-gradersmålet

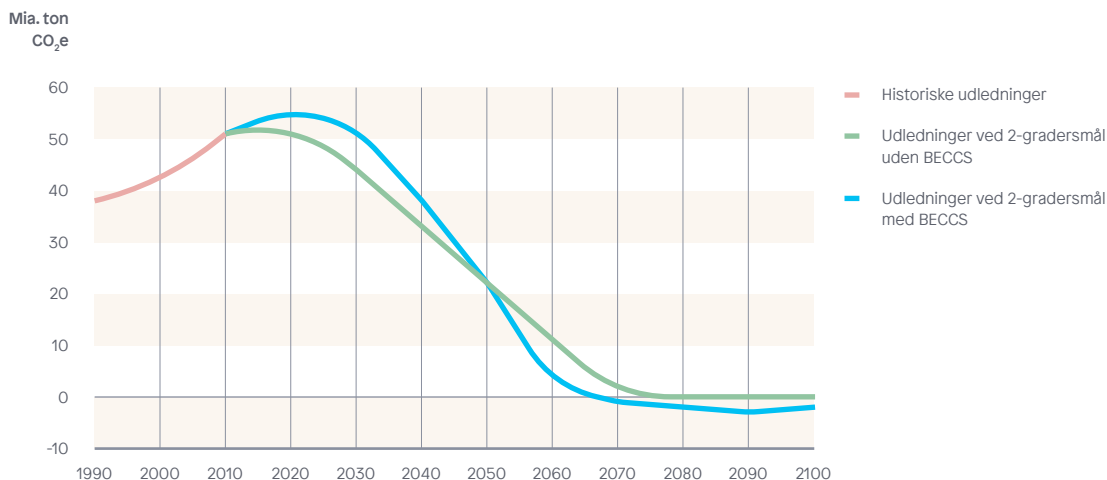
Såfremt det ikke lykkes parterne til Parisaftalen at vedtage tilstrækkeligt ambitiøse reduktionsmål frem mod 2030, som kan eliminere 2030-gabet mellem parternes hidtil indmeldte reduktionsmål og 2-gradersmålet som illustreret i figur 3.1, kan det blive nødvendigt at øge landenes reduktionsmål mere efter 2030, end hvad der ellers havde været nødvendigt.



Figur 3.2 Historisk og forventet fremtidig drivhusgasudledning pr. indbygger for udvalgte parter jf. parternes reduktionsbidrag (inklusive LULUCF)

Anm.: *De viste 2030-mål for Kina, USA og Rusland er disse landes ubetingede mål, som vil medføre en højere udledning end deres betingede mål. For EU anvendes udledningsloftet for kvote- og ikke-kvotebelagte sektorer eksklusive LULUCF og international luftfart.

Kilde: For emissioner er fra UNEP: <http://web.unep.org/climatechange/resources/pledge-pipeline>. Befolkningstal er fra FN's og Eurostats befolkningsstatistik og befolkningsprognoser, se note til tabel 3.3.



Figur 3.3 Illustration af forskellige teoretiske veje mod 2-gradersmålet

Kilde: Klimarådets egen illustration.

Figur 3.3 illustrerer to regneeksempler i forhold til at nå 2-gradersmålet. Den lysegrønne og den lyseblå linje i figuren repræsenterer to forskellige teoretiske udviklinger, hvor den globale nettoudledning i begge tilfælde holder sig inden for det tilladte 2-gradersdrivhusgasbudget, der ses i tabel 3.3. Hvorvidt de to scenarier overhovedet er politisk realiserbare er uvist.

Den grønne linje i figur 3.3 illustrerer et regneeksempel, hvor den globale nettoudledning af drivhusgasser toppe i 2025 for derefter at falde gradvist til nul i 2070. Herefter opvejes udledningerne af tilsvarende optag. Den blå linje illustrerer et regneeksempel, hvor nettoudledningen toppe på et højere niveau, og hvor nettoudledningen er lidt højere frem til 2050. Herefter aftrappes udledningen hurtigere, og et sted mellem 2060 og 2070 vendes nettoudledningen til et nettooptag, fordi optaget af CO₂ i jord og skov overstiger udledningen suppleret med nedpumpning af CO₂ i undergrunden fra kraftværker, der benytter bioenergi, såkaldt BECCS.

De to forskellige 2-gradersregneeksempler i figur 3.3 viser betydningen af, at udledningen toppe hurtigt og efterfølgende reduceres betydeligt. Jo mere udledningen stiger, og jo senere udledningen toppe, desto mere stiger sandsynligheden for, at der kan blive behov for drastiske reduktioner på længere sigt, ligesom der kan blive behov for i en årrække at have betydelig nettolagring af CO₂. De to regneeksempler tager ikke hensyn til IPCC's opdeling af det fremtidige udledningsbudget på henholdsvis CO₂ og andre drivhusgasser, som beskrives i tabel 3.2.

Nettoudledning

Figur 3.3 illustrerer to teoretiske udviklinger, hvor der netto udledes samme mængde drivhusgas til atmosfæren. Med nettoudledning menes udledning fratrukket optag af CO₂ udover det forventede fremtidige optag, som formentlig allerede er medregnet i IPCC's drivhusgasbudget.

BECCS

Denne engelske forkortelse står for bioenergi med nedpumpning og permanent indfangning af CO₂ i undergrunden, idet CCS er en forkortelse for 'carbon capture and storage'. Hvis teknologien til nedpumpning af CO₂ fra afbrænding af biomasse kan udvikles og vinde indpas, vil man teoretisk set kunne fjerne CO₂ fra atmosfæren, forudsat at den afbrændte biomasse på et tidspunkt erstattes af ny biomasse i form af genplantning af skovområder, skovrejsning osv.



START
STOP

D
N
P



3.3 Hvordan kan EU bidrage til opnåelse af 2-gradersmålsætningen?

EU er allerede godt på vej mod at overopfylde sit drivhusgasreduktionsmål i 2020, og EU's drivhusgasudledning pr. indbygger vil forventeligt ligge lavere end fx USA's og Kinas i 2030. Men EU's udledninger pr. indbygger vil fortsat ligge over det niveau, der kan indfri 2-gradersmålsætningen. Det kan derfor forventes, at EU på et tidspunkt må hæve sit ambitionsniveau på klimaområdet.

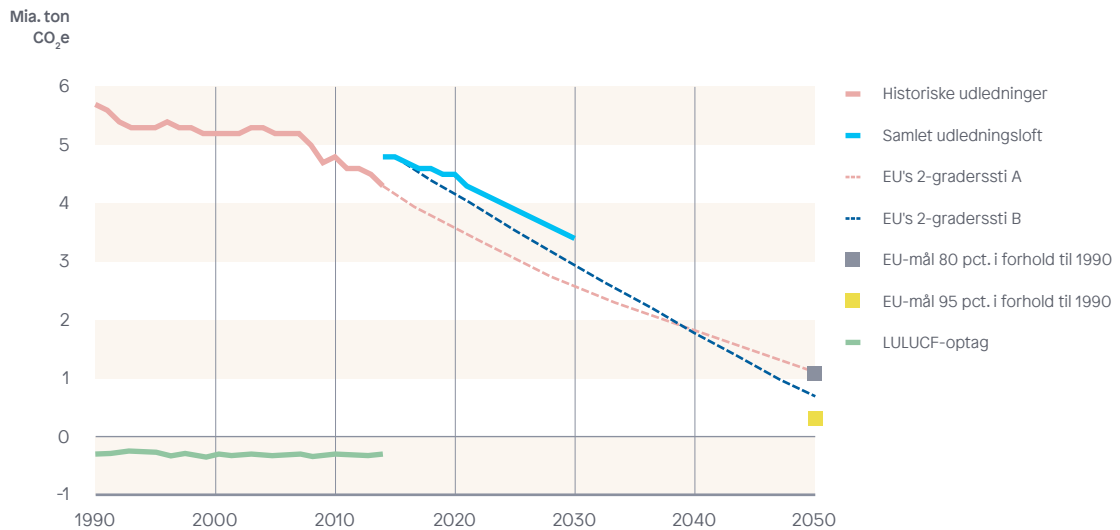
Forud for FN's klimakonference i København i 2009 tilbød EU at øge sit reduktionsmål i 2020 fra 20 pct. til 30 pct. i forhold til 1990 under forudsætning af, at andre parter tilsvarende ville forpligte sig til en yderligere reduktionsindsats. Men EU's 2020-mål blev ikke forøget, da der ikke blev indgået en bindende klimaaftale i 2009, og i de efterfølgende diskussioner blandt EU-landene var der heller ikke tilstrækkelig opbakning til, at EU selv skulle gå foran og forøge sit reduktionsmål i 2020.

EU's 2030-mål er ikke konsistent med stien mod 2-gradersmålet

EU havde i 2014 reduceret drivhusgasudledningen med ca. 24 pct. i forhold til 1990, når man ser bort fra LULUCF og international luft- og skibsfart. Det fremgår af figur 3.4. EU er således allerede godt på vej mod at overopfylde målet om at reducere drivhusgasudledningen med 20 pct. i 2020. EU's udledning (den røde linje i figur 3.4) ligger således allerede i dag betydeligt under det samlede udledningsloft (den ubrudte lyseblå linje i figur 3.4) i EU, som følger af EU's reduktionsmål.

Som vist i tabel 3.3 og figur 3.2 vil EU's udledninger pr. indbygger fortsat ligge over det niveau, der ifølge UNEP gennemsnitligt set bør opnås globalt i 2030 for at have to tredjedele chance for at indfri 2-gradersmålsætningen, såfremt EU's udledning reduceres med 40 pct. i 2030 set i forhold til udledningen i 1990. Det kan derfor forventes, at EU på et tidspunkt vil hæve sit ambitionsniveau på klimaområdet som led i de øgede reduktionsbidrag fra verdens lande, der ifølge UNEP vurderes at være nødvendige.

Figur 3.4 illustrerer EU's historiske drivhusgasudledning (den røde linje) og det forventede udledningsloft i EU (den lyseblå linje), såfremt EU-reduktionsmålet i 2030 fastholdes på 40 pct. i forhold til 1990. Samtidig illustrerer de gule og grå prikker i figuren, hvor meget EU's udledningsloft i 2050 skal reduceres, såfremt EU's drivhusgasreduktionsmål i 2050 fastsættes til enten 80 pct. eller 95 pct. i forhold til 1990. Desuden viser figuren den historiske udvikling i nettooptaget af CO₂ i jorde og skove (den grønne linje). Derudover viser figur 3.4 to regneeksempler (de stiplede blå og røde linjer) for hvordan EU's reduktionsmål hypotetisk set vil kunne øges inden 2030. Der kan naturligvis være mange andre måder at fordele den ekstra globale reduktionsindsats mellem parterne. Fordelingen vil i sidste ende være et politisk spørgsmål, som også beskrevet i næste afsnit.



Figur 3.4 Illustration af EU's drivhusgasudledning, forventet udledningsloft som følge af EU's drivhusgasreduktionsmål samt mulige nødvendige reduktioner af udledningsloftet for at leve op til 2-gradersmålsætningen

Anm.: De to mulige forløb (A og B) for EU's 2-graderssti beskrives i teksten.
 Kilde: Historisk drivhusgasudledning er fra Det Europæiske Miljøagentur's EEA Greenhouse Gas Data Viewer.²⁰ EU's samlede udledningsloft er estimeret af Klimarådet.

Der er forskellige måder at beregne et EU-mål på, som passer med 2-gradersmålet

Figur 3.4 illustrerer to forskellige hypotetiske EU-bidrag til 2-gradersmålsætningen. I regneeksempel A øges EU's mål drastisk på kort sigt. I regneeksempel B øges de kortsigtede reduktionsmål mindre, men til gengæld øges de mere langsigtede reduktionsmål. Nedenfor er beskrevet, hvordan de to linjer er fastlagt.

- A. Forløb A: Ens udledning pr. indbygger: Den stiplede røde linje i figur 3.4 viser, at EU's reduktionsmål i 2025 og 2030 ville skulle øges til henholdsvis 46 pct. og 55 pct. i forhold til udledningen i 1990, såfremt EU's drivhusgasudledning pr. indbygger i 2025 og 2030 skulle reduceres til det gennemsnitlige globale udledningsniveau pr. indbygger, som ifølge UNEP's *Emissions Gap Report 2016* kan være den nødvendige sti for at kunne indfri 2-gradersmålsætningen.
- B. Forløb B: Fair fordeling ud fra forskellige kriterier: En kommende artikel *Equitable mitigation to achieve the Paris Agreement Goals* i tidsskriftet *Nature Climate Change*²¹ argumenterer for, at EU som led i indfrielsen af 2-gradersmålsætningen bør reducere drivhusgasudledningen med 48 pct. i 2030 og 88 pct. i 2050, begge set i forhold til 1990. Disse målsætninger er vist med den stiplede blå linje i figur 3.4. Det vil medføre højere udledninger pr. indbygger i EU på kort sigt, men lavere udledninger på langt sigt sammenlignet med regneeksempel A. Forskerne tager udgangspunkt i en kombination af fem forskellige fordelingskriterier, når de fordeler det

fremtidige udledningsbudget mellem Parisaftalens parter:

1. Evne (blandt andet overvejelser om økonomisk velstand, betalingsevne og reduktionsomkostninger)
2. Lighed (ens udledning pr. indbygger)
3. Udviklingsrettighed (blanding af ansvar, evne og behov)
4. Lige fordeling af kumulative emissioner pr. indbygger
5. Opretholdelse af nuværende emissionsniveau.

Det ville have stor betydning for EU's maksimale akkumulerede udledning frem mod 2050, hvis EU øger de kortsigtede reduktionsmål. Hvis man antager, at EU skulle følge 2-gradersstien baseret på ligelig fordeling pr. indbygger af den globale udledning, ville EU kunne udlede ca. 90 mia. ton CO₂e i perioden 2015-2050 og heraf 53 mia. ton CO₂e i perioden 2015-2030. Hvis EU's drivhusgasreduktionsmål fastholdes på 40 pct. i 2030, vil EU kunne udlede ca. 66 mia. ton CO₂e i perioden 2015-2030. Det synes ikke umiddelbart realistisk, at EU vil kunne nå at kompensere for denne merudledning på op til 13 mia. ton CO₂e inden 2050 ved at øge udledningstakten efter 2030, da EU's udledning i så fald skulle vendes til et stort nettooptag inden 2050. Jo mere drivhusgas EU udleder på den korte bane frem mod 2030, jo mere kan der blive behov for at fastsætte et højt reduktionsmål for EU i 2050 og længere frem i århundredet.

Tre forskere har i 2013 i artiklen *Regional GHG reduction targets based on effort sharing: a comparison of studies* i tidsskriftet *Climate Policy* samlet og sammenlignet en lang række forskellige bud på, hvilke principper der vil kunne lægges til grund for en byrdefordeling mellem verdens lande.²² Artiklen viser, at industrialiserede lande formentlig vil blive pålagt de mindst ambitiøse reduktionsmål, hvis man tager udgangspunkt i en omkostningseffektiv fordeling af det fremtidige reduktionsbehov. Men hvis man i stedet tager udgangspunkt i en ligelig fordeling pr. indbygger, skal industrilandene samlet set påtage sig højere reduktionsmål. Og tager man udgangspunkt i en fordeling baseret på ligelig fordeling pr. indbygger af de samlede udledninger siden industrialiseringen, vil industrilandenenes reduktionsmål blive meget høje. Uanset hvilke fordelingsprincipper man måtte foretrække, kan det forventes, at EU på et tidspunkt vil hæve sit ambitionsniveau på klimaområdet som led i de øgede reduktionsbidrag fra verdens lande, der ifølge UNEP vurderes at være nødvendige.

Hvis EU's drivhusgasreduktionsmål i 2030 øges, vil det formentlig betyde et skærpet dansk mål i ikke-kvotesektoren.

I figur 3.4 skitseres to forskellige regneeksempler, hvor EU's reduktionsmål for 2030 hæves fra 40 pct. i forhold til 1990 til henholdsvis 48 pct. og 55 pct. I det nuværende forslag fra EU-Kommissionen er Danmarks mål for ikke-kvotesektoren 39 pct. i forhold til 2005. Hvis man antager, at en forhøjet reduktionsindsats i EU skal fordeles efter de samme principper, som anvendes i Kommissionens forslag til implementering af 40 pct.-målet for 2030, og som er beskrevet nærmere i kapitel 2, vurderer Klimarådet, at Danmarks reduktionsmål i 2030 for de ikke-kvotebelagte sektorer kan blive forøget til 45-50 pct.

Klimarådets vurdering bygger på to forudsætninger. For det første er det antaget, at 40 pct. af den ekstra reduktionsindsats pålægges de ikke-kvotese-

belagte sektorer på EU-niveau. Hermed stiger EU's samlede reduktionsmål i de ikke-kvotebelagte sektorer fra 30 pct. til 36-41 pct. set i forhold til 2005-udledningen. For det andet antages det, at forøgelsen af reduktionsmålet fordeles ligeligt med 6-11 pct.-point oveni de af Kommissionen foreslåede mål for medlemslandene.

Boks 3.2 Alternative muligheder for at implementere et øget EU-mål

Hvis EU på et tidspunkt beslutter at øge sin reduktionsindsats, vil dette formentlig skulle implementeres ved at reducere EU's udledningsloft i form af mængden af kvoter og udledningsrettigheder i både kvote- og ikke-kvotebelagte sektorer.

For Danmark er det generelt dyrere at reducere drivhusgasudledningen uden for end inden for kvotesektoren. Klimarådet har tidligere i rapporten *Afgifter der forandrer – Forslag til klimavenlige afgiftsoplægninger* anbefalet, at Danmark, for at imødegå dette problem, bør arbejde for, at en større del af reduktionen skal ske i kvotesektoren for EU som helhed. Hvis EU måtte beslutte sig for et højere reduktionsmål i 2030, kunne man overveje at placere størstedelen af den ekstra reduktionsindsats i kvotesektoren, hvorved man vil kunne nøjes med at pålægge medlemslandenes ikke-kvotebelagte udledninger en mindre del af den ekstra reduktionsindsats.

Man kunne dog også overveje forskellige muligheder for at ændre arkitekturen for EU's klimaregulering ved at ændre den nuværende opdeling i separate reguleringer af henholdsvis kvote- og ikke-kvotebelagte sektorer samt LULUCF-sektoren.

Klimarådet har tidligere anbefalet oprettelsen af en separat "landbrugsøjle", hvor landbrugets ikke-energi-relaterede drivhusgasudledninger og -optag reguleres på EU-niveau fremfor på nationalt niveau. Dette ville sikre en mere ensrettet regulering af landbrugssektoren på tværs af EU med fælles EU-krav og virkemidler.

En anden mulighed kunne være at overflytte CO₂-udledninger fra transportens og husholdningernes energiforbrug til EU's kvotesystem ved at pålægge brændstofleverandørerne kvotepligt.

Hvis en landbrugssøjle blev suppleret med overflytning af alt fossilt energiforbrug fra ikke-kvotebelagte sektorer til kvotesektoren, kunne der fastsættes ensartede reduktionsmål for samtlige drivhusgasudledninger i EU. Dette ville øge muligheden for en mere omkostningseffektiv fordeling af EU's klimainsats.

3.4 Konklusioner

De bidrag til den globale drivhusgasreduktionsindsats, som verdens lande indtil videre har meldt ind under Parisaftalen, er langt fra tilstrækkelige til at nå 2-gradersmålet. Hvis ikke der vedtages og igangsættes kraftigere reduktionsindsatser i de kommende årtier, vil der blive behov for langt mere drastiske reduktioner af drivhusgasudledningen henimod midten af dette århundrede.

Det vil kræve en væsentlig forøgelse af alle verdens landes ambitionsniveauer på klimaområdet for at nå Parisaftalens målsætninger.

EU's drivhusgasudledning pr. indbygger vil ifølge de reduktionsbidrag, parterne har meldt ind til Parisaftalen, ligge lavere end fx USA's og Kinas i 2030, men EU's udledninger pr. indbygger vil fortsat ligge over det niveau, der ifølge UNEP gennemsnitligt set bør opnås globalt for at have en to tredjedele chance for at indfri 2-gradersmålsætningen. Det kan derfor forventes, at EU på et tidspunkt vil hæve sit ambitionsniveau på klimaområdet som led i de øgede reduktionsbidrag fra verdens lande, der ifølge UNEP vurderes at være nødvendige. Hvis ikke EU øger reduktionsindsatsen inden 2030, stiger sandsynligheden for, at EU vil skulle påtage sig høje reduktionsmål efter 2030.

4

• • • • •

• • •

Principper for målopfyldelse
i 2030

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

Fokus for denne rapport er, hvordan Danmark mest hensigtsmæssigt kan opfylde den målsætning, vi som medlem af EU forventes at få for den del af økonomien, der ikke er omfattet af EU's kvotesystem. Dette kapitel skitserer en række principper for, hvordan man kan prioritere de tiltag, der bedst sikrer den omstilling, der kræves for at nå målet.

For at kunne analysere omstillingen nærmere har Klimarådet delt analysen op i mindre, såkaldte omstillingselementer. Disse elementer angiver konkrete teknologier eller effektiviseringer, som omstillingen kan bestå af, og er et mere overordnet begreb end virkemidler, der angiver den politik, som skal realisere omstillingselementer. Et omstillingselement er dog kun interessant, hvis der findes gode virkemidler, som kan få det til at ske.

Når omstillingselementer skal udvælges, lægger Klimarådet hovedsageligt vægt på to forhold. For det første skal disse være billige målt samfundsøkonomisk, og for det andet skal tiltagene pege i retning af Danmarks langsigtede mål om et lavemissionssamfund i 2050. Begge forhold er vigtige, hvis vi skal opnå den mest omkostningseffektive omstilling på sigt.

Et yderligere kriterium følger af, at målet for ikke-kvotesektoren overlapper med et andet 2030-mål, nemlig regeringens mål for vedvarende energi. Det kan have konsekvenser for den samfundsmæssige prioritering af omstillingselementerne. Elementer, der også bidrager til opfyldelse af regeringens mål for vedvarende energi, er alt andet lige økonomisk mere attraktive end elementer, der slet ikke involverer energi og derfor ikke kan bidrage til mere vedvarende energi. Dette aspekt er relevant at få med i en strategi for opfyldelsen af ikke-kvotesektormålet.

4.1 Omstillingselementer og virkemidler

Klimarådet benytter i denne rapport begrebet omstillingselementer, der betegner de byggeklodser, som opfyldelsen af EU's klimamål i 2030 kan bygges op af. Omstillingselementer beskriver først og fremmest en retning på et givent område og kan fx være indfasning af elbiler, øget bioforgasning eller flere energibesparelser. I forlængelse af omstillingselementerne skal det undersøges, hvilke konkrete politiske tiltag i form af virkemidler der kan realisere omstillingselementerne.

Hvis Danmark skal opfylde målet for ikke-kvotesektoren i 2030, skal vores samfund se anderledes ud, end det gør i dag. Energistyrelsens seneste basisfremskrivning fra 2017 tegner et billede af Danmark i 2030, hvor der ikke er introduceret ny politik, men målet i 2030 kræver, at der skal ske ændringer i den danske klimapolitik. For at få et overblik over mulighederne på de forskellige områder, der skal omstilles frem mod 2030, kan man med fordel inddrage analysen i afgrænsede omstillingselementer, som kan sættes sammen på forskellig vis for at opfylde målet. Det er naturligvis forbundet med en vis usikkerhed at se helt frem til 2030, så derfor er det vigtigt at have for øje, at den fremtidige udvikling kan gå i en anden retning end forventet, når man sammensætter omstillingselementer.

Omstillingselementer danner rammen for analysen

Omstillingselement
Selv om betegnelsen er opfundet af Klimarådet til at danne rammen om analysen i denne rapport, har også andre rapporter tidligere opereret med omstillingselementer som et mere generelt analysebegreb i modsætning til egentlige virkemidler – bare ikke med det ord.

Omstillingselementer er en ny betegnelse, som Klimarådet gør brug af i denne rapport. Et omstillingselement er, som navnet siger, et element i den samlede omstilling af samfundet. Konkret fokuserer Klimarådet i denne rapport på de ting, vi skal gøre anderledes i produktion eller forbrug sammenlignet med i dag for at opfylde ikke-kvotesektormålet i 2030. Eksempler på omstillingselementer kan være, at vi skal bruge mere el som drivmiddel til vores biler, at vi skal være bedre til at energirenovere vores huse, eller at vi i højere grad skal behandle gødningen fra landbruget.

Omstillingselementer er et mere overordnet begreb end virkemidler, som ellers normalt er det begreb, man bruger, når man vil undersøge, hvordan et klimamål bedst opfyldes. Et eksempel er ministeriernes *Virkemiddelkatalog* fra 2013,¹ der indeholder konkrete politikforslag til at opfylde det daværende nationale mål for de samlede danske drivhusgasudledninger i 2020. Kataloget indeholder blandt andet forslag om tilskud til energieffektivisering, forhøjelse af brændstofafgifterne og krav om efterafgrøder i landbruget.

Et virkemiddel kan bidrage til at realisere et eller nogle gange flere omstillingselementer, og flere forskellige virkemidler kan indgå i realisering af det samme omstillingselement, fx kan både fradrag i registreringsafgiften og højere benzinafgifter føre til en større udbredelse af elbiler, og højere benzinafgifter kan samtidig lede til mindre kørsel. Tabel 4.1 opsummerer forskellen på de to begreber.

Begreb	Beskrivelse
Omstillingselementer	Klimavenlige ændringer af forbrug eller produktion. Der kan være tale om ny teknologi, effektiviseringer, produktionsomlægninger eller lignende.
Virkemidler	Politiske håndtag, der kan realisere omstillingselementerne.

Tabel 4.1 Omstillingselementer og virkemidler

Ved at fokusere på omstillingselementer bliver det muligt at løfte diskussionen af målopfyldelsen op på et højere niveau, hvor man kan drøfte de overordnede visioner for de forskellige områder af samfundet. Omstillingsdiskussionen består reelt af to spørgsmål. Det første spørgsmål er, hvordan et samfund bør se ud i 2030, når vi har opfyldt målet for ikke-kvotesektoren på en hensigtsmæssig måde. Dette spørgsmål, som er det primære i denne rapport, drejer sig altså om retningen for omstillingen. Det andet spørgsmål, som kun er sekundært i rapporten, er, hvilke virkemidler der kan bringe os i den ønskede retning.

Hvis man udelukkende fokuserer på virkemidler, ender man hurtigt i en detaljeret analyse af, hvilket virkemiddel der nu er bedst til at realisere et bestemt omstillingselement, og hvem der kommer til at bære omkostningerne. Det kan være uproduktivt, hvis man først og fremmest ønsker at angive en retning for omstillingen. Omvendt kan en for ensidig fokusering på omstillingselementer uden hensyntagen til de tilhørende virkemidlers økonomiske omkostninger og efficiens føre til, at omstillingen bliver unødigt omkostningskrævende. Det er derfor i praksis nødvendigt, at vurderingen af omstillingselementer følges op af en detaljeret analyse af en hensigtsmæssig målopfyldelse med udgangspunkt i konkrete virkemidler.

Det er vigtigt at have blik for synergi mellem omstillingselementerne. Så selv om selve begrebet omstillingselementer baserer sig på en omstilling opdelt i afgrænsede dele, må man ikke glemme, at visse omstillingselementer har større værdi, hvis de ledsages af andre omstillingselementer. Eksempelvis kan nævnes varmepumper, der ofte er mere effektive, hvis de ikke skal afgive så høj effekt, og de vil derfor have gavn af en bygningsmasse, der er bedre isoleret.

Man kan spørge, hvorfor det fra centralt hold er nødvendigt at udpege de omstillingselementer, som skal stå for opfyldelsen af 2030-målet. Ud fra en klassisk økonomisk betragtning burde markedet kunne gøre det bedre, og med det syn bør man blot sætte en ensartet drivhusgasafgift på alle udledninger i ikke-kvotesektoren. Klimarådet er enig i, at en generel afgift ideelt set vil være at foretrække, men rådet ser en række barrierer for et sådant generelt virkemiddel, og derfor er det vigtigt at overveje, hvilke omstillingselementer der med dagens viden er mest perspektivrige i omstillingen frem mod 2030. Man kan pege på i hvert fald tre kortsigtede barrierer for en generel drivhusgasafgift:

- Der er grænser for, hvor højt afgiften kan sættes i visse sektorer – fx på motorbrændstof på grund af et stort samfundsøkonomisk tab ved risikoen for øget grænsehandel.

Efficiens

I økonomisk teori taler man om, at en fordeling af ressourcerne er *efficient*, hvis den maksimerer den samlede velfærd for alle individer. Det er vigtigt at være opmærksom på, om et virkemiddel skaber en inefficent ressourcefordeling.

Landbruget

I dag findes der ingen metode til at opgøre, hvor meget den enkelte bedrift udleder. Derfor har Klimarådet tidligere foreslået udvikling af et bedriftsregnskab for drivhusgasudledning med henblik på en mere generel regulering.²

- Det er i visse sektorer lige nu svært at måle udledningerne præcist fra hver kilde. Det gælder fx i landbruget, hvorfor en drivhusgasafgift kan være svært at indføre, hvis ikke målemetoderne forbedres.
- Der kan være politisk ønske om at opretholde konkurrenceevnen i visse erhverv, som ellers ville lide under en generel drivhusgasafgift.

Potentialet skal ses i forhold til basisfremskrivningen

Omstillingselementerne skal opfattes som byggeklodser, som målopfyldelsen kan bygges op af. Hvert omstillingselement har et potentiale for at reducere drivhusgasudledningerne frem mod 2030, og ved at sætte flere elementer sammen fås en samlet reduktion, der til slut skal nå eller overstige det reduktionsbehov, som målet i ikke-kvotesektoren tilsiger.

Ikke-kvotesektormålet sætter et loft over de samlede udledninger uden for kvotesektoren for perioden 2021 til 2030, som forklaret i kapitel 2. Potentialet for et omstillingselement angiver derfor, hvor meget det kan reducere udledningerne i denne periode målt i ton CO₂e. Potentialet måles relativt til *Basisfremskrivning 2017*,³ der skal ses som en reference. Et omstillingselements potentiale angiver dermed den yderligere reduktion, der kan opnås i forhold til en situation uden ny politik.

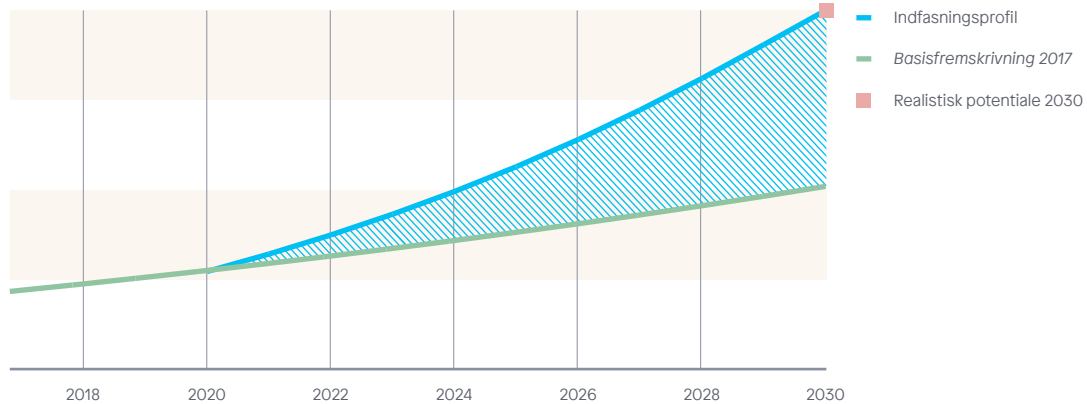
Man skal naturligvis være opmærksom på, at potentialet for to omstillingselementer kan overlappe. Dette overlap skal fraregnes, når den samlede reduktion fra en pakke af omstillingselementer skal bestemmes. Et eksempel på et sådant overlap er omstillingselementerne elbiler og biobrændstoffer, idet den samme bil ikke både kan bidrage med reduktion af drivhusgasudledningen ved at overgå fra benzin til el og ved at bruge benzin med et større indhold af bioethanol.

Man kan sondre mellem et teknisk og et realistisk potentiale. Det tekniske potentiale angiver, hvor meget man maksimalt ud fra tekniske og fysiske betragtninger kan reducere udledningerne. Hvis man bruger elbiler som eksempel, kan det tekniske potentiale fx estimeres ved at forudsætte, at alle nye biler er elbiler. Det er dog næppe realistisk eller hensigtsmæssigt, at samfundet elektrificerer biltransporten så markant allerede inden 2030. Derfor opererer denne rapport i stedet med et realistisk potentiale, som angiver, hvilket reduktionspotentiale der kan opnås med moderate virkemidler. I elbilernes tilfælde kunne dette være ved at bruge afgifter og tilskud frem for forbud mod benzin- og dieslbiler. Det er naturligvis en delvis skønsmæssig vurdering, hvornår et potentiale er realistisk, og derfor benytter Klimarådet i denne rapport så vidt muligt eksterne skøn og ekspertvurderinger til at vurdere potentialet af et givent omstillingselement. Det er dog vigtigt at understrege, at der ikke findes et objektivt rigtigt realistisk potentiale, selv hvis alle nødvendige informationer var tilgængelige.

Ofte angives et potentiale for et specifikt år i fremtiden. Med elbiler som fortsat eksempel kan potentialet udtrykkes som et antal biler i 2030. Men vejen derhen er også vigtig, og derfor er det nødvendigt at lægge sig fast på en indfasningsprofil. Typisk vil man bruge en lineær indfasningsprofil, der indfaser lige meget hvert år, men i visse tilfælde er det mere retvisende med en eksponentiel profil, der vokser mest i årene tæt på 2030. Det kan være tilfældet, hvis omstillingen

Indfasningsprofil

Profilen angiver, hvor hurtigt et givent potentiale i 2030 realiseres i årene op til 2030.



Figur 4.1 Illustration af indfasningsprofil for fiktivt omstillingselement

Anm.: Det skraverede areal er bestemmende for det realistiske potentiale opgjort i ton CO₂e.

afhænger af ny og bedre teknologi, som først forventes at være på markedet om nogle år – sådan er det fx med elbiler, hvor der er forventning om løbende bedre batteriteknologi og lavere priser.

Figur 4.1 illustrerer en eksponentiel indfasningsprofil relativt til *Basisfremskrivning 2017*. Værdiaksen måles i den enhed, som i første omgang er relevant for omstillingselementet. For elbiler er det fx antallet af elbiler på de danske veje. Dette antal kan omregnes til reduceret CO₂ i ikke-kvotesektoren ved at gøre antagelser om, hvor meget en bil kører om året, hvor meget en gennemsnitsbil kører pr. liter benzin eller diesel, og hvor meget CO₂, der udledes ved forbrænding af en liter benzin eller diesel.

Virkemidler skal realisere omstillingselementernes potentiale

Som den ovenstående diskussion viser, er det svært at se et omstillingselements potentiale uafhængigt af det underliggende virkemiddel. Hvis man er villig til at benytte drastiske virkemidler – fx forbud mod en bestemt adfærd eller teknologi – vil potentialet være så meget desto større. Derfor vil der også i beskrivelsen af hvert omstillingselement i appendiks være anført eksempler på virkemidler, der kan realisere det realistiske potentiale.

Selvom man næsten altid kan pege på danske virkemidler, vil det for visse omstillingselementer især være udviklingen uden for landets grænser, der afgør, om et omstillingselement kan realiseres. Det kan der være i hvert fald to årsager til:

- Omstillingselementet beror på en teknologiuudvikling, som Danmark næppe selv kan drive.
- Omstillingselementet kræver internationale beslutninger, som Danmark kun marginalt kan påvirke gennem vores deltagelse i tværnationale fora.

Et vigtigt aspekt ved virkemidler er, at de ændrer på fordelingen af goderne i

Tværnationale fora

Mange vigtige forhold på klimaområdet besluttet internationalt, fx i EU. Et eksempel er udlædningskrav til biler, som i høj grad har været afgørende for, at bilindustrien har udviklet mere brændstoføkonomiske køretøjer.

samfundet. En afgift eller et krav rammer økonomisk den part, der omfattes af reguleringen, mens et tilskud omvendt giver nye muligheder for den, der kan modtage tilskuddet ved at ændre adfærd. Et eksempel: I landbruget kan man enten afgiftspålægge landmændenes udledning af drivhusgasser, sætte krav om indførelse af bestemte miljøforbedrende teknologier eller give tilskud til selv-samme teknologier, som landmænd så kan indføre på frivillig basis. Valget af virkemiddel er afgørende for, hvordan landbruget påvirkes af reguleringen. Dog har man fra myndighedernes side mulighed for med et supplerende virkemiddel at kompensere landmanden for eventuelle økonomiske gener. Er der fx tale om en afgift, kan provenuet tilbageføres til landbruget på forskellig vis. Endvidere er det vigtigt at huske, at tilskud har den ulempe i forhold til afgifter og krav, at de skal finansieres af andre skatter, der som hovedregel forvrider samfundsøkonomien.

Ved i første omgang at fokusere på omstillingsselementer frem for virkemidler udestår fastlæggelsen af fordelingsvirkningerne. Men når retningen først er fastlagt, kan man langt bedre foretage en hensigtsmæssig vurdering af de hensyn, der bør tages i fordelingen af de omkostninger, der opstår ved realiseringen af et givent omstillingsselement.

” For at få et overblik over mulighederne på de forskellige områder, der skal omstilles frem mod 2030, kan man med fordel inddele analysen i omstillingselementer.

4.2 Samfundsøkonomiske omkostninger

Prisen er et vigtigt kriterium, når de mest fornuftige omstillingselementer skal udvælges, og i denne sammenhæng er den relevante pris de samfundsøkonomiske omkostninger. I disse indgår direkte omkostninger til investeringer og drift, men også sideeffekter som fx lokal forurening og trafikstøj.

Som nævnt i indledningen til dette kapitel fokuserer Klimarådet især på to forhold, når omstillingselementerne skal prioriteres. Det ene forhold, som behandles i dette afsnit, er de samfundsmæssige omkostninger, så jo billigere et omstillingselement er for samfundet, jo mere attraktivt er det alt andet lige.

Omkostninger angives i kroner pr. reduceret ton CO₂e

Prisen for et omstillingselement bestemmes af de samfundsøkonomiske omkostninger. Disse angiver omkostningerne for det danske samfund samlet set. Heri indgår ikke betalingsstrømme som fx skatter, afgifter eller tilskud, som alene medfører en omfordeling mellem parterne. Derimod indgår også sideeffekter.

Sideeffekter

Her er tale om omkostninger, som ikke har en konkret markedspris. Det kan være lokal forurening, støj, trafikulykker og lignende. Sideeffekter kaldes også eksternaliteter.

De samfundsøkonomiske omkostninger måles med en såkaldt skyggepris. Skyggeprisen udtrykker omkostningen ved at reducere drivhusgasudledningen med ét ton CO₂e samlet i perioden fra 2021 til 2030 med et givent omstillingselement. Ved at sammenligne skyggepriserne for de enkelte omstillingselementer kan man få en vurdering af, hvilke elementer der umiddelbart er mest omkostningseffektive til at opfylde målet for ikke-kvotesektoren til og med 2030 set fra et samfundsøkonomisk perspektiv.

I denne rapport vil skyggeprisen for visse omstillingselementer være beregnet på baggrund af andre relevante studier, men i andre tilfælde har Klimarådet selv udregnet en skyggepris. Skyggeprisen beregnes ved at finde nutidsværdien af de samfundsøkonomiske omkostninger ved en indfasningsprofil, som fx vist i figur 4.1, fratrukket omkostningerne ved basisfremskrivningens profil. Omkostningerne i de enkelte år tilbagediskonteres til 2017 med 4 pct. i rente.⁴ Skyggeprisen findes nu ved at dividere omkostningerne med potentialet – skyggeprisen måles derfor i kr. pr. ton CO₂e.

Beregningen af omkostningerne tager så vidt muligt afsæt i en enhedspris, eller *user cost*, for den enhed, der er relevant for det konkrete omstillingselement. Denne enhedspris kaldes fx LCOE inden for energi, mens den relevante enhedspris i transporten typisk er samlet pris pr. tilbagelagt km. Ved at benytte en enhedspris løser man det problem, at mange omstillingselementer bygger på investeringer, der har en levetid, som rækker ud over 2030. Fx vil en elbil købt i 2025 typisk holde til 2040, men med en enhedspris medregnes kun omkostninger, herunder afskrivninger, for de første fem år af bilens levetid indtil 2030, der er denne analyses omdrejningspunkt.

LCOE

LCOE er en engelsk forkortelse, der står for levelised cost of energy, og udtrykker en energiinvesteringens samlede omkostninger over levetiden divideret med den samlede energiproduktion. Begge størrelser tilbagediskonteres til udgangsåret.

Boks 4.1 Udledninger og omkostninger ved elektrificering

En del omstillingslementer vedrører elektrificering. Det gælder blandt andet varmepumper og elbiler, hvor forbrug af fossile brændsler som fx fyringsolie og benzin erstattes af elektricitet. Elektrificering har stor effekt på udledningerne i ikke-kvotesektoren, da energien nu i stedet kommer fra den kvoteomfattede elproduktion. Her vil den i et vist omfang blive produceret med fossile brændsler og dermed føre til udledning af CO₂.

Det er efter Klimarådets opfattelse uheldigt, hvis målet i ikke-kvotesektoren opfyldes ved blot at flytte udledningerne til kvotesektoren. Som Klimarådet har påvist i en tidligere analyse, vil øgede danske udledninger i kvotesektoren ikke blive modsvaret af tilsvarende lavere udledninger andre steder i Europa på den korte eller mellemlange bane.⁵ Derfor bør elektrificering ledsages af udbygning med vedvarende energi i kvotesektoren. Af den grund medtager denne analyse merprisen ved vedvarende energi i forhold til den almindelige elpris i omkostningerne for omstillingslementer med elektrificering. Samme tilgang benyttede Klimarådet i analysen af varmepumper i sin hovedrapport fra 2016.⁶

Sideeffekter er vigtige for den samfundsmæssige prioritering

Som nævnt ovenfor indgår sideeffekter i de samfundsokonomiske omkostninger. Sideeffekter har som udgangspunkt ikke en markedspris og vil derfor ikke optræde i en privat- eller selskabsøkonomisk kalkule. Men effekterne har alligevel en værdi eller omkostning for samfundet og skal tages med i de samfundsokonomiske omkostningskalkuler.

Relevante sideeffekter varierer afhængigt af omstillingselementet. I transporten tager man traditionelt højde for sideeffekter som ulykker, trafikstøj, lokal luftforurening med især NO_x og partikler samt trængsel. Udskiftes fx en benzinbil med en elbil reduceres omkostningerne for samfundet ved den lokale forurening og trafikstøj, men trængslen er upåvirket. I landbruget har omstillingselementerne ofte gavnlige sideeffekter på lokalmiljøet i form af blandt andet mindre udvaskning af kvælstof og mindre udledning af ammoniak. Netop i landbruget er sideeffekterne særligt vigtige, da de ofte er af en sådan størrelse, at de har stor betydning for, om et omstillingselement er omkostningseffektivt eller ej.

Lokal forurening

Denne sideeffekt dækker bredt over udslip af blandt andet kvælstof i åer og vandløb, udstødning af skadelige gasser og partikler fra biler og meget mere. Derimod tages udledning af drivhusgasser ikke med, da det netop er disse gasser, som ses som hovedeffekten ved omstillingselementerne.

Fordi sideeffekterne ikke handles på et marked, kan de være svære at sætte en pris på. Denne usikkerhed betyder dog ikke, at de skal ignoreres. Derfor er der gjort forskellige forsøg på at værdisætte sideeffekter, og denne rapport baserer sig på disse studier.⁷

Selv om sideeffekter er en integreret del af de samfundsokonomiske omkostninger, vil de også blive rapporteret selvstændigt. Det sker i rapportens appendiks, hvor hvert omstillingselement gennemgås i detaljer. Baggrunden for fokus på sideeffekter er, at værdisætning af effekterne er behæftet med en del usikkerhed, og at der ofte er en del diskussion herom blandt fagfolk. I appendiks sættes så vidt muligt tal på sideeffekterne, og hvert omstillingselement tildeles en karakter efter en skala, der spænder fra store negative sideeffekter til store positive sideeffekter.

Karakter	Beskrivelse
Store negative	Der findes sideeffekter, som gør omkostningsvurderingen af omstillingselementet markant mere negativ.
Negative	Der findes sideeffekter, som gør omkostningsvurderingen af omstillingselementet mere negativ.
Ubetydelige	Der er ikke sideeffekter, som i afgørende grad ændrer på omkostningsvurderingen af omstillingselementet.
Positive	Der findes sideeffekter, som gør omkostningsvurderingen af omstillingselementet mere positiv.
Store positive	Der findes sideeffekter, som gør omkostningsvurderingen af omstillingselementet markant mere positiv.

Tabel 4.2 Karakterskala til vurdering af omstillingselementernes sideeffekter

For visse omstillingselementer er sideeffekterne så positive, at det er dem og ikke selve klimahensynet, der vil være den primære grund til at gennemføre elementerne. Et eksempel på dette kan være kollektiv transport, som typisk udbygges af hensyn til reduceret rejsetid og ikke klimaet. Et andet er dyrkning af energipil, hvor reduceret kvælstofudvaskning og ammoniakfordampning er den primære gevinst. Man kan derfor diskutere om et sådant element bør optræde på en liste over klimatiltag, men denne analyse har dog ikke fravalgt omstillingselementer med denne begrundelse. Dog skal man være varsom i en samlet vurdering af disse elementer, da deres samfundsøkonomiske lønsomhed er betinget af, at man ikke kan opnå de samme sideeffekter med billigere tiltag på det pågældende felt, og denne type sammenligning er heller ikke medtaget i nærværende analyser.

Der er betydelig usikkerhed om omkostningerne ved omstillingselementerne

Estimaterne af prisen på de forskellige omstillingselementer er behæftet med en del usikkerhed. Det skyldes tre forhold. For det første er der tale om fremtidige omkostninger, som afhænger af teknologisk udvikling. For det andet er der som nævnt en del usikkerhed om værdien af sideeffekter. For det tredje er der omkostninger specifikt knyttet til det valgte virkemiddel, som ikke medtages i denne analyse, da der ikke er taget stilling til, hvilket virkemiddel der skal realisere det konkrete omstillingselement.

Desuden kan omkostningerne variere en del inden for samme omstillingselement. Fx vil prisen pr. sparet kWh varme ved energigenerering variere fra bygning til bygning afhængigt af bygningens karakteristika. Omkostningerne er typisk en gennemsnitsbetragtning, men i enkelte tilfælde udtrykker skyggeprisen dog marginalomkostningen for det valgte potentiale. Det gælder fx omstillingselementerne om netop energibesparelser. Det vil sige, at skyggeprisen her angiver den dyreste reduktion inden for potentialet. Helt generelt vil de samfundsøkonomiske omkostninger pr. ton sparet CO₂e ved udnyttelse af et omstillingselements potentiale stige med udnyttelsesgraden af potentialet. Dette aspekt er der mange steder set bort fra i analyserne, men det kan være et argument for kun at udnytte visse af omstillingselementerne delvist i sammensætningen af den pakke af omstillingselementer, der mest hensigtsmæssigt opfylder 2030-målet.

For at anerkende usikkerheden oversætter Klimarådet skyggepriserne, som angivet i appendiks, til fem omkostningskategorier, der er vist i tabel 4.3. Er skyggeprisen negativ, har omstillingselementet samfundsøkonomisk værdi, selv hvis man ser bort fra reduktionen af drivhusgasser. I så fald placeres det i kategorien *meget billigt*.

Eksistensen af et uudnyttet potentiale med en negativ skyggepris kan skyldes seks forhold eller en kombination heraf:

- At der er vigtige positive sideeffekter, som den nuværende regulering ikke tager fat om i tilstrækkeligt omfang.
- At der er barrierer i reguleringen, fx afgifter, som hindrer borgere og virksomheder i at vælge de samfundsøkonomisk mest fordelagtige løsninger.
- At beregningen af skyggeprisen udelader visse omkostninger, som borgerne

Virkemiddelspecifikke omkostninger

Der er ofte omkostninger knyttet specifikt til et virkemiddel. Fx vil en afgift typisk forvråde de økonomiske beslutninger og skabe ineffektiv udnyttelse af ressourcerne. Det samme gælder et forbud, hvor der yderligere er omkostninger forbundet med at håndhæve forbuddet.

eller virksomhederne reelt tager i betragtning. Det kan især være mere uhåndgribelige omkostninger forbundet med fx informationssøgning, risiko eller noget så konkret som at skulle rydde op på loftet, inden der foretages en efterisolering af taget. Derved undervurderes skyggeprisen reelt.

- At de borgere og virksomheder, som skal foretage den konkrete investering, mangler information om fordele og muligheder og derfor undlader at gennemføre økonomisk fordelagtige investeringer.
- At borgerne eller virksomhederne lægger mindre vægt på fremtidige gevinster som fx energibesparelser, end samfundet gør, og derfor undlader at gennemføre investeringer, der ellers er samfundsøkonomisk fordelagtige.
- At borgerne eller virksomhederne ikke har mulighed for at opnå finansiering til investeringen, selv om investeringen giver en forbedret totaløkonomi.

De positive skyggepriser opdeles i fire kategorier. Er skyggeprisen positiv, men under 400 kr. pr. ton, er omstillingselementet *billigt*. De 400 kr. pr. ton er valgt, idet tallet udtrykker et omtrentligt gennemsnitsbud på de globale skadesomkostninger pr. ton udledt CO₂e.⁸ Næste grænse ligger ved 1.000 kr. pr. ton, som er en ofte brugt referencepris for CO₂.⁹ Skyggepriser mellem 400 og 1.000 kr. pr. ton hører til kategorien *medium*. Meget tyder på, at skyggepriser over gennemsnitsbuddet for de globale skadesomkostninger er nødvendige, hvis den globale opvarmning skal holdes under to grader, og det kan retfærdiggøre at bruge medium-betegnelsen for skyggepriser under 1.000 kr. pr. ton. Omstillingselementer med højere priser er enten *dyre* eller *meget dyre*, hvor grænsen til meget dyre er sat ved 2.000 kr. pr. ton.

Skyggepris (kr. pr. ton CO ₂ e)	Omkostningskategori
Under 0	Meget billigt
0 - 400	Billigt
400 - 1.000	Medium
1.000 - 2.000	Dyrt
Over 2.000	Meget dyrt

Tabel 4.3 Gruppering af den samfundsøkonomiske skyggepris i kategorier

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

” Hvis man udelukkende stræber efter at opfylde målet i ikke-kvotesektoren billigst muligt indtil 2030, risikerer man at fordyre og besværliggøre den videre omstilling mod 2050.

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •





4.3 Perspektivet mod 2050

Opfyldelsen af målet for ikke-kvotesektoren i 2030 er en integreret del af opfyldelsen af Danmarks klimamål for 2050. Derfor er det vigtigt, at et omstillingselement peger i retning af det samfund, vi forestiller os i 2050. Grundlæggende bør omstillingen inden 2030 bevæge os i den rigtige retning mod det lavemissionssamfund, vi sigter efter i 2050.

Selv om målet for ikke-kvotesektoren kun går til 2030, er det vigtigt også at se længere frem. Derfor lægger Klimarådet, som nævnt i indledningen til dette kapitel, også særlig vægt på, om et omstillingselement bidrager til Danmarks langsigtede klimaambitioner, og om det er i overensstemmelse med den globale retning, der er udstukket i FN's klimaafale vedtaget i Paris i 2015.

Danmark skal være et lavemissionssamfund i 2050

Danmark har i klimaloven fra 2014 fastlagt målet i 2050. I loven står, at Danmark i 2050 skal være et såkaldt lavemissionssamfund, der er defineret som et *”ressourceeffektivt samfund med en energiforsyning baseret på vedvarende energi og markant lavere udledninger af drivhusgasser fra øvrige sektorer, som samtidig understøtter vækst og udvikling.”*¹⁰

I praksis kan klimalovens ordlyd oversættes til, at Danmark ikke skal bruge fossile brændsler i energiforsyningen i 2050. Det lægger det nuværende regeringsgrundlag også op til med ambitionen om, at Danmark i 2050 skal være uafhængigt af fossile brændsler.¹¹ Med formuleringen om uafhængighed kan man diskutere, om klimaloven og regeringsgrundlaget holder muligheden åben for at bruge fossile brændsler i meget begrænset omfang på steder, hvor det vedvarende alternativ er særligt dyrt, eller i sjældne mangelsituationer. Ikke desto mindre er det overordnede billede, at vi i 2050 i al væsentlighed ikke skal bruge fossile brændsler til energiformål.

Når man fraregner energiforsyningen, hvor også transporten indgår, er det især landbrug, procesudledninger fra industrien og affaldshåndtering, som står for de resterende danske udledninger af drivhusgasser. Af de tre udgør landbruget klart den største post. Ifølge klimaloven skal udledningerne fra alle sektorer reduceres markant, om end der ikke er sat konkrete procenttal på de enkelte sektors reduktionsandele.

Målet i 2050 har betydning for omstillingen frem mod 2030. Hvis man udelukkende stræber efter at opfylde målet i ikke-kvotesektoren billigst muligt indtil 2030, risikerer man at fordyre og besværliggøre den videre omstilling mod 2050. Omstillingen frem mod 2030 er en integreret del af omstillingen frem mod 2050 og skal derfor ses i dette længere perspektiv. Også Energikommisjonen pointerer dette.¹² Helt konkret betyder 2050-perspektivet, at man generelt bør vælge omstillingselementer, der alligevel forventes at blive en del af et lavemissionssamfund i 2050. Alternativet er i yderste konsekvens, at omstillingen

Uafhængighed af fossile brændsler

Der er forskellige tolkninger af dette udsagn. Det tidligere regeringsgrundlag fra 2015 tilføjede eksplicit, at uafhængighed er, når Danmarks produktion af vedvarende energi kan dække energiforbruget. Det nye regeringsgrundlag fra 2016 har ikke denne tilføjelse.

skal starte forfra efter 2030, hvilket kan være både dyrt og besværligt, hvis der er tale om store investeringer med lang levetid. Klimaudfordringen og den grønne omstilling af samfundet er tilsammen et langsigtet projekt, så man risikerer at skyde sig selv i foden ved kun at have de kortsigtede omkostninger for øje.

2050-perspektivet kan også tilsige, at Danmark ikke blot skal stræbe efter at opfylde målet for ikke-kvotesektoren i 2030, men reducere mere, end målet kræver. Mange elementer i omstillingen kræver omfattende forandringer i produktionen og den teknologiske udvikling, som risikerer at blive meget dyrere for samfundet, hvis de skal forceres igennem inden for en kort periode op mod 2050. Som Klimarådet tidligere har påpeget,¹³ indebærer en omkostningseffektiv omstilling frem mod 2050, at vi allerede gennemfører en væsentlig del af omstillingen inden 2030. Ellers har vi simpelthen ikke tid til den store opgave, og det kan fordyre omstillingen unødigt, hvis vi udskyder dele af den eller udelukkende koncentrerer os om de dele af omstillingen, der er billigst lige nu og her. Kapitel 6 går mere i dybden med spørgsmålet, om Danmark bør overopfylde 2030-målet i ikke-kvotesektoren.

Klimarådets 2050-vision lægger vægt på elektrificering

Ved at have en forestilling om målet i 2050, bliver det muligt at identificere de strukturer i 2050, som omstillingselementerne inden 2030 skal støtte op om. 2050 skal primært ses som et pejlemærke, som vi kan bruge til at styre omstillingen efter på den korte bane. Det er ikke nødvendigt allerede nu at have fastlagt alle detaljerne i en fremtidig fossilfri energiforsyning, men det er derimod vigtigt at have en klar idé om de store linjer.

Der er mange bud på, hvordan et lavemissionssamfund i 2050 baseret på vedvarende energi kan se ud. Energistyrelsen,¹⁴ Ingeniørforeningen¹⁵ og Klimakommissionen¹⁶ har alle lavet scenarier for, hvordan en fossilfri energiforsyning kan se ud i 2050. Scenarierne viser, at man kan gå flere veje, men fælles for alle scenarier er, at vores energi grundlæggende skal komme fra fire kilder: vind, sol, biomasse i bred forstand og den omgivelsesvarme, som varmepumper gør brug af. Derudover skal energieffektivisering også spille en væsentlig rolle, hvilket blandt andet betyder, at vi skal være bedre til at udnytte overskudsenergi fra fx industrien.

Biomasse

Dette er en bred betegnelse, der inkluderer træ, landbrugets afgrøder og restprodukter, organisk affald og gylle.

Scenarierne varierer i forhold til, hvor meget vægt de lægger på de enkelte elementer, men der kan opsummeres en række principper fra de forskellige scenarier. Disse principper udgør Klimarådets vision for ikke-kvotesektoren i 2050 på energiområdet og bliver i denne rapport brugt til at styre omstillingen frem til 2030 i den rigtige retning.

- Biomasse skal bruges, hvor den gør mest gavn. Det vil hovedsageligt sige til skibe, fly og i dele af den tunge transport, hvor elektrificering er vanskelig.
- Persontransporten skal næsten fuldstændigt elektrificeres, hvad enten der er tale om batteri- eller brintdrevne biler.
- Store dele af opvarmningen, både individuelt og i fjernvarmen, skal overgå til varmepumper suppleret med teknologier som solvarme. Biogas kan bruges som back-up i spidsbelastninger.

Et vigtigt spørgsmål er, hvor meget biomasse Danmark skal benytte. I dag importerer vi biomasse i stor stil blandt andet i form af træpiller, men man kan stille spørgsmålstegn ved, om dette fortsat vil være omkostningseffektivt og bæredygtigt på sigt, når andre lande også skal omstille deres energiforsyning og derfor også må forventes at gøre mere brug af biomasse. Også Klimakommissionen påpegede, at et energisystem, der i meget høj grad bygger på biomasse, både vil blive afhængig af en betydelig import og af udviklingen i prisen på biomasse. På baggrund af denne bekymring begrænsede Klimakommissionen i et af sine scenarier Danmarks forbrug af biomasse i 2050 til den mængde, vi kan producere inden for egne grænser. Det vil i praksis sige, at vi skal undgå stortilet brug af biomasse, der vil gøre os afhængige af betydelig import. Energikommissionen har også manet til forsigtighed omkring brug af biomasse. Klimarådets budskaber, at elektrificering skal prioriteres frem for biomasse i store dele af opvarmningen og i vejpersontransporten.

Med erkendelsen af at for megen brug af biomasse kan være problematisk, er andre teknologivalg mere ligetil. I vejpersontransporten skal vi i stedet bruge vores energiressourcer i form af vind og sol, som kan lagres og udnyttes som elektricitet. Elbiler kan antage mange former lige fra den batteridrevne bil, vi kender i dag, til brintbilen og biler, der kører på syntetiske brændsler, produceret med el som primært energiinput. Også den tunge transport vil kunne elektrificeres i 2050, men her kan anvendelse af den knappe biomasse også være en mulighed, fx biogas produceret på restprodukter fra fødevarerproduktion eller affald.

Opvarmning af danske huse, hvad enten der er tale om individuelle løsninger eller fjernvarme, er traditionelt sket ved forskellige former for forbrænding. Allerede nu sker et skift til andre teknologier, og i 2050 kan vi forvente, at elektrificerede løsninger i form af især varmepumper vil dominere opvarmningen, suppleret af teknologier som solvarme og geotermi. Biologisk nedbrydeligt affald kan også forbrændes til varmeproduktion i det omfang, det ikke med fordel kan genanvendes eller bruges til at producere biogas eller andre brændsler. Endelig er anvendelse af overskudsvarme fra industri og andre processer et vigtigt element i de scenarier, der er nævnt ovenfor.

Hvor skal biomassen så især anvendes? Her peger pilen på de dele af transporten, der kan være svære at elektrificere, eller der ikke er billigere alternativer til. Det er især fly og skibe og til dels den tunge vejtransport, hvor der lige nu ikke er gode elektriske løsninger i værktøjskassen.

Skibe

Selv om der ikke sejler elektriske skibe på tværs af verdenshavene, er elfærger på mindre strækninger ved at vinde frem, om end med offentlig støtte.

Der er grundlæggende tre veje til omstilling af landbruget

Næst efter energi er produktion og forbrug af fødevarer den største kilde til menneskeskabte udledninger af drivhusgasser – det gælder både i Danmark og i resten af verden. I 1990 udgjorde udledninger fra landbruget ca. 16 pct. af Danmarks samlede drivhusgasudledninger, mens de i dag udgør mere end 20 pct.¹⁷ Landbrugets stigende andel af de samlede udledninger skyldes, at CO₂-udledningerne fra vores energiforbrug er faldet kraftigt i takt med at vedvarende teknologier har vundet indpas i el- og varmeproduktionen. Danmark kan dog ikke indfri ambitionen om at blive et lavemissionsamfund i 2050 alene ved hjælp af tiltag på energiområdet.

Der foreligger ikke på samme måde som på energiområdet scenarieanalyser af, hvordan et klimavenligt landbrug kan se ud i 2050. I modsætning til energiforsyningen, hvor en diesel- eller benzinbil kan udskiftes med en elbil, og et kraftværk kan udskiftes med en vindmøllepark, er landbrugets kilder til drivhusgasudledninger sværere at erstatte med alternativer.

Der er som udgangspunkt tre forskellige veje til at reducere udledningerne fra landbruget:

- Man kan implementere nye teknologier, der reducerer drivhusgasudledningen. Det kan på kort sigt fx være behandling af husdyrgødningen ved forsuring eller bioforgasning og på længere sigt være helt nye måder at producere fødevarer på.
- Man kan producere andre varer end i dag. Det er fx forbundet med en væsentlig mindre drivhusgasudledning at producere kyllinger end køer og grise, og dyrkning af korn på marken kan erstattes af dyrkning af fx bælgfrugter.
- Man kan øge kulstofbindingen i jord og planter. Med det menes udtagning af arealer som lavbundsjord til fx skovrejsning eller vedvarende græsarealer.

Alle tre reduktionsveje har omkostninger. Den første vej betyder, at landbrugsproduktionen bliver dyrere, den anden vej betyder produktion af umiddelbart mindre attraktive produkter, mens den tredje vej reducerer produktionen. Et omstillet landbrug i 2050 vil sandsynligvis indeholde elementer fra alle tre reduktionsveje.

En fjerde vej til at reducere landbrugets udledninger er helt at reducere i omfanget af landbruget. Mindre produktion giver færre udledninger, men det skal afvejes med behovet for og ønsket om fødevarerproduktion på dansk grund.

Den teknologiske udvikling vil med stor sandsynlighed kunne bidrage til, at fremtidens landbrug bliver mere klimavenligt, uden at vi for alvor skal reducere omfanget af den produktion, vi har i dag. Allerede i dag er der mange forskellige teknologier, der kan begrænse udledninger fra landbruget. Behandling af husdyrgødningen ved fx forsuring eller afgangning kan reducere drivhusgasudledningerne betragteligt. Teknologiske hjælpemidler vil formentlig også på sigt kunne begrænse frigørelsen af reaktivt kvælstof i miljøet, som udgør en stor del af landbrugets klima- og miljøbelastning. En helt anderledes tilgang er fx fødevarerproduktion i mere lukkede kredsløb. Der er dog en grænse for, hvor langt man når med de nuværende teknologier, og fx kan behandling af drivhusgasudledningen fra gødningslagre maksimalt reducere udledningen af metan med 25 til 60 pct.

Fremtidens landbrug vil også byde på produktionsmetoder, som der i dag eksperimenteres med, eller som endnu ikke har set dagens lys. Presset på fødevarerproduktionen forventes at stige som følge af en voksende verdensbefolkning, og man skal derfor producere mere på samme areal. Nogle af de muligheder, der diskuteres, er fx at dyrke vertikalt i stedet for horisontalt for at udnytte arealerne bedre og øge mulighederne for at foretage kulstofbindende tiltag på de frigivne arealer. Andre produktionsmetoder som permakultur afprøves også.

Forsuring

Ved forsuring tilsættes gyllen svovlsyre, der omdanner en del af kvælstoffet til ammonium, der ikke fordampes. Det reducerer udledningen af metan og lattergas.

Fødevarerproduktion i lukkede kredsløb

I et lukket kredsløb udnyttes alle ressourcer og ingen ressourcer går til spilde.

Vertikal dyrkning

Her dyrkes afgrøder opad på lodrette flader eller i flere lag. På den måde kan dyrkes mere på samme areal eller det samme på et mindre areal.

Permakultur

Permakultur er samtidig dyrkning af flere forskellige afgrøder på samme areal.

Sammensætningen af produktionen betyder også meget for omfanget af drivhusgasudledninger. Den store produktion af køer og grise er årsag til over 90 pct. af dansk landbrugs udledninger, når man også medregner udledningerne fra den del af foderproduktionen, der finder sted i Danmark. Der findes andre former for kød som fx kylling, der er mindre klimabelastende, så det er ikke utænkeligt, at landbruget i et vist omfang skal ændre produktion for at nå i mål i 2050.

Landbrugsjorden binder kulstof, og det betyder, at den måde, man behandler sin jord på, har betydning for klimaet. Kulstofbindende tiltag, der øger optaget af kulstof i jorden og planter, kan derfor bidrage til væsentlige reduktioner af drivhusgasudledningen, som beskrevet i boks 4.2. Udledninger og optag af kulstof i landbrugsjorden vil altså både i det fremtidige landbrug og i de klimapolitiske målsætninger komme til at spille en meget væsentlig rolle, som også kapitel 3 illustrerer.

Ikke alle omstillingselementer bidrager til målet i 2050

Helt grundlæggende hjælper et omstillingselement på opfyldelsen af ambitionen om et lavemissionssamfund i 2050, hvis dets implementering inden 2030 er med til at sænke omkostningerne, til at indfri denne ambition. Sagt på en anden måde: *Realisering af et omstillingselement inden 2030 letter omstillingen mod 2050, hvis det gør opfyldelsen af 2050-målet, når vi står i 2031, billigere end ellers.*

Her er det illustrativt med to eksempler. Det første eksempel tager udgangspunkt i, at varmepumper i fjernvarmen skal være en del af energisystemet i 2050. Hvis vi investerer i varmepumper allerede inden 2030, vil vi skulle gennemføre færre investeringer fra 2030 til 2050, i det omfang at anlæggene også er funktionsdygtige i 2050, og dermed hjælper dette omstillingselement til at reducere de samlede omkostninger ved at nå målet i 2050. Det andet eksempel går på iblanding af bioethanol i benzin til brug for personbiler. Hvis vejtransporten i det store hele skal være elektrificeret i 2050, hjælper øget iblanding ikke på omstillingen, og omkostningerne hertil er ikke blevet reduceret af dette omstillingselement. Yderligere risikerer man, at bioethanol står i vejen for den nødvendige udbredelse af elbiler.

Et omstillingselement hjælper på 2050-målet, når det bringer os tættere på visionen om et lavemissionssamfund. Konkret sker det, når:

- Omstillingselementet fremrykker *investeringer*, der alligevel skal afholdes inden 2050.
- Omstillingselementet fremrykker *tilpasning*, der alligevel skal ske inden 2050.

Levetid

Levetiden af et anlæg er ikke eksakt. Typisk kan levetiden forlænges ved en mindre investering. Hvorvidt denne foretages, beror på en økonomisk afvejning af, om en forlængelse kan betale sig, eller om det er billigere at investere i et helt nyt anlæg.

Fremrykning af investeringer betyder, at de samme omkostninger nu blot betales før, de ellers skulle have været. Det er tilfældet med varmepumperne i eksemplet ovenfor. Investeringer i installationer har typisk en begrænset levetid, så det er vigtigt at holde sig for øje, om investeringen stadig er drift i 2050. Dog vil mange investeringer indeholde udgifter, der kun skal betales én gang, og ikke når anlægget senere skal udskiftes eller levetidsforlænges. Fx har en vindmølle en levetid på 20-30 år, men udgifter til fx projektering og forundersøgelser, skal kun betales, når vindmølleparken opføres. Derfor kan en investering godt bidrage til 2050-målet, selv om levetiden umiddelbart ikke rækker helt til

Boks 4.2 Omstillingselementer med kulstofbindende tiltag (LULUCF)

Både før og efter 2050 vil kulstofbindende tiltag spille en vigtig rolle i at nå de klimapolitiske målsætninger - såvel nationalt som globalt. Jord og planter fungerer som et lager af kulstof, og et øget optag kan til en vis grad mindske behovet for udledningsreduktioner fra resten af økonomien.

Dyrkning, bearbejdning og dræning af landbrugsjorden udleder kulstof. Ændringer i jordens kulstofpulje hører sammen med udledningerne fra skovdriften til i kategorien LULUCF. Indtil 2020 har udledninger og optag fra LULUCF ikke talt med i de danske klimaforpligtelser, men i målet for 2030 forventes dette at ændre sig. Der er dog et loft for, hvor meget LULUCF kan tælle med i de danske målsætninger som nævnt i kapitel 2.

Udledningerne og optag fra arealanvendelsen beregnes som forskellen mellem det nuværende år og basisåret. Basisåret er et gennemsnit mellem 2005-2007. Ifølge de danske officielle fremskrivninger forventes et optag, der langt overstiger loftet for, hvor meget Danmark kan bruge LULUCF-kategorien til, at opfylde målet i ikke-kvotesektoren. Klimarådet har derfor valgt at se bort fra kulstofbindende effekter i denne rapport.

2050.

Tilpasning dækker over, at vi i takt med omstillingen skal gøre visse ting anderledes. Der er samfundsøkonomiske omkostninger forbundet med tilpasning, om end de er lidt mere diffuse end omkostninger ved investeringer. Fx vil en landmand skulle vænne sig til at håndtere sin husdyrgødning på en anden måde, men de gener, som denne tilpasning medfører, vil kun skulle opleves én gang inden 2050. Derfor hjælper det på 2050-målet, hvis vi inden 2030 prioriterer omstillingsselementer, der fremrykker tilpasningen.

Denne diskussion betyder omvendt, at et omstillingsselement ikke hjælper på 2050-målet, når:

- Omstillingsselementet ikke er en del af 2050-visionen.
- Omstillingsselementet påvirker drift, og når ændringen til en anden driftsform ikke er forbundet med væsentlige tilpasningsomkostninger.

Hvis et omstillingsselement ikke skal spille en rolle i 2050, hjælper det naturligvis heller ikke på 2050-målet. Der er tilfældet med ovenstående eksempel med iblanding af bioethanol i benzin til personbiler.

Drift adskiller sig umiddelbart fra investeringer ved, at driften kan ændres løbende fra år til år. Som eksempel kan nævnes det foder, som landmanden giver sine køer. Det hjælper ikke på 2050-målet, som i klimaloven er formuleret som et punktmål, at landmændene allerede inden 2030 begynder at give køerne mere klimavenligt foder, selv hvis denne fodersammensætning er en del af visionen for 2050. Denne konklusion afhænger dog af, at der ikke er væsentlige investeringer i nyt staldapparat ved at overgå til en anden fodersammensætning, og at der ikke er væsentlig tilpasning for landmanden ved nyt foder.

Der findes ikke et entydigt mål for, hvor meget et omstillingsselement letter omstillingen frem mod målet om et lavemissionssamfund i 2050. Derfor vurderer denne rapport omstillingsselementerne kvalitativt efter skalaen i tabel 4.4. Som udgangspunkt gives omstillingsselementer, der ikke er en del af 2050-visionen, karakteren *i ringe grad*. Om de øvrige omstillingsselementer skal have karakteren *i høj grad* eller *i nogen grad* er en vurderingssag. Her spiller ind, om der er tale om investeringer med en levetid, der rækker ud over 2050.

Punktmål

Ofte skelner man mellem punktmål og stimål. Et punktmål siger, at udledningerne i et givet fremtidigt år skal ned på et bestemt niveau, eller at samfundet fra og med dette år skal se ud på en bestemt måde. Et stimål forholder sig til de samlede udledninger frem til det fremtidige år.

Karakter	Beskrivelse
I høj grad	Omstillingsselementet gør opfyldelsen af 2050-målet væsentligt billigere.
I nogen grad	Omstillingsselementet gør opfyldelsen af 2050-målet lidt billigere.
I ringe grad	Omstillingsselementet gør ikke opfyldelsen af 2050-målet nævneværdigt billigere.

Tabel 4.4 Hvor meget letter omstillingsselementer omstillingen mod 2050?

4.4 Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

Danmark har i 2030 både et mål for reduktion af udledningen af drivhusgasser i ikke-kvotesektoren og et mål for andelen af vedvarende energi i energiforbruget. Som beskrevet i dette afsnit påvirker de to mål de samme udledninger på visse områder, og det betyder, at omstillingselementer, der bidrager til begge mål, alt andet lige er mere attraktive.

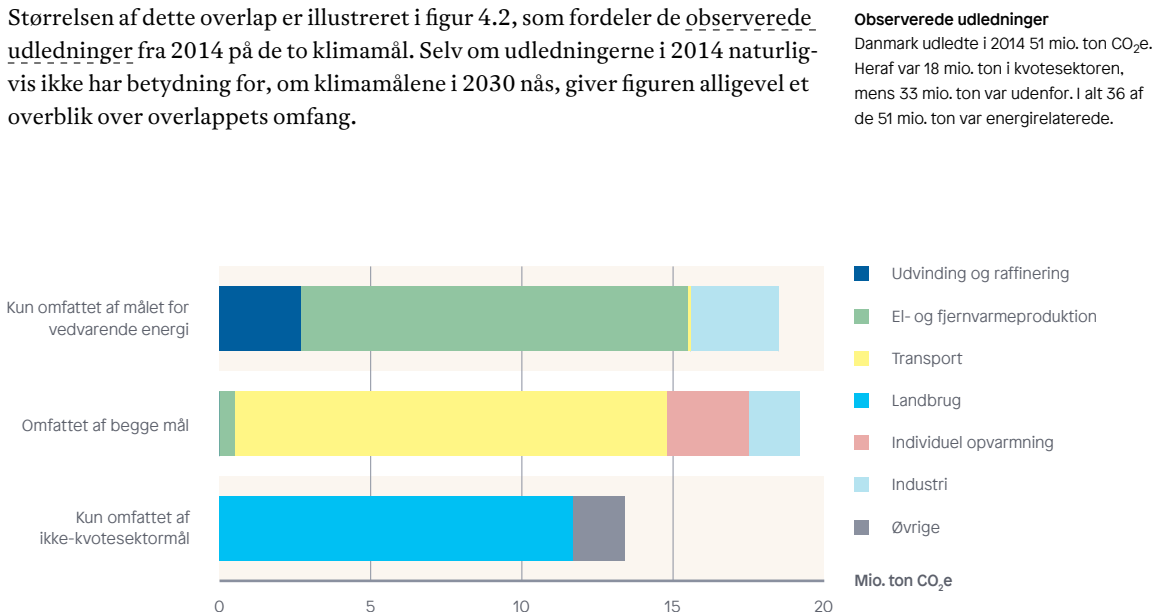
På mange områder kommer de politiske ambitioner til udtryk ved mere end én målsætning. Sådan er det også på klima- og energiområdet, og som afsnit 4.3 har vist, har Danmark klimamål for både 2030 og 2050, og disse mål er det hensigtsmæssigt at tænke sammen. Men også i 2030 er de danske udledninger omfattet af mere end ét mål.

Danmark har to overlappende mål for 2030

Målet for udledningerne i ikke-kvotesektoren i 2030 suppleres af et mål for andelen af vedvarende energi i den samlede energiforsyning. Som nævnt i kapitel 2 har regeringen sat et mål på 50 pct. vedvarende energi i 2030, hvilket vil sige, at halvdelen af den danske energiforsyning skal komme fra vedvarende energikilder.

De to mål overlapper hinanden. Det skyldes, at udledningerne fra energiforbruget i ikke-kvotesektoren også omfattes af målet for vedvarende energi.

Størrelsen af dette overlap er illustreret i figur 4.2, som fordeler de observerede udledninger fra 2014 på de to klimamål. Selv om udledningerne i 2014 naturligvis ikke har betydning for, om klimamålene i 2030 nås, giver figuren alligevel et overblik over overlappets omfang.



Figur 4.2 Danske udledninger, som de var i 2014, fordelt på klimamål

Anm.: Kategorien 'øvrige' dækker primært over affald og spildevand.

Kilde: Energistyrelsen, *Energistatistik 2015*.

Figur 4.2 viser, at mens udledningerne fra el- og fjernvarmeproduktionen i stor stil kun er omfattet af målet for vedvarende energi, er landbrugets udledninger kun omfattet af ikke-kvotesektormålet. Derimod er transportens udledninger omfattet af begge mål, og det samme gælder udledningerne fra individuel opvarmning og mindre industrianlæg.

Yderligere lægger EU-Kommissionen op til, at der fra 2021 til 2030 skal være krav til andelen af vedvarende energi i transporten. Oplægget er beskrevet nærmere i kapitel 2. Dette ekstra mål kan tilsige, at der bør lægges ekstra vægt på omstillingselementer i transportsektoren i forhold til elementer i andre sektorer.

Målet for vedvarende energi bør tænkes med i opfyldelsen af ikke-kvotesektormålet

Fordi de to mål i 2030 overlapper, bør man tage højde for målet for vedvarende energi, når man planlægger, hvordan ikke-kvotesektormålet bedst opfyldes. Ideelt set tænkes målopfyldelsen af de to mål sammen, således at omstillingselementerne vurderes på, hvordan de bidrager til begge mål.

Mål for vedvarende energi
Udover regeringens mål om en andel på 50 pct. i 2030 har Danmark også implicit et mål om vedvarende energi i 2050. Ifølge klimaloven skal den danske energiforsyning i 2050 være baseret på vedvarende energi, hvilket må tolkes som et mål om en andel af vedvarende energi tæt på 100 pct. i 2050.

Det giver dog en enklere historie at fokusere på ét mål ad gangen. På den måde har hvert omstillingselement kun ét potentiale og én skyggepris. Det gør den samfundsmæssige prioritering mere simpel, og det er lettere at lægge objektive kriterier til grund. Af den grund har Klimarådet valgt i første omgang at fokusere på omstillingselementernes bidrag til opfyldelsen af ikke-kvotesektormålet.

Det betyder dog ikke, at bidraget til målet for vedvarende energi skal ignoreres. Et omstillingselement, der bidrager til andelen af vedvarende energi i det danske energiforbrug, er alt andet lige mere økonomisk attraktivt end et element, der ikke gør. Førstnævnte element gør, at vi ikke behøver at investere i helt så mange vindmøller, solceller eller energieffektiviseringer i kvotesektoren for at nå målet for vedvarende energi på 50 pct. Det betyder, at man reelt skal fratække den marginale omkostning ved at opfylde målet for vedvarende energi i omstillingselementets skyggepris. Dermed bliver energitiltag alt andet lige lidt mere økonomisk attraktive end tiltag i landbruget. Dette argument kræver dog, at målet for vedvarende energi ikke overopfyldes, for hvis det sker, vil bidrag fra ikke-kvotesektoren ikke reducere behovet for udbygning med vedvarende energi i kvotesektoren.

Har man andre hensyn end de rent økonomiske, er det samlede billede lidt mere kompliceret. Ved at prioritere omstillingselementer i ikke-kvotesektoren, der bidrager til målet for vedvarende energi, opnår man, at Danmark ikke behøver at reducere udledningerne i kvotesektoren helt så meget, som vi ellers ville skulle have gjort for at opfylde målet for vedvarende energi. Hvis vi fx i ikke-kvotesektoren vælger at prioritere vedvarende energi i form af biobrændstoffer i transporten frem for ikke-energirelaterede landbrugstiltag, reduceres behovet for fx at opføre vindmøller i kvotesektoren. Det betyder også, at det nødvendigvis ikke er attraktivt, når et omstillingselement også bidrager til målet for vedvarende energi, hvis man ønsker, at Danmark kan reducere sine samlede udledninger mest muligt og ikke blot opfylde sine to klimamål for 2030 billigst muligt.

Denne diskussion viser, at det ikke er entydigt attraktivt, når et omstillingsselement bidrager til målet for vedvarende energi. Alligevel er det relevant at have eventuelle bidrag i baghovedet, når omstillingselementerne skal prioriteres. Derfor gives elementerne karakterer efter skalaen i tabel 4.5.

Omstillingselementer hjælper meget på målet for vedvarende energi, hvis de direkte erstatter fossil energi med vedvarende energi. Det sker fx, når benzin erstattes med bioethanol. Dermed øges tælleren i andelen af vedvarende energi direkte. Omstillingselementer hjælper lidt på målet for vedvarende energi, hvis de reducerer energiforbruget men uden at øge forbruget af vedvarende energi. Det sker fx, når industrien gennem effektiviseringer reducerer sit forbrug af fossile brændsler. Dermed sænkes nævneren i andelen af vedvarende energi. Omstillingselementer, der ikke vedrører energiforbrug, bidrager slet ikke til målet for vedvarende energi. Det drejer sig især om elementer i landbruget.

Andelen af vedvarende energi

Denne brøk har det samlede energiforbrug i nævneren og den vedvarende del heraf i tælleren. Hvis energiforbruget fx er 700 PJ hvoraf vedvarende energi udgør 300 PJ, vil omstilling af 10 PJ fossil energi til vedvarende energi øge andelen fra 42,9 pct. til 44,5 pct., mens en reduktion i energiforbruget på 10 PJ kun øger andelen til 43,3 pct. Dette eksempel viser, at omstilling til vedvarende energi umiddelbart bidrager mere til målet end energieffektiviseringer.

Karakter	Beskrivelse
Meget	Omstillingselementer, hvor fossil energi erstattes med vedvarende energi.
Lidt	Omstillingselementer, hvor energien udnyttes mere effektivt, men hvor forbruget af vedvarende energi ikke øges.
Slet ikke	Omstillingselementer, der stort set ikke involverer energiforbrug.

Tabel 4.5 Hvor meget bidrager omstillingselementerne til målet for vedvarende energi?

4.5 Konklusioner

Dette kapitel har opstillet en række generelle principper for, hvordan målet i ikke-kvotesektoren kan opfyldes. Disse principper bliver i de følgende kapitler brugt til at skitsere en konkret vej for omstillingen mod 2030. Konklusionerne er som følger:

- Målopfyldelsen mod 2030 baserer sig på begrebet omstillingselement, som betegner klimavenlige ændringer af forbrug eller produktion. Der kan være tale om ny teknologi, effektiviseringer, produktionsomlægninger og lignende. Begrebet adskiller sig fra virkemidler, som er de politiske håndtag, der skal realisere omstillingselementerne.
- For hvert omstillingselement finder analysen det realistiske potentiale, der betegner det reduktionspotentiale, som kan opnås med moderate virkemidler.
- Prisen er et vigtigt kriterium, når de mest hensigtsmæssige omstillingselementer skal udvælges. Den relevante pris er de samfundsøkonomiske omkostninger. I disse indgår direkte omkostninger til investeringer og drift, men også sideeffekter som fx lokal forurening og trafikstøj.
- Et andet vigtigt kriterium er, om et omstillingselement peger i retning af 2050. Grundlæggende bør omstillingen inden 2030 bevæge os i den rigtige retning mod det lavemissionssamfund, vi ønsker os i 2050.
- Danmark har i 2030 både et mål for udledningerne i ikke-kvotesektoren og et mål for andelen af vedvarende energi i energiforbruget. De to mål overlapper, og det betyder, at omstillingselementer, der bidrager til begge mål, alt andet lige er mere økonomisk attraktive.

” Ikke-kvotesektoren består af transport, landbrug, store dele af produktionserhvervene samt visse dele af affaldshåndteringen. Basisfremskrivningen forventer, at udledningerne fra disse sektorer vil være 308 mio. ton CO₂ set over hele perioden fra 2021 til 2030, og det er disse udledninger, der skal reduceres for at nå 2030-målet.

5

• • • • •

• • •

Muligheder for reduktioner
frem mod 2030

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

Danmark har et mål om at nedbringe udledningerne i den ikke-kvotefatte del af samfundet frem mod 2030. I ikke-kvotesektoren fylder især udledningerne fra transporten og landbruget meget. Tilsammen står de to sektorer for over 75 pct. af udledningerne, mens opvarmning og produktionserhverv står for ca. 10 pct. hver. Resten er udledningerne udgøres af affaldshåndtering. Hvis Danmark skal være et lavemissionssamfund, skal alle dele af samfundet reducere udledningerne sammenlignet med i dag, og heldigvis er der gode omstillingselementer i alle de store sektorer, der kan bidrage til reduktionen.

Dette kapitel har fokus på to ting. For det første gives et overblik over udledningskilderne i de forskellige dele af ikke-kvotesektoren – det gælder transport, landbrug, opvarmning, produktionserhverv og affaldshåndtering. For det andet præsenteres de analyserede omstillingselementer, og deres fordele og ulemper diskuteres, så det er muligt at sammenligne de meget forskellige elementer. De dybdegående analyser af omstillingselementerne findes i appendiks. I kapitel 6 vil analyserne danne baggrund for en udvælgelsesproces, som munder ud i Klimarådets anbefalinger til opfyldelse af 2030-målet i ikke-kvotesektoren.

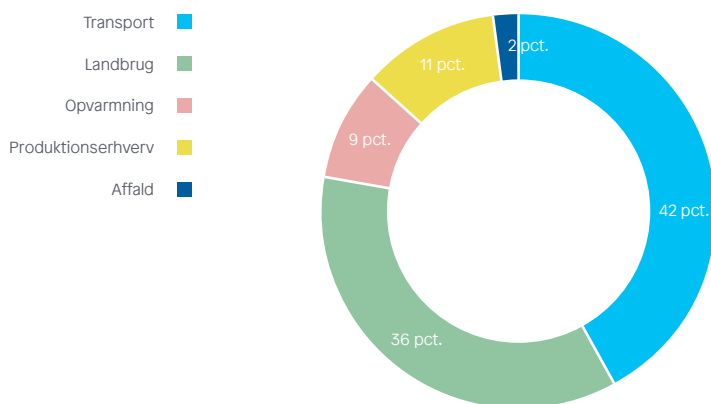
En analyse af hele ikke-kvotesektoren må nødvendigvis være meget bred. Dette er vigtigt for at kunne sammenligne så mange forskellige elementer som muligt, men det har dog ikke været muligt inden for rammerne af denne rapport at se på alle tænkelige omstillings-elementer. Derfor fokuserer rapporten på de 20 mest relevante. Fravalg af et omstillingselement kan skyldes et beskedent CO₂-reduktionspotentiale, umoden teknologi, manglende viden og data eller lignende. Rapportens omstillingselementer skal derfor ikke ses som en udtømmende liste af reduktionsmuligheder, men de er efter Klimarådets vurdering de mest relevante på nuværende tidspunkt.

5.1 Overblik over ikke-kvotesektoren

Den del af samfundsøkonomien, der ikke er omfattet af EU's kvotesystem, udgøres hovedsageligt af transport, landbrug og bygninger – populært kaldet 'biler, boliger og bønder'. Derudover er der også udledninger fra produktionserhverv samt affaldshåndtering i ikke-kvotesektoren. Det er med andre ord udledningerne fra disse fem sektorer, som skal reduceres, for at Danmark kan nå sit 2030-mål. Dette afsnit giver et overblik over ikke-kvotesektoren og mulighederne for at mindske dens udledninger i de kommende år.

Danmark har en udfordring i forhold til at opfylde 2030-målet i ikke-kvotesektoren. Hvis vi skal undgå en unødigt dyr målopfyldelse eller investeringer i tiltag, der ikke har et langsigtet perspektiv, er det nødvendigt at have en plan for, hvordan målet skal opfyldes. En veltilrettelagt plan kræver dog et godt kendskab til både udfordringer og muligheder i de forskellige sektorer.

Ikke-kvotesektoren består af transport, landbrug, store dele af produktionserhvervene samt visse dele af affaldshåndteringen. Basisfremskrivningen forventer, at udledningerne fra disse sektorer vil være 308 mio. ton CO₂ set over hele perioden fra 2021 til 2030, og det er disse udledninger, der skal reduceres for at nå 2030-målet. I figur 5.1 kan man se, hvordan udledningerne fordeles mellem de forskellige sektorer. Transport udgør den største del med ca. 42 pct. af udledningerne. Landbrug udleder næstmest med ca. 36 pct., opvarmning udleder ca. 9 pct. og produktionserhverv og affald står for henholdsvis ca. 11 og 2 pct. af udledningerne fra 2021 til 2030.



Figur 5.1 Ikke-kvotesektorens udledninger for hele perioden 2021-2030 fordelt på sektorer

Kilde: Egne beregninger baseret på data fra Energistyrelsen.

Mulighederne for reduktion er mange

Der er mange forskellige veje, Danmark kan gå for at nå målet i 2030. Klimarådet har analyseret en række mulige omstillingselementer, der i forskellige kombinationer kan angive veje til at opfylde målet. I alt ser rapporten på 20 forskellige omstillingselementer, som er opsummeret i tabel 5.1. Nogle omstillingselementer har et stort potentiale, som energieffektivisering i produktionserhvervene, mens andre, som elektrificering af jernbanen, har et lille potentiale. Omkostningerne varierer fra det samfundsøkonomisk meget billige, som fx individuelle varmepumper, til det meget dyre, som fx mindre vejtransport. Tabellen viser også, i hvilken grad omstillingselementerne letter omstillingen mod 2050, og om de bidrager til 2030-målet for vedvarende energi. Karaktergivningen følger de principper, som er forklaret i kapitel 4.

For at få et godt overblik over omstillingselementerne indeholder dette kapitel korte præsentationer af hvert element. I rapportens appendiks findes en detaljeret gennemgang af de beregninger, antagelser og vurderinger, der er udført i forbindelse med analysen af hvert omstillingselement.

Tabel 5.1 er ikke en udtømmende liste over klimavenlige elementer i omstillingen. De vigtigste omstillingselementer er inkluderet, men der er elementer, som Klimarådet ikke har medtaget. Det kan skyldes, at de minder meget om de omstillingselementer, der er analyseret, at teknologien ikke vurderes at blive moden på denne side af 2030, at der mangler viden eller data på området eller hvis potentialet er meget lille. De vigtigste udeladelser vil blive diskuteret i de efterfølgende afsnit om de enkelte sektorer. Derudover kigges der ikke på omstillingselementer, som ikke reducerer de danske udledninger i EU's opgørelse af ikke-kvotesektoren, fx færre flyrejser, der ellers i sig selv kunne være udmærkede klimatiltag.

Analysen af hvert omstillingselement

I appendiks er hvert omstillingselement beskrevet, og forudsætningerne for karakterne i de forskellige kategorier er forklaret. Derudover beskrives mulige virkemidler, der kan realisere potentialet.

	Potentiale i mio. ton CO ₂ e	Samfundsøkonomiske omkostninger	Letter omstillingen frem mod 2050	Bidraget til 2030-målet for vedvarende energi
Transport				
Mindre vejtransport	1,4 (15 pct.)	Meget dyrt	I nogen grad	Lidt
Kollektiv transport	0,1 (1 pct.)	Meget dyrt	I nogen grad	Lidt
Mere brændstoføkonomiske biler	0,1 (1 pct.)	Meget dyrt	I ringe grad	Lidt
Flydende biobrændstoffer	3,0 (32 pct.)	Dyrt	I ringe grad	Meget
Elbiler	2,1 (22 pct.)	Medium	I høj grad	Meget
Elbusser	0,2 (2 pct.)	Meget dyrt	I høj grad	Meget
Gas i tung transport	0,1 (1 pct.)	Meget billigt	I nogen grad	Slet ikke
Elektrificering af jernbanen	0,1 (1 pct.)	Meget dyrt	I nogen grad	Lidt
Landbrug				
Plantefedt til malkekvæg	0,7 (8 pct.)	Medium	I ringe grad	Slet ikke
Mindre malkekvægsbestand	2,6 (28 pct.)	Medium	I nogen grad	Slet ikke
Forsuring af gylle	1,0 (11 pct.)	Billigt	I nogen grad	Slet ikke
Energipil	0,6 (6 pct.)	Meget billigt	I ringe grad	Slet ikke
Græsarealer	0,6 (6 pct.)	Meget dyrt	I ringe grad	Slet ikke
Opvarmning				
Individuelle varmepumper	3,3 (35 pct.)	Meget billigt	I nogen grad	Meget
Træpillefyr	1,8 (19 pct.)	Meget billigt	I ringe grad	Meget
Store varmepumper	0,9 (10 pct.)	Billigt	I høj grad	Meget
Solvarme	0,8 (9 pct.)	Billigt	I høj grad	Meget
Biogas i naturgasnettet	2,1 (22 pct.)	Dyrt	I høj grad	Meget
Energirenovering af bygninger	1,4 (15 pct.)	Meget billigt	I høj grad	Lidt
Produktionserhverv				
Energieffektivisering i produktionserhvervene	2,6 (28 pct.)	Meget billigt	I nogen grad	Lidt

Tabel 5.1 Oversigt over omstillingselementer

Anm.: Potentialet angiver den samlede reduktion fra 2021 til 2030, og procenttallet angiver potentialet i forhold til basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at opfylde 2030-målet på 9,4 mio. ton CO₂.

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

5.2 Transport

Transportsektoren har forskellige muligheder for at reducere drivhusgasudledningen, men flere af mulighederne er enten ikke teknologisk modne eller meget dyre. Generelt har den mobilitet, som transportsektoren leverer, høj værdi for samfundet, hvorfor en begrænsning af denne har store omkostninger.

Transporten er den største udleder af drivhusgasser af de fem undersektorer i ikke-kvotesektoren vist i figur 5.1. Næsten al transport foregår i dag via forbrændingsmotorer, hvor et fossilt brændstof, som fx benzin eller diesel, er hovedenergikilden. Cyklister og fodgængere og i mindre omfang eldrevne tog og biler er dog væsentlige undtagelser. Forbrændingsmotorer drevet af diesel, benzin eller andre fossile brændsler udleder generelt store mængder CO₂.

Transportens udledninger stammer fra en række forskellige transportbehov. De fleste CO₂-udledninger kommer fra den personlige vejtransport, hvor primært benzin- og dieselmotorer bruges til at transportere folk til og fra arbejde og fritidsaktiviteter. Persontransporten foregår også i mindre grad ved tog, bus, skib og fly, men de indenlandske udledninger fra disse transportmidler er relativt begrænsede i forhold til vejtransporten. Udover persontransporten findes en betydelig vare- og godstransport på især veje i form af lastbiler og varebiler. Gods transporteres dog også med tog, skib og fly, men CO₂-udledningerne fra den indenlandske del herfra er relativt små i Danmark.

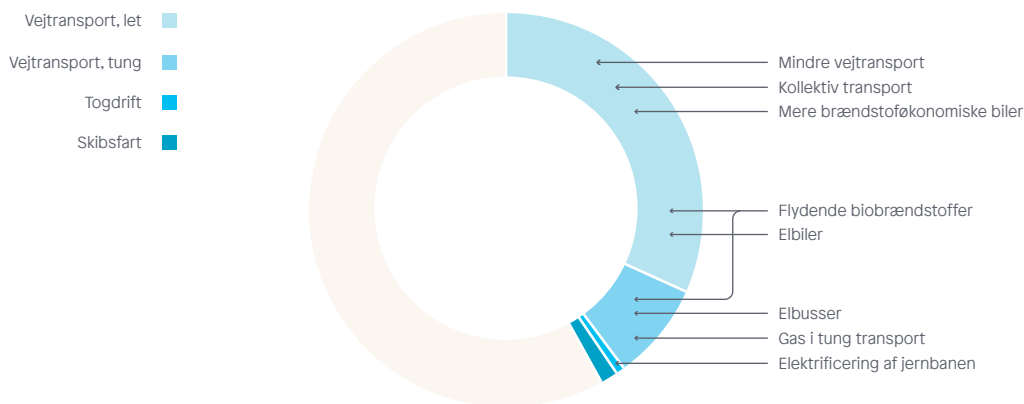
Reduktioner i transportens udledninger kan ske på tre forskellige måder:

1. Man kan sænke mængden af tilbagelagte km, så vi kører mindre i bil, flyver mindre og deslige.
2. Man kan skifte til mindre CO₂-intensive transportmidler. Det kan fx være skift fra bil til tog eller fra bus til cykel.
3. Man kan benytte det samme transportmiddel til den samme distance, men med et mindre CO₂-intensivt drivmiddel. Det kan fx være ved at skifte fra en benzinbil til en elbil. Transportmidlet er stadig en privat bil med alle dens fordele og ulemper, men selve udledningen fra benzinen er væk.

En oversigt over transportens udledningskilder i ikke-kvotesektoren er vist i figur 5.2. Figuren er et udsnit af figur 5.1, som illustrerer fordelingen af udledningerne for hele ikke-kvotesektoren. De forskellige omstillingselementer, som behandles i rapporten, er angivet ved siden af cirklen, og pilene viser, hvilke udledningskilder det enkelte omstillingselement forsøger at reducere. Fx er flydende biobrændstoffer i denne analyse et omstillingselement, som reducerer udledningerne fra både den tunge og den lette vejtransport.

Indenlandske udledninger

Transport til og fra Danmark tælles ikke med i de nationale udledninger. Disse reguleres enten i EU-regi eller via andre internationale aftaler. Udledningerne fra udenrigsluftfart og international skibstrafik står for ca. 4 pct. af de globale udledninger.¹ Vejtransport til og fra Danmark, der benytter brændstof købt i Danmark, tæller dog med i de danske udledninger.



Figur 5.2 Transportens udledninger fordelt på kilder og tilhørende omstillingselementer

Kilde: Egne beregninger baseret på data fra Energistyrelsen.

Mindre vejtransport

At køre mindre virker umiddelbart som en oplagt løsning på et klimaproblem, der til dels er opstået, fordi der køres mere og mere i bil. Det forventes, at antallet af kørte km fremover vil stige hvert år, og derfor kan CO₂-udledningen reduceres ved at sænke denne vækst. I denne analyse ses på en forhøjelse af brændstofafgiften med 40 øre pr. liter, hvilket frem mod 2030 kan reducere transportens udledninger med ca. 1,4 mio. ton CO₂. Det svarer til 15 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet. Til sammenligning vil en fuldstændig eliminering af væksten i kørte km fra 2020 reducere udledningen med over 7 mio. ton CO₂.

Problemet er dog, at mindre kørsel er en meget dyr måde at reducere CO₂ på. Folk har en meget høj betalingsvillighed for mobilitet, og der er allerede høje afgifter på kørsel i Danmark. Forhøjelse af afgiften på benzin og diesel, afskaffelse af befordringsfradraget og lignende tiltag er således samfundsøkonomisk meget dyre instrumenter i denne sammenhæng. Vejbenyttelsesafgifter, også kaldet roadpricing, er en mulighed, som samfundsøkonomisk er mere attraktiv, men som tingene ser ud nu, er teknologien ikke moden. Resultatet er derfor, at det er *meget dyrt* at reducere CO₂-udledningen ved at reducere væksten i kørslen, selv hvis man inkluderer sideeffekter som mindre trængsel, færre uheld, mindre luftforurening og lignende.

Nuludslibsbiler

En nuludslibsbil er en bil, der ikke har nogen CO₂-udledninger. Det kan lade sig gøre ved at benytte et CO₂-neutralt drivmiddel som fx el, brint eller biomasse.

Mindre vejtransport letter *i nogen grad* omstillingen mod et lavemissionssamfund i 2050, da en del af tilpasningen til en fremtid med relativ mindre eller anderledes mobilitet i så fald klares inden 2030. Samtidig reduceres behovet for nuludslibsbiler i 2030. På den anden side skal vejpersontransporten være elektrificeret i 2050, hvorfor det ikke er strengt nødvendigt at reducere kørslen for at nå visionen for 2050.

Kollektiv transport

Hvis man kan få bilister over i den kollektive transport, kan man reducere CO₂-udledningen, da en personkilometer i bus eller tog udleder mindre CO₂ end en personkilometer i bil.

CO₂-reduktionspotentialet er dog ganske lille, hvilket skyldes mangel på gode virkemidler til at få folk ud af bilerne og ind i tog og busser. Der skal ske store ændringer i udbuddet, køretiden eller prisen på kollektiv transport, før man får mange flere personer over i den kollektive transport. Af disse nye kunder vil en stor del være tidligere fodgængere, bilpassagerer og cyklister, og kun en lille del vil være bilførere.² Samtidig kommer der flere busser og toge, hvilket udleder ekstra CO₂, i det omfang de er dieseldrevne. Det betyder, at man opnår en meget lille CO₂-reduktion selv ved meget store investeringer i den kollektive transport, og nogle undersøgelser viser endda en stigning i CO₂ som følge af det øgede udbud af kollektiv transport. Med en meget lille reduktion og meget store investeringer, bliver prisen pr. ton CO₂ nødvendigvis meget høj.

Ny kollektiv infrastruktur vil ofte stadig være i drift i 2050, men i takt med at biler i højere grad bliver CO₂-neutrale frem mod 2050, vil kollektiv transport mindre og mindre være et egentligt klimatiltag. Derfor vurderes dette omstillingsselement kun *i nogen grad* at lette omstillingen mod 2050.

Mere brændstoføkonomiske biler

Benzin- og dieslbiler med bedre brændstoføkonomi kan være en løsning, og der bliver i dag gjort rigtig meget for at fremme energieffektive biler. I Danmark er afgiftssystemet indrettet sådan, at det belønner de mest brændstoføkonomiske benzin- og dieslbiler. Derudover stilles der i EU krav til den maksimale CO₂-udledning pr. km for nye biler, hvilket har fået de store bilproducenter til at udvikle mere effektive biler. Men det yderligere potentiale er meget småt, da Danmark allerede har en meget energieffektiv bilpark sammenlignet med andre EU-lande, og en yderligere forhøjelse af afgifter på de ineffektive biler forventes kun at have en lille effekt.

Såfremt man ønsker en mere brændstoføkonomisk bilpark skal man ændre i afgiftsstrukturen, så de mere forurenende biler bliver endnu dyrere end de mindre forurenede biler. Eftersom afgiftsstrukturen allerede i høj grad er indrettet på denne måde, så vil en yderligere forskel mellem forurenende og mindre forurenende biler medføre en betydelig ekstra forvridning, som næppe er samfundsøkonomisk gavnlig. Det skyldes, at de negative sideeffekter ved biler i høj grad allerede er inkluderet i prisen via den differentierede afgiftsstruktur.

Benzin- og dieslbiler er ikke en del af kapitel 4's vision for et lavemissionssamfund, der i høj grad skal baseres på nuludslipbiler, hvorfor der ikke er langsigtet perspektiv i at bruge penge og kræfter på at forbedre brændstoføkonomien i den danske bilpark.

Flydende biobrændstoffer

CO₂-udledningen fra transporten kan reduceres ved at benytte alternative drivmidler som fx flydende biobrændstoffer. Flydende biobrændstoffer er brændstof lavet på biomasse som hvede, raps, halm og animalsk fedt, der kan blandes i

Personkilometer

Personkilometer er antallet af personer i transportmidlet ganget med antallet af kilometer, transportmidlet har bevæget sig.

benzin eller diesel og dermed reducere det fossile CO₂-indhold i en liter brændstof. Potentialet er stort, ca. 3,0 mio. ton CO₂, selv for relativt små ændringer i iblandingsprocenter, fordi vejtransporten udgør så stor en del af ikke-kvotesektoren. Det svarer til 32 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet.

Førstegenerationsbiobrændstoffer

Biobrændstoffer produceres af foderafgrøder eller restprodukter. Ved foderafgrøder taler man om førstegenerationsbiobrændstoffer, mens andengenerationsbiobrændstoffer er lavet på restprodukter.

De samfundsøkonomiske omkostninger afhænger af typen af biobrændstof, man kigger på. Førstegenerationsbiobrændstoffer er billigere at producere end andengenerationsbiobrændstoffer, men kan også føre til skovrydning og deraf følgende store CO₂-udledninger, da efterspørgslen efter areal til fremstilling af brændstof øges. Der kan derfor stilles spørgsmål ved om denne biomasse er CO₂-neutral. I EU ser man også et skift fra førstegenerations- til andengenerationsbiobrændstoffer, hvilket uddybes i kapitel 2.2 og boks 2.4. Derfor ses der hovedsageligt på andengenerationsbiobrændstoffer i denne analyse. Andengenerationsbiobrændstoffer er dyrere at fremstille og er endnu ikke tilgængelige på markedet i stor skala, men det forventes at ske i løbet af 2020'erne. Den omkostningstunge andengenerationsproduktion gør, at omstillingselementet vurderes som *dyrt* i målopfyldelsen.

I 2050 skal vejpersontransporten primært være drevet af elektricitet, som beskrevet i visionen for et lavemissionssamfund i kapitel 4. Biobrændstof er ikke en del af den vision, og derfor vil flydende biobrændstoffer ikke lette omstillingen mod 2050, hvad angår den lette transport. Det kan dog være nødvendigt, at en del af den tunge transport skal køre på biobrændstof i enten flydende form eller via biogas.

Elbiler

Elbiler er aktuelt det bedste bud på en nuludslipstilbil. Det vil sige en bil, der ikke udleder CO₂, når den kører. De elbiler, vi ser i dag, drives via et batteri, og hvis strømmen til batteriet kommer fra vedvarende kilder, udleder transporten slet intet CO₂. Selv hvis strømmen produceres via fossile brændsler, reducerer elbilen CO₂-udledningen, da kraftværket og elbilen samlet set udnytter energien bedre end en benzinbil. Dertil kommer, at udledningen fra elproduktion ikke regnes med i ikke-kvotesektoren, og derfor bidrager elbiler effektivt til at nå målet for 2030 i ikke-kvotesektoren.

Potentialet for elbiler er stort, men begrænses af, at konventionelle benzin- og dieselbiler har en lang levetid. En ambitiøs elbilstrategi vil kunne sikre, at der i 2030 er ca. 500.000 elbiler på de danske veje. Samlet set vil det spare Danmark for 2,1 mio. ton CO₂, hvilket vil opfylde 22 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet. Som nævnt i boks 4.1 skal elektrificeringen af personbilerne følges op af ekstra udbygning med vedvarende energi, så udledningerne ikke blot flyttes over til kvotesektoren.

Elbiler er i dag samfundsøkonomisk set dyrere end konventionelle benzin- og dieselbiler, hvorfor flere elbiler på vejene vil medføre en samfundsøkonomisk omkostning. Det forventes dog, at meromkostningen ved elbilen i løbet af 2020'erne vil falde. Samlet set falder elbiler i omkostningskategorien *medium*.

I 2050 skal vejtransporten være omstillet til vedvarende energi, og i øjeblikket

ser det ud til, at elbilen skal være en central teknologi for at nå dette mål. Elbiler kan på sigt blive en nuludslippsbil, såfremt el produceres via CO₂-neutrale energikilder, og dermed sikres en CO₂-neutral transportsektor. Omstillingen til elbiler kræver en vis grad af tilpasning og investering i infrastruktur, hvorfor det *i høj grad* vil lette omstillingen at støtte udbredelsen af elbiler allerede inden 2030. Derudover risikerer man, hvis man venter for længe med at omstille til elbiler, at det bliver svært at få nok elbiler ind i bilparken til at nå en CO₂-neutral persontransport i 2050.

Elbusser

Busser kører i dag på diesel med store CO₂-udledninger til følge. En bus med et stort batteri kan køre på grøn strøm og derved eliminere CO₂-udledningen samt partikel- og NO_x-forureningen af luften. Teknologien er ikke så langt fremme som for elbiler, hvilket gør, at indfasningen formentlig må være langsommere. Det vurderes, at ca. 20 pct. af rutebusstrafikken kan være elektrificeret i 2030. Det giver et relativt lille potentiale på ca. 0,2 mio. ton CO₂, der udgør ca. 2 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet.

Prisen for elbusser er dyrere for samfundet end elbiler, hovedsageligt fordi elbusserne stadig er meget dyre at anskaffe. Elbusser er en måde at elektrificere en del af den tunge transport, hvilket bidrager til visionen for et lavemissions-samfund i 2050, som beskrevet i kapitel 4. Derudover vil tilpasningsomkostninger og investeringer i den tilhørende infrastruktur ikke skulle afholdes igen, hvorfor dette omstillingselement *i høj grad* vil lette omstillingen mod 2050.

Gas i tung transport

Naturgas kan benyttes som alternativt drivmiddel til lastbiler og busser. Afbrænding af naturgas giver en mindre CO₂-udledning pr. energienhed og pr. kørt km end diesel. Potentialet er dog ikke stort, da det kræver investeringer i nye lastbiler og ny tankinfrastruktur, som kun i begrænset omfang kan realiseres inden 2030. I alt kan der spares 0,1 mio. ton CO₂, som svarer til 1 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet.

Samfundsøkonomisk er det *meget billigt* at skifte til gasdrevne lastbiler. Gas er et billigere drivmiddel end diesel, hvilket på sigt kan kompensere for, at en gaslastbil er lidt dyrere end en diesellastbil. Det kræver dog en udbygning af gastankinfrastruktur samt muligvis ændringer i afgiftssystemet for at realisere potentialet.

I et længere perspektiv kan naturgas udskiftes med opgraderet biogas, som er CO₂-neutralt. Da noget af den tunge transport forventes at skulle drives af biomasse som fx biogas vil investeringer i infrastruktur og tilvæning til gaskøretøjer *i nogen grad* lette omstillingen frem mod 2050. Det er værd at bemærke, at naturgasdrevne lastbiler ikke er en del af et lavemissionssamfund, hvorfor øget brug af biogas er nødvendigt på sigt. Se mere om biogas i omstillingselementet *biogas i naturgasnettet* under opvarmning.

Elektrificering af jernbanen

I dag kører en stor del af de danske toge på diesel, men det vil ændre sig de kommende år. Der er nemlig planer om at elektrificere jernbanenettets hovedstrækninger, så togene kan køre på el via ledninger placeret over skinnerne, hvilket er

mere energieffektivt. Derudover kan el produceres af vedvarende energikilder som vindmøller eller solceller, hvilket giver mulighed for at få en jernbane uden udledninger. Potentialet for at reducere udledningen ved at elektrificere jernbanen yderligere i forhold til de nuværende planer er dog meget lille, ca. 0,1 mio. ton CO₂, som ville opfylde 1 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet.

Yderligere elektrificering er en *meget dyr* måde at reducere CO₂-udledningen grundet meget store anlægsinvesteringer, som kun tjenes hjem på de mest befærdede strækninger.

På længere sigt skal al transport være CO₂-neutral. For jernbanen kan det ske via el fra køreledninger, men også via batteritog eller biodieseltog, hvis det vedbliver at være meget dyrt at elektrificere jernbanestrækningerne. Derfor letter yderligere elektrificering kun *i nogen grad* omstillingen mod 2050, da der også er andre muligheder for at få en CO₂-neutral jernbanedrift.

Boks 5.1 Andre omstillingselementer i transporten

Øget brug af cykel i stedet for bil kan reducere udledningerne af CO₂, og derfor gør forskellige kommuner og organisationer rigtig meget for at få folk til at cykle mere. Cyklisme har flere fællestræk med omstillingselementet kollektiv transport, da man skal have billister ud af bilen og over i et andet transportmiddel. Derfor vurderes øget brug af cykel at have relativt høje omkostninger, selv når man medregner de positive sundhedseffekter.

Denne analyse kigger på elbiler med batteri, men der er også nuludslipbiler, der kører på brint via enten brændselsceller eller en speciel forbrændingsmotor. Teknologien er meget ny, og der findes endnu få brintbiler på markedet. Brintbiler vurderes at være lang tid om at komme ned på niveau med benzin- og dieslbiler prismæssigt, og brintbilen vil sandsynligvis være dyrere end elbilen på denne side af 2050.³ Der er uden tvivl en fremtid for brintbiler, men de vil højst sandsynligt ikke kunne hjælpe til at nå 2030-målet. Dertil er teknologien ikke moden nok.

Skibsfarten berøres ikke i denne analyse, men også her kan der gøres noget for at reducere udledningerne. En mulighed er elfærger, som kan erstatte dieselfærger på de korte distancer. Potentialet vurderes dog at være småt frem til 2030, hvorfor der ikke kigges nærmere på teknologien.

5.3 Landbrug

Udledningerne i landbruget stammer fra en række forskellige biologiske kilder, som dog især relaterer sig til husdyrproduktionen. Men hvor andre sektorer kan omstille til vedvarende energikilder, skal landbruget tage andre slags elementer i brug for at reducere udledningerne.

Landbrugets udledninger

Landbrugsmaskinernes energiforbrug opgøres i den nationale opgørelse under energiforbrug i produktionserhverv, men såfremt et omstillingselement mindsker behovet for kørsel på marken, vil den afledte udledningsreduktion blive talt med i det pågældende omstillingselement under landbrug.

Dyrkning af jorden

Når jorden dyrkes, udledes der både lattergas (N₂O) og kulstof (C), som efterfølgende bliver til CO₂, når det reagerer med ilt. Udledningen af kulstof skyldes ændringer i kulstofbalancen og kaldes LULUCF-udledninger.

Landbruget udleder næstmest af de fem undersektorer i ikke-kvotesektoren.

Landbrugets udledninger af drivhusgasser er dog anderledes end i de andre sektorer, da de ikke primært skyldes afbrænding af fossile brændsler. I landbruget sker udledningerne hovedsagligt ved biologiske processer i form af:

- Dyrenes fordøjelse, der medfører en metanudledning.
- Dyrenes gødning, der udskiller metan og lattergas.
- Dyrkning af jorden, hvorfra der kommer lattergas og CO₂.

Disse biologiske processer kan ikke erstattes af vedvarende energi, hvorfor det er nødvendigt at finde andre metoder til at reducere udledninger.

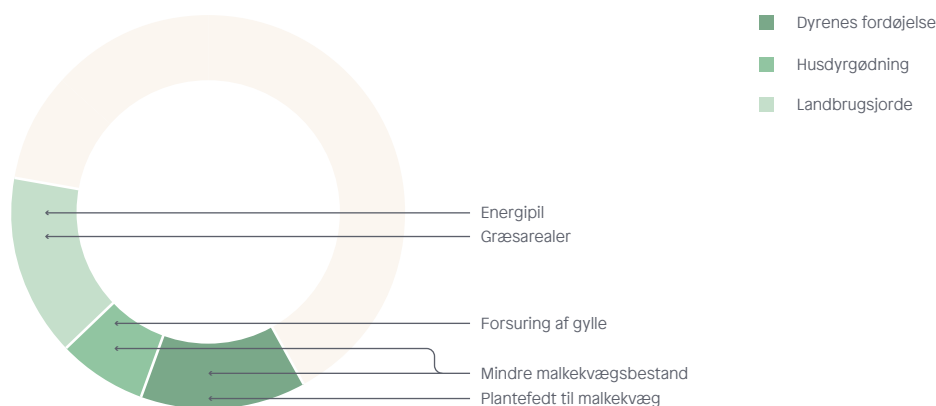
Landbruget kan grundlæggende reducere udledningerne på fire forskellige måder. For det første kan man implementere nye teknologier, der reducerer udledningen fra den nuværende produktion. For det andet kan produktionssammensætningen ændres, da produktionen af visse landbrugsprodukter medfører mindre udledning end andre. Den tredje mulighed er at øge kulstofbindingen i jord og planter, hvilket reducerer mængden af CO₂ i luften. Denne mulighed reducerer dog ikke udledningerne i landbrugssektoren, men i stedet reduceres de såkaldte LULUCF-udledninger, som er beskrevet i boks 4.2. Den sidste mulighed er helt at reducere landbrugsproduktionen.

Man kan benytte mange forskellige virkemidler for at omstille landbruget. Klimarådet har tidligere anbefalet, at man implementerer et klimaregnskab, der opgør drivhusgasudledningen fra den enkelte bedrift.⁴ Optimalt set kan sådanne regnskaber bruges til at lave teknologineutral regulering, og den enkelte landmand vil da vælge de klimatiltag, der er mest omkostningseffektive for netop hans eller hendes bedrift. Denne tilgang adskiller sig fra den regulering, der hidtil er blevet brugt i landbruget, som mest har været påbud, forbud eller tilskud til specifikke tiltag. Det kan være nødvendigt med sådanne specifikke virkemidler, indtil et velfungerende bedriftsregnskab eventuelt implementeres.

Figur 5.3 viser landbrugets udledninger og tilhørende omstillingselementer. Figuren er en del af figur 5.1, som angiver fordelingen af udledninger i ikke-kvotesektoren.

Plantefedt til malkekvæg

Dyrenes fordøjelse medfører store metanudledninger, ca. 4 mio. ton CO₂e om året, fordi en del af foderet omsættes til metan i vommen, hvorefter det udskil-



Figur 5.3 Landbrugets udledninger fordelt på kilder og tilhørende omstillingselementer

Anm.: Udover de viste omstillingselementer vil afgasning af husdyrgødning til biogas også reducere udledningerne fra husdyrgødningen. Denne mulighed er taget med i omstillingselementet biogas i naturgasnettet, som beskrives under opvarmning, og er derfor ikke vist i figuren.

Kilde: Egne beregninger baseret på data fra Energistyrelsen.

les. Mængden af metan afhænger af sammensætningen af foderet, og en række forsøg har vist, at tilsætning af ekstra plantefedt kan reducere metanproduktionen i vommen med 10-15 pct. Hvis 75 pct. af malkekvæg får tilsat plantefedt i foderet, vil udledningen falde med ca. 0,7 mio. ton CO₂e, svarende til 7 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet.

Da plantefedt er dyrere end det normale foder, som primært består af korn, er der omkostninger forbundet med tilsætningen, og disse ligger i kategorien *medium*. Selvom tilsætning af mere plantefedt i foderet kan være et relevant omstillingselement, også på sigt i forhold til at blive et lavemissionssamfund i 2050, kræver det hverken større investeringer eller store tilpasninger at realisere, og derfor vil det kun *i ringe grad* lette omstillingen mod 2050 at sætte gang i dette omstillingselement inden 2030.

Mindre malkekvægsbestand

35 pct. af landbrugets udledninger stammer fra produktionen af malkekvæg,⁵ hvorfor en måde at reducere udledningen på er at have færre malkekøer. Det kan opnås, uden at produktionen af mælk falder, fordi mælkeydelsen målt som kg mælk pr. ko forventes at stige i takt med bedre teknologi, fodring og lignende ifølge basisfremskrivningen. Ved stigende mælkeydelse kan man mindske antallet af køer og fastholde den samme mælkeproduktion. Udledningen pr. ko vil stige, når mælkeydelsen stiger, men udledningen pr. kg mælk vil falde. I fremskrivningen forventes en stigende mælkeproduktion, men hvis produktionen i stedet fastholdes på det forventede 2020-niveau, reduceres CO₂e-udledningen med over 2,5 mio. ton, hvilket vil opfylde ca. 27 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet.

De samfundsøkonomiske omkostninger er i kategorien *medium*, men er meget følsomme for udviklingen i mælkeprisen.

En reduktion af kvægbestanden vil kræve tilpasning i landbrugssektoren og mulige virkemidler for at opnå dette bør overvejes i god tid for at lette omstillingen til et lavemissionssamfund. Samtidig er en mindre malkekvægbestand en af vejene til et landbrug med mindre udledning af drivhusgas, som nævnt i kapitel 4, om end de teknologiske muligheder for reduktion med fordel kan afsøges først. Derfor letter omstillingselementet *i nogen grad* omstillingen mod 2050.

Forsuring af gylle

Gødningens udledning af metan og lattergas står for ca. en tredjedel af landbrugets udledninger. En måde at reducere denne udledning er ved at forsure gyllen. Gyllen transporteres fra stalden over i et forsøringsanlæg, hvor den tilsættes svovlsyre. Forsøringsanlæg i nye stalde kan reducere udledningen med knap 1,0 mio. ton CO₂e samlet fra 2021 til 2030. Det svarer til 11 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet.

Anlæggene kræver større investeringer og udgifter til drift, men disse omkostninger opvejes stort set af den samfundsøkonomiske gevinst ved reduceret miljøskadelig ammoniakfordampning, som forsuring af gyllen også giver. Forsuring er dermed et *billigt* omstillingselement.

Forsøringsanlæg, der bygges i dag, vil ikke også være i drift 2050, men der skal stadig ske en tilvænnning til behandling af gylle, som, hvis den sker inden 2030, ikke skal ske efterfølgende og dermed vil lette omstillingen mod lavemissionssamfundet i 2050. En eller anden form for behandling af gyllen er påkrævet i omstillingen af landbruget frem mod 2050, og implementering af dette element vil derfor give værdifuld erfaring med en af disse behandlingsmetoder, selv om forsuring ikke nødvendigvis vil være den eneste mulige eller bedste teknologi i 2050. Derfor vurderes dette omstillingselement *i nogen grad* at lette omstillingen mod 2050.

Energipil

Den dyrkede jord udleder lattergas som følge af gødningen. En vis mængde af det udlagte kvælstof i gødningen reagerer med ilten fra luften og omdannes til lattergas. Hvis man omlægger produktionen og i stedet for korn dyrker energipil, der bruges som biomasse i energiforsyningen, kan man mindske udledningen af lattergas.

Energipil reducerer behovet for gødning og derved reduceres drivhusgasudledningen. Samtidig kræver energipil, som er en flerårig afgrøde, ikke så meget arbejde, så man kan spare en del markkørsel. 230.000 ekstra hektar energipil kan reducere udledningen med 0,6 mio. ton CO₂e, hvilket er 6 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet. Derudover binder energipil kulstof i jorden, men dette tæller ikke med i ikke-kvotesektoren.

Når pileflisen brændes af til energiformål, fortrænges som udgangspunkt fossile brændsler. Dog er pileflis en international handlet vare, så øget dansk produk-

tion af flis betyder ikke nødvendigvis et øget forbrug af biomasse i den danske energiforsyning. Det skyldes, at pileflis let kan transporteres, og for kraftvarmeværkerne gør det ingen forskel, hvorvidt det er danskproduceret eller importeret træflis, der benyttes. Derfor medregnes her ikke effekten på udledningerne af, at fossile brændsler fortrænges.

Dyrkning af energipil i stedet for fx korn er samfundsøkonomisk *meget billigt*. Det skyldes især store sideeffekter fra blandt andet reduceret udvaskning af næringsstoffer til åer og vandløb. Men omstillingselementet letter kun *i ringe grad* omstillingen mod 2050, hvor forventningen er, at opvarmning kun i begrænset omfang skal være biomassebaseret, og hvor biomassen i højere grad skal være restprodukter og ikke egentlige energiafgrøder. Dertil kommer, at energipil ikke kræver store investeringer at etablere. Det er relativt hurtigt at omlægge fra korn til energipil, og derfor er der ikke meget vundet ved at påbegynde omlægningen til energipil allerede inden 2030, selv hvis energipil skal spille en afgørende rolle i 2050.

Græsarealer

Vedvarende græs kan reducere lattergasudledningen fra marken. Det skyldes et markant lavere gødningsforbrug samt reduceret kørsel. En gradvis omlægning af i alt 100.000 hektar til vedvarende græs vil kunne reducere udledningerne med ca. 0,6 mio. ton CO₂e, som er 6 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet. Derudover er der øget kulstofbinding i jorden, som reducerer LULUCF-udledningerne, især hvis der udtages organiske jorde. Vedvarende græs har også den effekt, at kvælstofudvaskningen mindskes og ammoniakfordampningen reduceres.

Alt afhængigt af jordtypen er omkostningerne i kategorien medium til meget dyrt. Sandjord er billigere at omlægge til vedvarende græs end lerjord, fordi sandjord har en lavere forrentning og en større kvælstofudvaskning. Hvis halvdelen af jorden, der udlægges til græs, er sandjord, og den anden halvdel er lerjord, ender omkostningerne i kategorien *meget dyr*.

Omlægning til vedvarende græs vil muligvis skulle spille en rolle i 2050, men selve omlægningen vil ikke kræve hverken store investeringer eller tilpasninger. Derfor vil det kun *i ringe grad* lette omstillingen mod 2050 at begynde før 2030 med at omlægge til græs i større omfang, end der allerede sker.

” Landbruget udleder næstmest af de fem undersektorer i ikke-kvotesektoren, men udledningerne af drivhusgasser er anderledes end i de andre sektorer, da de ikke primært skyldes afbrænding af fossile brændsler.



Boks 5.2 Andre omstillingselementer i landbruget

En afgift på oksekød er flere gange blevet nævnt i den offentlige debat som et muligt klimatiltag.⁶ Afgiften skulle reducere efterspørgslen på kød og derved reducere udledninger fra landbruget. En afgift på forbruget af oksekød vil dog ikke nødvendigvis have en effekt på den danske husdyrproduktion og dermed heller ikke på de danske udledninger. Eksempelvis stammer ca. 80 pct. af det danske hakkede oksekød fra malkekvæg og er dermed et restprodukt fra mælkeproduktionen. En kødafgift kan være et muligt klimatiltag, men det hjælper kun beskedent på opfyldelsen af Danmarks 2030-mål.

Nitrifikationshæmmere nævnes ofte som et muligt element, der kan reducere lattergasudledningen fra gødningen. Det er dog usikkert, hvor stor effekten er,⁷ og der er ikke nogen danske studier af effekten. Af den grund er teknologien ikke medtaget i denne analyse.

Udtagning af organiske jorde, skovrejsning og mellem- og efterafgrøder er andre mulige klimatiltag i landbruget. Disse tiltag virker hovedsageligt ved at binde mere kulstof i jorden og dermed reducere mængden af CO₂ i luften. Dermed reduceres LULUCF-udledningerne. Da Danmark som nævnt i boks 2.2 allerede ser ud til at generere alle de tilladte LULUCF-kreditter, vil ekstra LULUCF-tiltag ikke hjælpe på 2030-målet. Såfremt man ønsker at bidrage yderligere til sænkningen af drivhusgasudledningen, kan man overveje at bringe LULUCF tiltag i spil.

Udover forsuring og afgangning af gylle er der andre måder at reducere udledningerne fra husdyrgødningen på. Én af måderne kan være gyllekøling, som er en måde at reducere både ammoniakfordampningen og reducere udledningen af metan fra gyllen med op til 30 pct. og samtidig udnytte den varme, der produceres ved kølingen. En anden måde er at mindske den tid, gødningen ligger i stalden. Dette kaldes også hyppigere udslusning af gødningen. En tredje måde kan være overdækning af gyllebeholdere.

5.4 Opvarmning

I Danmark er man kommet langt med energieffektiv opvarmning og energirenovering af bygninger. Der er dog stadig mange muligheder for at reducere udledningerne fra opvarmningen. Især oliefyrene kan erstattes af vedvarende energi enten lokalt eller via CO₂-neutral fjernvarme.

I Danmark sker opvarmning hovedsageligt ved at afbrænde fossile brændsler eller biomasse. En stor del varmen produceres centralt som fjernvarme, mens de hustande, som ikke benytter fjernvarme, især bruger brændeovn, naturgas-, træpille- eller oliefyr. Udledningen af drivhusgasser fra opvarmning er faldet med mere end 50 pct. siden 1990 og lå i 2014 på ca. 5 mio. ton CO₂, hvoraf en vis andel dog kommer fra de store fjernvarmeværker, som ligger i kvotesektoren. Der er således sket rigtig meget i forhold til omstillingen af opvarmning, men helt i mål er man dog ikke kommet endnu. Olie- og naturgasfyr samt mindre, decentrale fjernvarmeværker forventes at generere udledninger på lidt under 3 mio. ton CO₂ i 2021. Disse udledninger hører under ikke-kvotesektoren.

Store fjernvarmeværker

Fjernvarmeværker på over 20 MW indfyret hører under kvotesektoren. Tiltag, der adresserer disse anlægs udledninger, hjælper derfor ikke på 2030-målet.

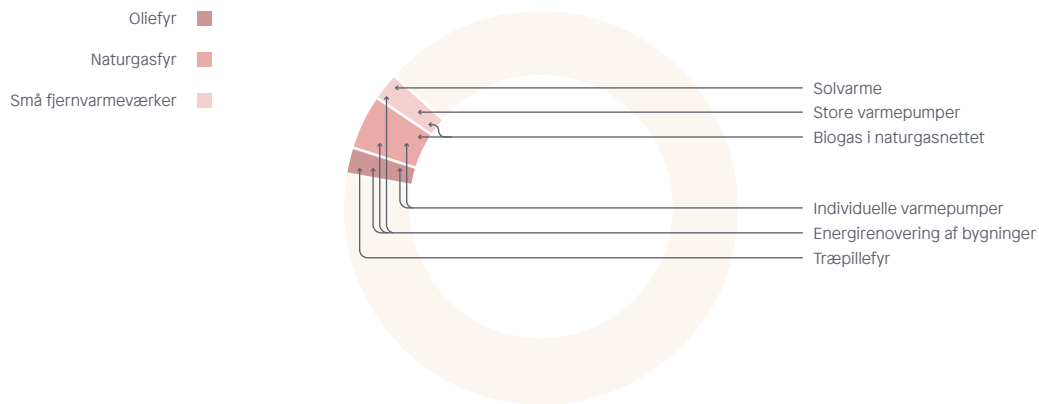
Udledningen fra opvarmning af bygninger kan overordnet set reduceres på to forskellige måder, hvis man ikke vil skrue ned for komforttemperaturen i hjemmene. Den ene mulighed er at mindske energitabet i bygninger og distribution. Dette kan fx gøres ved at isolere bygningerne bedre. Der vil derfor være behov for mindre varmeproduktion for at opnå den samme temperatur. Den anden mulighed er at omstille til vedvarende energi i produktionen af varme. På den måde afkobles energiforbrug fra udledning af drivhusgasser.

Figur 5.4 angiver udledningskilder og omstillingsselementer i opvarmningen. Figuren er et udsnit af figur 5.1, som viser fordelingen af udledninger for hele ikke-kvotesektoren. Sammenlignet med transportsektoren og landbruget er der mange omstillingsselementer i opvarmning, som kan reducere udledningen fra forskellige kilder. Fx kan energirenovering af bygninger reducere udledninger fra både oliefyr, naturgasfyr og fjernvarmen.

Individuelle varmepumper

Individuelle varmepumper kan erstatte olie- og naturgasfyr. En varmepumpe fungerer ved at tage termisk energi fra luft, vand eller jord og omdanne det til varmt vand eller luft via brug af elektricitet. Potentialt for CO₂-besparelser er stort. Ved i 2030 at have erstattet 45 pct. af oliefyrene og 20 pct. af naturgasfyrene med individuelle varmepumper kan der opnås en reduktion på 3,2 mio. ton CO₂, hvilket opfylder 35 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet.

Samtidig kan dette gøres med en samfundsøkonomisk gevinst, og derfor er elementet *meget billigt*. Dette gælder, selv når den forbrugte elektricitet skal produceres med vedvarende energi.



Figur 5.4 Udledninger fra opvarmning fordelt på kilder og tilhørende omstillingselementer

Kilde: Egne beregninger baseret på data fra Energistyrelsen.

Individuelle varmepumper letter *i nogen grad* omstillingen frem mod 2050. Det skyldes, at individuelle varmepumper er en stor del af Klimarådets 2050-vision, hvor elektrificering spiller en væsentlig rolle. Tilvænningen, til at varmepumper kan erstatte olie-, gas- og træpillefyr, kræver tid, og der er derfor et godt perspektiv i at starte før 2030 med at omstille til varmepumper. På den anden side er varmepumpens levetid begrænset, og man vil derfor sandsynligvis skulle udskifte sin varmepumpe inden 2050.

Træpillefyr

Træpillefyr er en anden mulighed, hvis olie- og naturgasfyr skal erstattes i den individuelle opvarmning. Træpillefyr virker basalt set som et olie- eller naturgasfyr, brændslet er blot baseret på biomasse, som med de nuværende regler regnes for CO₂-neutralt. Alle de oliefyr, som ikke kan erstattes af varmepumper, vil rimeligvis kunne erstattes af træpillefyr, hvilket giver en CO₂-reduktion på 1,8 mio. ton, svarende til ca. 19 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet.

Det er samfundsmæssigt *meget billigt* at erstatte oliefyr med træpillefyr som følge af billigere brændsel. Problemet med træpillefyr er, at brændslet udgøres af biomasse, hvis CO₂-neutralitet er omstridt. Den biomasse, som reelt er CO₂-neutral, skal ifølge 2050-visionen i kapitel 4 bruges de steder, hvor der er få andre alternativer, hvilket kun i meget få tilfælde vil være opvarmningen. Derfor letter træpillefyr kun i *ringe grad* omstillingen mod 2050.

Store varmepumper

Decentrale fjernvarmeværker benytter i høj grad naturgas, som vil kunne erstattes af store, eldrevne varmepumper. Store varmepumper virker på samme måde som individuelle varmepumper ved at tage energi ud af luft, jord eller vand, som sammen med elektricitet opvarmer vand. Opvarmet vand kan lagres i relativ lang tid, og på den måde kan store varmepumper hjælpe til at lagre energi og dermed

opnå en bedre udnyttelse af el fra vindmøller og solceller. I alt kan der reduceres 0,9 mio. ton CO₂, hvis 80 pct. af naturgasforbruget i den decentrale fjernvarme erstattes af varmepumper i 2030. Reduktionen udgør 10 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet.

Det er samfundsøkonomisk *billigt* at benytte varmepumper i fjernvarmen, men det er ikke på samme måde som individuelle varmepumper en samfundsøkonomisk overskudsforretning. Det skyldes, at store varmepumper skal erstatte naturgas, som er relativt billigt.

Omstillingen til energisystem baseret på et betydeligt antal eldrevne varmepumper i fjernvarmen vil tage lang tid og kræve tilvæning, hvorfor man bør komme i gang inden 2030. Derudover vil dele af varmepumpeinstallationerne stadig kunne være i brug i 2050. Dermed letter store varmepumper installeret inden 2030 i *høj grad* omstillingen til et lavemissionssamfund i 2050.

Solvarme

Solvarme kan benyttes i produktionen af fjernvarme. Solvarme fungerer ved, at store paneler opfanger strålingsenergien og opvarmer vand. Solvarme kan indgå i fjernvarmeproduktionen, ved at man opstiller store arealer med solpaneler med en tilhørende lagertank, som kan lagre det varme vand produceret om sommeren til vinteren. Fortrængningen af naturgas vil medføre en CO₂-reduktion på 0,8 mio. ton ved en firedobling af den forventede solvarmekapacitet i 2030. På den måde kan man opfylde 9 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet.

Det er *billigt* at benytte solvarme til at fortrænge CO₂, da meromkostningen ved solvarme er relativ lille.

Solvarmeanlæg bidrager til en CO₂-neutral opvarmning, som er vigtig i et lavemissionssamfund. Derudover har solvarmeanlæg en lang levetid og vil derfor direkte bidrage til et lavemissionssamfund i 2050, da investeringsomkostningerne sandsynligvis ikke skal afholdes igen. Solvarme letter derfor i *høj grad* omstillingen til et lavemissionssamfund.

Biogas i naturgasnettet

Naturgas anvendes i dag i mange sektorer, blandt andet til opvarmning via individuelle naturgasfyr eller fjernvarme. Hvis man erstatter en del af naturgasen i naturgasnettet med biogas, så bidrager det til opnåelse af 2030-målet på to måder. For det første reduceres udledningerne, når naturgas erstattes med biogas, som regnes som et CO₂-neutralt brændsel. Dette kan være i opvarmningen, men kan også være i andre sektorer som fx transporten eller produktionserhvervene. For det andet reducerer produktionen af biogas udledningerne fra landbruget, hvilket skyldes, at biogas hovedsageligt produceres af husdyrgødning, og afgasningen af gødningen medfører en reduktion i udledningerne fra gødningslagring. Begge former for reduktion er talt med i dette omstillingselement.

Ved at fortsætte udbygningen af biogasproduktionen efter 2023 kan man reducere udledningerne med 2,1 mio. ton CO₂e, svarende til 22 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet.

Biogasproduktionen

I 2023 bortfalder tilskuddet til ny biogasproduktion, hvorfor produktionen går i stå ifølge basisfremskrivningen.

De samfundsøkonomiske omkostninger er i kategorien *dyr*, da biogas kræver en del investeringer, og naturgas generelt er et billigt brændsel. Til gengæld er der et godt perspektiv i biogas, fordi biogas kan spille en vigtig rolle i elproduktionen, når vinden ikke blæser, og solen ikke skinner eller i den tunge transport, hvor elektrificering kan være vanskelig. Det vil generelt kræve stor tilpasning i landbruget og betydelige investeringer i biogasanlæg, hvis denne teknologi skal spille en betydende rolle i et fremtidig lavemissionssamfund. Derfor vil øget prioritering af biogas inden 2030 *i høj grad* lette omstillingen mod et lavemissionssamfund i 2050.

Energirenovering af bygninger

CO₂-udledningerne kan nedsættes, hvis behovet for varme nedsættes. Så i stedet for at erstatte fossil varmeproduktion med vedvarende varmeproduktion kan man gøre bygningerne mere energieffektive og derved reducere udledningerne. Det kan ske gennem bedre isolering af bl.a. tag og vægge, udskiftning af vinduer og døre mv. Det nedsætter varmebehovet og derfor også den fossile varmeproduktion. I alt kan der spares 1,4 mio. ton CO₂e i den individuelle opvarmning og i den ikke-kvoteomfattede fjernvarme, hvilket er ca. 15 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet.

Energieffektiviseringer af bygninger giver samfundsøkonomisk gevinst, så længe renoveringer koster mindre end at producere den sparede energi. Derfor ender omstillingsselementet i kategorien *meget billig*.

Det er vigtigt, at energieffektiviseringer gennemføres, når bygningen alligevel skal renoveres på grund af bygningsdelenes lange levetid. Hvis dette ikke sker, vil det gøre omstillingen til et lavemissionssamfund sværere og dyrere. Samtidig har mindre energikrævende bygninger en række synergieffekter i forhold til at integrere vedvarende energi i varmeforsyningen, og det giver derfor god mening at komme i gang så hurtigt som muligt.

Boks 5.3 Andre omstillingselementer i opvarmningen

Ved at hente varmt vand op fra undergrunden kan man bruge det direkte i fjernvarmen. Dette kaldes geotermisk energi. Geotermi kan også benyttes i forbindelse med store varmepumper i fjernvarmeproduktionen, som beskrevet ovenfor. Fjernvarme via geotermisk energi alene, hvor det varme vand sendes direkte ud til fjernvarmekunderne, vurderes at have et lille potentiale inden 2030. Det skyldes, at vandet i undergrunden ikke har høj nok temperatur til at kunne benyttes i fjernvarmen, med mindre man graver meget dybt. Alternativt kan man benytte lavere temperatur i fjernvarmenettet, hvis alle bygninger er meget energieffektive.

Hvis man kan få folk til at skrue ned for temperaturen i bygningerne, vil man kunne spare energi til opvarmning og dermed reducere udledningerne. Potentialet forventes at være meget småt, da det er svært at få folk til at skrue ned for temperaturen. Temperaturen i boligen handler i høj grad om komfort, og flere undersøgelser viser, at danskerne værdsætter komfort højt. Det ses også i den såkaldte ”rebound-effekt”, hvor energieffektiviseringer i boligen fører til, at temperaturen skrues op i boligen.

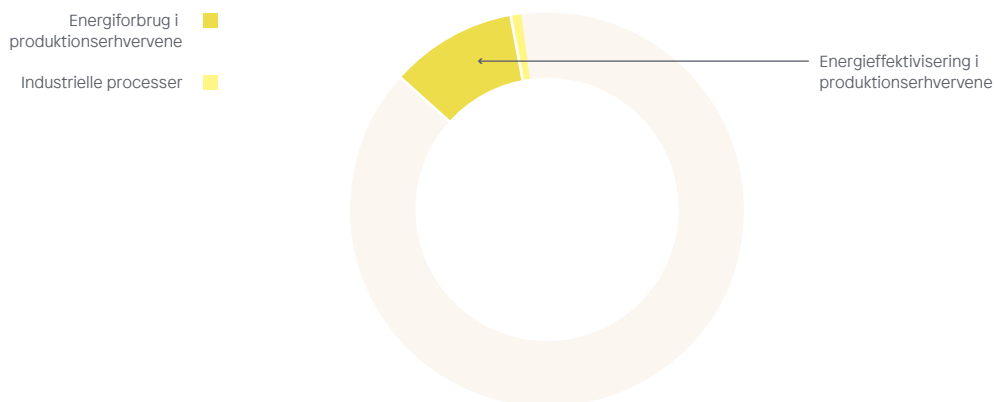
5.5 Produktionserhverv

Udover 'biler, bønder og boliger' findes også to andre udledningsskilder i ikke-kvotesektoren. Den største af disse er udledningerne fra produktionserhverv, hvor der både sker udledninger i forbindelse med energiforbrug og i forhold til forskellige industrielle processer.

Størstedelen af udledningerne i ikke-kvotesektoren kommer fra transporten, landbruget og opvarmningen. Men der er en fjerde stor udledningsskilde, nemlig produktionserhverv. Produktionserhvervenes udledninger dækker over udledningerne fra fremstillingsvirksomhed, bygge- og anlægsvirksomhed og landbrugs energiforbrug. Disse udledninger udgør ca. 11 pct. i perioden 2021-2030 af de forventede udledninger i ikke-kvotesektoren.

I produktionserhvervene er der hovedsageligt to kilder til drivhusgasudledninger i ikke-kvotesektoren: energiforbrug og industrielle processer. Energi bruges til en lang række forskellige processer som kogning, tørring og lignende. Udledningerne fra industrielle processer i ikke-kvotesektoren skyldes udledningen af såkaldte F-gasser. F-gasser er en samlet betegnelse for en række drivhusgasser, som bruges i køleskabe, frydere, airconditionanlæg og en række andre produkter. Produktionen af cement medfører også procesudledninger, men disse udledninger tæller med i kvotesektoren.

Figur 5.5 viser udledningsskilderne i kategorien produktionserhverv. Figuren er et udsnit af 5.1, som viser hele ikke-kvotesektorens udledninger fra 2021



Figur 5.5 Udledninger fra produktionserhvervene fordelt på kilder og tilhørende omstillingselementer

Kilde: Egne beregninger baseret på data fra Energistyrelsen.

til 2030 fordelt på de fem sektorer. Der er kun et omstillingselement i denne sektor, fordi udledningskilderne er meget forskellige. De mange forskellige maskiner og processer, der bruger energi kan energieffektiviseres på mange forskellige måder. For overblikkets skyld er disse reduktionsmuligheder slået samme i et omstillingselement.

Energieffektivisering i produktionserhvervene

Produktionserhvervene bruger store mængder energi til opvarmning, kogning, tørring og lignende. Energiforbruget kan reduceres ved en lang række forskellige tiltag som fx investeringer i mere energieffektive anlæg, optimering af drift og styring, ændring af processer og energibevidst adfærd. Der er altså en stor variation i de processer, der skal omstilles. Potentialet er stort, ca. 2,6 mio. ton CO₂e, selv efter man har fratrukket de omkostningseffektive energieffektiviseringer, som ligger i kvotesektoren. Potentialet udgør 28 pct. af basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at nå 2030-målet.

Det anførte potentiale er valgt, så det giver en samfundsøkonomisk gevinst, og det ender dermed i kategorien *meget billigt*.

De forskellige tiltag, der skal laves, har forskellige levetider, hvoraf nogle anlæg vil være udtjent inden 2050. Men der vil være en lang række tilvænnings- og tilpasningsomkostninger, som kun vil skulle afholdes én gang. Det vurderes, at det bliver svært at nå hele denne tilpasning, hvis ikke man begynder inden 2030. Derfor vil energieffektiviseringer i produktionserhvervene *i nogen grad* lette omstillingen frem mod 2050.

Boks 5.4 Andre omstillingselementer i produktionserhverv

Varmepumper i industrien kan erstatte fossile brændsler, men har det problem, at det er meget energikrævende at lave varme over 100 grader via varmepumper, hvilket ofte er nødvendigt i industrien. Varmepumpeteknologien skal udvikles, før det vurderes muligt at benytte varmepumper i industrien i stor stil.

Biogas kan erstatte naturgasproduceret procesenergi. Dette er ikke blevet analyseret specifikt, da dette behandles i *biogas i naturgasnettet* under 5.4 Opvarmning.

5.6 Affald

Affaldshåndtering er den sektor med de mindste udledninger i ikke-kvotesektoren. Der er ikke analyseret nogen omstillingselementer, der reducerer udledningerne fra affald, hvilket skyldes, at der i forvejen gøres meget på nogle fronter, mens der på andre fronter mangler moden teknologi.

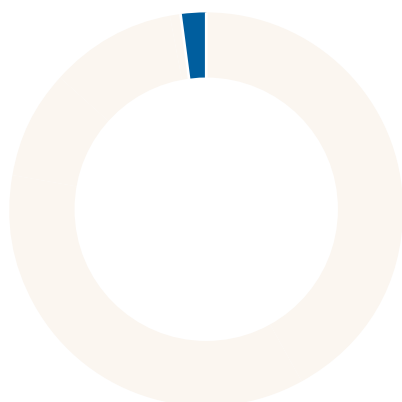
Størstedelen af udledninger i ikke-kvotesektoren stammer fra biler, bønder, boliger og produktionserhverv. Affald står for de resterende udledninger, men fylder ikke meget i det samlede billede. I perioden 2021-2030 forventes affaldshåndtering at stå for ca. 2 pct. af udledningerne i ikke-kvotesektoren.

Udledninger fra affald stammer fra tre forskellige kilder: deponeret organisk affald, spildevandshåndtering og kompostaffald. Der deponeres ikke organisk affald længere, men udledningerne stammer fra det organiske affald, der allerede er deponeret, og som der stadig er udledninger fra. Affaldshåndteringen står også for udledninger i kvotesektoren, hvor udledningerne forbundet med afbrænding af affald i større anlæg siden 2013 har indgået.

Figur 5.6 viser udledningerne fra affald i perioden 2021-2030 i forhold til hele ikke-kvotesektoren. Der er som nævnt ingen analyserede omstillingselementer under affaldshåndtering, hvilket især skyldes to ting. For det første gøres der allerede meget i forhold til affaldshåndteringen af den deponerede del af affaldet i form af biocovers. For det andet er de mulige teknologier inden for spildevandshåndtering stadig under udvikling. Der mangler derfor data for at kunne udregne potentialer og omkostninger.

Afbrænding af affald i større anlæg

Nogle udledninger fra affald hører til i kvotesektoren. Det gælder afbrænding af affald i anlæg over 20 MW indfyret. Den indfyrede effekt indikerer, hvor meget brændsel målt i energi et anlæg kan forbrænde i et givent tidsinterval.



■ Affald

Figur 5.6 Udledninger fra affald

Kilde: Egne beregninger baseret på data fra Energistyrelsen.

Boks 5.5 Andre omstillingselementer i affaldshåndteringen

Øget affaldssortering kan mindske mængden af plastik i det affald, der brændes af. Dette vil reducere den fossile andel af affaldet, der afbrændes, og derved mindskes udledningerne af drivhusgasser fra affaldsforbrændingen. Siden 2013 har affaldsforbrænding været en del af kvotesektoren, og derfor vil øget affaldssortering ikke reducere ikke-kvotesektormålet. Øget sortering af affald vil til gengæld gøre det muligt at anvende organisk affald fra husholdninger og virksomheder i biogasproduktion.⁸

Lattergasstyring i spildevandshåndteringen er en måde at reducere lattergasudledningen fra spildevand på. Teknologien, der skal bruges til dette, er dog umoden, og der mangler viden og data på området. Samtidigt er potentialet småt, omkring 0,1 mio. ton CO₂. Derfor er lattergasstyring ikke taget med i analysen.

Biocovers er en måde at reducere metanudledningen fra affaldsdeponering. Et biocover sørger for, at der dannes CO₂ i stedet for metan fra deponeret affald, hvilket reducerer CO₂e-udledningerne. Det forventes, at biocovers bliver implementeret i stor stil fremover, og der er derfor ikke et yderligere potentiale.

5.7 Konklusioner

Når Danmark skal lægge en strategi for opfyldelse af 2030-målet i ikke-kvotesektoren, er det vigtigt at have et bredt kendskab til de forskellige udledningskilder og mulige omstillingselementer. Kun på den måde er det muligt at sammenligne de forskellige elementer og dermed vælge den mest hensigtsmæssige opfyldelse af 2030-målet. I kapitel 6 vil analysen gå skridtet videre og udvælge de bedste omstillingselementer.

- Ikke-kvotesektoren består hovedsageligt af transport, landbrug og opvarmning, og dertil kommer udledninger fra affald og produktionserhvervene. Kilderne til udledninger af drivhusgasser kan deles op i energi-relaterede og ikke-energi-relaterede.
- Energi-relaterede udledninger stammer fra afbrænding af fossil energi, fx af olie i et oliefyr eller benzin i en bil. Disse udledninger kan på forskellige måder reduceres ved at omstille til vedvarende energi.
- Ikke-energi-relaterede udledninger kommer især fra landbruget, hvor fx dyrenes fordøjelse er kilde til metanudledning. Disse udledninger kræver andre teknologier eller produktionsmetoder, når de skal reduceres.
- Analysen ser på 20 forskellige omstillingselementer, der adresserer de fleste udledningskilder, der har betydning frem mod 2030. For at kunne vælge den mest hensigtsmæssige strategi er det vigtigt at kunne sammenligne de forskellige elementer på tværs af delsektorer. Derfor har dette kapitel opsummeret de analyser, der beskrives i detaljer i appendiks, og set på, hvordan omstillingselementerne adskiller sig ud fra de forskellige kriterier.
- Først og fremmest er der forskel på, hvilken udledningskilde de henviser til. Dernæst adskiller omstillingselementerne sig i forhold til potentiale, samfundsøkonomiske omkostninger, 2050-perspektiv og bidrag til 2030-målet for vedvarende energi. Reduktionspotentialerne går fra næsten ingenting til over 3 mio. ton CO₂, mens de samfundsøkonomiske omkostninger spænder fra meget billigt til meget dyrt.
- Også i forhold til 2050-målet er der forskelle på omstillingselementerne. Nogle elementer letter omstillingen mod et lavemissionssamfund i 2050, mens andre ikke gør.

6

• • • • •

• • •

Omstillingsvejen mod 2030

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

Med Danmarks nuværende udledningsniveau kræver det en betydelig omstilling, hvis vi i 2050 skal være et lavemissionssamfund. Allerede i 2030 skal vi som minimum reducere udledningerne i ikke-kvotesektoren svarende til det mål, vi har forpligtet os til over for EU. Energistyrelsens centrale skøn for Danmarks reduktionsbehov som følge af målet er på 9,4 mio. ton CO₂, hvilket svarer til ca. 3 pct. af ikke-kvotesektorens samlede udledninger, der forventes i perioden fra 2021 til 2030 uden ny politik.

Til at opfylde reduktionsbehovet peger Klimarådet i første omgang på syv omstillingselementer. De syv elementer er energirenovering af bygningsmassen, individuelle varmepumper, store varmepumper i fjernvarmen, solvarme, energieffektivisering i produktionserhvervene, gas i tung transport og forsuring af gylle fra landbruget. Omstillingselementerne er udvalgt ud fra deres samfundsøkonomiske omkostninger og ud fra, om de letter vejen mod et lavemissionssamfund i 2050.

Det er også muligt at bruge CO₂-kvoter til delvist at opfylde målet i ikke-kvotesektoren. Ved at anvende denne mulighed kan målet opfyldes en smule billigere på kort sigt, men vælger Danmark at opkøbe og annullere CO₂-kvoter, gavner det ikke Danmarks nødvendige omstilling mod 2050, og det har stort set ingen klimaefekt på kort og mellemlangt sigt. Derfor anbefaler Klimarådet, at Danmark ikke bruger denne mulighed.

Der er gode grunde til at stille efter en større reduktion end det centrale skøn for reduktionsbehovet. En omkostningseffektiv dansk omstilling mod et lavemissionsamfund i 2050 tilsiger, at alle sektorer for alvor må tage fat på den langsigtede opgave allerede inden 2030. Ydermere er EU's klimamål, som indmeldt under Parisaftalen, utilstrækkelige bidrag til at holde den globale temperaturstigning under 2 grader, hvorfor der er forventning om, at EU vil øge sine mål. På den baggrund anbefaler Klimarådet, at de syv omstillingselementer, der tilsammen opfylder reduktionsbehovet, suppleres med yderligere elementer. Her er elbiler det mest oplagte omstillingselement.

6.1 Reduktionsbehov inden 2030

Energistyrelsens bedste bud er, at Danmark skal reducere sine samlede udledninger med yderligere 9,4 mio. ton CO₂e fra 2021 til 2030 for at opfylde målet i ikke-kvotesektoren. Der er dog betydelig usikkerhed om det præcise reduktionsbehov, så tallet kan både blive væsentligt større eller en del mindre. Desuden er det formentligt fornuftigt at reducere udledningerne mere, end målet tilsiger, hvis vi skal undgå store udfordringer i omstillingen frem mod 2050.

Danmark har over for EU forpligtet sig til at reducere udledningerne fra den del af økonomien, der ikke er omfattet af EU's kvotesystem. De præcise detaljer er endnu til forhandling, men i dette afsnit ses nærmere på, hvor stort reduktionsbehovet reelt kan forventes at blive.

Basisfremskrivningen forudsiger et moderat reduktionsbehov

Kapitel 2 beskriver, hvor langt vi er fra at opfylde målet i ikke-kvotesektoren, hvis der ikke laves ny politik. Målet angiver, hvor meget Danmark må udlede samlet set i de ti år fra 2021 til 2030. Energistyrelsens *Basisfremskrivning 2017* forventer, at den samlede udledning i ikke-kvotesektoren bliver 308 mio. ton CO₂e over perioden.¹ Det er 24 mio. ton højere, end hvad målet forventes at tillade i fremskrivningens centrale skøn, og henholdsvis 17 og 34 mio. ton højere, hvis man bruger det lave eller det høje skøn i fremskrivningen.

Reduktionsbehov

I dette kapitel defineres reduktionsbehovet som den samlede mængde, som Danmark skal reducere udledningerne fra 2021 til 2030 i forhold til basisfremskrivningen. Dette behov kaldes også mankoen.

En del af dette reduktionsbehov opfyldes af bidraget fra LULUCF. Danmark kan ifølge EU-Kommissionens udspil medregne LULUCF-tiltag på op til 14,6 mio. ton til at dække vores reduktionsbehov. Basisfremskrivningen viser, at vi sandsynligvis allerede har gennemført og vedtaget LULUCF-tiltag, der overstiger de 14,6 mio. ton, hvorfor både det lave, centrale og høje skøn for reduktionsbehovet kan nedskrives med dette tal. Dermed lander det reelle, centrale reduktionsbehov, som vist i figur 6.1, på 9,4 mio. ton CO₂e, hvilket er ca. 3 pct. af de samlede udledninger i ikke-kvotesektoren. Med det lave og høje skøn bliver reduktionsbehovet henholdsvis 2,4 og 19,4 mio. ton CO₂e svarende til ca. 0,8 og 6 pct. af de samlede udledninger.

Usikkerhed

Tallene i basisfremskrivningen forældes hurtigt i takt med, at der gennemføres ny politik, og fx formodes den afgiftsaftale om elbiler, der blev indgået i april 2017, at føre til lidt flere elbiler og dermed en smule lavere reduktionsbehov.²

Der er betydelig usikkerhed om, hvad det reelle reduktionsbehov bliver, hvilket forskellen mellem basisfremskrivningens centrale, lave og høje skøn illustrerer. Usikkerheden har grundlæggende fem komponenter, som også kapitel 2 beskriver:

- Det er usikkert, hvad udledningerne fra 2021 til 2030 i et scenarie uden ny politik, som i basisfremskrivningen, reelt bliver.
- Det er endnu ikke fuldstændigt lagt fast, om det danske reduktionsmål i 2030 i forhold til 2005 bliver 39 pct., som det er foreslået af EU-Kommissionen.
- Det er endnu ikke helt afklaret, præcis hvilke udledninger der skal medregnes i basisåret 2005.



Figur 6.1 Samlet reduktionsbehov for 2021-2030 for at opfylde ikke-kvotesektormålet

Anm.: Det reducerede reduktionsbehov på grund af LULUCF øger den tilladte udledning.
 Kilde: Energistyrelsen, *Basisfremskrivning 2017*.

- Det vides endnu ikke, hvad udledningerne bliver i årene 2016-2018, som danner udgangspunkt for den sti mod 2030, som de samlede udledninger skal holde sig under.
- Reglerne for opgørelse og indregning af LULUCF kan blive ændret.

Det lange sigt kan tilsige højere reduktionsbehov inden 2030

Reduktionsbehovet på forventeligt 9,4 mio. ton CO₂e er grundlæggende et juridisk krav. I kraft af Danmarks medlemskab af EU kommer vi til at påtage os dette reduktionsmål og må stå til ansvar over for de øvrige medlemslande, hvis vi ikke opfylder målet.

Der er dog tre argumenter for, at Danmark bør sigte efter en større reduktion af udledningerne i ikke-kvotesektoren, end det centrale skøn for reduktionsbehovet tilsiger.

1. På grund af den store usikkerhed er det risikabelt kun at forholde sig til det centrale skøn for reduktionsbehovet. Ud fra et forsigtighedsprincip kan man derfor planlægge omstillingselementer, der tilsammen giver en større reduktion.
2. Omstillingstakten mod et lavemissionssamfund skal skærpes efter 2030 og vil formentlig blive dyrere end nødvendigt, hvis vi ikke gennemfører en afgørende del af omstillingen allerede inden 2030.
3. Kapitel 3 viser, at EU's og Danmarks klimapolitik som angivet i Paris-aftalen ikke er ambitiøs nok, hvis vi skal yde vores bidrag til at holde den globale opvarmning under to grader. Derfor forventer mange, at EU vil skærpe sine klimamål.

Det første argument er beskrevet ovenfor, mens det andet argument bygger på Danmarks mål for 2050 som angivet i klimaloven.³ Som beskrevet i kapitel 4 skal Danmark i 2050 være et lavemissionssamfund baseret på vedvarende energi og med markante reduktioner i alle sektorer. Denne målsætning repræsenterer en betydelig omstilling af hele det danske samfund, og det kan tale for at begynde omstillingen allerede inden 2030, selv om det måtte betyde, at ikke-kvotesektormålet overopfyldes. Det er selvsagt kun omstillingselementer, der også letter omstillingen mod 2050-målet, der bør bidrage til øget reduktion på baggrund af dette argument.

Det er vanskeligt at sige, hvor stor en omstilling der skal ske inden 2030 for at nå målet om lavemissionssamfund i 2050 mest omkostningseffektivt. På den ene side bør omstillingen udskydes så længe som muligt ud fra en forventning om, at de grønne teknologier bliver billigere og bedre i fremtiden. På den anden side bør man tilstræbe en så jævn omstilling som muligt – og dermed også gennemføre en betydelig omstilling inden 2030 – for at undgå at skulle klare hele omstillingen på få år, hvilket kan blive unødigt dyrt. Samtidig kan en udsættelse føre til tvivl om den politiske vilje bag 2050-målsætningen, hvilket kan gøre den nødvendige omstilling dyrere. Det er vanskeligt at afgøre præcist, hvordan disse forhold skal vægtes over for hinanden, da omkostningseffektivitet tilsiger at tage de billigste reduktioner først, og da det er uvist, hvor store omkostningsreduktioner den teknologiske udvikling vil bringe for de resterende dyrere tiltag. Klimarådet lægger derfor til grund, at der alt andet lige bør stræbes efter en udjævnet reduktionstakst over hele perioden frem mod 2050.

Figur 6.2 illustrerer ønsket om en jævn omstilling. Figuren viser, at udledningerne fra ikke-kvotesektoren faldt med ca. 0,65 mio. ton CO₂e årligt fra 2005 til 2015, men i basisfremskrivningen ses herefter en opbremsning, idet der kun forventes en årlig reduktion fra 2017 til 2030 på 0,15 mio. ton CO₂e. Opbremsningen skyldes til dels, at fremskrivningen ikke indregner ny politik, men selv hvis man indregner ny politik, der sikrer, at det centrale skøn for reduktionsbehovet opfyldes, stiger den årlige reduktion fra 2020 til 2030 kun til 0,24 mio. ton CO₂e. Fra 2030 til 2050 vil den årlige reduktion skulle øges i forhold til denne takt. Dette gælder, selv hvis man tolker visionen om et lavemissionssamfund moderat som en 80 pct. reduktion i 2050. I så fald skal den årlige reduktion fra 2030 til 2050 accelereres til 0,75 mio. ton CO₂e, hvis udledningerne i 2030 svarer til, at det centrale skøn for reduktionsbehovet er opfyldt. Men hvis 2050-målet i stedet forstås som en 95 pct. reduktion, skal den årlige reduktion være endnu større.

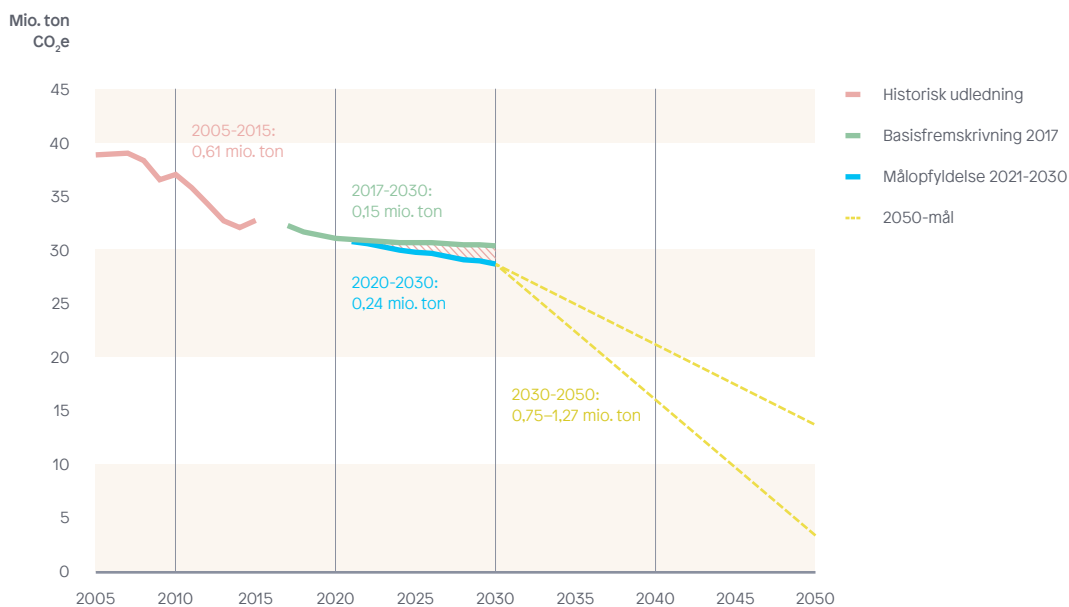
Billigere og bedre i fremtiden

Udviklingen i prisen på havvindmøller de seneste år viser meget tydeligt, at de grønne teknologier løbende bliver mere og mere konkurrencedygtige sammenlignet med de fossile teknologier.

80 pct. reduktion i 2050

EU har et mål om en reduktion for hele økonomien på 80-95 pct. i 2050 i forhold til 1990. Figur 6.2 tager udgangspunkt i disse procenter og antager derudover, at praktisk taget al tilbageværende udledning i 2050 sker i ikke-kvotesektoren, da kvotesektoren omstiller fuldt ud til vedvarende energi.

Det tredje argument bygger på den globale klimasituation. FN's klimapanel vurderer, at den globale opvarmning skal holdes under to grader og gerne lavere, hvis kloden skal undgå alvorlige klimaforandringer. Det sætter alle verdens lande under pres for at reducere deres udledning af drivhusgasser, også på kort sigt. Grundlæggende har verden et vist udledningsbudget, og dette budget kan fordeles på lande og over tiden efter forskellige principper, men næsten uanset hvordan man laver fordelingen, vil EU og Danmark stå over for et særdeles stramt budget, hvis vi skal levere vores bidrag til den globale klimainsats. Derfor er der mange steder en forventning om, at EU vil skærpe sine klimamål.



Figur 6.2 Udledninger i ikke-kvotesektoren: historisk, fremskrivning og mål

Anm.: Tallene angiver den gennemsnitlige årlige reduktion for kurven med samme farve. Målopfyldeelsen dækker det centrale skøn, og reduktionen antages at vokse lineært fra 2021 til 2030. Det stiplede areal angiver reduktionsbehovet på 9,4 mio. ton CO₂e.

Kilde: Energistyrelsen og egne beregninger.

Kapitel 3 viser, at hvis den globale reduktionsindsats inden 2030 skal være i tråd med 2-gradersmålet, vil det danske mål i ikke-kvotesektoren skulle være hele 51 pct. i 2030, hvilket svarer til et reduktionsbehov på ca. 52 mio. ton CO₂e. Dette store behov bygger naturligvis på mange antagelser, men tallet viser, at Danmark på sigt kan stå over for en endnu større reduktionsforpligtigelse, end det nuværende udspil fra EU-Kommissionen tilsiger.

I sidste ende kan diskussionen om reduktion ud over EU-forpligtelsen i 2030 koges ned til, om der er gode og relativt billige omstillingslementer at tage af. Hvis det omvendt kræver tiltag med meget høj skyggepris, kan det tale for at udskyde dele af omstillingen til efter 2030 i forventning om, at omstillingen kan gøres billigere senere. Næste afsnit ser nærmere på dette.

6.2 Sammensætning af omstillingselementer

Reduktionsbehovet for EU's 2030-mål opfyldes bedst med en pakke bestående af syv omstillingselementer, som blandt andet involverer varmepumper og energirenovering. Derudover er der en række omstillingselementer ud over de syv elementer, man bør overveje at realisere inden 2030. I forhold til muligheden for at benytte kvoter fra kvotesystemet til at mindske reduktionsforpligtigelsen i ikke-kvotesektoren, anbefaler Klimarådet, at Danmark undlader dette.

Hvordan skal vi konkret opfylde målet for ikke-kvotesektoren? I dette afsnit sammensættes en pakke af omstillingselementer, der opfylder målet, og der ses nærmere på, om der er yderligere omstillingselementer, man bør overveje. Til slut diskuteres relevante virkemidler til realisering af omstillingselementer.

Omstillingselementer vælges ud fra omkostninger og 2050-perspektiv

Klimarådets udgangspunkt for valget af omstillingselementer frem mod 2030 er en minimering af de samlede samfundsøkonomiske omkostninger for hele omstillingen til et lavemissionssamfund i 2050. Imidlertid har vi ikke fuldt kendskab til omkostningsprofilen for alle omstillingselementer over hele perioden, da det vil afhænge af ikke mindst den fremtidige teknologiudvikling og relative priser på forskellige energiformer. I praksis må omkostningsminimering over en så lang omstillingsperiode derfor afhænge af flere faktorer, som kan tillægges forskellig vægt i udvælgelsesprocessen. Derfor kan der heller ikke anvises en entydigt optimal omstillingsvej mod 2030.

To hovedkriterier

Det skal understreges, at de to hovedkriterier er aspekter af ét og samme kriterium, nemlig omkostningseffektivitet mod et lavemissionssamfund i 2050.

Men fordi vi med rimelighed kan sætte tal på omkostningen mod 2030, og kun vanskeligt kan gøre det samme fra 2030 til 2050, er det hensigtsmæssigt at holde de to hovedkriterier adskilt i analysen.

Klimarådet har anlagt to hovedkriterier for udvælgelsen af de omstillingselementer, der bør indgå i opfyldelsen af Danmarks 2030-reduktionsmål for ikke-kvotesektoren:

1. Samfundsøkonomiske omkostninger frem mod 2030
2. Lettelse af omstillingen mod 2050.

Det første kriterium følger af, at en omkostningsminimerende reduktionssti mod et langsigtet mål implementerer de omstillingselementer først, der har lavest omkostninger pr. ton CO₂e. Det gælder også hen mod et delmål i 2030. Dels giver det færre samlede omkostninger, at de dyreste initiativer har effekt i færrest år, og dels er der en chance for at udskydelsen kan give anledning til, at teknologiudviklingen gør de dyrere tiltag billigere med tiden.

Det andet kriterium bygger på, at der kan være omstillinger, der er så omfattende, at det vurderes at ville øge omstillingsomkostningerne, hvis hele omstillingen skal presses igennem på en kortere årrække, som argumenteret i afsnit 6.1. Det vil typisk være tilfældet på områder med store investeringer med lang levetid, og hvor omstillingen må ske gradvist, fordi den kræver, at vi

som individer skal agere anderledes, så vi må omlægge vores vaner, livsstil eller forbrugsmønstre.

Jo bedre et omstillingselement scorer på disse kriterier, jo mere attraktivt er det. En konkret vægtning er nødvendig, hvis der skal vælges mellem to omstillingselementer, som scorer højt på forskellige kriterier. I tilfælde hvor der ikke entydigt kan vælges mellem omstillingselementer, bringes yderligere et kriterium på banen, nemlig bidraget til målet for vedvarende energi i 2030. Bidrager et omstillingselement til at opfylde målet for vedvarende energi, bliver det alt andet lige også mere økonomisk attraktivt.

Klimarådet har i denne rapport analyseret 20 omstillingselementer. De er illustreret i figur 6.3, hvor hver cirkel markerer et omstillingselement. Størrelsen på cirklerne angiver omstillingselementernes reduktionspotentiale, mens placeringen af cirklerne på de to akser viser, hvordan omstillingselementerne scorer på de to dimensioner i punkt 2 ovenfor. Endelig illustrerer cirklernes farve, hvor meget omstillingselementerne bidrager til målet for vedvarende energi i 2030. Cirkelstørrelse, placering og farve er baseret på tabel 5.1.

Potentialerne for enkelte omstillingselementer vil i visse tilfælde overlape. Fx kan man både reducere udledningerne fra et naturgasopvarmet hus ved at energirenovere det og ved at udskifte naturgasfyret med en varmepumpe. Det konkrete potentiale kan kun tælle med én gang, og derfor er det vigtigt at modregne disse overlap, når omstillingselementerne sammensættes til pakker.

Syv omstillingselementer opfylder det centrale skøn for reduktionsbehovet

Klimarådet sammensætter som udgangspunkt en pakke af omstillingselementer, som betyder, at det centrale skøn for reduktionsbehovet opfyldes. Det sker på baggrund af figur 6.3, idet et omstillingselement, der i figuren er placeret højere og længere til højre end et andet, er mere attraktivt.

Klimarådets udvalgte pakke består af omstillingselementerne energirenovering af bygninger, individuelle varmepumper, energieffektivisering i produktionserhvervene, gas i tung transport, store varmepumper, solvarme og forsuring af gylle. For alle syvs vedkommende er der tale om billige eller meget billige omstillingselementer, og som alle enten i høj eller i nogen grad letter 2050-omstillingen. Nedenfor uddybes disse valg.

Pakken med de syv omstillingselementer reducerer samlet set udledningerne med i alt 9,8 mio. ton CO₂e fra 2021 til 2030 i forhold til udgangspunktet beskrevet i basisfremskrivningen. Der er visse overlap i potentialerne inden for opvarmning, hvorfor summen af de enkelte omstillingselementers potentialer skal reduceres med 0,3 mio. ton CO₂e for at finde det endelige, samlede potentiale. Der er naturligvis usikkerhed forbundet med vurderingen af elementernes potentiale, hvorfor man løbende bør vurdere, om vi er på rette vej mod at opfylde 2030-målet. Ligeledes kan andre omstillingselementer undervejs vise sig at blive mere attraktive, hvilket kan tilsige, at vi ændrer kurs.

Energirenovering scorer som eneste omstillingselement højeste karakter på begge kriterier i figur 6.3. Som beskrevet nærmere i appendiks, er der et vist



Bidraget til mål for vedvarende energi

- Meget
- Lidt
- Slet ikke

Cirkelstørrelse



Figur 6.3 Omstillingselementernes potentiale, omkostninger og 2050-perspektiv

Anm.: Placeringen af cirklerne inden for felterne har ikke betydning.

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

potentiale for at energirenovere en andel af den bygningsmasse, hvis varmforsyning ikke er kvoteomfattet, til en pris under den tilsvarende varmepris, og samtidig renoveres eksisterende byggeri så sjældent, at det er vigtigt i et 2050-perspektiv at renovere energirigtigt, når det endelig sker. Derfor skal energirenovering med i pakken af omstillingselementer.

Yderligere fem omstillingselementer scorer højeste karakter på ét kriterium og næsthøjeste karakter på det andet kriterium. Det drejer sig om produktionserhvervene, hvor der er et væsentligt potentiale for omkostningseffektive energieffektiviseringer, udskiftning af naturgas med varmepumper, solvarme i fjernvarmen og udskiftning af olie og naturgas med varmepumper i den individuelle opvarmning. I transporten er der et mindre potentiale for at skifte diesellastbiler ud med lastbiler, der kører på naturgas. Idet Klimarådet lægger vægt på omstillingselementer, der scorer højt på begge kriterier, kommer disse omstillingselementer med i den samlede anbefalede pakke.

Med disse nu i alt seks omstillingselementer, reduceres udledningerne i ikke-kvotesektoren med ca. 9,1 mio. ton CO₂e fra 2021 til 2030 i forhold til udledningsniveauet beskrevet i basisfremskrivningen, hvilket altså er lidt under det centrale skøn for reduktionsbehovet på 9,4 mio. ton CO₂e. Figur 6.3 peger på flere kandidater til at nå det sidste. I alt findes fire omstillingselementer, som enten scorer højeste karakter på ét kriterium i figur 6.3 og tredjehøjeste karakter på det andet kriterium, eller som scorer næsthøjeste karakter på begge kriterier. Ud af disse peger Klimarådet på forsuring af gylle, som begrænser den skadelige udledning af metan og lattergas fra gyllen. Dette valg skyldes, at skyggeprisen for forsuring kun lige akkurat er over nul, og elementet er dermed meget tæt på at havne i kategorien meget billigt.

Den præsenterede pakke er ikke den billigst mulige inden 2030. Fx er træpillefyr ikke medtaget selv om dette omstillingselement er i kategorien meget billigt. Det skyldes, at omstillingselementer som træpillefyr, der er blandt de billigste frem mod 2030, ikke nødvendigvis er det, når tidshorisonten er 2050, hvilket gør andre elementer mere relevante. Det betyder dog ikke, at den valgte pakke er specielt dyr i et 2030-perspektiv. Et groft prisoverslag viser, at der er en samfundsøkonomisk gevinst på lidt over 1 mia. kr. ved at realisere de syv omstillingselementer i pakken. Dette tal er naturligvis usikkert, ligesom det muligvis ikke indeholder samtlige omkostninger for borgere og virksomheder, som redegjort for i kapitel 4. Men ikke desto mindre giver tallet en god indikation af, at målet i 2030 kan opfyldes uden de store omkostninger, samtidig med at der opnås reduktioner, som også giver mening på den lange bane.

Der er basis for at realisere yderligere omstillingselementer

Det kan meget vel være fornuftigt at realisere omstillingselementer ud over dem, der skal til for at opfylde det centrale skøn for reduktionsbehovet i ikke-kvotesektoren. Diskussionen i afsnit 6.1 pegede på tre begrundelser for dette.

Særligt for tre af de omstillingselementer, som ikke er med i pakken nævnt ovenfor, er det en overvejelse værd, om også de bør søges realiseret. Det drejer sig om elbiler, træpillefyr og energipil, som i figur 6.5 alle scorer højeste karakter på det ene kriterium, men kun tredje højeste karakter på det andet kriterium. Af disse

Lastbiler på naturgas

Dette omstillingselement har den yderligere fordel, at det kan bane vej for øget anvendelse af biogas. Jo større biogasandel i naturgasnettet, jo mere potentiale vil overgang til gaslastbiler få.

tre finder Klimarådet dog kun anledning til at anbefale elbiler, som uddybet nedenfor.

Elbiler

I 2050 skal elbiler forstås bredt, idet biler på brændstoffer, der hovedsagligt produceres med el, også kan opfattes som elbiler. Det gælder fx brintbiler, når brinten er produceret med elektrolyse.

I 2050 skal den lette vejtransport være omstillet til vedvarende energi. Eldrift ser i stigende grad ud til at skulle være en afgørende del af denne omstilling, hvilket indebærer en omfattende udskiftning af Danmarks bilpark af benzin- og dieselmotorer. Denne omstilling kræver tilpasning, tilvænning og ny infrastruktur, og derfor kan den med fordel påbegyndes allerede inden 2030, selv om elbilen stadig er dyrere end dens konventionelle alternativ. Noget af omstillingen sker af sig selv i takt med billigere og bedre elbiler, men der kan stadig være gode grunde til, at man fra offentlig side skubber mere på, om end man ikke nødvendigvis behøver at stole efter så stort et potentiale, som omstillingselementet har i denne analyse. Derfor anbefaler Klimarådet, at der udbredes flere elbiler inden 2030, end hvad basisfremskrivningen forudsiger. Denne anbefaling ligger i tråd med Energikommisionen, som også slår til lyd for at promovere elbilen.

En billig måde at skaffe yderligere reduktioner på er via træpillefyr. Figur 6.3 angiver et pænt potentiale ved at udskifte de oliefyr, der ikke erstattes med varmepumper, til træpillefyr. Faktisk giver denne omstilling en samfundsøkonomisk gevinst, og det taler for at realisere dette omstillingselement selv uden klimahensyn. Men træpiller i den individuelle opvarmning peger ikke i retning af 2050 som forklaret i kapitel 4, da den individuelle opvarmning i højere grad skal baseres på varmepumper. Tillige er der uafklarede aspekter ved træpillerens faktiske klimaaftryk. På den baggrund finder Klimarådet ikke, at man fra offentlig side bør promovere træpillefyr mere, end det allerede gøres med fx afgiftsfritagelsen af biomasse.

Træpillerens klimaaftryk

Det er løbende genstand for stor debat, om biomasse som fx træpiller reelt er CO₂-neutralt. Det afhænger blandt andet af, hvilken type træ, der benyttes, og hvordan skovningen foregår.⁴

Dyrkning af energipil i stedet for fx korn er også samfundsøkonomisk meget billigt. Det skyldes især store sideeffekter fra blandt andet reduceret udvaskning af næringsstoffer til åer og vandløb. Men omstillingselementet peger kun i beskednen grad i retning af 2050, hvor forventningen er, at opvarmning kun i begrænset omfang skal være biomassebaseret, og hvor biomassen i højere grad skal være restprodukter og ikke egentlige energiafgrøder. Samtidig fortrænger energipil dyrkning af fødevarer, så hvis fødevarerproduktionen skal holdes uændret, vil ny jord skulle tages i brug med øgede udledninger til følge. Derfor mener Klimarådet ikke, at energipil skal støttes eksplicit af klimahensyn alene, men kun dyrkes, hvis det kan ske på markedsvilkår som øvrige afgrøder.

Yderligere tre omstillingselementer kan på sigt blive relevante. Disse omstillingselementer er gode at have i puljen af mulige tiltag, men Klimarådet finder ikke, at de på nuværende tidspunkt bør søges realiseret, med mindre Danmark ønsker at bidrage yderligere til den globale klimaindsats. Det drejer sig om følgende:

- Mere plantefedt i foderet til malkekvæg kan reducere køernes udledning af metan til en moderat samfundsøkonomisk omkostning.
- Erstatning af naturgas med biogas har et betydeligt potentiale og er en del af Klimarådets vision for 2050 som beskrevet i kapitel 4, hvorfor teknologien forsat bør være et fokuspunkt blandt andet i relation til forskning og udvikling. Men processen er stadig dyr med en pris på over 1.000 kr. pr. ton

CO₂e, hvorfor der i dag kun etableres biogas med betydelig støtte, og derfor bør der kun lægges væsentlig vægt på brug af denne teknologi inden 2030, hvis omkostningerne falder betydeligt.

- Mindre mælkekvægsbestand reducerer umiddelbart landbrugets udledninger, men risikerer at mindske erhvervets indtjening, hvilket har en omkostning for samfundet.

Opfyldelse udover 2030-målet bringer også LULUCF-tiltag i spil. Sådanne tiltag er ikke medtaget i denne rapport, da Danmark med den nuværende politik allerede ser ud til at bruge hele det tilladte bidrag fra LULUCF i opfyldelsen af 2030-målet, og dermed vil yderligere tiltag ikke kunne bidrage til målopfyldelsen. Ønsker man fra politisk side at bidrage mere til reduktioner, end hvad 2030-målet tilsiger, er det relevant også at se på tiltag som skovrejsning, udtagning af lavbundsjord og andre former for ændret arealanvendelse.

Endelig er der også mulighed for at købe andre landes udledningsrettigheder for ikke-kvotesektoren. Det er én af de tre fleksibilitetsmekanismer, der er nævnt i kapitel 2. Denne analyse viser, at det som udgangspunkt er overkommeligt for Danmark at opfylde reduktionsbehovet, men hvis behovet på sigt skulle vise sig at være større, kan vi komme i bekneb for billige og perspektivrige omstillings-elementer. I den situation – særligt hvis den opstår sent i målperioden – kan det være mest omkostningseffektivt at købe udledningsrettigheder fra andre lande. Man bør dog være påpasselig med denne mulighed, da det ikke kan udelukkes, at der opstår et overudbud af udledningsrettigheder i Europa, hvorved køb af en rettighed ikke nødvendigvis modsvarer af en reduktion i sælgerlandet.⁵ Samtidig letter indenlandske reduktioner Danmarks omstilling frem mod 2050, og derfor anbefaler Klimarådet, at vi i videst muligt omfang opfylder vores forpligtelser med indenlandske tiltag og ikke i udgangspunktet planlægger at købe andre landes udledningsrettigheder.

Klimarådet anbefaler i alt otte omstillingselementer

Samlet set anbefaler Klimarådet otte omstillingselementer som er oplyst i tabel 6.1. De syv øverste elementer i tabellen opfylder i sig selv det centrale skøn for reduktionsbehovet, mens det ottende – elbiler – er et yderligere fornuftigt omstillingselement.

Elbilernes potentiale frem mod 2030 er med 2,2 mio. ton CO₂e blandt de større, men omkostningerne er kategoriseret som medium. Da de syv første omstillings-elementer i tabel 6.1 tilsammen har potentiale til at nedbringe udledningerne med mere end det centrale skøn for reduktionsbehovet, kan det være fornuftigt kun at udnytte potentialet for elbiler delvist.

Elbilernes potentiale

Potentialet er beregnet ud fra en indfasning af 520.000 biler i 2030 sammenlignet med basisfremskrivningens ca. 120.000 elbiler svarende til 4 pct. af bilparken.

Tilsvarende vil de tilhørende virkemidler til en række af omstillingselementerne indebære omkostninger, der kan resultere i høje omkostninger for udnyttelse af de sidste dele af potentialet for nogle af de omstillings-elementer, der er kategoriseret som meget billige. Alt i alt taler dette for, at balancen mellem de forskellige omstillings-elementer i pakken må justeres frem mod 2030.

Fokusområder
Energikommisionen, hvis rapport udkom i april 2017, har lige som Klimarådet også energieffektivisering og elektrificering som særlige fokusområder.⁶

Omstillingselementerne i tabel 6.1 peger på en omstilling med fire fokusområder:

- Energibesparelser gennem bedre renoverede huse og mere energieffektive produktionserhverv
- Opvarmningen skal yderligere elektrificeres gennem varmepumper suppleret med solvarme
- Landbruget skal i stigende grad behandle husdyrgødningen – i første omgang ved at forsure gylle
- Indsatsen for at elektrificere vejtransporten skal forstærkes, og derudover bør man i den tunge transport fokusere på at erstatte med gas – i starten naturgas, men på sigt biogas.

Til slut i dette kapitel er disse fokusområder formuleret som egentlige anbefalinger.

Omstillingselementerne skal realiseres med virkemidler

Det kræver konkret politik at realisere de omstillingselementer, der er udvalgt i tabel 6.1. Klimarådet har med forslaget til omstillingselementer peget på, hvilken retning omstillingen bør tage mod 2030. Dernæst er det op til regeringen og Folketinget i de kommende forhandlinger om en klimaplan i efteråret 2017 at beslutte, hvilke politiske virkemidler der kan bringe Danmark i den angivne retning.

Generelt søger de forskellige omstillingselementer at fortrænge drivhusgasser. Derfor er det mest umiddelbare virkemiddel at lægge en generel afgift på drivhusgasser. Man bør forfølge denne mulighed så meget som muligt, men som kapitel 4 beskriver, er der forhold, som i praksis kan umuliggøre en generel drivhusafgift. Derfor er man ofte nødsaget til at bruge mere specifikke virkemidler for at realisere de ønskede reduktioner i udledningerne. Nedenfor diskuteres mulige specifikke virkemidler.

Varmepumper er samfundsøkonomisk en attraktiv teknologi, men lider under en relativ stor afgiftsbelastning, da den anvendte elektricitet pålægges en høj elafgift af andre hensyn. Derfor kan lavere elafgifter på el til opvarmning hjælpe varmepumperne på vej, både i den individuelle opvarmning og i fjernvarmen. Klimarådet har tidligere anbefalet, at afgiften på el til opvarmning sættes ned,⁷ ligesom Det Miljøøkonomiske Råd i sin seneste rapport anbefaler at sænke elafgiften,⁸ hvilket også er en anbefaling hos Energikommisionen.

Det er generelt svært at få husejere til at energirenovere deres huse, selv om det på papiret er en god forretning. Derfor står de gode virkemidler heller ikke i kø. En mulighed er at fortsætte Boligjobordningen efter 2017, der i sin nuværende udformning netop har fokus på grønne forbedringer, ligesom man kan stramme bygningsreglementets krav til energiforbedringer ved renovering. En anden mulighed er at ændre fjernvarmeværkeres opkrævningsmetode, så den faste del af betalingen kommer til at udgøre en mindre del af regningen. Herved vil energibesparelser få større betydning for varmeregningen i fjernvarmeområder. Man bør dog være opmærksom på risikoen for, at det valgte virkemiddel også gennemtvinger energirenoveringer, der ikke er samfundsøkonomisk fornuftige, og som dermed øger omkostningsselementets omkostninger pr. ton CO₂e i praksis.

Boligjobordningen

Kaldes også håndværkerfradraget og giver mulighed for at fradrage lønudgifter ved en lang række energiforbedringer af boligen som fx isolering og udskiftning af tag, udskiftning af vinduer og døre, isolering af ydervægge m.v.

Omstillingselement	Potentiale	Samfundsøkonomisk omkostning	Letter omstillingen frem mod 2050
Energirenovering af bygninger	1,4 mio. ton CO ₂ e	Meget billigt	I høj grad
Individuelle varmepumper	3,3 mio. ton CO ₂ e	Meget billigt	I nogen grad
Energieffektivisering i produktionserhvervene	2,6 mio. ton CO ₂ e	Meget billigt	I nogen grad
Gas i tung transport	0,2 mio. ton CO ₂ e	Meget billigt	I nogen grad
Store varmepumper	0,9 mio. ton CO ₂ e	Billigt	I høj grad
Solvarme	0,8 mio. ton CO ₂ e	Billigt	I høj grad
Forsuring af gylle	1,0 mio. ton CO ₂ e	Billigt	I nogen grad
Elbiler	2,2 mio. ton CO ₂ e	Medium	I høj grad
Overlap	-0,3 mio. ton CO ₂ e		
I alt	12,0 mio. ton CO₂e		

Tabel 6.1 Omstillingselementer Klimarådet lægger vægt på frem mod 2030

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

Energieffektiviseringer i produktionserhvervene kan fremmes ved at give tilskud til energibesparende tiltag i fremstillingsvirksomheder. Et sådan tiltag kan fx udformes som foreslået i *Virkemiddelkataloget*, hvor der etableres en tilskudspulje på 100 mio. kr. årligt over fem år.⁹ Dertil kan lægges krav om energisyn og energiledelse i flere virksomheder, end minimumskravet er i EU's energieffektiviseringsdirektiv. Dette direktiv fra 2012 stiller krav om, at store virksomheder skal foretage et energisyn hvert fjerde år.

Gas i den tunge transport er i Danmark langt mindre udbredt end i vores nabolande, og det kan til dels forklares med afgiftsforskellen på de konkurrerende brændsler. Derfor er et muligt virkemiddel at give gaslastbiler en afgiftsrabat eller et tilskud, eventuelt i en indledende fase. En anden mulighed er fra offentlig side at støtte udbredelsen af gastankstationer. Endelig kan man fra kommunal side stille krav om, at fx skraldebiler skal køre på gas.

Lige nu er der ingen umiddelbare regulatoriske barrierer, der hindrer udbredelse af solvarme. Af samme årsag forudser basisfremskrivningen også, at solvarme vinder frem inden 2030. Ønsker man fra politisk side at udbrede solvarme endnu mere, er det vigtigt at sikre, at konkurrerende brændsler i varmforsyningen pålægges afgifter svarende til deres CO₂-aftryk. Man kan derfor overveje at hæve CO₂-afgiften på blandt andet naturgas. En anden mulighed, som benyttes i dag, er at stille krav til energiselskaberne om at medvirke til energibesparelser, hvilket også indbefatter solvarme til og med 2018.¹¹ Denne frist kan forlænges, hvis solvarme skal promoveres yderligere.

Skraldebiler

Pr. 1. maj 2016 kørte 82 pct. af de københavnske skraldebiler på naturgas eller biogas.¹⁰

Bedriftsregnskab

Klimarådets forslag til et bedriftsregnskab beregner udledningen på den enkelte landbrugsbedrift fra metan fra fordøjelsen, metan fra gylle- og gødningshåndtering, lattergas fra gylle- og gødningshåndtering, lattergas fra jorden og CO₂ fra fossile brændsler. Ved at kende de specifikke udledninger kan den enkelte landmand selv foretage de disponeringer, der passer bedst.

Forsuring af gylle i landbruget sker ikke af sig selv og kræver derfor, at landmændene fx mødes af et krav om forsøringsanlæg ved etablering af nye stalde, at der lægges afgift på ubehandlet husdyrgødning, eller at der gives tilskud til behandlingen. Forsuring er, når der ses bort fra sideeffekter, en økonomisk byrde for samfundet, og valget af virkemiddel bestemmer, hvem der skal bære denne byrde. Klimarådet har tidligere anbefalet, at der etableres bedriftsregnskaber for landbrugets drivhusgasudledninger.¹² Optimalt set skal sådanne regnskaber bruges til at lave teknologineutral regulering, og den enkelte landmand vil da vælge forsuring, hvis det er det mest omkostningseffektive tiltag for netop hans eller hendes bedrift. Bedriftsregnskaber kræver dog stadig et vist udviklingsarbejde, så på kortere sigt er det mest hensigtsmæssigt med virkemidler, som specifikt sikrer, at gyllen forsures. Det er dog vigtigt, at døren også holdes åben for andre former for behandling af husdyrgødning, fx bioforgasning, når disse bliver konkurrencedygtige.

Udbredelsen af elbiler er påvirket af afgifter. Elbiler er dyre i anskaffelse, men billige i løbende drift, og derfor har elbiler været særligt hårdt ramt af den danske bilbeskatning, hvor især købet af bilen pålægges en høj afgift, som afhænger af bilens pris. Klimarådet har tidligere anbefalet, at man fritager prisen på batteriet for registreringsafgift med henblik på at skabe en større udbredelse af elbiler,¹³ og Folketinget har netop i april 2017 vedtaget et sådant fradrag.¹⁴ Fradraget løber dog kun til og med 2021, og man bør i god tid inden udløbet vurdere, om det bør forlænges for at skabe stabile fremtidige rammer om elbilmarkedet, der kan sikre en fortsat vækst i elbilernes andel af nybilsalget frem mod 2030.

Ønsker man en endnu større reduktion i ikke-kvotesektoren skal flere omstillingselementer og dermed flere virkemidler i spil. Træpillefyrrer kan udbredes yderligere med fx statsgaranterede lånemuligheder for husejerne. Hvis landmændene skal dyrke mere energipil, er tilskud, som tidligere har været anvendt, ét af flere mulige virkemidler, mens mere plante-fedt i foderet ligeledes kan promoveres med et tilskud. Biogas, som endnu er dyrere end alternative energiformer, beror også på tilskud for at være økonomisk attraktivt. Endelig kan produktion af malkekvæg bringes ned ved at skærpe kravene i husdyrreguleringen. På landbrugsområdet vil et velfungerende bedriftsregnskab med tilhørende økonomiske incitament i form af teknologineutrale afgifter eller tilskud dog være det mest hensigtsmæssige virkemiddel.

Til slut skal det erkendes, at en række af de eksempler på virkemidler, som diskuteres i dette kapitel, indebærer en økonomisk omkostning, som ikke er inddraget i analysen. Hvor et omstillingselement fremmes gennem tilskud eller afgiftsreduktioner, bliver den negative eksternalitet, som omkostningselementet er rettet mod, ikke ordentligt prissat. Samtidig skal omkostningerne ved at give tilskud eller reducere afgifter finansieres via de offentlige finanser, og det kan indebære højere skatter med forvridende effekter. Det er derfor værd at overveje i de konkrete tilfælde, om omkostningselementer kan fremmes gennem virkemidler, der i højere grad indebærer en prissætning af eksternaliteter, så man dermed opnår et provenu for de offentlige kasser.

Danmark bør ikke bruge kvoter til at opfylde ikke-kvotesektormålet

EU-Kommissionen har foreslået, at Danmark og en lille håndfuld andre lande

Negativ eksternalitet

En negativ eksternalitet, som også kaldes en negativ skadesomkostning, opstår, når en husholdning eller virksomhed udfører en aktivitet, der påfører andre aktører et tab af velfærd eller indtjeningmuligheder, uden at de kompenseres for det. På klimaområdet består den negative eksternalitet i, at udledning af drivhusgasser påfører resten af verdens befolkning klimaskader.

kan bruge kvoter fra kvotesystemet til at opfylde målet i ikke-kvotesektoren. Hvis reduktioner i kvotesystemet som værdisat ved kvoteprisen er billigere end reduktioner i ikke-kvotesektoren, er hensigten, at reduktionerne bør finde sted i kvotesektoren, hvis køb af en kvote rent faktisk betyder reelle reduktioner.

Danmark har mulighed for at købe og annullere kvoter svarende til i alt ca. 8 mio. ton CO₂. På den måde kan næsten hele det centrale skøn for reduktionsbehovet dækkes af kvoter. Beslutningen om, hvorvidt – og i hvilket omfang – vi vil benytte os af fleksibilitetsmekanismen i målopfyldelsen skal træffes inden udgangen af 2019. Det er altså ikke muligt at afvente udviklingen og så købe kvoter, når vi nærmer os 2030, hvis målet ikke ser ud til at blive nået ved indenlandske tiltag.

Klimarådet har tidligere analyseret effekten af kvoteannullering. Analysen viser, at det stort set ikke reducerer de samlede udledninger i kvotesektoren inden 2030, hvis man tager udgangspunkt i de nuværende regler for kvotesystemet.¹⁵ Som figur 6.4 illustrerer, er det først omkring 2050, at der sker væsentlige reduktioner i udledningerne, og man skal vente helt til 2090'erne, før de samlede reduktioner over alle år svarer til den oprindelige kvoteannullering. Faktisk er reduktionen i 2090'erne højst tvivlsom, da man sagtens kan forestille sig, at de vedvarende teknologier på det tidspunkt er blevet så konkurrencedygtige, at der slet ikke udledes CO₂ mere, og så har en kvote fra eller til ingen betydning.

Konklusionen bygger især på to forhold. For det første er kvotesystemet i dag hæmmet af et betydeligt kvoteoverskud svarende til ca. et helt års forbrug af kvoter. Det betyder, at en dansk kvoteannullering blot mindsker dette kvoteoverskud en smule, men uden rigtigt at skabe reel knaphed på markedet. Hvis man imidlertid fra EU's side formår at reformere kvotesystemet, så overskuddet bringes ned, vil en dansk kvoteannullering også have større effekt. For det andet har man indført en kvotereserve, hvori kvoter gemmes, når der er et stort overskud. Det betyder, at en dansk kvoteannullering blot medfører, at der gemmes lidt færre kvoter i denne reserve. Klimarådets simuleringer peger på, at reserven først vil være tom sidst i dette århundrede, og derfor vil en dansk kvoteannullering først rigtigt få betydning for udledningerne på dette sene tidspunkt, hvis overhovedet.

Brug af kvoter til at opfylde målet i ikke-kvotesektoren har altså ikke den store klimateffekt på kort og mellemlangt sigt og muligvis heller ikke på langt sigt. Men derfor kan det stadig være en attraktiv mulighed, hvis indenlandske tiltag i ikke-kvotesektoren viser sig meget dyre. På den måde giver fleksibilitetsmekanismen mulighed for at udskyde omstillingen til senere, hvor de indenlandske tiltag forhåbentligt er faldet i pris.

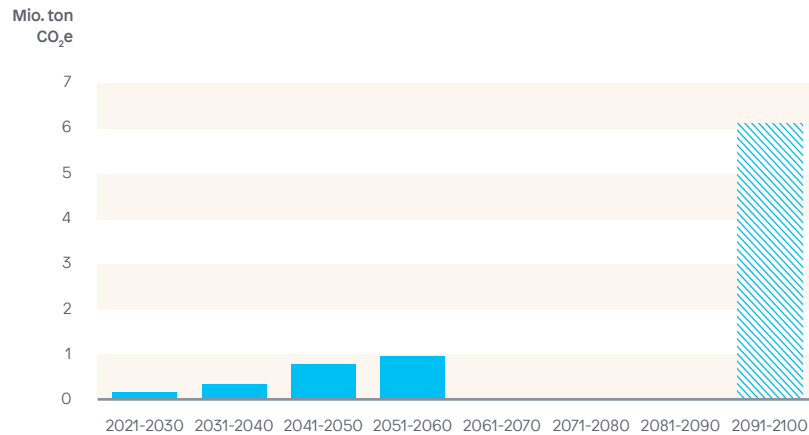
Energistyrelsen forventer i sit middelskøn, at en kvote i gennemsnit koster 88 kr. i perioden fra 2021 til 2030,¹⁶ og dermed ligger kvotemuligheden i priskategorien *billigt*. Kun to omstillingselementer af de første syv i tabel 6.1, som i sig selv opfylder 2030-målet, nemlig store varmepumper og solvarme, er dyrere med en pris på ca. 260-270 kr. pr. ton CO₂. Priserne viser, at det er muligt at sænke den samlede regning for målopfyldelsen ved at bruge kvoter, men at besparelsen er i omegnen af 300 mio. kr. samlet set over den 10-årige periode, hvilket må siges at være beskedent, når størrelsen af omstillingen tages i betragt-

Fleksibilitetsmekanisme

EU-kommissionen har foreslået tre muligheder for fleksibilitet: 1) Brug af kvoter fra kvotesystemet, 2) køb af udledningsrettigheder til ikke-kvotesektoren fra andre lande, og 3) medregning af bidrag fra LULUCF. Mekanismerne er nærmere beskrevet i kapitel 2.

Kvotoverskud

Med kvoteoverskud forstås forskellen mellem antallet af kvoter, der er udstedt siden kvotesystemets start i 2008, og antallet af indløste kvoter også siden 2008.



Figur 6.4 Reduktion af udledninger i kvotesektoren ved dansk kvoteannullering

Anm.: Figuren viser effekten på de europæiske udledninger af, at Danmark annullerer i alt 8 mio. kvoter jævnt fordelt fra 2021 til 2030. Den skraverede søjle angiver, at denne reduktion er særdeles usikker.

Kilde: Egne beregninger.

ning. Og faktisk er det muligt at sammensætte en pakke af omstillingselementer, hvis man kun fokuserer på prisen indtil 2030, som er billigere end kvotekøb.

Hvis brug af kvoter skulle have sin egen cirkel i figur 6.3, ville den som nævnt skulle ligge i priskategorien *billigt*. Men brug af kvoter udskyder blot omstillingen mod 2050, så cirklen ville være at finde i figurens nederste række sammen med omstillingselementer, der i *ringe grad* letter omstillingen mod 2050. Denne placering viser meget tydeligt, at brug af kvoter – såfremt dette talte med som et omstillingselement – ikke kan komme i betragtning til den valgte pakke. Og endelig ville figuren ikke kunne forklare, at klimaeffekten ved kvoteannullering er begrænset på kort sigt. Derfor anbefaler Klimarådet, at Danmark afstår fra at benytte fleksibilitetsmekanismen for brug af kvoter med mindre kvotesystemet reformeres på en måde, så kvoteoverskuddet nedbringes markant.

Til slut er det værd at huske, at brug af kvoter kun er aktuelt, hvis Danmark ikke ønsker at reducere mere i ikke-kvotesektoren, end 2030-målet kræver. Har vi derimod planer om at omstille mere inden 2030, end vi har forpligtet os til, er der ingen grund til at overveje at købe kvoter.

” I 2050 skal den lette vejtransport være omstillet til vedvarende energi. Eldrift ser i stigende grad ud til at skulle være en afgørende del af denne omstilling, hvilket indebærer en omfattende udskiftning af Danmarks bilpark af benzin- og dieselmotorer.

6.3 Konklusioner og anbefalinger

Dette kapitel har undersøgt reduktionsbehovet i ikke-kvotesektoren, og hvordan man mest hensigtsmæssigt kan opfylde det. Kapitlet har også diskuteret, om man bør stræbe efter en endnu større reduktion, end ikke-kvotesektormålet tilsiger. Konklusionerne er som følger:

- Energistyrelsens centrale skøn for reduktionsbehovet inden 2030 er 9,4 mio. ton CO₂e, men der er væsentlig usikkerhed om dette tal. Energistyrelsen opererer således med et lavt skøn på 2,4 mio. ton CO₂e og et højt skøn på 19,4 mio. ton CO₂e.
- Klimarådet har i første omgang sammensat en pakke af syv omstillingselementer, der opfylder reduktionsbehovet. Omstillingselementerne er valgt ud fra deres samfundsøkonomiske omkostninger, og om de letter omstillingen mod 2050. Pakken består af energirenovering af bygningsmassen, individuelle varmepumper, store varmepumper i fjernvarmen, energieffektivisering i produktionserhvervene, solvarme, gas i tung transport og forsuring af gylle.
- Et groft overslag viser, at pakken vil give samfundet en gevinst på lidt over 1 mia. kr. i alt over de 10 år fra 2021 til 2030. Det er naturligvis usikkert, om der ligefrem vil være en samfundsøkonomisk gevinst ved at realisere omstillingselementerne, men tallet viser, at omstillingen i hvert fald kan gennemføres uden nævneværdige omkostninger for samfundet.
- Der er tre grunde til at overveje at stille efter en større reduktion end det centrale skøn: 1) At reduktionsbehovet kan vise sig at være større end det centrale skøn, 2) at en omkostningseffektiv omstilling mod et lavemissionssamfund i 2050 kræver, at vi allerede tager fat inden 2030, og 3) at EU's og dermed Danmarks klimamål er utilstrækkelige bidrag til at holde den globale temperaturstigning under to grader, hvorfor der er forventning om, at EU vil skærpe sine klimamål.

- Hvis man ønsker en større reduktion end Energistyrelsens centrale skøn for reduktionsbehovet, er de mest oplagte kandidater omstillingselementer som elbiler, træpillefyr og energipil. Af disse finder Klimarådet, at der er mest perspektiv i elbiler, som dermed bliver et ottende omstillingselement i Klimarådets pakke.
- Omstillingselementerne skal realiseres med virkemidler. Klimarådet har tidligere anbefalet at sænke afgiften på el til opvarmning, basere regulering af landbrugets drivhusgasudledning på et bedriftsregnskab og lempe registreringsafgiften for elbiler, hvor sidstnævnte anbefaling for nyligt er blevet fulgt af Folketinget.
- Det er muligt at købe andre landes udledningsrettigheder eller bruge kvoter til at opfylde målet i ikke-kvotesektoren. Ved at bruge kvoter kan målet opfyldes en smule billigere, men en dansk kvoteannullering har ikke den store klimaeffekt på kort og mellemlangt sigt.

På baggrund af analysen i dette kapitel er Klimarådets anbefalinger:

- Danmark bør sigte mod en større reduktion af udledningen af drivhusgasser i ikke-kvotesektoren end det, der svarer til Energistyrelsens centrale skøn for reduktionsbehovet. En større reduktion vil mindske behovet for et opskruet tempo i Danmarks grønne omstilling efter 2030. En større reduktion vil også være udtryk for rettidig omhu i den sandsynlige situation, hvor EU skærper sine klimamål frem mod 2050 som led i opfyldelsen af Parisaftalen. Et forsigtighedsprincip tilsiger ligeledes en større reduktion, da reduktionsbehovet kan vise sig større end Energistyrelsens skøn.

- I den ikke-kvotefremfattede del af energiområdet bør Danmark mod 2030 satse på øget udbredelse af varmepumper suppleret med solvarme. Samtidig bør vi fokusere på omkostningseffektive energibesparelser i bygningsmassen og i produktionserhvervene.

- I transporten bør vi påbegynde omstillingen til elektrificeret vejpersontransport i form af elbiler, mens gas bør introduceres som alternativt drivmiddel til lastbiler.

- I landbruget bør omstillingen i første omgang have fokus på behandling af husdyrgødning. Her er flere teknologier relevante, men forsuring synes lige nu at være det samfundsøkonomisk mest attraktive tiltag.

- Danmark bør i videst muligt omfang opfylde målet i ikke-kvotesektoren ved indenlandske reduktioner og kun købe udledningsrettigheder i andre lande, hvis det mod slutningen af målperioden viser sig, at vi ikke har reduceret nok, og under forudsætning af, at købet af udledningsrettigheden modsvares af dokumenterede reduktioner i sælgerlandet.

- Danmark bør ikke benytte muligheden for at bruge kvoter fra kvotesystemet til at opfylde målet i ikke-kvotesektoren, med mindre der inden udgangen af 2019, hvor beslutningen om brug af kvoter skal tages, gennemføres en reform af kvotesystemet, så det store kvoteoverskud nedbringes markant.



• • • • •

• • •

Appendiks

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

Beskrivelse af omstillingselementer

I dette appendiks beskrives nedenstående liste med omstillingselementer uddybende:

Transport

- A.1 Mindre vejtransport
- A.2 Kollektiv transport
- A.3 Mere brændstoføkonomiske biler
- A.4 Flydende biobrændstoffer
- A.5 Elbiler
- A.6 Elbusser
- A.7 Gas i tung transport
- A.8 Elektrificering af jernbanen

Landbrug

- A.9 Plantefedt til malkekvæg
- A.10 Mindre malkekvægsbestand
- A.11 Forsuring af gylle
- A.12 Energipil
- A.13 Græsarealer

Opvarmning

- A.14 Individuelle varmepumper
- A.15 Træpillefyr
- A.16 Store varmepumper
- A.17 Solvarme
- A.18 Biogas i naturgasnettet
- A.19 Energirenovering af bygninger

Produktionserhverv

- A.20 Energieffektivisering i produktionserhvervene

A.1 Mindre vejtransport

Vejtransporten ventes at blive øget de kommende år, men udledningerne frem til 2030 kan reduceres markant, hvis man kan begrænse denne vækst i kørslen. Der er dog desværre mangel på gode virkemidler, som kan gøre det omkostningseffektivt. Billister er generelt villige til at betale meget for at køre i bil, hvorfor det er samfundsøkonomisk dyrt at reducere kørslen.

Beskrivelse

Den lette vejtransport, som især består af personbiler, står for 30 pct. af udledningerne i ikke-kvotesektoren. Tiltag, der retter sig mod denne udledning, har derfor et stort potentiale ved selv relativt små reduktioner i kørslen.

Antallet af kørte km behøver ikke at blive reduceret i forhold til i dag for at opnå en betydelig effekt. Det er nok at reducere væksten i kørslen, da Energistyrelsen forventer en stigning i kørslen frem mod 2030. Stigningen skyldes en kombination af forventet økonomisk vækst, som historisk set øger befolkningens efterspørgsel efter transport, og forbedret vejinfrastruktur, hvilket ligeledes øger efterspørgslen, fordi bilkørsel alt andet lige bliver en hurtigere transportform i forhold til alternative transportformer.

Stigning i kørslen

Energistyrelsen forventer en stigning i antal kørte km på 1,73 pct. om året i perioden 2010-2020 og 1,66 pct. om året i perioden 2020-2030.

Potentiale

Reduceret vækst i kørslen har et stort reduktionspotentiale. Tre simple scenarier kan illustrere, hvor stort potentialet er, hvis man kan reducere væksten i kørselsomfanget.

- *Nulvækst fra 2020:* Hvis antal kørte km topper i 2020 og derefter forbliver stabilt, vil Danmark kunne spare ca. 7,4 mio. ton CO₂ i forhold til den forventede udledning over perioden 2021-2030. Det svarer til 9 pct. reduktion. Det ville alene kunne opfylde næsten hele det centrale skøn for reduktionsbehovet for at opfylde 2030-målet.
- *Forhøjet brændstofafgift:* Hvis afgiften forhøjes med 40 øre pr. liter fra dagens afgift på 4,59 kr. pr. liter benzin¹ og 3,14 kr. pr. liter diesel,² reduceres brændstofforbruget med 1,6 pct., viser beregninger fra Skatteministeriet.³ Det giver en besparelse på 1,4 mio. ton CO₂ over perioden 2021-2030. Der vil derudover også være en CO₂-reduktion som følge af, at der vil være en øget import af brændstof via grænsehandel.
- *Vejbenyttelsesafgift:* En afgift på benyttelse af vejene kan reducere CO₂ med 3 pct. i forhold til det forventede.⁴ CO₂-udledningerne vil falde med ca. 2,6 mio. ton CO₂ over perioden 2021-2030.

I ovenstående beregninger er det antaget, at iblandingen af biobrændstof i benzin og diesel samt udbredelsen af elbiler følger basisfremskrivningen fra 2017. Ligeledes er der indregnet, at bilerne bliver mere effektive frem til 2025, hvorefter effektiviteten i bilerne holdes konstant.⁵

Potentialet for dette omstillingselement afhænger i høj grad af virkemidlet. Her tages det laveste af de tre ovenstående bud, som fremkommer ved forhøjet brændstofafgift. Potentialet er derfor 1,4 mio. ton CO₂.

Samfundsøkonomiske omkostninger

Det er dyrt, hvis man vil have folk til at køre mindre i bil. Det viser beregninger fra Virkemiddelkataloget, som har beregnet de samfundsøkonomiske omkostninger ved en forhøjelse af brændstofafgiften på 40 øre som i eksemplet ovenfor. Prisen pr. ton reduceret CO₂ er ca. 2.600 kr. Her er medtaget den udledningsreduktion, som skyldes, at en del af CO₂-udledningen overføres til udlandet gennem grænsehandel samt gevinsterne fra sideeffekter i form af nedsat luftforurening, færre tilskadekomne i trafikken og mindre støj og trængsel. Hvis man kun kigger på de indenlandske reduktioner, er prisen 9.600 kr. pr. ton CO₂. Under alle omstændigheder er de samfundsøkonomiske omkostninger meget høje. Virkemiddelkataloget kigger også på afskaffelse af befordringsfradraget og indførelse af en generel vejbenyttelsesafgift. I begge tilfælde er de samfundsøkonomiske omkostninger på over 4.000 kr. pr. ton CO₂.

Grænsehandel

Danmarks udledninger fra transport udregnes på baggrund af salget af brændstof i Danmark. Brændstof købt i fx Sverige, men brugt i Danmark, tilskrives Sveriges udledninger. Øget grænsehandel, hvor danskerne køber brændstof i udlandet, reducerer derfor Danmarks CO₂-udledninger.

De høje omkostninger ved reduktion af kørselsomfanget ved hjælp af højere afgifter hænger grundlæggende sammen med, at den samlede afgift pr. kilometer på bilkørsel er højere end de gennemsnitlige eksterne omkostninger pr. kilometer. For specifikke steder forholder det sig anderledes, fx har kørsel i byer med tæt trafik meget høje eksternaliteter i form af luftforurening, støj, trafikuheld og især tidstabet forbundet med trængsel. Hvis man med målrettede afgifter i form af vejbenyttelsesafgifter, der afhænger af tid og sted, kan øge afgiften specifikt på denne del af kørslen, kan man opnå CO₂-reduktioner med negative samfundsøkonomiske omkostninger pr. ton. Både COWI og Trængselskommissionen har kigget på sådanne målrettede vejbenyttelsesafgifter og fundet dem samfundsøkonomisk gavnlige.⁶

Der er dog problemer med vejbenyttelsesafgifter. Der er endnu ikke nogen lande eller byer, der har implementeret et vejbenyttelsesafgiftssystem i fuld skala, hvor afgiften kan differentieres efter hvornår og på hvilken vej, man kører. Danmark skulle i givet fald derfor være det første land og derfor også drive teknologiudviklingen på området. Belært af erfaringen med andre store IT-projekter i offentligt regi vil det medføre betydelige risici i forhold til funktionalitet, tidsplan og overholdelse af budget.

Baseret på ovenstående er de samfundsøkonomiske omkostninger vurderet til *meget dyre*.

Alle de ovenstående analyser viser, at der er *positive* sideeffekter forbundet med mindre vejtransport. Mindre kørsel vil overordnet set nedsætte støj, luftforurening, trafikuheld og trængsel. En differentieret vejbenyttelsesafgift kan reducere sideeffekterne mest.

2050-perspektiv

Et lavemissionssamfund i 2050 forudsætter, at det meste af transporten foregår med vedvarende energi. Indtil bilparken er omstillet til vedvarende energi, vil en reduktion af kørslen spare klimaet for store mængder CO₂. Derudover vil et

mindre kørselsbehov hjælpe omstillingen til vedvarende energi i transporten: Jo lavere kørsel, jo mindre vedvarende energi skal der fx produceres til elbiler. Det nedsætter behovet for vindmøller, solceller og anden vedvarende energi. Ligeledes vil det kræve færre nuludslipbiler, jo mindre der bliver kørt. Derfor kan en permanent reduktion af kørselsomfanget lette omstillingen mod 2050 ved at give en lavere og dermed mere overkommelig omstillingstakt til vedvarende energi generelt. Dertil kommer, at der vil være en vis tilvænnning til et samfund med mindre eller anderledes mobilitet, end den nuværende udvikling tyder på. Denne tilvænnning vil tage tid, men det er ikke givet, at processen bør påbegyndes allerede inden 2030. Mindre vejtransport er dog ikke en nødvendighed for at opnå et lavemissionsamfund eftersom alle personbiler skal være nuludslipbiler på sigt.

Derfor vurderes omstillingselementet i *nogen grad* at hjælpe på 2050-målsætningen.

Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

Mindre vejtransport vil bidrage *lidt* til målet for vedvarende energi. Det skyldes, at det totale energiforbrug sættes ned. Så længe denne energi hovedsageligt er fossil, vil det totale energiforbrug reduceres mere end forbruget af vedvarende energi. Det vil derfor kræve mindre vedvarende energi at dække 50 pct. af det totale energiforbrug.

Virkemidler

Der er som allerede nævnt en række virkemidler, der kan reducere kørselsomfanget på de danske veje. Det gælder fx forhøjet brændstofafgift, som er det mest direkte virkemiddel til at ramme vejtransportens udledninger, idet man beskatter det forbrug, man vil have reduceret. Afskaffelse af fradrag samt vejbenyttelsesafgift er direkte virkemidler i forhold til at reducere kørslen, men indirekte virkemidler i forhold til udledningerne. Man kan også gøre det dyrere at anskaffe en bil og på den måde reducere kørslen.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	1,4 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Meget dyrt
- heraf sideeffekter	Positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I nogen grad
Bidraget til målet for vedvarende energi i 2030	Lidt

Tabel A.1 Vurdering af omstillingselementet mindre vejtransport

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.2 Kollektiv transport

Kollektiv transport kan transportere mange mennesker med mindre energi og færre køretøjer end privatbilisme. Hvis man kan få bilister over i den kollektive transport, er der et potentiale for at reducere transportens CO₂-udledning. Det har dog vist sig at være meget svært at flytte bilisterne, hvorfor det realistiske potentiale er lille og omkostningerne høje.

Beskrivelse

Kollektiv transport har en række fordele sammenlignet med privat transport. Kollektiv transport er effektiv i forhold til både energiforbrug og kapacitetsudnyttelse af infrastrukturen, når mange mennesker skal transporteres ad de samme ruter. Med en rimelig belægningsgrad medfører kollektiv transport lavere trængsel, mindre lokal forurening og reduceret CO₂-udslip pr. personkilometer end privat transport i bil.

Personkilometer

Dette tal angiver, hvor mange personer der er flyttet hvor mange km. En bil, der kører 10 km med 3 personer, har kørt 30 personkilometer. Personkilometer er en måde at angive, hvor meget transport der er sket eller behov for.

Potentiale

Jo flere bilister man kan få til i stedet at benytte kollektiv transport, jo lavere bliver den samlede CO₂-udledning. En stor reduktion af personbilernes CO₂-udledning vil imidlertid kræve en meget stor procentvis stigning i den kollektive trafik. Det bygger på, at bilerne står for knap seks gange så stor en andel af persontransportarbejdet som den kollektive transport.

Endvidere er det vanskeligt at anvise effektive virkemidler, der kan flytte bilister over i den kollektive transport i stort omfang. Forskellige trafikmodelberegninger har vist, at det i praksis er meget vanskeligt at gøre den kollektive transport så konkurrencedygtig, at en væsentlig andel af bilisterne vælger at skifte transportform. *Landstrafikmodellen*, som udregner effekten af transporttiltag, viser, at generelle, markante forbedringer af servicen i form af 10 pct. kortere rejsetid eller en generel sænkning af taksterne med 10 pct. vil give 6 pct. flere ture i den kollektive transport. Men af disse nye ture vil kun ca. hver sjette være en person, der før var bilfører, mens de øvrige vil være cyklister, fodgængere og bilpassagerer samt nye ture. Antallet af bilture vil falde med 0,3 pct.⁷

Man kan også målrette indsatsen i den kollektive trafik mod de mest relevante strækninger. I en rapport udarbejdet for Region Hovedstaden konkluderes det, at med en stor og målrettet satsning kan antallet af ture i den kollektive trafik øges med 24 pct. i regionen fra 2009 til 2018 sammenlignet med en stigning på 6 pct. stigning uden satsningen. Antallet af bilture kan mindskes med 3 pct. i regionen.⁸

CO₂-udledningerne kan på den anden side også stige ved en udbygning af den kollektive transport. Med fx nye og flere busafgange øges udledningen, og hvis antallet af færre biler ikke kompenserer for den øgede CO₂-udledning fra busserne, vil de samlede udledninger stige. Trængselskommissionen konkluderede i deres rapport, at et sådant scenarie ikke er usandsynligt.⁹

På baggrund af ovenstående vurderes den kollektive transports potentiale, set i forhold til 2030-målet, at være lille, om end Klimarådet i denne analyse ikke sætter konkrete tal på potentialet.

Samfundsøkonomiske omkostninger

Såfremt der overhovedet kan opnås en CO₂-reduktion med promovning af kollektiv transport, vil prisen højst sandsynligt være meget høj, også selvom der er positive sideeffekter i form af mindre trængsel og mindre luftforurening.

Generelt betaler det sig for samfundet at støtte kollektiv transport, da den samfundsøkonomisk optimale mængde kollektiv transport overstiger den mængde kollektive transport, der vil blive udbudt uden tilskud. De Økonomiske Råd har analyseret det nuværende tilskud i Storkøbenhavn og fundet, at det generelt set matcher de samfundsøkonomiske fordele, der er ved kollektiv transport, meget godt. Kun uden for myldretiden er der en samfundsøkonomisk gevinst ved at have flere afgangene.¹⁰

Region Hovedstaden har ikke regnet på omkostninger ved deres strategi som nævnt ovenfor. Flere af tiltagene er dog forbundet med store udgifter, fx sænkning af billetpriserne med 25 pct., 33 pct. mere kørsel med A-bus, S-bus, S-tog og regionaltoget samt andre tiltag. Det samme gør sig gældende for Trængselskommissionens pakke af initiativer, som også medfører store omkostninger.

På baggrund af ovenstående vurderes det at være *meget dyrt* at reducere CO₂-udledningen ved at flytte bilister over i den kollektive transport, om end denne analyse ikke sætter præcise tal på. Der kan være mange andre gode grunde til at fremme den kollektive transport, men som klimatiltag er det ikke særligt velegnet. Disse gode grunde er fx sideeffekter, som her er sat til *positive*.

2050-perspektiv

I 2050 skal transporten foregå praktisk taget uden CO₂-udledninger. Et bidrag hertil er at mindske kørselsomfanget via overflytning af bilister til kollektiv transport. En målrettet overflytning af bilister til den kollektive transport vil gøre det nemmere at opnå en CO₂-neutral transport. Klimabegrundelsen for at overflytte bilister til kollektiv transport undermineres dog på langt sigt af, at personbilerne i 2050 skal være nuludslibsbiler som fx elbiler. Derfor er mere kollektiv transport som sådan ikke en nødvendig forudsætning for et lavemissionsamfund i 2050.

På den anden side betyder øget kollektiv transport udbygning af infrastruktur, som for store deles vedkommende også vil være i brug i 2050. På den måde kan investeringer foretaget inden 2030 erstatte investeringer efter 2030.

Samlet set er vurderingen, at overflytning af bilister til den kollektive transport *i nogen grad* hjælper på 2050-målsætningen.

Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

Øget kollektiv transport vil have to modsatrettede effekter på det endelige energiforbrug. Færre biler vil mindske forbruget af fossil energi og i meget lille grad forbruget af den iblandede vedvarende energi, mens den ekstra kollektive

transport, i det omfang den er dieseldrevet, vil øge energiforbruget uden at øge mængden af vedvarende energi, bortset fra iblandet biobrændstof. Hvis den ekstra kollektive transport er baseret på vedvarende energi fx ved flere eltog, elbusser, biogasbusser eller lignende, vil mængden af vedvarende energi, også stige. Alt i alt må der forventes at være en lille reduktion af det endelige energiforbrug og en potentiel meget lille stigning i forbruget af vedvarende energi, og derfor bidrager kollektiv transport *lidt* til målet for vedvarende energi i 2030.

Virkemidler

Som allerede nævnt, er der få gode virkemidler til at få bilister over i den kollektive transport. Det mest oplagte virkemiddel til tilskyndelse af større brug af kollektiv transport er en nedsættelse af billetpriserne. De Økonomiske Råd konkluderede i deres rapport, at der ikke er den store effekt ved en reduktion i prisen på 10 pct.¹¹

Region Hovedstadens rapport lægger op til en række indsatsområder, som skal tænkes sammen, så man kan høste fordele af synergieffekter. Områder som frekvens, udbud, rejsetid, fremkommelighed, anlægsinvesteringer og meget mere skal forbedres. Selv med denne store satsning reduceres CO₂-udledningerne ikke meget.

Generelt er folks adfærd inden for transport i høj grad præget af vaner, og valget af bil er styret af bekvemmelighed.¹² Det gør, at det er meget svært at estimere effekterne af tiltag inden for den offentlige transport, hvor der ofte vurderes for stor effekt af øget kollektiv transport.¹³

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	Lille
Samfundsøkonomiske omkostninger	Meget dyrt
- heraf sideeffekter	Positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I nogen grad
Bidrager til målet for vedvarende energi i 2030	Lidt

Tabel A.2 Vurdering af omstillingselementet kollektiv transport

Kilde: Egne vurderinger.

A.3 Mere brændstoføkonomiske biler

I de senere år er bilparken i Danmark blevet mere og mere brændstoføkonomisk. Danskerne køber små biler, der kører langt pr. liter benzin eller diesel, hvilket er en følge af de høje afgifter for at anskaffe og eje en bil. Det er dog tvivlsomt, om man kan øge den gennemsnitlige brændstoføkonomi i de konventionelle biler endnu mere.

Beskrivelse

Danmark har i europæisk sammenhæng en meget energieffektiv bilpark, og der sælges generelt meget brændstoføkonomiske biler. Kun i Holland har nye biler i gennemsnit en lavere udledning pr. km end i Danmark, og det skyldes i høj grad en højere andel elbiler i nysalget i Holland.¹⁴ Nye biler forventes også i fremtiden at blive mere og mere effektive. Spørgsmålet er, om man kan øge den forventede stigning i energieffektiviteten yderligere.

Potentiale

CO₂-reduktionspotentialet ved at få en mere brændstoføkonomisk bilpark i 2030 er ikke stort. Det skyldes to forhold. For det første er afgiftsstrukturen i forvejen indrettet, så den tilskynder til valg af energieffektive biler, og derfor sælges der i Danmark allerede biler med meget god brændstoføkonomi. For det andet udskiftes biler langsomt, da de gennemsnitligt lever ca. 15 år, så en del af de biler, der kører rundt på vejene i 2030, er allerede købt. Klimarådet har ikke sat tal på potentialet, men vurderer, at der frem til 2030 kun er et lille potentiale ved mere brændstoføkonomiske biler.

Samfundsøkonomiske omkostninger

De samfundsøkonomiske omkostninger ved at få folk over i mere brændstoføkonomiske biler er store. De Økonomiske Råd har beregnet omkostningerne for den nuværende bilbeskatning, og hvor meget bilbeskatningen reducerer CO₂-udslippet. Reduktionsprisen er ca. 5.000 kr. pr. ton CO₂.¹⁵ Det hænger sammen med, at registreringsafgiften og andre bilafgifter i dag allerede er høje. Hvis afgifterne i forvejen generelt er højere end de eksterne omkostninger, som bilerne påfører samfundet, vil højere afgifter medføre endnu større forrindingsomkostninger for samfundet, da man bevæger sig længere væk fra den samfundsøkonomisk optimale efterspørgsel efter biler og bilkørsel. Afgifter er det oplagte virkemiddel til at få bilkøberne til at prioritere en bedre brændstoføkonomi, og derfor konkluderer Klimarådet på baggrund af ovenstående, at mere brændstoføkonomiske biler er et *meget dyrt* omstillingselement, om end analysen ikke sætter konkrete tal på.

En mere brændstoføkonomisk bilpark vil medføre et mindre forbrug af benzin og diesel, og derfor vil luftforureningen forbundet med benzin og dieselforbruget mindskes. Sideeffekterne er derfor *positive*.

Afgiftsstrukturen

Afgiftsstrukturen er i dag indrettet, så biler med bedre brændstoføkonomi favoriseres. Benzinbiler får i dag 4.000 kr. i fradrag i registreringsafgiften pr. km/l, som bilen kan køre over 16 km/l, og et tillæg på 1.000 kr. for hver km/l, den kan køre mindre end 16 km/l. For dieselbiler er grænsen 18 km/l. Ligeledes betaler man mindre i grøn ejerafgift, jo længere bilen kan køre på en liter brændstof.

2050-perspektiv

I 2050 skal der ikke være flere benzin- og dieslbiler tilbage på vejene, hvis Danmark skal blive et lavemissionssamfund. Det fremgår af diskussionen i visionen for 2050 i kapitel 4, at personbilerne skal være eldrevne. Der er derfor ikke meget perspektiv i at satse på mere brændstoføkonomiske benzin- og dieslbiler, da disse alligevel skal skiftes ud inden 2050.

På den baggrund vurderes mere brændstoføkonomiske biler *i ringe grad* at hjælpe Danmark med sin 2050-målsætning.

Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

Mere brændstoføkonomiske biler vil spare energi, og den sparede energi vil gøre det *lidt* nemmere at opfylde 2030-målet for vedvarende energi. Det skyldes, at der nu er mindre fossil energi i energiforbruget. Det bidrager dog ikke til at øge den absolutte mængde af vedvarende energi.

Virkemidler

Der er ikke gode uudnyttede virkemidler til at opnå en grønnere bilpark. Det skyldes, at man allerede i dag har en afgiftsstruktur, der favoriserer små og brændstoføkonomiske biler. Både registreringsafgiften og den grønne ejerafgift favoriserer allerede biler med god brændstoføkonomi. Yderligere favorisering af energieffektive biler vurderes ikke at have den store effekt.¹⁶

Afgifter og tilskud kan også have en effekt ved at drive teknologiudvikling. Men heller ikke her er der gode virkemidler, da danske afgifter og tilskud ikke vil være drivende for teknologiudviklingen i bilindustrien. Til gengæld har EU haft succes med at stille krav til bilproducenterne om at nedbringe CO₂-udledningen pr. km for nye biler. Hvis Danmark i EU kan presse på, for at kravene skærpes efter 2021, kan det være et effektivt virkemiddel.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	Lille
Samfundsøkonomiske omkostninger	Meget dyrt
- heraf sideeffekter	Positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I ringe grad
Bidrager til målet for vedvarende energi i 2030	Lidt

Tabel A.3 Vurdering af omstillingselementet mere brændstoføkonomiske biler

Kilde: Egne vurderinger.

Registreringsafgiften

Registreringsafgiften blev i 2016 sat ned fra 180 pct. til 150 pct. for den del af bilens pris, der overstiger 106.600 kr. Ændringen i afgiftssatsen har indtil videre ikke haft den store effekt på bilsalget.

A.4 Flydende biobrændstoffer

Vejtransporten drives altovervejende af fossile brændstoffer med store CO₂-udledninger til følge. Erstatning af benzin og diesel med biobrændstoffer er et muligt element i omstillingen af transporten. Biobrændstoffer er dog et relativt dyrt omstillingselement, da teknologien på andengenerationsniveau endnu er umoden, og produktionen derfor er begrænset.

Beskrivelse

Vejtransporten drives hovedsageligt af fossile brændsler. I 2016 blev 95 pct. af energiforbruget dækket af fossile brændsler, og andelen forventes blot at falde til 92 pct. i 2030. Der er altså udsigt til, at vejtransporten også de næste mange år hovedsageligt drives af fossile brændsler uden udsigt til store fald i udledningerne. I 2014 førte vejtransportens brug af fossile brændsler til en udledning af drivhusgasser på ca. 11 mio. ton CO₂, hvilket er ca. en tredjedel af udledningerne i ikke-kvotesektoren.¹⁷

En af de ting, der gøres for at nedbringe CO₂-udledningen fra vejtransporten, er at mindske netto-CO₂-udslippet fra en liter brændstof ved at blande biobrændstoffer i benzin og diesel. Biobrændstoffer er ligesom benzin og diesel et flydende brændstof, men biobrændstoffer kommer fra biomasse i stedet for fossile kilder. Man skelner mellem:

- *Førstegenerationsbiobrændstoffer*, som produceres på sukker- eller olieindholdet i til formålet dyrkede afgrøder, og
- *Andengenerationsbiobrændstoffer*, som produceres på restprodukter fra anden plantedyrkning og skovbrug eller organiske affaldsprodukter som fx madaffald.

Forskellen på de to beror især på inputmaterialet. Førstegenerationsbiobrændstoffer er baseret på madafgrøder, mens andengenerationsbiobrændstoffer er baseret på affaldsprodukter, hvilket betyder, at denne ikke vil kræve nyt landbrugsland til produktion af de fødevarer, som energiafgrøderne ellers fortrænger. Derudover kan man ved andengenerationsbiobrændstoffer opnå en langt højere energiudnyttelsesgrad både målt i forhold til den producerede biomasse og pr. arealenhed, men produktionsprocessen er mere kompliceret og dyrere end for førstegenerationsbiobrændstoffer.

I dag blandes op til 5 vol.pct. bioethanol i benzin og op til 7 vol.pct. biodiesel i diesel, hovedsageligt førstegenerationsbiobrændstof. Disse blandinger kaldes henholdsvis E5 og B7. Det er også tilladt at sælge benzin med 10 vol.pct. bioethanol iblandet, kaldet E10, og diesel med 30 vol.pct. biodiesel iblandet, kaldet B30. Der er faste standarder for indholdet af de forskellige ingredienser for E5, E10, B7 og B30, som skal overholdes fra producentens side.

Biobrændstoffer er underlagt forskellige regler og målsætninger. I Danmark er det et krav, at biobrændstoffer udgør mindst 5,75 pct. målt som energiprocent af olieselskabernes årlige salg af brændstof til landtransport. Dette krav kan opfyldes ved at iblande biobrændstoffer i benzin og diesel eller ved at benytte biogas i den tunge transport. For at fremme andengenerationsbiobrændstoffer tæller mængden heraf dobbelt i opgørelsen.

Derudover har EU en målsætning om, at transporten skal benytte 10 pct. vedvarende energi såsom el, biobrændstof eller biogas i 2020. Som nævnt i kapitel 2 når Danmark ikke op på 10 pct. vedvarende energi, og der skal derfor tages yderligere virkemidler i brug for at opfylde dette mål.

I EU forhandler man i øjeblikket om et nyt mål for vedvarende energi i transporten. Kommissionens forslag i forhandlingerne er markant anderledes end det tidligere mål. Der vil i langt højere grad være fokus på andengenerationsbiobrændstoffer. Forslaget stiller krav om en minimumsmængde avancerede biobrændstoffer samt en maksimumsgrænse for hvor meget førstegenerationsbiobrændstoffer, det enkelte medlemsland må benytte.

Potentiale

Potentialet for biobrændstoffer er stort, fordi udledningen fra vejtransporten fylder så meget i ikke-kvotesektoren. Et realistisk scenarie er at gå fra E5 til E10 benzin, at iblande 3 pct. målt som energiprocent drop-in-syndiesel i B7 til person- og varebiler samt at lade 10 pct. af lastbilerne køre på B30. Dette svarer nogenlunde til de antagelser, der indgår i *Grøn Roadmap* lavet af Ea Energi-analyse. Klimarådets beregninger finder, at dette scenarie samlet set sparer Danmark for 3,0 mio. ton CO₂ i perioden 2021-2030.

Potentialet er fremkommet ved, at E10 og B7+3 pct. drop-in-syndiesel erstatter E5 og B7 fra 2021. B30 indføres gradvist, da ikke alle lastbiler i dag kan køre på B30. Det vil derfor ikke være muligt at erstatte al diesel til lastbiler med B30. I 2021 antages det, at 1 pct. af alle lastbilkilometer drives af B30, og denne andel stiger til 10 pct. i 2030.

Der ligger en række antagelser til grund for beregningerne. Vejtransportens kørte distance antages at være som i *Basisfremskrivning 2017*. Det antages, at man skal benytte en given mængde energi for at flytte en bil én km. Når man iblander biobrændstoffer sænkes energiindholdet i en liter brændstof, da der er mindre energi i en liter bioethanol og biodiesel end i konventionel benzin og diesel. Denne antagelse fører til en lille understimering af potentialet. Endeligt regnes biobrændstoffer som CO₂-neutrale jævnfør de gældende regler.¹⁸

Samfundsøkonomiske omkostninger

Omkostningerne til produktion af biobrændstoffer er i dag en del højere end omkostningerne til konventionel benzin og diesel. Førstegenerationsbioethanol vurderes at være 46 pct. dyrere end benzin i 2020 målt pr. energienhed, mens førstegenerationsbiodiesel er 35 pct. dyrere end diesel. Andengenerationsbioethanol er over dobbelt så dyrt som benzin. Biobrændstoffer forventes derfor også i lang tid fremover at være dyrere end fossile brændstoffer. Fremskrivningen peger på, at det vil være sådan til i hvert fald 2030.¹⁹

	Skyggepris (kr. pr. ton fortrængt ton CO ₂)
Benzinbiler	2.600
Dieslebiler	800
Lastbiler	500
Varebiler	1.000

Tabel A.4 Skyggepriser for iblanding af biobrændstoffer

Anm.: Tabellen viser skyggeprisen for biobrændstoffer i forskellige biltyper. Der er her kun medtaget omkostningerne til brændstoffer, da det vurderes at udgøre hovedelementet i omkostningerne. Tallene er afrundede for at afspejle usikkerheden.

Kilde: Egne beregninger baseret på Energistyrelsen, *Basisfremskrivningen 2017*, Energistyrelsen, *Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet*, 2016, og Ea Energianalyse, *Fuel costs – Production, distribution and infrastructure costs used in the Economic Analysis in Grøn Roadmap 2030*, 2015.

Ved beregning af de samfundsøkonomiske omkostninger kigges der kun på andengenerationsbiobrændstoffer. Det skyldes, at førstegenerationsbiobrændstoffer har en række problemer, som forklares under '2050-perspektiv'. Andengenerationsbiobrændstoffer er i en udviklingsfase, og flere forskellige teknologier er endnu i spil. Derfor er der store usikkerheder i omkostningsvurderingerne af de forskellige biobrændstoffer, men andengenerationsbiobrændstoffer har i alle analyser højere omkostninger end førstegenerationsbiobrændstoffer. I dag har man en stort set markedsparat produktionsproces for andengenerationsbioethanol, som kan blandes i benzin, mens der i dag ikke er nogen stor produktion af andengenerationsbiobrændstoffer, der kan erstatte eller blandes i diesel.²⁰

Biobrændstoffernes skyggepris afhænger af køretøjstype og brændstof. Det viser beregningerne i tabel A.4. Baseret på disse tal vurderes prisen for at reducere et ton CO₂ via biobrændstoffer i gennemsnit at ligge over 1.000 kr. pr. ton, hvilket giver kategorien *dyr*. For nogle typer køretøjer kan omkostningerne reduceres til *medium*, men det vurderes ikke sandsynligt, at den kan komme længere ned end det.

Biobrændstoffer medfører *positive* sideeffekter i form af mindre luftforurening. Luftforurening stammer fra bilers forbrænding, som udskiller forskellige stoffer som SO_x og NO_x, der er skadelige for mennesker. Biobrændstoffer ændrer mængden af disse stoffer. Nogle stoffer forøges, mens andre mindskes, men overordnet set reduceres luftforureningen.²¹ Disse sideeffekter er ikke taget med i beregningerne, men disse forventes at være relativ små, da der er tale om et beskedent øget brug af biobrændstoffer, og de vil derfor ikke ændre vurderingen af omkostningerne.

Der er i denne rapport ikke set på, hvordan man kan opfylde et eventuelt kommende 2030-mål for mængden og typen af vedvarende energi i transporten. Såfremt EU-Kommissionens forslag til et sådan mål vedtages, vil der skulle indføres andengenerationsbiobrændstoffer enten i form af flydende biobrændstoffer eller i form af biogas. Det vil ændre den samfundsøkonomiske vurdering af dette

omstillingsselement, da alternativomkostningen ved andre tiltag, der kan opfylde dette mål, skal tages med i betragtningen.

På den baggrund vurderes de samfundsøkonomiske omkostninger til at være *dyre*, hvoraf sideeffekterne er *positive* om end meget små.

2050-perspektiv

I 2050 skal det meste af vejtransporten være elektrificeret, hvad enten det er via batteri, brændselsceller eller lignende. Klimarådet har tidligere argumenteret for at udbredt anvendelse af biobrændstoffer i vejtransporten højst sandsynligt ikke er den langsigtede løsning. Det er især to problemstillinger ved at øge biobrændstoffer i vejtransporten:²²

1. Førstegenerationsbiobrændstoffer er ikke nødvendigvis CO₂-neutrale. Det skyldes, at førstegenerationsbiobrændstoffer kan føre til skovrydning med dertilhørende CO₂-udledninger. Dette problem afhjælpes ved kun at benytte andengenerationsbiobrændstoffer, som produceres på affaldsprodukter som halm, gylle, savsmuld, brugt madolie og lignende.
2. Mængden af tilgængelig biomasse er begrænset. Fordi mængden er begrænset og kun kan dække en begrænset mængde af energibehovet,²³ er det nødvendigt, som nævnt i kapitel 4, at prioritere biomassen til de formål, hvor der ikke er andre alternativer. Det er især i den tunge transport samt i skibs- og luftfarten.

Biobrændstoffer peger derfor meget lidt i retning mod CO₂-neutralitet i vejtransporten. I en overgangsperiode kan iblanding af andengenerationsbiobrændstoffer spille en rolle, men på grund af den globale knaphed af biomasse vil biobrændstoffer på langt sigt først og fremmest skulle anvendes i luftfarten, i dele af den tunge vejtransport og i skibsfarten. I den tunge transport skal der nok bruges biobrændstoffer, men dette vil ikke kræve den store tilvænnning af energisystemet, hvorfor det ikke nødvendigvis hjælper at starte i god tid. På den baggrund vurderes det, at biobrændstoffer i *ringe grad* letter omstillingen mod 2050.

Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

Biobrændstoffer vil bidrage *meget* til målet for vedvarende energi. Det skyldes, at fossil energi direkte erstattes med vedvarende energi.

Virkemidler

Der findes mulige virkemidler til at øge andelen af biobrændstoffer i transporten op til de standarder, som bilerne er godkendt til i EU. Der kan stilles krav til producenterne af benzin og diesel om en vis mængde biobrændstoffer, ligesom der gøres i dag. I dag kan denne forpligtigelse opfyldes ved at købe andre producenters overopfyldelse, hvilket sikrer en høj omkostningseffektivitet. Ulempen ved dette virkemiddel er, at omkostningerne overvælttes på forbrugerne, så benzin og diesel vil blive dyrere i Danmark end i nabolandene, hvilket vil medføre grænsehandel. Der er ikke kigget på omfanget af denne grænsehandel, men ifølge *Virkemiddelkataloget* er der væsentlige omkostninger forbundet med øget iblandingskrav.

Det er også muligt at benytte tilskud til biobrændstoffer eller afgifter på fossil benzin. Tilskud har den fordel, at man kan undgå øget grænsehandel. Til gengæld skal man skaffe pengene via andre skatter, hvorfra der vil være et forvriddningstab.

Et alternativ til iblanding er at fokusere på virksomheder med mange biler eller varebiler, såkaldte flådejere. Her kan man mere fokuseret få en stor effekt pr. bil ved at tilskynde til køb af biler, der kan køre på 80 til 100 pct. biobrændstof. På denne måde kan man muligvis opnå nogle stordriftsfordele, der reducerer prisen. Der er her ikke regnet på omkostninger og CO₂-potentiale for denne mulighed.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	3,0 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Dyrt
- heraf sideeffekter	Positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I ringe grad
Bidrager til målet for vedvarende energi i 2030	Meget

Tabel A.5 Vurdering af omstillingselementet flydende biobrændstoffer

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.5 Elbiler

Elbiler kan bidrage til ikke-kvotesektormålet med en reduktion på ca. 2,1 mio. ton CO₂. Omkostningerne ligger i mellemklassen, omstillingselementet peger i høj grad i retning af ambitionen for 2050, og der kan peges på flere forskellige virkemidler til at fremme elbiler.

Beskrivelse

I vejpersontransporten er elbilen lige nu det bedste bud på en såkaldt nulemis-sionsbil inden 2030, som beskrevet i Klimarådets rapport fra 2016.²⁴ Elbiler er allerede nu et forholdsvist almindeligt syn på de danske veje med en samlet bestand på lidt over 8.000 biler ved udgangen af 2016.²⁵ Elbiler kan både være 100 pct. eldrevne eller såkaldte plugin-hybrider, som får energi både fra stik-kontakten og fra benzin eller diesel.

Salget af elbiler har været stigende indtil 2015. Men efter et betragteligt salg på ca. 4.500 elbiler i 2015 er salget faldet til knap 1.300 i 2016. Den primære årsag er, at elbilen fra 1. januar 2016 blev gradvist indfaset i det almindelige afgifts-sy-stem. Tidligere var elbiler fritaget fra både ejerafgift og registreringsafgift.

Potentiale

Det tekniske potentiale for udbredelsen af elbiler inden 2030 er begrænset af bilers relativt lange levetid på i gennemsnit ca. 15 år. Således vil en mindre andel af de biler, der i dag kører rundt på de danske veje, også være i drift i 2030. Det er dermed ikke realistisk, at samtlige danske personbiler i 2030 kører på el, med mindre drastiske virkemidler tages i brug. Et maksimalt bud på potentialet kunne være, hvis fx nysalg af benzin- og dieselmotorer forbydes fra 2025, som det lige nu overvejes i Norge. Det ville give omkring 1,2 mio. elbiler i 2030 ud af en samlet personbilpark på ca. 2,8 mio. biler.

Det reelle potentiale er dog sandsynligvis mindre end 1,2 mio. biler, med min-dre man helt vil forbyde salg af konventionelle biler. Det skyldes blandt andet, at elbilen stadig forventes at være dyrere end tilsvarende benzin- og dieselmotorer. Et bud på et mere realistisk potentiale er Dansk Energis høje elektrificeringsscena-rie, som resulterer i 520.000 elbiler i 2030.²⁷ Dette tal bygger på en forventning om 20 pct. elektrificering af personbiltransporten i 2030, hvilket er inden for mulighedernes rækkevidde, når man sammenligner med den nuværende store udbredelse af elbiler i Norge.

Tallet kan yderligere kvalificeres ved, at knap 500.000 danske familier i 2016 havde mindst to biler.²⁸ Det er ofte bil nummer to, der kan være i spil som elbil, da familien så til de lange ture har en anden bil på flydende brændstof. I sidste ende afhænger potentialet dog af, hvor drastiske virkemidler, man fra politisk side ønsker at tage i brug. Derudover kan ny teknologi i form af selvkørende biler være en 'game changer', der helt kan ændre vilkårene for elektrificeret transport, men som er yderst svær at sige noget håndfast om for nuværende. Selvkørende biler spås at kunne ændre ejerskabet af biler, så man i højere grad abonnerer på

Gradvist indfaset

I 2016 betalte en elbil 20 pct. af den nor-male registreringsafgift. I 2017 betales 40 pct. for at ende på 100 pct. i 2020.

Folketinget har dog i april 2017 med det vigende elbilsalg som begrundelse udskudt afgiftsindfasningen, til der er solgt yderligere 5.000 elbiler.²⁶

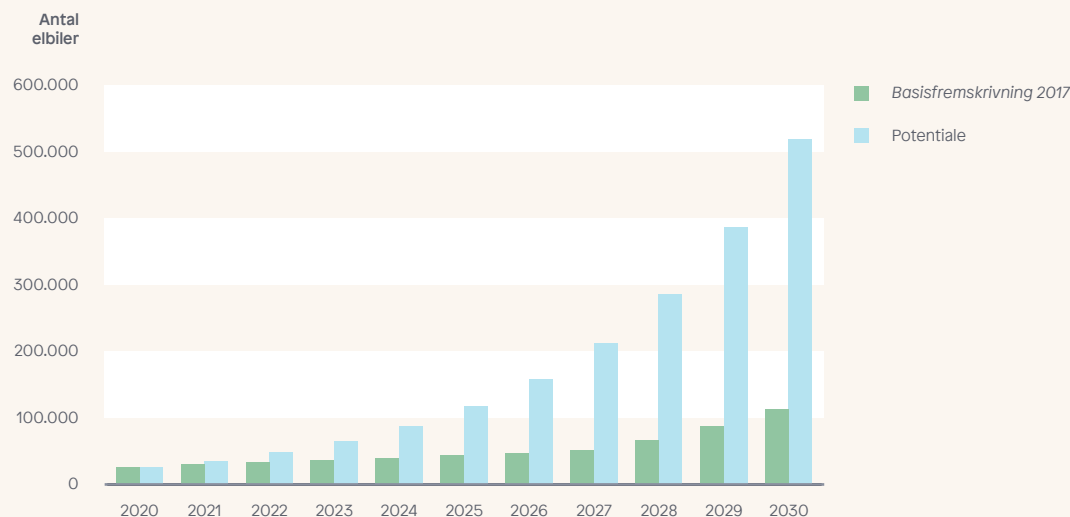
Elektrificeringsscenarie

Dansk Energi har i 2017 udgivet en analyse af potentialet for elektrificering frem mod 2030. Analysens høje scenarie repræsenterer en ambitiøs, men reali-stisk grad af elektrificering.

mobilitet, og denne mobilitet kan være elbaseret, når det er mest praktisk.

En konventionel bil kører i dag gennemsnitligt ca. 16.000 km om året og forventes i 2021 at udlede i gennemsnit ca. 1,7 ton CO₂ om året, når det nuværende krav til iblanding af biobrændstof lægges til grund. Hvis batterikapaciteten fortsat er en begrænsning for rækkevidden, taler det for, at elbilers årskørsel vil være lavere, men omvendt har nyere biler en højere årskørsel end gamle. Antages det, at en gennemsnitlig bil udskiftes med en elbil, der kører den samme distance, vil udledningerne flytte fra ikke-kvotesektoren til kvotesektoren, i det omfang den ekstra elektricitet produceres med fossile brændsler. I analysen antages det specifikt, at der opføres ny vedvarende energi svarende til det ekstra forbrug af el. Alt i alt reduceres udledningerne i ikke-kvotesektoren med 1,7 ton årligt pr. elbil i 2021, når der er tale om skift fra en konventionel bil. Tallet falder til ca. 1,5 i 2030 som følge af forventet bedre brændstoføkonomi i de konventionelle biler.

Potentialet for elbiler i ikke-kvotesektormålet afhænger af, hvordan elbiler indføres frem mod 2030. I figur A.1 er antaget, at indfasningen følger en eksponentiel udvikling, så salget af elbiler først for alvor tager fat sidst i perioden, men sådan at der nås 520.000 elbiler i 2030, som antaget af Dansk Energi. I figuren er også vist basisfremskrivningens forventning til antal elbiler med den nuværende politik, og den ligger på 4 pct. af bestanden i 2030, svarende til ca. 120.000. Over perioden fra 2021 til og med 2030 erstattes ca. 1,2 mio. konventionelle bilår med elbilsår, hvis figurens potentiale realiseres relativt til *Basisfremskrivning 2017*. Det giver en samlet reduktion i udledningerne fra ikke-kvotesektoren på ca. 2,1 mio. ton CO₂.



Figur A.1 Bestand af elbiler fra 2020 til 2030

Kilde: Dansk Energi, Energistyrelsen og egne beregninger.

Med Folketingets nye elbilaftale fra april 2017 må man forvente, at elbilsalget vil være lidt højere, end basisfremskrivningen har forudset. Det betyder, at potentialet er lidt mindre, men dermed er reduktionsbehovet i ikke-kvotesektoren også tilsvarende mindre.

Samfundsøkonomiske omkostninger

En elbil er som udgangspunkt samlet set dyrere end en konventionel bil. Opdateringer af de beregninger, som Klimarådet udførte i sin hovedrapport fra 2016, med de seneste fremskrivninger af prisen på benzin, diesel og elektricitet viser, at de gennemsnitlige, samfundsøkonomiske omkostninger pr. kørt km for en bil købt i 2021 er 1,18 kr. for en elbil og 0,96 kr. for en konventionel bil, før der indregnes sideeffekter – altså en forskel på 23 øre pr. km. I elprisen er antaget, at der bygges vedvarende energi svarende til det ekstra elforbrug som beskrevet i boks 4.1. Tallene varierer naturligvis på tværs af bilklasser, og forhold som elbilens kortere rækkevidde, men bedre acceleration, er ikke værdisat. Ikke desto mindre giver tallene en god indikation af meromkostningen ved elbiler. I 2030 antages meromkostningen at være faldet til 14 øre pr. km. I tallene er ikke indregnet omkostninger til ladeinfrastruktur udover i private hjem, ligesom gevinsten af at elbilerne måske kan fungere som ellager heller ikke er medregnet.

Ellager

El fra vindmøller og solceller varierer med vejret, og derfor stiger behovet for at kunne lagre el med disse teknologiers udbredelse. Det er derfor muligt, at elbiler i fremtiden kan levere en lagerydelse til elnettet.

Elbiler har derudover en række miljømæssige fordele for samfundet i forhold til benzin- og dieslbiler. De vigtigste af disse sideeffekter er reduceret motorstøj og ingen lokalforurening med især partikler, NO_x og SO₂. Analysen i Klimarådets hovedrapport fra 2016 viste, at støj og lokalforurening reducerer meromkostningen ved elbiler for samfundet med ca. 0,04 kr. pr. km.

Med et anslået potentiale på ca. 520.000 elbiler i 2030 er den samlede samfundsøkonomiske omkostning ca. 1,9 mia. kr. i nutidsværdi for en CO₂-besparelse på ca. 2,1 mio. ton fra 2021 til 2030. Samlet set koster hvert ton CO₂, som en elbil fortrænger fra ikke-kvotesektoren, dermed i gennemsnit ca. 900 kr. for samfundet, hvoraf sideeffekter udgør ca. -300 kr. pr. ton, således at sideeffekter trækker skyggeprisen ned.

De samfundsøkonomiske omkostninger lander i kategorien *medium*, mens sideeffekterne heri vurderes til at være *positive*.

2050-perspektiv

Et lavemissionssamfund i 2050 vil som nævnt i kapitel 4 efter alt at dømme betyde en praktisk taget helt fossilfri vejpersontransport, hvoraf størstedelen formentlig skal ske med elbiler eller brintbiler, som også er en elbil blot med brint som energilager. Hvis en bil antages at holde i 15 år, betyder det, at den sidste benzin- og diesebil skal sælges i 2035.

Er der så en fidus i at omstille til elbiler allerede inden 2030? Biler solgt inden 2030 vil næppe køre rundt på vejene i 2050, så omstilling til elbiler her og nu hjælper ikke umiddelbart det langsigtede mål i 2050. Men vores samfund, transportvaner og infrastruktur vil skulle tilpasses elbaseret privattransport. Omstillingen er forbundet med tilpasningsomkostninger, som givetvis er mindre, hvis omstillingen sker gradvist. En omstilling fra meget få nuludslippsbiler i nybilsalget helt frem til 2030 til fuldt gennemslag i 2050 er formentlig ikke realistisk og

er i hvert fald forbundet med store omstillingsomkostninger. Omkostningerne til at starte denne tilpasning gradvist før 2030 er derfor at betragte som en investering, som i så fald ikke vil skulle afholdes på et senere tidspunkt.

På den baggrund vurderes elbiler at hjælpe på 2050-målet i *høj grad*.

Bidrag til mål for vedvarende energi i 2030

Elbiler øger andelen af vedvarende energi i energiforbruget på to måder. For det første øges andelens tæller ved, at hovedsagelig fossil energi fra benzin og diesel erstattes med grøn strøm. Det er en konsekvens af analysens antagelse fra boks 4.1 om, at elektrificering bakkes op af en tilsvarende udbygning med vedvarende energi. For det andet reduceres Danmarks energiforbrug, dvs. andelens nævner, fordi elbiler er mere energieffektive end konventionelle biler.

Derfor vurderes elbiler at bidrage *meget* til målet for vedvarende energi i 2030.

Virkemidler

Elbilerne er allerede på markedet, og i løbet af de næste år vil de fleste af de store bilproducenter tilbyde en bred vifte af elbilmodeller. Derfor må vi også forvente, at de vil få en vis markedsandel inden for 5-10 år, selv hvis man politisk ikke gør noget for at fremme dem. Det skyldes den teknologiske udvikling, som hele tiden gør bilerne billigere og øger rækkevidden. Men virkemidler til gavn for elbilen vil kunne øge udbredelsen.

Klimarådet har i sin hovedrapport fra 2016 anbefalet, at prisen på elbilens batteri fritages for registreringsafgift, og Folketinget har i 2017 vedtaget et sådan fradrag, dog kun til og med 2021. Fradraget sikrer, at elbilen ikke afgiftspålægges uforholdsmæssigt hårdt, og kan – særligt hvis det forlænges til efter 2021 – øge udbredelsen af elbiler frem mod 2030. I stedet for et fradrag, kan elbilen ydes et direkte tilskud, som det fx er tilfældet i Tyskland og Sverige. Tilskud er ofte politisk mere gangbare, da der kan afsættes en fast pulje til tilskuddet, som dermed ikke kan løbe løbsk.

Et mere teknologineutralt virkemiddel kunne være en generel forøgelse af CO₂-afgiften lagt på benzin og diesel. Det har den fordel, at det også fremmer omstillingen af den tunge vejtransport. Ulempen er øget grænsehandel.

Endelig kan man helt overveje at forbyde salg af benzin- og dieslbiler fra et fremtidigt år annonceret i god tid i forvejen. Et sådan tiltag vil – hvis det har tilstrækkelig politisk troværdighed – allerede flere år i forvejen promovere elbilen og bane vejen for investeringer i infrastruktur. Men ulempen ved et forbud er, at man udelukker de bilkøbere, der har meget høj betalingsvillighed for fossilt drevne biler, fra at købe en sådan.

Mere energieffektive

Samlet kræver det ca. 25 pct. mere energi at flytte en bil én km ved afbrænding af benzin frem for ved forbrænding af kul, som omdannes til elektricitet og lagres i et batteri.

Fritages for registreringsafgift

Klimarådet har anslået, at et fradrag for batteriet i registreringsafgiften vil give ca. 140.000 flere elbiler i 2030. Det kræver dog, at fradraget ikke stopper i 2021, som den nuværende folketingsbeslutning lægger op til.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	2,1 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Medium
- heraf sideeffekter	Positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I høj grad
Bidraget til målet for vedvarende energi i 2030	Meget

Table A.6 Vurdering af omstillingselementet elbiler

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.6 Elbusser

De første danske forsøg med batteridrevne elbusser er i gang. De vil især kunne benyttes til rutekørsel i byerne. Teknologien har dog begrænset potentiale som klimatiltag og vil være dyr på denne side af 2030.

Beskrivelse

Elbusser er endnu kun på forsøgsstadiet i Danmark. To batteridrevne busser har betjent linje 3A i København siden august 2016. Busserne oplades dels om natten og dels på hver endestation. Genopladningerne af den strøm, der forbruges fra endestation til endestation, kan klares på mindre end tre minutter. Derfor er den eldrevne transports sædvanlige udfordringer med begrænset rækkevidde og hyppige, tidskrævende opladninger et mindre problem for rutebusser i byerne. Men el ser ud til at være mindre oplagt for rutebusser, der opererer over længere distancer og for turistbusser.

En elbus er i dag væsentligt dyrere end en almindelig dieselbus. Et tidligere forsøg med elbusser i København viste, at totalomkostningerne for en elbus var mere end dobbelt så høje som for en tilsvarende dieselbus. Man må dog forvente, at elbusser og den tilhørende ladeinfrastruktur bliver markant billigere i fremtiden.

Derudover påvirkes udbredelsen af elbusser af, hvilke afgifter der skal betales af kørestrømmen. En elbus betaler som udgangspunkt fuld energiavgift for den el, den bruger.²⁹ En dieselbus betaler også energiavgift, men den er ca. tre gange lavere målt pr. energienhed. Til gengæld er en elbus mere energieffektiv end en dieselbus, så afgiftsforskellen målt pr. kørt km er ikke nær så stor. Dertil kommer, at en anden af elbussens konkurrenter – den eldrevne letbane – stort set ikke betaler energiavgift. Folketinget har dog med elbilaftalen fra april 2017 sikret elbusser i momsregistrerede virksomheder lav elafgift til og med 2024.³⁰

Andre lande har i mange år haft såkaldte trolleybusser, som også er eldrevne. De adskiller sig fra batteridrevne elbusser ved at få strøm fra overhængende køreledninger lige som en sporvogn. Trolleybusser kræver generelt mere infrastruktur end batteridrevne elbusser, og de er mindre fleksible, hvad angår ruteændringer. Derfor peger meget på, at batterier er den mest lovende elektrificeringsteknologi på busområdet.

Potentiale

I Danmark køres årligt ca. 600 mio. køretøjskilometer i bus primært fordelt på rutekørsel og turistkørsel.³¹ Særligt i førstnævnte kategori er der et potentiale for elektrificering, da rutebusser i byerne ofte kører korte strækninger og kan lade på endestationer. Derfor ser denne analyse kun på potentialet for rutekørsel.

Det er vanskeligt at komme med nøjagtige vurderinger af potentialet for elbusser i 2030, da teknologien langt fra er moden. Men et bud er, at halvdelen af al rutekørsel kan ske med elbusser i 2030. Det giver en samlet elandel for al

Energiavgift

En elbus betaler i 2017 25,3 øre pr. MJ i energiavgift, mens satsen er 7,6 øre pr. MJ for dieselbusser og 0,1 øre pr. MJ for letbaner.

buskørsel på omkring 20 pct., hvilket nogenlunde svarer til Dansk Energis elektrificeringsscenario.³²

Indfasningen mod 2030 antages at ske eksponentielt i erkendelse af, at der er behov for både teknisk udvikling og forsøg på området. Samlet set omstilles med denne indfasning ca. 280 mio. køretøjskilometer fra diesel til el over hele perioden fra 2021 til 2030. Med det nuværende indhold af biobrændstof i diesel udleder en dieselbus ca. 0,8 kg CO₂ pr. km. Disse tal giver et samlet potentiale fra 2021 til 2030 på 0,23 mio. ton CO₂.

Samfundsøkonomiske omkostninger

Elbusser er i dag mere end dobbelt så dyre i anskaffelse som dieselbusser.³³ Denne prisforskel falder frem mod 2030, hvis man bruger de samme antagelser om prisudviklingen for eldrevne biler, som Klimarådet benyttede i sin hovedrapport fra 2016.³⁴ Elbusser er til gengæld en smule billigere i vedligehold og i drivmiddel end dieselbusser, men det er ikke nok til at opveje forskellen i købspris. Overordnet set koster drift af en elbus inklusive afskrivninger ca. 800 kr. pr. køretime, mens tallet er ca. 650 kr. for en dieselbus.

Lokalt miljø
Ifølge de transportøkonomiske enhedspriser koster lokal forurening samfundet 95 øre, hver gang en dieselbus kører én km mere, mens omkostningen som følge af støj er 24 øre.³⁵

Elbusser er gavnlige for det lokale miljø sammenlignet med dieselbusser. Det skyldes især, at man undgår partikel og NO_x-forureningen fra dieselmotoren, samt at elbusser støjer en smule mindre end dieselbusser.

Alt i alt giver Klimarådets beregninger en skyggepris for elbusser på ca. 2.400 kr. pr. fortrængt ton CO₂, når alle samfundsøkonomiske effekter medregnes. Sideeffekterne bidrager til skyggeprisen med en reduktion på ca. 900 kr.

De samfundsøkonomiske omkostninger lander i kategorien *meget dyrt*, mens sideeffekterne heri vurderes til at være *store positive*.

2050-perspektiv

I et lavemissionssamfund i 2050 må størstedelen af al rutebuskørsel være baseret på vedvarende energi, og i hvert fald for bybusserne er elektrificering på nuværende tidspunkt det bedste bud, som nævnt i kapitel 4. Denne elektrificering kræver større investeringer af ladeinfrastrukturen, som i et vist omfang også vil kunne fungere i 2050. Derfor vil en del af investeringerne foretaget før 2030 ikke også skulle gennemføres efter 2030.

På den baggrund vurderes elbusser at hjælpe på 2050-målet *i høj grad*.

Bidrag til mål for vedvarende energi i 2030

Elbusser øger andelen af vedvarende energi i energiforbruget på to måder. For det første øges andelens tæller ved, at hovedsagelig fossil energi i form af diesel erstattes med grøn strøm. Det er en konsekvens af analysens antagelse fra boks 4.1 om, at elektrificering bakkes op af en tilsvarende udbygning med vedvarende energi. For det andet reduceres Danmarks energiforbrug, dvs. andelens nævner, fordi elbusser er ca. 60 pct. mere energieffektive end dieselbusser.

Derfor vurderes elbusser at bidrage *meget* til målet for vedvarende energi i 2030.

Virkemidler

Rutekørsel varetages af kommercielle selskaber på kontrakter med offentligt ejede trafikselskaber, som kan udforme udbud med specifikke krav, der giver incitamenter til elektrificering. Dermed er det let at styre andelen af busser, der kører på el.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	0,2 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Meget dyrt
- heraf sideeffekter	Store positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I høj grad
Bidraget til målet for vedvarende energi i 2030	Meget

Tabel A.7 Vurdering af omstillingselementet elbusser

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.7 Gas i tung transport

Den tunge vejtransport er en vigtig del af logistikken i det økonomiske system i Danmark. Det er den tunge transport, som leverer varer og gods til forbrugere og virksomheder. Den tunge transport er baseret på forbrug af diesel, og hvis dette skal nedbringes, skal man kigge efter andre drivmidler som fx gas, som giver færre udledninger pr. kørt km. Potentialet mod 2030 synes dog beskedent.

Beskrivelse

Den tunge transport er nødvendig for samfundet, men udleder samtidig en stor mængde CO₂. Tung transport omfatter både busser og lastbiler, men i dette omstillingsselement kigges kun på lastbiler for at undgå overlap med elbusser. Lastbiler vil stå for ca. 5 pct. af udledningen i ikke-kvotesektoren i 2020, og derfor er det relevant at undersøge mulige reduktioner fra den tunge transport.

Lastbiltransport foregår ofte over lange afstande, og energiforbruget pr. kilometer er stort på grund af bilens vægt. Batteribaseret eldrift er derfor ikke på samme måde som for personbiler et realistisk alternativ med dagens teknologi. I dag er de mest relevante alternative drivmidler i transporten derfor flydende biobrændstoffer, gas i form af naturgas eller biogas og brint via brændselsceller. Brændselsceller er endnu ikke en moden teknologi, og derfor er prisen for at køre lastbil med brændselsceller meget høj og fremtidsperspektiverne usikre. Gaslastbiler er en relativ ung, men velafprøvet teknologi med begrænset udbredelse i Danmark. Andre EU-lande som Italien, Sverige, Tyskland og Holland har en større, men stadig beskedent udbredelse af gaskøretøjer. Flydende biobrændstoffer behandles i et andet omstillingsselement.

En gaslastbil kan køre på både biogas og fossilt naturgas, da produkterne stort set er ens, hvis de opfylder gældende standarder, og begge kan distribueres via naturgasnettet. Denne analyse ser på naturgas til lastbiler, da naturgas synes at være langt mere samfundsøkonomisk rentabelt end biogas, men det er vigtigt at understrege, at indførsel af gas i den tunge transport også kan bane vejen for øget brug af biogas, særligt når prisen på biogas kommer ned.

Potentiale

Gas i den tunge transport har begrænset potentiale frem mod 2030. Det skyldes, at der skal investeres i nye lastbiler, samt at naturgas også indeholder CO₂, dog mindre end diesel pr. energienhed. Samtidig er en diesellastbil en smule mere effektiv, hvorfor der totalt set ikke spares så meget CO₂.

Beregningerne af potentialet bygger på en række antagelser. Det antages, at 7 pct. af lastbilflåden kører på gas i 2030, hvilket er baseret på Ea Energianalyses *Grøn Roadmap*.³⁶ En del af de 7 pct. vil opnås uden brug af ekstra virkemidler, som forudsagt af basisfremskrivningen, og fratrækkes dette, vil der i 2030 være 6 pct. flere gaslastbiler end ellers. Det antages, at disse lastbiler kører lige så

CO₂ pr. energienhed

Ren diesel har et CO₂-indhold på 74 ton CO₂ pr. TJ, så når det blandes med 7 vol. pct biodiesel er CO₂-indholdet 69 ton pr. TJ. Naturgas indeholder 57 ton CO₂ pr. TJ.

mange kilometer som andre lastbiler, og at effektiviteten i de forskellige typer lastbiler udvikler sig som beskrevet i Energistyrelsens model *Alternative Drivmidler*. Modellen viser, at alle typer lastbiler forbedrer deres effektivitet, men gaslastbilen har en højere effektivitetsstigning end diesellastbilen.

Potentialet i *Grøn Roadmap* vurderes at være realistisk at opnå. Der er en række forskellige gaslastbilmodeller på markedet, især mindre køretøjer.³⁷ Til gengæld skal gastankningsinfrastruktur i Danmark udbygges, hvis gas skal spille en central rolle.

Over hele perioden fra 2021 til 2030 er CO₂ reduktionspotentialet ca. 0,1 mio. ton CO₂. I alt bliver der kørt over 600 mio. km på naturgas, hvilket svarer til ca. 3 pct. af alle km. Hvis man i stedet for at køre på gas fra naturgasnettet kører på 100 pct. biogas, vil potentialet stige til over 0,5 mio. ton CO₂. Det skyldes, at biogas regnes for at være CO₂-neutralt.

Samfundsøkonomiske omkostninger

Naturgas som drivmiddel er billigere end diesel. For gasdrevne lastbiler koster drivmiddel eksklusivt afgifter ca. 1,3 kr. pr. km, mens prisen for dieseldrevne lastbiler er 2,0 kr. pr. km. Denne prisforskel er nok til at kompensere for meromkostninger til selve gaslastbilen, drift og vedligehold og gastankningsinfrastruktur. Uden sideeffekter er totalomkostningerne ved at køre en km i gaslastbil 8,7 kr. pr. km i 2021, mens den for diesellastbiler er 8,8. Hvis man tager sideeffekterne med, vil priserne være henholdsvis 9,0 og 9,2 kr. pr. km i 2021, og prisforskellen forstørres en lille smule frem mod 2030.³⁸ Konklusionen ændres ikke, hvis man opdaterer brændselsomkostningerne, som i *Alternative Drivmidler* er fra 2014, til fremskrivningen fra 2016. På den baggrund falder skyggeprisen for gas i tung transport i kategorien *meget billigt*.

Der er i denne rapport ikke set på, hvordan man kan opfylde et eventuelt kommende 2030-mål for mængden og typen af vedvarende energi i transporten. Såfremt EU-Kommissionens forslag til et sådan mål vedtages, vil der skulle indføres andengenerationsbiobrændstoffer enten i form af flydende biobrændstoffer eller i form af biogas. Det vil ændre den samfundsøkonomiske vurdering af biogas i den tunge transport, da alternativomkostningen ved andre tiltag, der kan opfylde dette mål, skal tages med i betragtningen.

Diesellastbilen har som indikeret ovenfor en række negative sideeffekter. Det er fx partikelforurening og støj. Gaslastbilen udleder færre skadelige partikler og støjer mindre,³⁹ hvorfor sideeffekterne ved at skifte til gaslastbiler er positive. Som nævnt ovenfor er de positive sideeffekter ikke afgørende for, at gaslastbiler er billigere samfundsøkonomisk end diesellastbiler.

2050-perspektiv

Den tunge transport står for en væsentlig mængde drivhusgasser, og denne udledning skal elimineres, hvis Danmark skal være et lavemissionsamfund i 2050. Naturgas er dog ikke løsningen på at gøre Danmark til et lavemissionsamfund, da der stadig er væsentlige udledninger ved naturgas. Til gengæld vil omstilling til gas give mulighed for nemmere at omstille til biogas, når eller hvis biogas falder i pris. Biogas kan efter opgradering benyttes i alle gaslastbiler,

Gastankningsinfrastruktur

I Danmark er der i dag 7 gastankstationer, mens 3 er under opførelse. Til sammenligning har Sverige 173 og Italien 974.

hvorfor omstillingen til gaslastbiler og gastankstationer vil gøre omstillingen til biogas nemmere og billigere.

Hvis man omstiller den tunge transport til gas, vil man være godt på vej mod en tung transport uden drivhusgasudledninger. Investeringer i infrastruktur vil have værdi i flere år efter 2050, og investeringerne vil skabe sikkerhed for vognmændene og andre, der investerer i gaslastbilerne. Så selvom lastbilerne ikke holder frem til 2050, vil gas i den tunge transport i nogen grad lette omstillingen frem mod 2050. Karakteren afspejler dog også, at el kan få betydning for den tunge transport på den lange bane, og at gas således ikke er den eneste vej mod en fossilfri tung transport i 2050.

Den tunge transport på den lange bane

Der er flere forskellige muligheder for den tunge transport for at blive CO₂-neutral i 2050. Biogas er en mulighed, men el via batteri eller køreledninger er også muligheder. Batterier kan blive så billige, at de er relevante for den tunge transport. Der forskes endvidere i at lave køreledninger på motorveje, som lastbiler kan koble sig på via såkaldte pantografer.

Bidrag til mål for vedvarende energi i 2030

Omstilling til naturgas hjælper ikke på målet for vedvarende energi. Både diesel og naturgas er fossile brændsler. En omstilling til naturgas fører endda til en lille reduktion af andelen af vedvarende energi i energiforbruget. Det skyldes, at man skal bruge lidt mere energi for at køre en km i en gaslastbil, og man skal også bruge elektricitet til at tryksætte naturgassen. Derfor vurderes gas i tung transport slet ikke at bidrage til målet for vedvarende energi i 2030. Hvis man derimod benytter biogas i gasbilerne, erstatter man fossil energi med noget vedvarende energi, hvilket i anderledes grad hjælper på målet.

Virkemidler

Gas til transport er meget lidt udbredt i Danmark, især sammenlignet med Sverige, Tyskland og Holland. Det skyldes i høj grad manglende infrastruktur,⁴⁰ og at der privatøkonomisk er merudgift ved kørsel med gaslastbil i Danmark på 0,2 kr. pr. km på grund af afgifter.⁴¹

Det er derfor især infrastruktur og afgifter, som virkemidler skal rette sig imod. Mulige virkemidler kan være støtte, lånegarantier eller lignende til etablering af gastankningsinfrastruktur. En omstilling af tankinfrastrukturen vil skabe en sikkerhed for vognmænd og andre firmaer involveret i tung transport, for at omstillingen til gas ikke går i stå. Derudover kan man kigge på afgiftsstrukturen. I Tyskland er der skattefritagelse for gasbiler frem til 2018, og Sverige har også meget lave afgiftssatser for gasbiler. Det kan hjælpe med at mindske den merpris, private aktører skal betale for selve lastbilen.⁴² Derudover kan det også være nyttigt at sænke afgiften på gas til transport.⁴³

En anden tilgang er, at offentlige myndigheder går forrest. Det kan ske ved at etablere forsøgsordninger både med hensyn til teknologi og udbredelse. I de senere år har man set forsøg i Danmark, hvor fx Københavns Kommune har været med i et projekt om at få renovationskøretøjer over på biogas. Dette er med til at give branchen erfaringer med gaskøretøjer og gasinfrastruktur.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	0,1 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Meget billigt
- heraf sideeffekter	Positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I nogen grad
Bidraget til målet for vedvarende energi i 2030	Slet ikke

Tabel A.8 Vurdering af omstillingselementet gas i tung transport

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.8 Elektrificering af jernbanen

Jernbanetransporten i Danmark har længe været drevet af dieseltog, mens eltog i højere grad har været udbredt i resten af Europa. Dette er dog ved at ændre sig, da store dele af det danske jernbanenet er eller planlægges elektrificeret. Elektrificering er fordelagtigt i et klimaperspektiv, da el på sigt forventes at blive produceret med vedvarende energi. Reduktionspotentialet er meget lille, da der allerede er planlagt at elektrificere store dele af jernbanenettet, og fordi jernbanens andel af transportsektorens samlede CO₂-udslip er begrænset. Alt tyder desuden på, at omkostningerne ved at elektrificere resten af nettet er meget høje.

Beskrivelse

Jernbanens samlede udledninger er relativt små. Jernbanetransport stod for 0,25 mio. ton CO₂ i 2014, hvilket er ca. 2 pct. af udledningerne fra den indenlandske transport.⁴⁴ Til sammenligning står togtransporten for over 4 pct. af personkilometerne.⁴⁵ Men man kan reducere udledningerne yderligere ved at overgå fra dieseltog til eldrevne tog.

Eldrevne tog

Elektrificering af togene flytter udledningerne fra ikke-kvotesektoren til kvotesektoren, fordi produktionen af elektricitet ligger i kvotesektoren. En reduktion i kvotesektoren betyder ikke nødvendigvis en reduktion af de samlede udledninger. Det sker kun, hvis der opføres vedvarende energi til at producere den ekstra elektricitet.

I modsætning til biler elektrificeres jernbaner normalt ikke ved brug af batterier. I stedet får toget strøm fra køreledninger over eller langs skinnerne. I en europæisk sammenhæng er de danske jernbaner blandt de mindst elektrificerede, hvor kun Grækenland, Irland og de baltiske lande har en lavere andel.⁴⁶

I Danmark har elektrificering af jernbanen været på den politiske dagsorden gennem en årrække. I 2009 fastlog et bredt flertal i folketinget med *En grøn transportpolitik*, at jernbanen skal gøres uafhængig af fossile brændstoffer gennem elektrificering.⁴⁷ Beslutningen om elektrificering af de forskellige strækninger er sket etapevist sammen med finansieringen. I 2012 besluttede man at elektrificere Esbjerg-Lunderskov, i 2013 fulgte Køge Nord-Næstved, København-Ringsted og Ringsted-Femern, og i 2013 vedtog man *Togfonden DK*, hvori der er planer om at elektrificere fra Fredericia-Aalborg, Aalborg-Frederikshavn, Vejle-Struer og Roskilde-Kalundborg.

Potentiale

I dag køres over halvdelen af alle kilometer med tog på diesel. Ved at omstille denne kørsel til elektricitet kan man reducere CO₂-udledningen betragteligt, først og fremmest fordi elektricitet kan produceres via vedvarende energi, men også fordi elektriske tog er mere effektive.⁴⁸

Hoved- og regionalbanenettet

Det danske jernbanenet er inddelt i kategorierne hovedbanen, regionalbanen og lokalbanen. Derudover er der privatbaner som opereres af regionerne.

Der er få tilbageværende strækninger på hoved- og regionalbanenettet som ikke er vedtaget elektrificeret. Såfremt alle de eksisterende planer bliver ført ud i livet, er det kun de mindre strækninger på regionalnettet og lokalbanerne samt privatbanerne, der ikke er elektrificeret. I 2030, når den vedtagne elektrificering

er udrullet, vil 84 pct. af jernbanernes samlede energiforbrug være elbaseret.⁴⁹

På grund af den omfattende elektrificering, der allerede er igangsat, er det yderligere potentiale begrænset. Et realistisk scenarie kunne være at elektrificere de resterende strækninger på regionalbanen samt 50 pct. af lokalbanerne og privatbanerne. I alt giver det 10,6 mio. togkilometer, der flyttes fra diesel til el i 2030. Dette scenarie vil betyde, at en række strækninger mellem de store byer i Jylland samt Odense-Svendborg vil blive elektrificeret. Der er ikke taget stilling til, hvilke lokalbaner og privatbaner der i givet fald vil blive elektrificeret.

Det realistiske reduktionspotentiale beregnes ud fra en lineær indfasning af elektrificeringen af strækningerne. I alt giver det en reduktion over hele perioden 2021-2030 på ca. 0,1 mio. ton CO₂.

Samfundsøkonomiske omkostninger

Det er dyrt at elektrificere tognettet. Det skyldes høje anlægsomkostninger, idet der blandt andet skal bygges master, ændres stationer og hæves broer. Til gengæld er ældre tog billigere i anskaffelse, billigere at drive og vedligeholde, og de kører på et billigere drivmiddel.⁵⁰ En beslutning om elektrificering skal derfor ses i sammenhæng med, at man skal indkøbe nyt materiel. På strækninger, hvor trafikken og dermed antallet af tog er begrænset, er elektrificering ikke samfundsøkonomisk lønsomt, da besparelserne på drift og vedligehold af togene er for små sammenlignet med anlægsinvesteringen.⁵¹

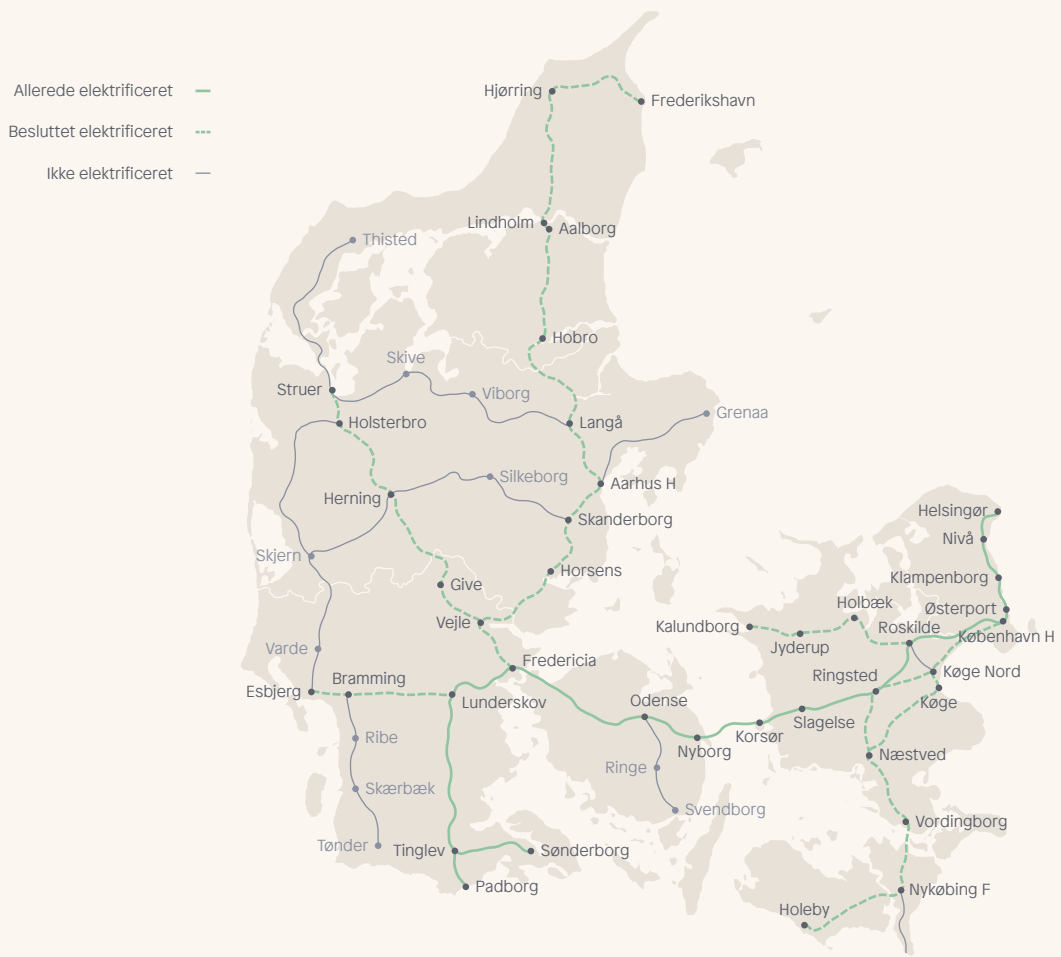
De resterende strækninger har få tog og passagerer tilknyttet, hvorfor det forventes at elektrificering er mindst lige så samfundsøkonomisk omkostningsfuldt som den dyreste strækning i *Togfonden DK*, hvilket er ca. 9 mio. kr. pr. km. Med den pris vil det være *meget dyrt* at elektrificere resten af jernbanenettet. Sideeffekterne, som især er reduceret lokal forurening fra dieseltogene, vurderes at være *positive*, men relativt små.⁵²

2050-perspektiv

Jernbanen skal have meget lave udledninger i 2050, hvilket kan opnås med eldrift. Elektrificering er anlægsinvesteringer, der rækker langt ud på den anden side af 2050, og derfor i høj grad bidrager til ambitionen om et lavemissionssamfund.

Men investeringer i elektrificering på mindre trafikerede strækninger af jernbanen er uforholdsmæssigt dyrt, og elektrificering er ikke den eneste mulighed for de resterende jernbanestrækninger. Batteritog, gasdrevne tog og biodieseltog er også muligheder. På grund af den meget lille andel af transportens samlede CO₂-udledninger kan det være fornuftigt at bruge en del af den samlede biomasse, der er til rådighed, på de mindre strækninger i det omfang, der fortsat er trafik på dem i 2050.

På den baggrund vurderes elektrificering af jernbanen kun *i nogen grad* at lette Danmarks omstilling til et lavemissionssamfund.



Figur A.2 Overblik over elektrificering af det danske jernbanenet

Kilde: Trafikstyrelsen og BaneDanmark, *Togfonden DK – højhastighed og elektrificering på den danske jernbane*, 2013.

Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

Elektrificering af jernbanenettet vil kun bidrage *lidt* til målet for vedvarende energi i 2030. Bidraget skyldes, at eldrevne tog er mere effektive end dieseltog. Total set er der dog ikke meget at hente i forhold til andelen af vedvarende energi, da de resterende dieseltogs energiforbrug udgør en meget lille andel af det samlede energiforbrug.

Virkemidler

Infrastrukturen vedrørende jernbanenettet er offentlig ejet, og en elektrificering af den resterende del af jernbanenettet vil kræve en politisk bevilling på finansloven. Lokalbanelne blev i 2007 overdraget til regionerne, hvorfor en elektrificering af lokalbanerne kan tilskyndes via aftaler mellem staten og regionerne.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	0,1 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Meget dyrt
- heraf sideeffekter	Positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I nogen grad
Bidraget til målet for vedvarende energi i 2030	Lidt

Tabel A.9 Vurdering af omstillingselementet elektrificering af jernbanen

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.9 Plantefedt til malkekvæg

Udledningen af metan fra drøvtyggernes fordøjelse kan reduceres med ca. 0,7 mio. ton CO₂e ved at tilføre mere plantefedt i fodersammensætningen for konventionelle malkekvæg.

Beskrivelse

Drøvtyggere i den danske landbrugsproduktion er direkte årsag til en væsentlig udledning af metan fra fordøjelsen. Metanudledningen fra fordøjelsen står for lidt over en tredjedel af landbrugets samlede udledninger, og udledningen er direkte forbundet med udviklingen i antallet af drøvtyggere. I 2015 var der ca. 1,6 mio. kvæg i den danske landbrugsproduktion, heraf ca. 570.000 malkekvæg.⁵³

Metan (CH₄)

Metan er en drivhusgas, der er 25 gange mere potent end CO₂. For at gøre metan sammenlignelig med CO₂, opgøres metan i CO₂e.

Figur A.3 viser den historiske og den forventede udledning af metan fra dyrenes fordøjelse. Udledningen forventes at stige frem mod 2030. Dette skyldes blandt andet, at man forventer mere malkekvæg og en større mælkeydelse pr. malkeko.

Metan fra fordøjelsen dannes i vommen, når foderet nedbrydes. Udledningen fra fordøjelsen beregnes i de officielle klimaopgørelser blandt andet ud fra bruttoenergiindtaget i foderet, der afhænger af fodersammensætningen. Udledningsniveauet afhænger derfor ikke kun af antallet af husdyr, men også af hvilket foder de får.

Størstedelen af alle drøvtyggere gives i dag en vis mængde plantefedt i foderet. Ved at tildele en større andel plantefedt fra raps i stedet for korn som byg og sojaskrå kan bruttoenergitabet af metan nedbringes og udledningen af metan fra vommen reduceres med ca. 10-15 pct.⁵⁴ Der kan være en risiko for en højere udledning af metan fra husdyrgødningen ved at tildele mere plantefedt. Effekten er ikke kvantificeret, men kan afbødes ved fx afgangning.⁵⁵

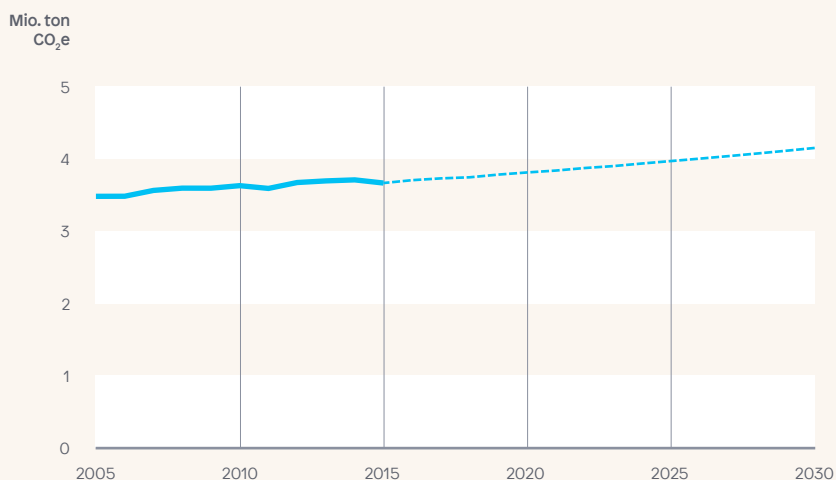
Potentiale

Malkekvæget gives som nævnt allerede i dag en vis mængde fedt i foderet, og omstillingselementets potentiale består derfor i at give en ekstra andel.

Potentialet er beregnet ud fra en antagelse om, at andelen af plantefedt af rapsfrø og rapsskrå i foderet øges for 75 pct. af den konventionelle malkekvægsbestand. Tiltaget vil primært være relevant for en del af den konventionelle malkekvægsbestand, da fodringspraksis kan variere de enkelte bedrifter imellem. Givet at malkekvæg allerede tildeles en vis mængde plantefedt, regnes med et skøn på en reduktion med ca. 10 pct. pr. malkeko, hvilket er den nedre grænse i det interval, der er nævnt ovenfor. Med en gennemsnitsudledning fra fordøjelsen på ca. 3,9 ton CO₂e pr. malkeko giver dette en reduktion på i alt ca. 0,7 mio. ton CO₂e fra 2021-2030 ved en lineær indfasning af andelen af plantefedt i foderet. Potentialet er større, hvis indfasningen sker hurtigere.

Konventionelt malkekvæg

Den konventionelle malkekvægsbestand adskiller sig fra den økologiske på flere måder. En af de væsentligste er, at det økologiske malkekvæg tilbringer en del tid på græs, og fodersammensætningen kan derfor være sværere at ændre. Den økologiske andel af malkekvægsbestanden er i dag omkring 10 pct. Andelen forventes at stige til 25 pct. i 2030.



Figur A.3 Udledningen af metan fra husdyrenes fordøjelse 2005-2030

Anm.: Den stiplede kurve angiver, at der er tale om fremskrivning.

Kilde: Personlig kommunikation med Nationalt Center for Miljø og Energi.

Samfundsøkonomiske omkostninger

De samfundsøkonomiske omkostninger ved at tildele ekstra plantefedt i foder til malkekvæg afhænger af forskellen i prisen mellem korn og plantefedt. Hvis foderprisen på plantefedt er højere end prisen på korn, vil der være en omkostning forbundet med ekstra tildeling af plantefedt. Med et gennemsnit af foderpriserne de sidste fem år vil den driftsmæssige meromkostning være ca. 270 kr. pr. malkeko årligt.⁵⁶ Det giver en samfundsøkonomisk skyggepris på 697 kr. pr. reduceret ton CO₂e. Der er naturligvis en betydelig usikkerhed ved dette estimat, da de fremtidige foderpriser kan vise sig at blive anderledes, end hvad man har set historisk.

De samfundsøkonomiske omkostninger lander i kategorien *medium* med *ubetydelige* sideeffekter.

2050-perspektiv

Ambitionerne for 2050 indebærer en væsentlig lavere udledning fra landbrugsproduktionen. Over 90 pct. af de samlede udledninger fra landbruget skyldes det store husdyrhold af især drøvtyggere som malkekvæg, der udleder metan fra fordøjelsen. Der er umiddelbart to teknologiske måder at reducere metanudledningen fra fordøjelsen på. Enten kan fodersammensætningen ændres til fx at indeholde mere eller mindre af en given ingrediens som plantefedt, eller foderet kan tilsættes et element, der har en metanreducerende effekt, fx oregano eller tang. Hvor ændringen af fodersammensætning til et større indhold af plantefedt vurderes at kunne reducere udledningen med ca. 10 pct. pr. malkeko, har internationale forsøg med at tilsætte tang i foderet vist en reduktion på op til 99 pct. af metanudledningen.⁵⁷

Derfor peger meget på, at ændret foder er en del af et klimavenligt landbrug i 2050. En anden fodersammensætning kræver dog ikke store investeringer, hvorfor der ikke er meget vundet i forhold til målet i 2050 ved at ændre foder allerede inden 2030. Det kræver heller ikke den store tilvænnning for landmændene at ændre foder, hvilket ellers kunne fordrer, at omstillingen skulle påbegyndes i god tid inden 2050. Disse argumenter er forklaret i kapitel 4. På den baggrund vurderes mere plantefedt i foder til malkekvæg at lette omstillingen mod 2050 *i ringe grad*.

Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

En ændring i fodersammensætning påvirker ikke landbrugets energiforbrug, hvorfor dette omstillingselement *slet ikke* bidrager til målet for vedvarende energi i 2030.

Virkemidler

Klimarådet anbefaler generelt, at der anvendes et klimaregnskab for den enkelte landbrugsbedrift, på baggrund af hvilket der kan stilles reduktionskrav fx gennem kvoter, pålægges afgifter på udledningen eller gives tilskud for reduktioner. Dette vil sikre den mest omkostningseffektive reduktion af udledningerne, da den enkelte landmand selv ville kunne vælge den måde at reducere udledningen på, der er billigst, og dermed anvende mere plantefedt i foderet, hvis det er mest hensigtsmæssigt på den konkrete bedrift.

Alternativt kan en ekstra tildeling af plantefedt i foderrationen tilskyndes ved at give et tilskud, der svarer til meromkostningen pr. malkeko ved at tildele en større mængde plantefedt.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	0,7 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Medium
- heraf sideeffekter	Ubetydelige
Letter omstillingen frem mod 2050	I ringe grad
Bidrager til målet for vedvarende energi i 2030	Slet ikke

Tabel A.10 Vurdering af omstillingselement plantefedt til malkekvæg

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.10 Mindre malkekvægsbestand

Over 90 pct. af de danske udledninger fra landbrugsproduktionen er knyttet til husdyrproduktionen. Den seneste fremskrivning af landbrugets udledninger forudsætter et øget antal malkekøer og en stigende mælkeydelse pr. malkeko. Ved at fastholde en konstant mælkeproduktion fra 2020 kan udledningerne fra fordøjelsen og gødningslagrene reduceres med over 2,6 mio. ton CO₂e fra 2021 til 2030.

Beskrivelse

Langt størstedelen af de danske udledninger fra landbrugsproduktionen er drevet af husdyrproduktionen. Det skyldes blandt andet, at 80 pct. af det, der dyrkes på marken, anvendes som foder til husdyrene. Det er derfor ikke udelukkende metanudledningen fra fordøjelsen, som kan tilskrives udledningen fra husdyrbruget. Grise står for ca. 35 pct. af udledningen fra landbruget, når udledningen fra den danske produktion af foder medtages, mens kvægbruget er kilde til ca. 53 pct.⁵⁹

Der findes i dag ikke én teknologi, der kan reducere drivhusgasudledningen fra husdyrproduktionen væsentligt. Udledningen fra fordøjelsen kan i dag reduceres med 10-15 pct. ved at ændre en smule på fodersammensætningen, og husdyrgødningen fra husdyrproduktionen kan behandles i biogasanlæg eller forsøringsanlæg med en reduktion i udledningerne på 25-60 pct. som følge. Forskellige dele af erhvervet arbejder desuden med at reducere udledningerne fra produktionen, fx ARLA, men hvis der ikke udvikles nye teknologiske reduktionsmuligheder vil det, der har størst effekt på udledningen, være en mindre husdyrproduktion af især køer og grise.

Den danske husdyrproduktion er ikke bare leverandør til det danske marked, men er også en stor nettoeksportør af fødevarer. Fødevarer er en global handlet vare, hvor bøffer produceret i New Zealand finder vej til de danske kølediske og danske svinekoteletter til det kinesiske marked.

Det danske forbrug af animalske produkter består af både danske og udenlandske produkter. Et mindre kødforbrug i Danmark vil ikke nødvendigvis give en lavere husdyrproduktion i Danmark. Derved vil et lavere forbrug af animalske produkter kun i beskedent omfang yde et bidrag til Danmarks klimaforpligtelser.

Potentiale

En mindre malkekvægsproduktion kan opnås på to måder. Man kan enten reducere bestanden af malkekvæg med et specifikt antal, eller man kan sætte et loft over mælkeproduktionen.

Den seneste fremskrivning forudsætter både en stigning i malkekvægsbestanden og en stigning i mælkeydelsen frem til 2030. Malkekvægsbestanden forventes at stige fra ca. 570.000 i 2015 til 615.000 i 2030. Mælkeydelsen pr. malkeko

ARLA

ARLA har fx som led i deres Environmental Strategy 2020 en Sustainable Dairy Farming Strategy, hvori der indgår en målsætning om at reducere CO₂e-fodaftrykket pr. kg mælk med 30 pct. i 2020 i forhold til niveauet i 1990.⁵⁸

Mælkeydelse

Mælkeydelsen er en betegnelse for, hvor mange kilo mælk en malkeko producerer om året.

forventes samtidig at stige væsentligt fra 9.246 kg i 2015 til 11.007 kg i 2030.⁶⁰ Samlet set betyder disse to forhold, at mælkeproduktionen vil stige betydeligt uden nye tiltag. På den baggrund vælger Klimarådet i dette omstillingselement at analysere en situation, hvor mælkeproduktionen holdes konstant på niveauet i 2020 indtil 2030. Dermed opnås en betydelig udledningsreduktion, samtidig med at landbrugets produktion ikke bliver lavere end i dag. En konstant mælkeproduktion fra 2020 vil med en stigende mælkeydelse nedsætte antallet af malkekvæg. Helt konkret er resultatet et fald i malkekvægsbestanden på ca. 16 pct. fra 2021 til 2030.

En malkeko udleder i dag ca. 3,9 ton CO₂e fra fordøjelsen ifølge Klimarådets beregninger. En højere mælkeydelse vil dog også betyde større udledning pr. malkeko, men denne effekt indgår allerede i basisfremskrivningen. Til udledningen fra fordøjelsen skal lægges udledning fra husdyrgødningen, hvor der antages en gennemsnitsreduktion på 1,0 ton CO₂e per malkeko. Dette giver en samlet udledning per malkeko på 4,9 mio. ton CO₂e. Ændringer i arealanvendelse samt globale effekter af en lavere foderimport er ikke medtaget i reduktionen. Det skyldes, at arealerne, der i dag anvendes til foderproduktion, med al sandsynlighed ville blive omlagt til en anden given kornproduktion og dermed ikke blive taget ud af produktion. Under disse forudsætninger giver en fastholdt mælkeproduktion på niveauet i 2020 med en lavere malkekvægsbestand som konsekvens en samlet reduktion på ca. 2,6 mio. ton CO₂e fra 2021 til 2030.

Samfundsøkonomiske omkostninger

Økonomien i den danske mælkeproduktion er i høj grad afhængig af mælkeprisen, der varierer kraftigt. Siden frigivelsen af mælkekvoteerne i 2015 er produktionen af mælk i EU steget og prisen faldet. I et forsøg på at stabilisere mælkeprisen har EU opkøbt en del mælkepulver, men planlægger at sælge det igen, hvilket med al sandsynlighed vil føre til endnu lavere priser.

Der er stor variation i indtjeningsevnen de forskellige bedrifter imellem. Figur A.4 viser variationen og det vægtede gennemsnit af nettooverskuddet før rentebelastning pr. årsko fra danske mælkeproducenter.

Den strukturelle udvikling vil over tid ændre billedet i figur A.4. Mælkeproducenter med et negativt nettooverskud vil langsomt vige for de mælkeproducenter, der har overskud. Denne strukturelle udvikling må formodes at ske af sig selv drevet af almindelige markedsvilkår. Det er derfor svært at vurdere, hvad omkostningen for landbruget og samfundet vil blive, hvis landbruget skal reducere malkekvægsbestanden. Det kan vise sig at være en samfundsøkonomisk gevinst, hvis bestanden reduceres der, hvor den giver underskud. På den anden side er det usikkert om reguleringen kan målrettes, så kun de tabsgivende bedrifter rammes. Det vægtede gennemsnit for nettooverskuddet i figur A.4 indikerer, at omkostningen ved en generel bestandsreduktion fordelt over alle bedrifter vil være forholdsvis lav, men hvordan den faktiske fordeling ser ud i 2020, 2025 eller 2030 vil afhænge af den strukturelle udvikling.

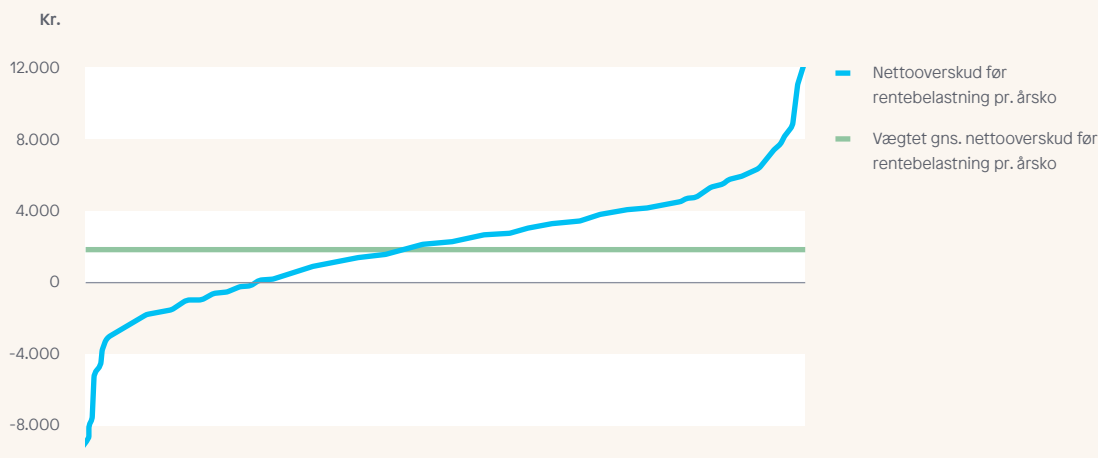
Hvis det antages, at det primært er de malkekvægsbedrifter, der har et positivt nettooverskud før rentebelastning, der er relevante på længere sigt, giver tallene i figur A.4 et gennemsnitligt nettooverskud på 2.878 kr. pr. årsko. I dette tal er

Mælkekvoter

EU's mælkekvotesystem blev etableret i 1984 og afskaffet den 31. marts 2015. Mælkekvoteerne satte et loft over den samlede mælkeproduktion i EU.

Årsko

En årsko er defineret som en ko i et år og svarer til 0,75 dyreenheder. Dyreenheder anvendes som en betegnelse for størrelsen af en husdyrbestand og svarer til 100 kg kvælstof.



Figur A.4 Nettooverskuddet pr. årsko for mælkeproducenter.

Kilde: Særkørsel fra Danmarks Statistik.

kapitalomkostninger forbundet med investeringer, fx i staldanlæg, ikke medtaget. Årsagen er, at dette omstillingselement indebærer en bestandsnedgang, hvorfor der fremadrettet ikke er behov for udvidelse af staldkapaciteten. Hvis man regner med en udledning på 4,9 ton CO₂e per malkeko, fås en skyggepris på 591 kr. per reduceret ton CO₂e.

Der er positive sideeffekter ved en mindre bestand af malkekvæg især på grund af en lavere ammoniakfordampning som følge af en lavere husdyrgødningsmængde. Ifølge de officielle normtal⁶¹ udleder en malkeko ca. 10 kg N ammoniak årligt, og har en gennemsnitsudledning på ca. 5 kg kvælstof årligt.⁶² På den baggrund viser Klimarådets beregninger, at sideeffekterne kan kvantificeres til en gevinst for samfundet på ca. 167 kr. pr. ton CO₂e. Dermed bliver den samlede skyggepris inklusive sideeffekter 424 kr. pr. ton.

Samlet set er de samfundsøkonomiske omkostninger både med og uden kapitalomkostninger af en sådan størrelse, at omstillingselementet lander i kategorien *medium*, hvoraf sideeffekterne vurderes til at være *positive*.

2050-perspektiv

Et lavemissionssamfund i 2050 indebærer en landbrugsproduktion med meget lave udledninger. Landbrugets udledninger er jævnt fordelt på udledningen fra fordøjelsen, fra husdyrgødningen og fra landbrugsjorden, men samlet set stammer 93 pct. af den samlede drivhusgasudledning fra husdyrproduktionen.

En reduktion af landbrugets udledninger kan ske enten ved at anvende teknologier, der reducerer udledningen fra produktionen, ved at producere andre fødevarer med en lavere udledning, eller ved at reducere produktionsomfanget. Omstillingen mod 2050 vil højst sandsynligt indeholde elementer af alle tre reduktionsveje.

På kort sigt er det særligt vigtigt at udvikle nye teknologier, der kan reducere landbrugets udledninger. Det taler for at prioritere tiltag, som ikke kun reducerer produktionen. Men hvis en produktionsnedgang er en del af løsningen mod 2050 – fx fordi vi skal til at forbruge mere klimavenlige fødevarer – vil det kræve en betydelig tilpasning i landbruget, hvorfor der er fornuft i at påbegynde processen allerede inden 2030.

På den baggrund vurderes en mindre malkekvægsbestand *i nogen grad* at lette omstillingen mod 2050.

Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

Kvægbestanden har i praksis kun yderst beskednen indflydelse på det danske energiforbrug. Derfor bidrager dette omstillingsselement *slet ikke* til målet for vedvarende energi i 2030.

Virkemidler

Klimarådet anbefaler generelt, at der anvendes et klimaregnskab for den enkelte landbrugsbedrift. Dette vil sikre den mest omkostningseffektive reduktion af udledningerne, da den enkelte bedrift selv kan vælge den måde at reducere udledningen på, der er billigst. Fordelen ved at regulere udledningen af drivhusgasser gennem et bedriftsregnskab i stedet for direkte at regulere mælkeproduktionen er, at det kan give et øget incitament til at udvikle teknologier og metoder til at reducere drivhusgasudledningen.

Der har i Danmark været debat om en mulig afgift på oksekød, der skulle afspejle klimapåvirkningen fra oksekødsproduktionen. En afgift på forbruget af oksekød vil dog ikke nødvendigvis have effekt på den danske husdyrproduktion. Eksempelvis stammer ca. 80 pct. af det danske hakkede oksekød,⁶³ der udgør ca. 63 pct. af oksekødsforbruget i Danmark,⁶⁴ fra malkekvæg og er dermed et restprodukt fra mælkeproduktionen, da mælken er det primære produktionsprodukt for en malkeko. Når mælkeydelsen begynder at falde, bliver malkekoen typisk slagtet og solgt som hakket kød. Et lavere forbrug af mælkeprodukter ville derfor i dette tilfælde have en umiddelbart større effekt end et lavere forbrug af fx hakket oksekød, da det hakkede oksekød er det sekundære produkt.

En lavere husdyrproduktion kan dog opnås på flere måder. Man kan fx skærpe husdyrreguleringen for malkekvæg, hvor Danmark i EU's nitratdirektiv har en undtagelse for kvæg i forhold til mængden af tilladt husdyrgødning på markerne, eller man kan sætte et loft over mælkeproduktionen og samtidig etablere et kvotesystem for mælken med omsættelige kvoter. Der har tidligere været et kvotesystem i EU for mælkeproduktion. Et kvotesystem er umiddelbart omkostningseffektivt, da kun de bedrifter, der har et overskud fra deres produktion, vil fortsætte produktionen, mens de bedrifter, der har en negativ indtjeningsvevne med al sandsynlighed udfases.

EU's nitratdirektiv

Dette direktiv har til formål at beskytte grund- og overfladevand mod landbrugets forurening.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	2,6 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Medium
- heraf sideeffekter	Positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I nogen grad
Bidraget til målet for vedvarende energi i 2030	Slet ikke

Tabel A.11 Vurdering af omstillingselement mindre malkekvægsbestand

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.11 Forsuring af gylle

Forsuring af gylle i stalden reducerer udledningen af metan og lattergas fra husdyrgødningen og reducerer samtidig udledningen af ammoniak til gavn for vandmiljøet. Ved at forsure 3,2 mio. ton ekstra svine- og kvæggylle kan udledningerne i ikke-kvotesektoren reduceres med knap 1 mio. ton CO₂e fra 2021 til 2030.

Beskrivelse

Husdyrgødning

Husdyrgødning er en samlet betegnelse for gylle, aje og fast gødning fra husdyrbruget.

Forsuring

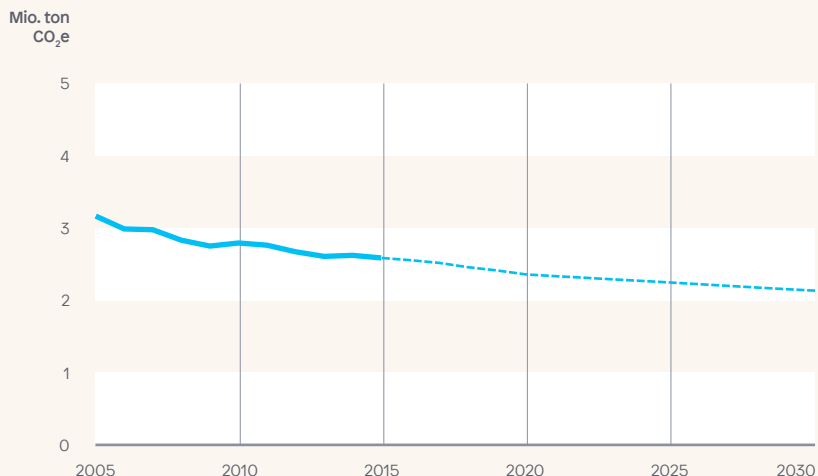
Forsuring af gylle er tilsætning af svovlsyre, der skaber en ændring af gyllens pH-værdi, således at der dannes mindre metan.

Ammoniakfordampning

Danmark har en forpligtelse om en reduktion af fordampningen af ammoniak med 24 pct. frem mod 2030 i forhold til 2005.⁶⁵

Udledningen af metan og lattergas fra landbrugets lagre af husdyrgødning udgør omkring en tredjedel af landbrugets udledninger. Omfanget af udledningen afhænger af, hvor stor husdyrproduktionen er, og hvordan husdyrgødningen behandles. Figur A.5 viser den historiske udvikling i udledningen af metan og lattergas fra husdyrgødningen fra 2005 til 2015 og den forventede udledning frem til 2030 i mio. ton CO₂e. Figuren viser et fald i udledningerne blandt andet som følge af en øget forsuring og en øget anvendelse af gødning til biogasformål.

Forsuring af husdyrgødning er primært udviklet som et tiltag til at reducere ammoniakfordampningen fra husdyrgødningen. Forsuring af gylle i stald eller lager er samtidig en måde at reducere udledningen af drivhusgasserne metan og lattergas uden at ændre produktionsomfanget eller produktionssammensætningen. Den forsurede gylle har dog en lavere pH-værdi end ikke-forsuret gylle, hvilket giver anledning til lidt øget kalkforbrug, som er forbundet med en min-



Figur A.5 Historisk og forventet udledning af metan og lattergas fra gylle- og gødningslagre, 2005-2030

Anm.: Den stiplede kurve angiver, at der er tale om fremskrivning.

Kilde: Personlig kommunikation med Nationalt Center for Miljø og Energi.

Ton CO ₂ e pr. ton gylle	Svinegylle			Kvæggylle
	Søer	Smågrise	Slagtesvin	
Metan	-0,0374	-0,0374	-0,0374	-0,0116
Lattergas	-0,0052	-0,0026	-0,0069	-0,0044
Øget kalkning	0,0032	0,0023	0,0042	0,0018
Reduktion i alt	-0,0394	-0,0377	-0,0401	-0,0142

Tabel A.12 Reduktioner og stigninger af drivhusgasudledning ved forsuring af ét ton gylle

Anm.: Et negativt tal angiver en reduktion, mens et positivt tal angiver en merudledning.

Kilde: Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi.

dre øget udledning.⁶⁶ Reduktionerne af drivhusgasser for de forskellige typer gylle er listet i tabel A.12. Det fremgår, at der er et væsentligt større reduktionspotentiale ved at forsure svinegylle end kvæggylle.

Potentiale

Gylleforsuring i stald eller lager er relevant for en stor del af den samlede mængde husdyrgødning med undtagelse af gylle fra det økologiske jordbrug, hvor tilsætning af svovlsyre ikke er tilladt. I dag forsures ca. 1,3 mio. ton af al gylle i stalden. Dette svarer til ca. 3 pct. af den samlede gyllemængde. Den seneste basisfremskrivning viser, at der i 2030 forventes at blive forsuret ca. 3,4 mio. ton svine- og kvæggylle, svarende til ca. 9 pct.

Etablering af forsøringsanlæg er særligt relevant i forbindelse med investering i nye staldanlæg. Potentialet for yderligere forsuring er derfor afhængigt af, hvor stor en del af staldene der står til at blive udskiftet inden 2030. Potentialet er derfor beregnet ud fra antallet af nye staldanlæg, der etableres frem mod 2030. Dette svarer til 858 kvægbedrifter og 315 svinebedrifter.

Den samlede gyllemængde for de nyetablerede stalde svarer til ca. 3,2 mio. ton svine- og kvæggylle i alt over hele perioden. Med en gradvis indfasning af forsuring i takt med udskiftningen af staldpakken kan udledningen fra gylle- og gødningslagrene reduceres med samlet set 1,0 mio. ton CO₂e over perioden fra 2021 til 2030.

Samfundsøkonomiske omkostninger

Der er som udgangspunkt øgede investeringsomkostninger forbundet med gylleforsuring i stalden, da der skal investeres i et forsøringsanlæg. Anlægget etableres i forbindelse med, at der i forvejen bygges nye staldanlæg. Anlægget har desuden løbende driftsomkostninger til svovlsyre og elektricitet.

Omkostningen for at forsure er uden sideeffekter beregnet til 936 kr. pr. reduceret ton CO₂e for svinegylle og 1.932 kr. pr. reduceret ton CO₂e for kvæggylle. Skyggeprisen, når sideeffekter i form af reduceret ammoniakfordampning med-

tages, bliver en samfundsøkonomisk gevinst på 26 kr. pr. ton reduceret CO₂e for forsuring af svinegylle og en mindre samfundsøkonomisk omkostning på 41 kr. pr. ton reduceret CO₂e for forsuring af kvæggylle. Den gennemsnitlige skyggepris for de to gylletyper er 8 kr. pr. ton CO₂e.

Med en skyggepris lige over nul, lander de samfundsøkonomiske omkostninger i kategorien *billigt*, mens sideeffekterne heri vurderes til at være *store positive*.

2050-perspektiv

Et lavemissionssamfund i 2050 indebærer en landbrugsproduktion med meget lave udledninger. Omkring en tredjedel af alle udledningerne fra landbruget stammer fra husdyrgødningslagrene. Teknologiske anlæg, som forsørings- eller biogasanlæg, der kan behandle husdyrgødningen, kan reducere udledningerne fra landbrugsproduktionen uden at reducere selve produktionen. Der er en investering forbundet med forsøringsanlæg, der foretages ved udskiftning af stalden. Der vil derfor være tilpasningsomkostninger forbundet med forsøringsanlæg, da husdyrgødningen skal behandles på en anden måde end tidligere.

Husdyrgødning er et restprodukt fra den danske husdyrproduktion. Reduktionen af udledningerne fra husdyrgødningen kan enten foregå ved at behandle husdyrgødningen i et anlæg som fx et forsøringsanlæg, eller man kan udnytte restproduktet til energiformål ved fx bioforgasning og derved få en dobbeltgevinst. En mindre del af den fursurede gylle, ca. 10-20 pct., kan dog anvendes til biogas uden at påvirke metanproduktionen.⁶⁷

Det kan variere fra bedrift til bedrift, hvilken teknologi der er hensigtsmæssig at anvende til at behandle husdyrgødningen. For nogle bedrifter kan et biogasanlæg være langt væk, og der vil forsuring være den bedste måde at behandle husdyrgødningen på og dermed reducere udledningerne uden at ændre på produktionen.

På den baggrund vurderes forsuring af gylle at hjælpe på 2050-målet *i nogen grad*.

Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

Selvom forsuring øger landbrugets energiforbrug en smule, er dette så begrænset, at dette omstillingselement vurderes *slet ikke* at bidrage til målet for vedvarende energi i 2030.

Virkemidler

Der kan stilles krav om behandling af husdyrgødning fx ved etablering af nye stalde. Den enkelte landmand kan derefter selv bestemme den teknologi, der skal anvendes, herunder forsuring. Alternativt kan der lægges en afgift på ubehandlet husdyrgødning eller gives et tilskud til behandling af husdyrgødningen.

Klimarådet anbefaler dog generelt, at der anvendes et klimaregnskab for den enkelte landbrugsbedrift, på baggrund af hvilket der kan stilles reduktionskrav fx gennem kvoter, pålægges afgifter på udledningen eller gives tilskud for reduktioner. Dette vil sikre den mest omkostningseffektive reduktion af udledningerne, da den enkelte landmand selv ville kunne vælge den måde at reducere udledningen på, der er billigst for vedkommende.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	1,0 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Billigt
- heraf sideeffekter	Store positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I nogen grad
Bidrager til målet for vedvarende energi i 2030	Slet ikke

Tabel A.13 Vurdering af omstillingselement forsuring af gylle

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.12 Energipil

Dyrkning af energipil i stedet for korn er en måde at reducere drivhusgasudledningen fra landbrugsjorden, binde kulstof og reducere kvælstofudvaskningen og ammoniakfordampningen. Energipil på 230.000 hektar kan reducere drivhusgasudledningen med over 0,6 mio. ton CO₂e fra 2021 til 2030.

Beskrivelse

Lattergas (N₂O)

Lattergas er en drivhusgas, der er 298 gange mere potent end CO₂. For at gøre lattergas sammenlignelig med CO₂ opgøres lattergas i CO₂e.

Fødevarer- og Landbrugspakken

Denne pakke blev vedtaget i 2015 af Venstre, Konservative, Dansk Folkeparti og Liberal Alliance. Pakken indeholder blandt andet fjernelse af randzoner, ændrede harmonikrav for svin og en udfasning af de reducerede kvælstofnormer. Den negative effekt på miljø og klima af tiltagene skal dog afbødes af en målrettet regulering.

ILUC

ILUC er en forkortelse af Indirect Land-Use Change, og betegner, hvordan en ændring af arealanvendelsen kan føre til en ændring i arealanvendelsen et helt andet sted. Givet uændret efterspørgsel, antages det, at hvis en given produktion stopper, vil den erstattes af tilsvarende produktion et helt andet sted. Ny produktion kræver som udgangspunkt et nyt areal, da det eksisterende landbrugsareal allerede er anvendt. Det nye areal vil ofte komme fra rydning af skov til landbrugsformål, hvilket er forbundet med øget udledning af drivhusgasser.

Udledningen af drivhusgassen lattergas fra landbrugsjorden udgør over en tredjedel af landbrugets udledninger. Udledningen af lattergas er knyttet til mængden og omsætningen af kvælstof på marken. Den seneste basisfremskrivning viser en stigning i udledningen frem mod 2030. Den største udledning er især en følge af den ændrede kvælstofnorm i forbindelse med Fødevarer- og Landbrugspakken.

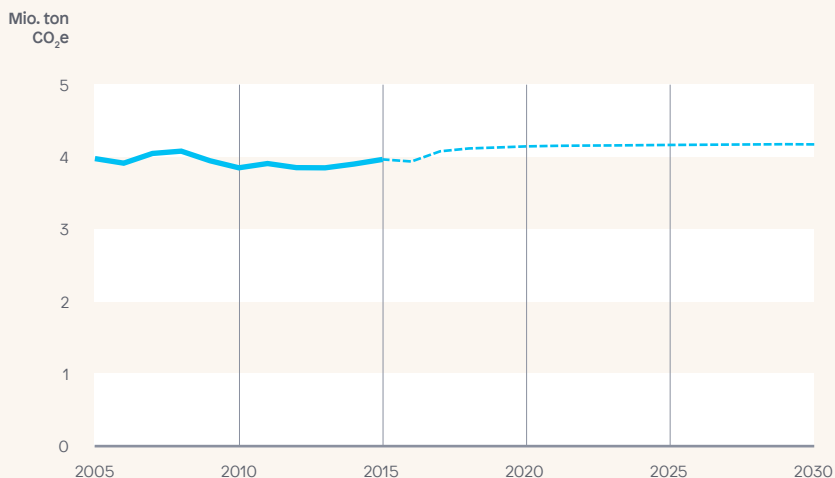
Dyrkning af energipil og flerårige energiafgrøder er primært en måde at øge kulstofbindingen i jorden og reducere kvælstofudvaskningen. Reduktionen i lattergasudledningen kan opfattes som en sideeffekt, da denne effekt er langt mindre end de førstnævnte effekter. Ved at dyrke energipil i stedet for korn eller raps kan lattergasudledningen reduceres med ca. 0,25 ton CO₂e pr. hektar sandjord og 0,19 ton CO₂e pr. hektar lerjord på grund af et mindre forbrug af handelsgødning, og kulstofbindingen kan øges med 1,2 ton CO₂e pr. hektar årligt.⁶⁸ Desuden reduceres CO₂-udledningen som følge af et lavere brændstofforbrug til landbrugsmaskiner med ca. 0,37 ton CO₂e pr. hektar.⁶⁹

Givet uændret efterspørgsel på foder til dyr, som 80 pct. af det danske landbrugsareal i dag anvendes til, kan dyrkning af energipil føre til øget import af foder. Dette har ingen betydning for drivhusgasudledningerne fra dansk grund, men kan have en øget global udledning til følge afhængig af, hvordan denne produktion finder sted. Denne effekt kaldes ILUC.

Potentiale

En tidligere undersøgelse af potentialer og barrierer for dyrkning af energipil har fokuseret på tre scenarier hver med en given tørstofproduktion pileflis til energiformål. Det første scenarie var et business-as-usual-scenarie med 50.000 ton tørstof pr. år svarende til 0,8 PJ. Det andet scenarie var et miljøoptimeret scenarie med 2,82 mio. ton tørstof årligt svarende til 45 PJ. Det tredje scenarie var et scenarie med særlig fokus på reduktion i kvælstofudvaskningen med etablering af knap 100.000 hektar energipil svarende til 20 PJ.

I det følgende er anvendt potentialet fra det miljøoptimerede scenarie med fokus på dyrkning af energipil til forbrænding og en størst mulig reduktion af næringsstofudvaskning for 230.000 hektar fordelt på sand- og lerjord fra 2021 til 2030 med en gradvis indfasning.



Figur A.6 Historisk og forventet udledning af lattergas fra landbrugsjorden fra omsætning af kvælstof på marken, 2005-2030

Anm.: Den stiplede kurve angiver, at der er tale om fremskrivning.

Kilde: Personlig kommunikation med Nationalt Center for Miljø og Energi.

Dyrkning af energipil på 230.000 hektar fordelt på sandjord og lerjord vil give en reduktion i drivhusgasudledningen af lattergas og reduceret brændstofforbrug på lidt over 0,6 mio. ton CO₂e i årene fra 2021 til 2030. Desuden vil dyrkning af energipil øge kulstofbindingen i jorden med ca. 1,3 mio. ton CO₂e over hele perioden. Kulstofbindingen tæller dog ikke med i potentialet til opfyldelse af ikke-kvotesektormålet, da Danmark allerede forventes at udnytte det tilladte bidrag fra LULUCF frem til 2030.

Pileflisen fortrænger som udgangspunkt fossile brændsler. Dog er pileflis en international handlet vare, så øget dansk produktion af flis betyder ikke nødvendigvis et øget forbrug af biomasse i den danske energiforsyning. Det skyldes, at pileflis let kan transporteres, og for kraftvarmeværkerne gør det ingen forskel, hvorvidt det er danskproduceret eller importeret træflis, der benyttes. Derfor medregnes her ikke effekten på udledningerne af, at fossile brændsler fortrænges.

Samfundsøkonomiske omkostninger

Den samfundsøkonomiske omkostning for dyrkning af energipil afhænger af alternativ anvendelsen for landbrugsjorden. Det antages her, at alternativ anvendelsen er dyrkning af korn, og derfor vil omkostningen især afhænge af prisen på korn og flis. Med en lav kornpris og en høj pris på træflis vil dyrkning af energipil være mere fordelagtigt, end hvis det omvendte er tilfældet. Dertil skal lægges værdien for samfundet ved sideeffekter som lavere kvælstofudvaskning og reduceret ammoniakfordampning.

Den samfundsøkonomiske gevinst med sideeffekter for dyrkning af energipil på 230.000 hektar inklusive sideeffekter er beregnet til 1.204 kr. for sandjord og

774 kr. for lerjord pr. ton reduceret CO₂e.⁷⁰ Heraf udgør sideeffekter i form af en reduceret kvælstofudvaskning og reduceret ammoniakfordampning en værdi på henholdsvis 2.223 kr. og 1.255 kr. pr. ton CO₂e for de to jordtyper. Det viser, at det er sideeffekterne, der gør energipil samfundsøkonomisk fordelagtigt, hvori- mod det umiddelbart er mere rentabelt for landmanden at dyrke korn.

Da energipil uanset jordtype har negative samfundsøkonomiske omkostninger, falder omstillingselementet i kategorien *meget billigt*, mens sideeffekterne heraf vurderes til at være *store positive*.

2050-perspektiv

Dyrkning af energipil peger kun i beskeden grad i retning af 2050, hvor forventningen er, at opvarmning kun i begrænset omfang skal være biomassebaseret, og hvor biomassen i højere grad skal komme fra restprodukter og ikke egentlige energiafgrøder. Samtidig fortrænger energipil dyrkning af fødevarer, og hvis fødevarereproduktionen skal holdes uændret, vil ny jord skulle tages i brug med øgede udledninger til følge.

Dertil kommer, at energipil ikke kræver store investeringer at etablere. Det er relativt hurtigt at omlægge fra korn til energipil. Derfor er der i et 2050-perspektiv ikke meget vundet ved at påbegynde omlægningen til energipil allerede inden 2030, selv hvis energipil skal spille en afgørende rolle i 2050.

På den baggrund vurderes dyrkning af energipil at hjælpe på 2050-målet *i ringe grad*.

Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

Da træflis er en international handlet vare, påvirker øget dansk flisproduktion kun i begrænset grad sammensætningen af det danske energiforbrug. Godt nok sænkes landbrugets energiforbrug, når der dyrkes energipil frem for korn, men dette bidrag er så beskedent, at der ses bort fra det her. Derfor bidrager energipil *slet ikke* til målet for vedvarende energi i 2030.

Virkemidler

Klimarådet anbefaler generelt, at der anvendes et klimaregnskab for den enkelte landbrugsbedrift. Dette vil sikre den mest omkostningseffektive reduktion af udledningerne, da den enkelte bedrift selv ville kunne vælge den måde at reducere udledningen på – fx ved at dyrke energipil – der er billigst for bedriften.

Der kan alternativt gives tilskud til dyrkning af energipil. Der har indtil 2014 været en tilskudsordning for dyrkning af energipil på landbrugsjord, hvor der i dag kun gives tilskud til dyrkning af energipil i lavskov som miljøfokusområde.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	0,6 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Meget billigt
- heraf sideeffekter	Store positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I ringe grad
Bidraget til målet for vedvarende energi i 2030	Slet ikke

Tabel A.14 Vurdering af omstillingselement energipil

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.13 Græsarealer

Etablering af vedvarende græsarealer på højbund i stedet for korndyrkning er en måde at reducere drivhusgasudledningen fra landbrugsjorden. Etablering af 100.000 hektar græsarealer kan reducere drivhusgasudledningen med ca. 0,6 mio. ton CO₂e frem mod 2030. Der er desuden positive sideeffekter af både reduceret kvælstofudvaskning og øget kulstofbinding i jorden.

Beskrivelse

Etablering af græsarealer er primært en måde at binde kulstof i jorden og reducere kvælstofudvaskningen. Men det er også en måde at reducere udledningen af lattergas og forbruget af brændstof.

Slæt
Når en græsmark høstes, kaldes det slæt.

Vedvarende græsarealer kan etableres, enten hvor der allerede er græs i omdrift, altså hvor der veksles mellem afgrøder, eller i stedet for dyrkning af korn eller majs. Etablering af græs på arealer, til fx slæt eller helårsgræsning, estimeres at kunne reducere drivhusgasudledningen med ca. 0,86 ton CO₂e pr. hektar på sandjord og 0,79 ton CO₂e pr. hektar lerjord. Derudover sker en øget kulstofbinding i jorden på 1,8 ton CO₂e pr. hektar. Der vil desuden være en mindre reduktion i forbruget af brændstof ved at etablere vedvarende græsarealer. Denne effekt er estimeret til ca. 0,3 ton CO₂e pr.hektar pr. år.⁷¹

Potentiale

Den seneste fremskrivning for dansk landbrug forudser et fald i både arealet med græs i omdrift og det vedvarende græsareal.⁷² Der er tidligere lavet beregninger af effekten af etablering af vedvarende græsarealer på 100.000 hektar højbund fra 2013-2020. Da dette areal ikke er etableret, findes potentialet stadigvæk. I denne analyse regnes derfor med et potentiale på 100.000 hektar fordelt ligeligt på sand- og lerjord i perioden 2021-2030. Potentialet nås ved en gradvis omlægning af 10.000 hektar om året fra 2021 til 2030. Dette giver en samlet reduktion i udledningen frem mod 2030 på ca. 0,6 mio. ton CO₂e, hvoraf effekten af et lavere brændstofforbrug til landbrugsmaskiner er medregnet. Der er desuden en øget kulstoflagring på lidt over 1 mio. ton CO₂e over hele perioden, som ikke er medtaget i den samlede reduktionseffekt, som argumenteret for i kapitel 4. En eventuel effekt af, at dyrene går på græs i sommerhalvåret, er ikke medtaget.

Samfundsøkonomiske omkostninger

Den samfundsøkonomiske omkostning ved at omlægge arealer til vedvarende græs afhænger af, hvad der omlægges fra, og hvordan de vedvarende græsarealer drives. Omkostningerne ved at anvende græsarealerne enten til helårsgræsning eller slæt er tidligere blevet antaget at være sammenlignelige. Skyggeprisen uden sideeffekter pr. reduceret ton CO₂e er tidligere beregnet til 3.424 kr. på sandjord og 8.282 kr. på lerjord uden sideeffekter. De store positive sideeffekter ved at etablere vedvarende græsarealer i form af en lavere kvælstofudvaskning og reduceret ammoniakfordampning reducerer skyggeprisen til 469 kr. på sand-

jord og 6.476 kr. på lerjord pr. ton reduceret CO₂e. Den store forskel i omkostningerne for sand- og lerjord skyldes især, at der er en lidt større reduktion i kvælstofudvaskning på sandjord, og at jordrenten for lerjord i beregningerne er højere end for sandjord. Den gennemsnitlige samfundsøkonomiske skyggepris inklusive sideeffekter for de to jordtyper er 3.473 kr. pr. ton CO₂e.

De samfundsøkonomiske omkostninger lander samlet set i kategorien *meget dyrt* med *store positive* sideeffekter.

2050-perspektiv

Et lavemissionssamfund i 2050 indebærer en landbrugsproduktion med meget lave udledninger. Dyrkning af nogle typer afgrøder er forbundet med en mindre udledning og et lavere gødningsforbrug end andre. Etablering af græsarealer er primært en måde at binde kulstof i jorden på. I 2050 vil kulstofbinding spille en væsentlig rolle for at afbøde de udledninger, der kan være fra resten af økonomien, herunder landbruget.

Der forskes i såkaldt bioraffinering, hvor man blandt andet forsøger at trække protein ud af græs. Dette kan potentielt gøre vedvarende græsarealer til en nyttig ressource, som samtidig kan reducere udledningen af drivhusgasser fra landbruget. På dets nuværende stadie er det svært at vurdere potentialet.

Omlægning til vedvarende græs kan således godt ske at skulle spille en rolle i 2050, men selve omlægningen vil ikke kræve hverken store investeringer eller tilpasninger. Derfor vil det kun *i ringe grad* lette omstillingen mod 2050 at begynde før 2030 med at omlægge til græs i større omfang, end der allerede sker.

Bidrag til mål for vedvarende energi i 2030

Selvom etablering af græsarealer reducerer landbrugets energiforbrug, er dette så begrænset, at græsarealer vurderes *slet ikke* at bidrage til målet for vedvarende energi i 2030.

Virkemidler

Klimarådet anbefaler generelt, at der anvendes et klimaregnskab for den enkelte landbrugsbedrift. Dette vil sikre den mest omkostningseffektive reduktion af udledningerne, da den enkelte bedrift selv ville kunne vælge den måde at reducere udledningen på – fx ved at etablere græsarealer – der er billigst for den enkelte. Der kan alternativt gives tilskud til etablering af græsarealer svarende til meromkostningen for at ændre arealanvendelsen.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	0,6 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Meget dyrt
- heraf sideeffekter	Store positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I ringe grad
Bidraget til målet for vedvarende energi i 2030	Slet ikke

Table A.15 Vurdering af omstillingselement græsarealer

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.14 Individuelle varmepumper

Individuelle varmepumper kan bruges som alternativ til olie og naturgas i private husholdninger. Potentialet er stort, og meget tyder på, at det er samfundsøkonomisk fornuftigt – særligt hvad angår udskiftning af oliefyr.

Beskrivelse

Varmepumper bruger el til at varme almindelige familieboliger op, men er langt mere effektive end traditionelle elpaneler. Det skyldes, at varmepumpen udnytter energien fra husets omgivelser. Det vil sige, at pumpen tager varme fra fx udeluft eller jorden og overfører den til radiatorer eller gulvvarme eller blæser den direkte ind i huset som varm luft. På den måde er det muligt at producere tre til fire gange mere varmeenergi end den elektriske energi, som varmepumpen bruger.

Overordnet set kan tre typer varmepumper komme på tale i familiehuse. Et jordvarmeanlæg henter varme fra jorden via nedgravede slanger og opvarmer husets radiator- og brugsvand. En luft-til-vand-varmepumpe gør i stedet brug af luften udenfor som varmekilde. En luft-til-luft-varmepumpe varmer ikke vand, men blæser i stedet varm luft direkte ind i huset. De forskellige typer varierer med hensyn til pris og effektivitet.

Det seneste år er der solgt ca. 5.000 varmepumper årligt af jordvarme- og luft-til-vand-typen. Disse to typer vælges især til helårshuse. Salget af luft-til-luft-varmepumper, som meget bruges i sommerhuse, har svinget mellem 10.000 og 20.000.⁷³

Varmepumper kan bruges som alternativ til olie-, naturgas- eller træpillefyr i den individuelle opvarmning. Afgifterne har stor betydning for, om varmepumper er privatøkonomisk konkurrencedygtige. Afgifterne på el er væsentligt højere målt pr. energienhed, end de er på olie og naturgas, og biomasse i form af fx træpiller er slet ikke afgiftsbelagt. Den relativt høje elafgift står derfor i nogen grad i vejen for udbredelsen af varmepumper.

Potentiale

Da formålet med omstillingselementerne er at fortrænge CO₂ fra ikke-kvotesektoren, fokuseres her på varmepumper som alternativ til olie- og naturgasfyr.

Der bliver gradvist færre og færre oliefyr i Danmark. I regeringsgrundlaget fra 2011 er nævnt ambitionen, at alle oliefyr skal være udfaset i 2030,⁷⁴ hvorfor et potentiale, der opererer med en sådan fuld udfasning synes mulig. Dansk Energi, DONG og Energinet.dk har i en rapport vurderet, at 45 pct. af de nuværende husholdninger med oliefyr med fordel kan skifte til varmepumpe, mens de resterende 55 pct. bør omstille til et træpillefyr.⁷⁵ Derfor antages her, at varmepumper kan fortrænge 45 pct. af husholdningernes olieforbrug til opvarmning.

Også for visse husholdninger med naturgasfyr, vil der være potentiale i at skifte

Varmepumper som alternativ

Hvis varmepumper skal være en god varmeløsning for husejeren, skal huset være velisoleret, og det eksisterende varmesystem skal kunne fungere ved relativt lav fremløbstemperatur. Det skyldes, at varmepumpernes høje effektivitet er afhængig af, at den producerede varme ikke skal have for høj temperatur i forhold til varmekilden udenfor.

til en varmepumpe. Dansk Energi har vurderet, at 20 pct. af naturgasforbruget realistisk set kan elektrificeres.⁷⁶

Ifølge basisfremskrivningen har husholdningerne et olieforbrug i gennemsnit fra 2021 til 2030 på ca. 7 PJ om året og et naturgasforbrug på ca. 25 PJ om året. Hvis hele olieforbruget og 20 pct. af naturgasforbruget elektrificeres med en lineær indfasningsprofil, svarer det til, at udledningerne i ikke-kvotesektoren over perioden falder med 3,2 mio. ton CO₂ sammenlignet med basisfremskrivningen.

Samfundsøkonomiske omkostninger

Omkostninger
Klimarådets beregninger viser, at den gennemsnitlige varmepris for et oliefyrr er ca. 800 kr. pr. MWh, mens de tilsvarende tal for naturgasfyrr og varmepumper er henholdsvis 500 og 550 kr.⁷⁸

Målt på de samlede omkostningerne pr. MWh varme inklusive installation er oliefyrr dyrest, og naturgasfyrr er billigst, mens varmepumper er lidt dyrere end naturgasfyrr.⁷⁷ Selv hvis et oliefyrr ikke kostede noget i køb og installation, gælder dette stadigvæk. Derfor kan det betale sig at udskifte endnu ikke udtjente oliefyrr med fx en varmepumpe.

Varmepumper reducerer udledningerne af partikler, NO_x og svovl fra oliefyrr og naturgasfyrr. Dog øges de tilsvarende udledninger fra kraftværker, men skaden herfra er langt mindre end fra 'de små skorstene'. De positive sideeffekter kan prissættes til 14 kr. pr. ton.

Samlet set lander skyggeprisen for elementet på ca. -220 kr. pr. ton, idet prisen for udskiftning af naturgasfyrr dog er en smule positiv. Det giver kategorien *meget billigt*, mens sideeffekterne heri vurderes til at være *positive*.

2050-perspektiv

En individuel varmepumpe har en gennemsnitlig levetid på ca. 15 år, så langt de fleste varmepumper installeret inden 2030 vil skulle udskiftes inden 2050. Derfor er der kun i begrænset grad tale om, at udgifter til varmepumper inden 2030 erstatter udgifter, der skal afholdes efter 2030. Dog vil dele af større jordvarmeinstallationer sandsynligvis også være i drift i 2050, selv hvis de etableres i 2030.

I 2050 skal en rigtig stor del af den individuelle opvarmning komme fra varmepumper, men det er næppe realistisk, at hele denne omstilling kan nås efter 2030. Derfor er der perspektiv i at påbegynde elektrificeringen af den individuelle opvarmning allerede inden 2030 for at sikre samfundet en gradvis tilvæning til et forandret energisystem.

På den baggrund vurderes individuelle varmepumper at hjælpe på 2050-målet *i nogen grad*.

Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

Ved omstilling til en varmepumpe skiftes fossil energi i form af olie og naturgas ud stortset en-til-en med vedvarende energi. Det skyldes for det første, at varmepumpens brug af omgivelsesvarme må tælle med som vedvarende energi, når EU's definition af andelen af vedvarende energi lægges til grund. For det andet opfattes varmepumpens elforbrug som vedvarende energi som følge af analysens antagelse fra boks 4.1 om, at elektrificering bakkes op af en tilsvarende udbygning med vedvarende energi.

Derfor vurderes individuelle varmepumper at bidrage *meget* til VE-målet i 2030.

Virkemidler

Et oplagt virkemiddel er at sænke afgiften på el til opvarmning, som Klimarådet tidligere har anbefalet.⁷⁹ Der kan dog stadig være barrierer (psykologiske, tekniske, finansielle m.v.) i den enkelte husstand, der gør, at man ikke vælger en varmepumpe, selvom det er privatøkonomisk attraktivt. Af den grund har afgiftshåndtaget kun en vis effekt, og derfor kan en afgiftssænkning suppleres af oplysningskampagner, statsgaranterede låneordninger og lignende.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	3,2 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Meget billigt
- heraf sideeffekter	Positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I nogen grad
Bidrager til målet for vedvarende energi i 2030	Meget

Tabel A.16 Vurdering af omstillingselementet individuelle varmepumper

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.15 Træpillefyr

Træpillefyr kan bruges som alternativ til oliefyr i den individuelle opvarmning. Potentialet er ganske stort, og meget peger på, at det er samfundsøkonomisk billige at fyre med træpiller fremfor olie. Til gengæld er 2050-perspektivet begrænset.

Beskrivelse

Et træpillefyr klarer opvarmningen af huset og det varme brugsvand på samme måde som et olie- eller naturgasfyr. Normale fyr kan kun benytte træpiller, som er fremstillet af sammenpressede træspåner og savsmuld, men der findes også kombifyr, som kan fyre med både træpiller og brænde.

Brugen af træpiller i den individuelle opvarmning er øget markant de seneste år. I 2000 udgjorde træpiller kun ca. 2 pct. af energiforbruget til opvarmning af enfamiliehuse, hvilket i 2015 var steget til 11 pct. Medregnes også anden fast biomasse som halm, træflis og især brænde, er andelen steget fra 17 pct. i 2000 til 36 pct. i 2015. Det akkumulerede salgstal af træpillefyr anslås til dato at ligge i underkanten af 100.000.⁸⁰

Udbredelsen af træpillefyr er til en vis grad drevet af afgifter. Træpiller pålægges ikke afgift, mens en varmepumpe skal betale energiafgift for den el, den bruger. Olie- og naturgasfyr betaler energi-, CO₂- og andre miljøafgifter. Klimarådet har tidligere påpeget det samfundsøkonomisk problematiske i afgiftsfavoriseringen af biomasse.⁸¹

Potentiale

Som anført for individuelle varmepumper benyttes i denne analyse et potentiale, som indebærer at samtlige oliefyr udfases inden 2030. 55 pct. af husstandene vurderes at skifte til træpillefyr.

Ifølge basisfremskrivningen har husholdningerne et olieforbrug i gennemsnit fra 2021 til 2030 på ca. 7 PJ om året. Hvis dette forbrug omstilles med en lineær indfasningsprofil, svarer det til, at udledningerne i ikke-kvotesektoren over perioden falder med 1,8 mio. ton CO₂ sammenlignet med basisfremskrivningen.

Samfundsøkonomiske omkostninger

Målt på de samlede omkostninger pr. MWh varme inkl. installation er oliefyr dyrere end et træpillefyr.⁸² Selv hvis oliefyr ikke kostede noget i køb og installation, gælder dette stadigvæk. Derfor kan det betale sig at udskifte endnu ikke udtjente oliefyr med et træpillefyr. Heri er dog ikke medtaget omkostningerne ved, at et træpillefyr typisk skal opfyldes og renses én gang om ugen.

Sammenlignet med oliefyr reducerer træpillefyr udledningerne af svovl, men øger udledningerne af NO_x og partikler. Samlet set fås lidt øgede sundhedsskader ved overgang fra oliefyr til træpillefyr. De negative sideeffekter kan prissættes til 27 kr. pr. ton CO₂.

Omkostninger

Klimarådets beregninger viser, at den gennemsnitlige varmepris for et oliefyr er ca. 800 kr. pr. MWh, mens det tilsvarende tal for træpillefyr er ca. 650 kr.⁸³

Samlet set lander skyggeprisen for elementet på ca. -470 kr. pr. ton CO₂. Det giver kategorien *meget billigt*, mens sideeffekterne heri vurderes til at være *negative*.

2050-perspektiv

Træpillefyr er ikke en vigtig del af den individuelle varmforsyning i 2050, som nævnt i kapitel 4. Ligeledes vil størstedelen af de fyr, der opstilles inden 2030, skulle udskiftes inden 2050.

På den baggrund vurderes træpillefyr at hjælpe på 2050-målet *i ringe grad*.

Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

Ved omstilling fra et olie-fyr til et træpillefyr skiftes fossil energi i form af olie direkte ud med vedvarende energi. Derfor vurderes træpillefyr at bidrage *meget* til målet for vedvarende energi i 2030.

Virkemidler

For tiden støttes træpillefyr indirekte gennem afgifter på konkurrerende opvarmningsformer. Ved at udbygge afgiftsforskellen eller bruge deciderede tilskud kan træpillefyr yderligere udbredes. Dog er den primære hindring for udbredelsen af træpillefyr, at mange husejere ikke kan låne til investeringen, selv om udgiften tjenes hjem efterfølgende. Derfor kan en løsning være at tilbyde en statsgaranteret lånemulighed.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	1,8 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Meget billigt
- heraf sideeffekter	Negative
Letter omstillingen frem mod 2050	I ringe grad
Bidraget til målet for vedvarende energi i 2030	Meget

Tabel A.17 Vurdering af omstillingselementet træpillefyr

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.16 Store varmepumper

I den decentrale fjernvarme kan store varmepumper erstatte naturgas, men potentialet er begrænset af, at dele af fjernvarmen er kvotebelagt. De samfundsøkonomiske omkostninger herved ser ud til at være små.

Beskrivelse

Fjernvarmeværker kan bruge store varmepumper til at dække eller supplere varmeproduktionen i fjernvarmenettet og dermed reducere forbruget af fossile brændsler, især naturgas. Teknologien er grundlæggende den samme som i individuelle varmepumper til enfamiliehuse. Der er dog flere muligheder for varmekilder, fx overskudsvarme, røggas, geotermi, grund-, sø- eller havvand.

Når vinden blæser og solen skinner, har varmepumper mulighed for at udnytte lave elpriser til at producere billig varme. Og varme kan gemmes til senere brug i varmelagre. På den måde kan varmepumper hjælpe med til at lagre overskudsstrøm i form af varme. Der findes også andre måder at producere varme ved hjælp af el, fx elpatroner.

Elpatroner

En elpatron svarer til en stor dybkoger, der varmer vand som en almindelig elkedel. Elpatronen er typisk billigere end en varmepumpe, men er ikke så effektiv.

Indtil videre har varmepumper ikke opnået den store udbredelse i fjernvarmen, hvilket til dels skyldes, at teknologien endnu er på forsøgsstadiet. Fra 2010 til 2015 blev der i gennemsnit installeret 3 nye varmepumper hvert år. Det tal steg til 9 i 2016 som konsekvens af en tilskudsordning.⁸⁴

Produktion af fjernvarme ligger både i og uden for kvotesektoren. Værker over 20 MW indfyret effekt er kvotebelagte, så det er de små fjernvarmeværker, der har relevans for ikke-kvotesektormålet. Disse værker fyrer især med naturgas og forskellige former for biomasse og affald, men det er omstillingen fra naturgas til eldrevne varmepumper, som kan reducere sektorens udledninger.

I dag står afgifter i vejen for udbredelsen af varmepumper. Som tidligere påvist af Klimarådet, gør den høje elafgift, at værkerne vælger alternative teknologier.⁸⁵ Der sker i disse år en vis omstilling til afgiftsfri biomasse, hvilket ligesom varmepumper heller ikke medfører udledninger i ikke-kvotesektoren.

Potentiale

Potentialet for varmepumper i fjernvarmen tager sit udgangspunkt i Dansk Energis høje elektrificeringsscenario.⁸⁶ Dansk Energi har med sin viden om fjernvarmesektoren vurderet, at 80 pct. af naturgasforbruget i den decentrale kraftvarme uden for kvotesektoren kan erstattes med varmepumper. I 2030 er ca. halvdelen af dette potentiale allerede realiseret i basisfremskrivningen.

Ifølge basisfremskrivningen har den decentrale kraftvarme uden for kvotesektoren et naturgasforbrug på ca. 4 PJ om året efter 2020. Hvis dette energiforbrug elektrificeres med en lineær indfasningsprofil, svarer det til, at udledningerne i ikke-kvotesektoren over perioden falder med 0,9 mio. ton CO₂.

Omkostninger

Målt på de samlede, samfundsøkonomiske omkostningerne pr. MWh varme ligger en varmepumpe på ca. 250 kr. Tallet afhænger naturligvis af elprisen – jo højere elpris, jo højere omkostning. Her er valgt en lidt højere elpris end basisfremskrivningen tilsiger, da der bygges vedvarende energi til at dække elforbruget fra varmepumperne, som nævnt i boks 4.1.

Omkostningen til varme fra naturgas afhænger af, om den kommer fra en eksisterende kedel, fra et værk, der skal levetidsforlænges, eller fra et helt nyt værk. I alle tre tilfælde er varmepriisen dog lidt lavere end varmepumpens, om end elprisen også er vigtig, når der er tale om kraftvarme, da højere elpris giver større indtægter fra elsalg og dermed en lavere varmepriis. Tallene har således en del usikkerhed indbygget.

Et helt nyt værk

Nye værker koster mere end eksisterende som følge af investeringen i en ny installation. Til gengæld er nye værker mere effektive og har derfor lavere omkostninger til drift og vedligehold.

Den præcise meromkostning ved varmepumper afhænger af, hvilke af de tre naturgaskategorier nævnt ovenfor, der benyttes som sammenligningsgrundlag. Det er svært at sige noget præcist, da det afhænger af forholdene lokalt, men et bud kunne være en fordeling, der hedder 50 pct. eksisterende anlæg, 25 pct. levetidsforlængelse, og 25 pct. nye værker. I så fald lander den gennemsnitlige varmepriis for naturgas på ca. 170 kr. pr. MWh.⁸⁷

Varmepumper reducerer udledningerne af partikler, NO_x og svovl fra de decentrale naturgasværker på grund af et mindre forbrug af gas.

Samlet set bliver skyggeprisen ca. 260 kr. pr. ton CO₂, hvoraf positive skyggepriser bidrager med en reduktion på ca. 20 kr. pr. ton. Dermed er de samfundsøkonomiske omkostninger i kategorien *billigt*, mens sideeffekterne er *positive*. Kategorierne ændres ikke, hvis der ventes en anden fordeling end antaget ovenfor.

2050-perspektiv

I 2050 skal en rigtig stor del af den danske fjernvarme komme fra varmepumper, men det er næppe realistisk, at hele denne omstilling kan nås efter 2030. Det er en omstændelig proces at elektrificere store dele af fjernvarmen, som kræver mange år at gennemføre. Ligeledes vil vi skulle vænne os til en elektrificeret fjernvarmesektor og drage erfaringer og høste viden, hvilket er en proces der med fordel kan igangsættes allerede før 2030.

En stor varmepumpe har en levetid på ca. 20 år, så de fleste varmepumper installeret inden 2030 vil nok skulle udskiftes inden 2050. Derfor er der kun i begrænset grad tale om, at udgifter til varmepumper inden 2030 erstatter udgifter, der skal afholdes efter 2030. Dog vil større dele af installationerne til at indsamle overskudsvarme fra søer, grundvand eller jord sandsynligvis også være i drift i 2050, selv hvis de etableres før 2030.

På den baggrund vurderes store varmepumper *i høj grad* at hjælpe på 2050-målet. Det er et større bidrag end de individuelle varmepumper, der kun vurderes at hjælpe *i nogen grad*, hvilket begrundes i de store varmepumpers længere levetid og i de større systemkonsekvenser ved store varmepumper.

Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

Ved omstilling fra naturgas til varmepumper udskiftes fossil energi stort set en-til-en med vedvarende energi. Det skyldes for det første, at varmepumpens brug af omgivelsesvarme må tælle med som vedvarende energi, når EU's definition af andelen af vedvarende energi lægges til grund. For det andet opfattes varmepumpens elforbrug som vedvarende energi som følge af analysens antagelse fra boks 4.1 om, at elektrificering bakkes op af en tilsvarende udbygning med vedvarende energi.

Derfor vurderes store varmepumper at bidrage *meget* til målet for vedvarende energi i 2030.

Virkemidler

Det oplagte virkemiddel er at sænke afgiften på el til opvarmning, som Klimarådet tidligere har anbefalet.⁸⁸ Der kan dog stadig være lokale barrierer på det enkelte fjernvarmeværk, der gør, at man ikke vælger en varmepumpe, selvom det er privatøkonomisk attraktivt. Derfor har afgiftshåndtaget kun en vis effekt. Alternativet er forskellige tilskudsordninger, fx et anlægstilskud som tidligere anbefalet af Dansk Energi.⁸⁹

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	0,9 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Billigt
- heraf sideeffekter	Positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I høj grad
Bidraget til målet for vedvarende energi i 2030	Meget

Tabel A.18 Vurdering af omstillingselementet store varmepumper

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.17 Solvarme

Solvarme kan supplere den almindelige fjernvarmeproduktion, og med et sæsonlager kan varme produceret i sommerhalvåret gemmes til om vinteren. Potentialet er moderat, og varmeprisen er kun lidt højere end for naturgas.

Beskrivelse

Et solvarmeanlæg omsætter solens stråler til varme. Strålingsenergien er både den direkte stråling fra solen og den diffuse stråling fra himmelrummet. På gråvejrsdage er der kun diffus stråling, men solvarmeanlægget producerer stadig energi.

Solvarme kan både være et mindre anlæg beregnet til den enkelte husstand og store anlæg, der producerer fjernvarme. Det er sidstnævnte type, der er i fokus her. Sådanne anlæg kræver dels et stort areal til at opsætte solfangere og dels en stor lagertank, der kan lagre varmt vand indtil det tidspunkt, det skal bruges. Typisk bør tanken være så stor og velisoleret, at varme produceret om sommeren kan lagres til forbrug om vinteren. Solvarme installeres typisk sammen med en anden varmekilde, fx varmepumper eller en gaskedel. Det skyldes blandt andet, at lagerbehovet stiger, jo større del af det samlede varmebehov i fjernvarmeområdet, der skal dækkes af solvarme.

Solvarme bliver mere og mere udbredt. I 2015 blev 835 TJ fjernvarme produceret med solenergi mod kun 139 TJ i 2010.⁹⁰ Det udgør dog kun ca. 0,65 pct. af den samlede fjernvarmeproduktion.

Potentiale

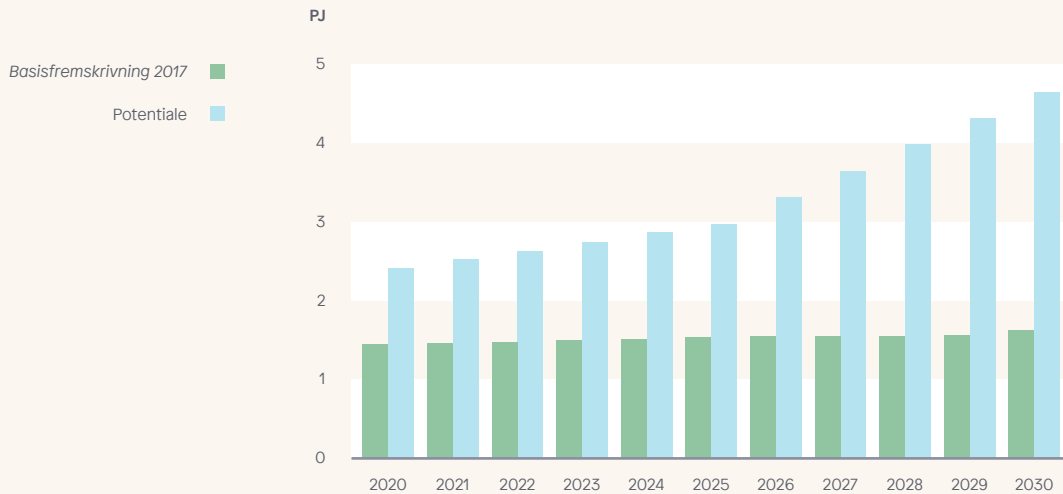
I basisfremskrivningen forventes solvarme at blive væsentligt mere udbredt indtil 2020, hvor produktionen er sat til 2,9 PJ – blandt andet som følge af det store anlæg i Silkeborg. Men herefter udbygges ifølge fremskrivningen kun langsomt, så produktionen i 2030 er 3,3 PJ. Det giver basis for et yderligere potentiale efter 2020.

Det yderligere potentiale er i denne analyse baseret på et studie fra tænketanken Grøn Energi.⁹¹ I et gennemsnit af dette studies tre scenarier er potentialet i 2030 i alt 9,5 mio. m², hvilket giver en varmeproduktion på lidt over 14 PJ, hvis det som i *Teknologikataloget* antages, at hver m² kan producere 500 kWh.⁹² En del af dette potentiale vil dog ligge i kvotesektoren – et rimeligt bud er halvdelen. Figur A.7 viser potentialet i ikke-kvotesektoren sammenlignet med basisfremskrivningen.

Den ekstra solvarme vil fortrænge fjernvarme produceret med både naturgas og biomasse, men det er førstnævnte fortrængning, der er relevant med henblik på at reducere udledningerne i ikke-kvotesektoren. Her er antaget, at 60 pct. af fortrængningen er naturgas, hvilket er et omtrentligt bud på naturgassens andel i den termisk baserede fjernvarme. Dermed svarer merproduktionen af solvarme

Udbredt

Verdens største solvarmeanlæg er i 2017 blevet taget i brug ved Silkeborg. Det har et samlet areal på ca. 150.000 m² og forventes at kunne dække 20 pct. af byens varmebehov.



Figur A.7 Solvarmeproduktion til fjernvarme i ikke-kvotesektoren

Kilde: Grøn Energi, Energistyrelsen og egne beregninger.

i figur A.7 til, at udledningerne i ikke-kvotesektoren over perioden fra 2021 til 2030 falder med 0,8 mio. ton CO₂.

Samfundsøkonomiske omkostninger

Den samlede, samfundsøkonomiske varmepris for solvarme baseret på *Teknologikataloget* er i 2020 lidt over 200 kr. pr. MWh, når omkostningerne til et sæsonlager også medregnes. I 2030 forventes teknologien at være blevet noget billigere, hvorfor varmeprisen ligger på knap 170 kr. pr. MWh. Den fortrængte naturgasvarme kan med samme antagelser som for store varmepumper også produceres til ca. 170 kr. pr. MWh. Det betyder, at der er en lille meromkostning ved solvarme i starten af 2020'erne, men at den forsvinder i 2030. Til det billede skal dog lægges, at solvarme reducer udledningerne af partikler, NO_x og svovl fra de decentrale naturgasværker.

Samlet set bliver skyggeprisen ca. 180 kr. pr. ton, hvoraf positive sideeffekter bidrager med en reduktion på ca. 20 kr. pr. ton. Dermed er de samfundsøkonomiske omkostninger i kategorien *billigt*, mens sideeffekterne er *positive*.

2050-perspektiv

Et solvarmeanlæg har en levetid på ca. 30 år, så et anlæg bygget før 2030, vil sandsynligvis også levere varme i 2050. På den måde er investeringer i solvarme til at opfylde ikke-kvotesektormålet i 2030 med til at lette omstillingen mod et lavemissionsamfund i 2050.

På den baggrund vurderes solvarme at hjælpe på 2050-målet i *høj grad*.

Sæsonlager
Et sådan lager kan fx være et damvarmelager, som det blandt andet ses i Dronninglund. Lageret her er et 62.000 m³ stort plastforet bassin med låg.

Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

Ved omstilling fra naturgas til solvarme udskiftes fossil energi stort set en-til-en med vedvarende energi. Derfor vurderes solvarme at bidrage *meget* til målet for vedvarende energi i 2030.

Virkemidler

I dag er der ikke afgiftsbarrierer, der hindrer solvarme. Det betyder, at samfundsøkonomisk fornuftige solvarmeanlæg i princippet bliver realiseret. Ønsker man yderligere solvarmeanlæg, kan de hjælpes på vej af tilskud eller anden begunstiggelse.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	0,8 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Billigt
- heraf sideeffekter	Positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I høj grad
Bidraget til målet for vedvarende energi i 2030	Meget

Tabel A.19 Vurdering af omstillingselementet solvarme

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.18 Biogas i naturgasnettet

Biogas i naturgasnettet kan erstatte fossil naturgas. Afgasningen af husdyrgødning ved biogasproduktion medfører også en reduktion i landbrugets udledninger af metan. Potentialet for reduktioner i drivhusgasudledningen er betydeligt, men de samfundsøkonomiske omkostninger ved produktion og behandling af biogassen, før denne kan tilsættes naturgasnettet, er dog større end prisen på naturgas.

Beskrivelse

Biogas produceres, når organisk stof under iltfrie forhold nedbrydes i en biogasreaktor. Det organiske stof kan udgøres af flere forskellige former for biomasse. Biogas produceres i dag af biologiske restprodukter, herunder primært husdyrgødning og organisk affald. I husdyrgødningsbaserede biogasanlæg udgøres biomasseinputtet overvejende af kvæggylle (40 pct.), svinegylle (30 pct.), organisk industriaffald (15 pct.) og anden husdyrgødning (8 pct.) og dernæst af øvrige input som fx energiafgrøder, halm og dybstrøelse.⁹³

Biogasanlæg

Udover biogasanlæg, der anvender husdyrgødning, findes også biogasanlæg i industrien, ved rensningsanlæg og ved lossepladser. I 2014 producerede de husdyrgødningsbaserede biogasanlæg 73 pct. af den samlede mængde biogas.

Opgradering

I opgraderingsprocessen fjernes biogassens indhold af CO₂, og gassen renses for blandt andet svovlbrinte og vand. Herved opnås et produkt, biometan, der forbrændingsteknisk ligner naturgas, og som derfor kan anvendes i de samme installationer og anlæg uden behov for tilpasning.

Biogas fra et biogasanlæg består overordnet set af to tredjedele metan (CH₄) og en tredjedel CO₂. Denne rå biogas kan anvendes direkte i kraftvarmeverker eller i industrien. Biogassen kan dog også opgraderes og derefter indføres i naturgasnettet og fortrænge naturgas. Denne opgraderede biogas benævnes ofte biometan eller bionaturgas.

Biogas reducerer drivhusgasudledningen på to måder. For det første reducerer biogas den udledning af metan og lattergas, som ellers kommer fra opbevaringen af husdyrgødningen. For det andet er biogas et CO₂-neutralt brændsel, hvilket betyder, at samfundets ophobning af CO₂ i atmosfæren mindskes, når biogas fortrænger naturgas og andre fossile brændsler. Dermed reducerer biogas både udledningerne i landbruget og i energiforbruget.

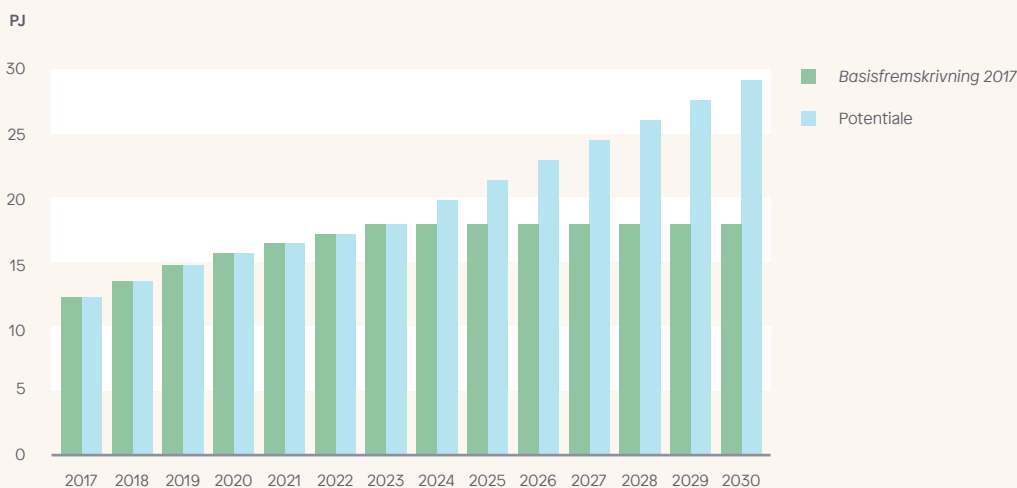
Ved at indføre biometan i naturgasnettet opnås en større fleksibilitet i anvendelsen, da forbruget af gassen dermed ikke kun udgøres af energiforbruget i de kraftvarmeverker, som ligger tæt på biogasanlæggene. Produktionen af biogas er relativt konstant over året, men kan dog reduceres en lille smule i sommerperioden. Energiforbruget på kraftvarmeverkerne er til gengæld væsentligt mindre i sommermånederne end om vinteren. Derfor medfører lokal biogasproduktion, anvendt direkte i et lokalt kraftvarmeverk, et overskud af biogas i de perioder, hvor biogasproduktionen overstiger kraftvarmeverkernes gasbehov. Indføring af biogassen i naturgasnettet vil kunne udjævne disse sæsonvariationer ved at muliggøre lagring i naturgasnettet og muliggøre anvendelse af biogas i andre sektorer som transport, industri og individuel opvarmning af huse langt fra biogasanlægget.

Potentiale

Energiproduktion ved afgasning i biogasanlæg er relevant for en stor del af den samlede mængde husdyrgødning. I 2014 blev 10 pct. af kvæggyllen og 6 pct. af svinegyllen afgasset. I de kommende år forventes denne andel at stige relativt hurtigt. I 2020 forventer Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet (DCE) således, at over 25 pct. af den samlede mængde kvæg- og svinegylle afgasses.⁹⁴ I *Basisfremskrivning 2017* antages, at der i 2030 kun afgasses yderligere 2 pct. gylle. Det skyldes, at tilskudsordningen til biogas bortfalder i 2023, hvorefter der ikke regnes med investeringer i nye biogasanlæg. Der eksisterer derfor et yderligere potentiale for udbygning af biogasproduktion efter 2023.

Det yderligere potentiale i denne analyse er fundet ved at fortsætte udviklingen af udbygning af biogasanlæg fra 2023 frem til 2030. Figur A.8 viser potentialet sammenlignet med basisfremskrivningen. Det yderligere potentiale svarer til, at omkring 20 pct. ekstra gylle anvendes til biogasformål i 2030.⁹⁵ Det forudsættes i dette omstillingselement, at andelen af andre input såsom energiafgrøder, halm, eller dybstrøelse er uændret, samt at der ikke vil være knaphed på disse ressourcer. Biogasproduktionen fra denne øgede mængde afgassede gylle udgør ca. 45 PJ akkumuleret over perioden 2021-2030 med en indfasningshastighed som fremgår af figur A.8.

I basisfremskrivningen antages en delmængde af den udbyggede biogasproduktion anvendt direkte i kraftvarmen. Allerede i dag overstiger biogasproduktionen lokalt i sommermånederne behovet for gas i nærliggende kraftvarmeværker, og denne ubalance vil stige ved øget udbygning af biogasproduktionskapacitet. Det yderligere potentiale for biogas, som denne analyse finder, antages derfor udelukkende anvendt til indføring i naturgasnettet.



Figur A.8 Fremskrivning af biogasproduktionen, 2017 til 2030

Kilde: Energistyrelsen og egne beregninger.

Udledningerne af drivhusgasser ændres i forbindelse med produktion af biogas. Disse ændringer, som både er i op- og nedadgående retning, skyldes overordnet set fem forhold:

1. Afgasning af husdyrgødning medvirker til en reduktion i udledningen af metan fra gylle- og gødningslagre. Ifølge DCE reduceres udledningen af metan ved afgasning af svine- og kvæggylle med henholdsvis 25 og 41 pct.
2. Der kan være en øget udledning i form af lækage af metan fra biogasanlæg. Størrelsen af lækagen varierer meget fra anlæg til anlæg. Biogasbranchen lancerede i 2016 et frivilligt måleprogram, der har fokus på at reducere lækagen af metan fra biogasanlæggene. Målsætningen i dette program er at begrænse lækagen til 1 pct. i 2020. Energistyrelsen forventer, at lækagen af metan fremadrettet kan nedbringes, således at denne i gennemsnit udgør 1,8 pct. af gasproduktionen i 2020 og 1 pct. i 2030.⁹⁶ I denne analyse anvendes 1,4 pct. gennem hele perioden.
3. I forbindelse med opgraderingen af biogassen vil der også forekomme lækage af metan, hvilket øger udledningerne. Størrelsen af denne lækage vil variere fra anlæg til anlæg og afhænge af den opgraderingsteknologi, der anvendes. Energistyrelsen forventer, at lækage af metan i forbindelse med opgradering nedbringes gradvist til 1,1 pct. i 2020 og 0,5 pct. i 2030. I denne analyse anvendes et gennemsnit af disse to værdier.
4. Fortrængning af naturgas vil medføre en reduktion i drivhusgasudledningen. Dette skyldes, at biogas er defineret som CO₂-neutralt, hvorimod naturgas er et fossilt brændsel. Fortrængningen af naturgas udgør klart den største ændring i udledningen af drivhusgasser i hele produktionen af biogas og anvendelsen heraf. Baseret på antallet af bionaturgascertifikater solgt til virksomheder i kvotesektoren antager Energistyrelsen, at 11 pct. af den opgraderede biogas anvendes inden for kvotesektoren og 89 pct. således anvendes i ikke-kvotesektoren. Denne fordeling er dog behæftet med usikkerhed.
5. Der er et elforbrug i forbindelse med blandt andet bioforgasning, opgradering og tryksætning. Dette elforbrug hører dog til i kvotesektoren og er derfor ikke relevant for potentialet til opfyldelse af målet i ikke-kvotesektoren.

Bionaturgascertifikater

Energinet.dk udsteder bionaturgascertifikater tilsvarende den mængde biogas, der indføres i naturgasnettet. Virksomheder kan købe disse certifikater og anvende dem til at opfylde deres klimapligtelser.

Tryksætning

Biometan fra opgraderingsanlæg kommer typisk ved et tryk på 5-8 bar. Før indfødning i naturgasnettet skal metanen komprimeres. I Danmark er trykket i fordelingsnettet 19-55 bar og i transmissionsnettet 55-80 bar.

Ved at samle ovenstående reduktioner og stigninger i drivhusgasudledningen ved produktion og indfødning af 45 PJ biometan i naturgasnettet i alt i perioden 2021-2030 opnås en samlet reduktion i udledningerne i ikke-kvotesektoren på 2,2 mio. ton CO₂e.

Samfundsøkonomiske omkostninger

De samfundsøkonomiske omkostninger ved produktion og opgradering af biogas og efterfølgende indfødning i naturgasnettet udgør ifølge Ea Energi-analyse ca. 168 kr. pr. GJ.⁹⁷ Denne omkostning vil variere alt efter biogas- og opgraderingsanlæggenes afstand til naturgasnettet, elpriser, gylle- og øvrige brændselspriser og udviklingen i investerings- og driftsomkostningerne til anlæg. Udviklingen af mange af disse faktorer er vanskelig at bestemme, særligt i et tidsperspektiv frem mod 2030, og der er i denne analyse derfor anvendt 168 kr. pr. GJ for hele perioden 2021-2030.

Ifølge Energistyrelsens samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger vil naturgasprisen i 2020 være 46 kr. pr. GJ og stige jævnt til 65 kr. pr. GJ i 2030.⁹⁸ Omkostningen ved produktion og opgradering af biogas og indfødning heraf i naturgasnettet er dermed væsentligt højere end prisen for naturgas i hele den analyserede periode.

Foruden de direkte omkostninger forbundet med biometan og naturgas, vil en række sideeffekter også have indflydelse på den samfundsøkonomiske skyggepris. Biometan, der indføres i naturgasnettet ligner forbrændingsteknisk naturgasen i det danske naturgasnet, hvorfor udledninger af andre drivhusgasser end CO₂ og udledning af luftforurening såsom SO₂, NO_x og PM_{2,5} ikke ændres ved fortrængning af naturgas. De primære sideeffekter ved produktion og anvendelse af biogas findes i ændrede forhold i den efterfølgende anvendelse af den afgassede gylle. Disse sideeffekter udgøres blandt andet af en højere gødningsværdi af den afgassede gylle, reduceret kvælstofudvaskning og færre lugtgener. Værdien af færre lugtgener er vanskelig at kvantificere og er ikke inkluderet i denne analyses værdisætning af sideeffekter.

Afgasset husdyrgødning kan genanvendes til gødningsformål på marken. Værdien af afgasset husdyrgødning er højere, da en større del af kvælstoffet i den afgassede husdyrgødning er direkte tilgængeligt for planterne og dermed nemmere for planterne at optage. Anvendelsen af afgasset gødning i stedet for ikke-afgasset gødning vil derfor føre til et lavere gødningsbehov. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi ved Københavns Universitet vurderer, at den øgede samfundsøkonomiske værdi af den højere gødningseffekt udgør 0,2 kr. pr. m³ produceret biometan.⁹⁹

Ved afgasning af gylle reduceres også kvælstofudvaskningen. Kvælstofudvaskning er forbundet med en række negative sideeffekter, og en reduktion repræsenterer derfor en samfundsøkonomisk gevinst. Værdien af den reducerede kvælstofudvaskning udgør ifølge Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi 0,3 kr. pr. m³ produceret biometan.

Ved at medtage de nævnte sideeffekter opnås en samlet samfundsøkonomisk skyggepris for produktion og indføring af biometan i naturgasnettet på ca. 1.300 kr. pr. ton reduceret CO₂e. Sideeffekterne udgør -185 kr. pr. ton CO₂e heraf. Dermed ender omstillingselementet i kategorien *dyrt*, hvoraf sideeffekterne vurderes til at være *positive*.

2050-perspektiv

Levetiden for biogas- og opgraderingsanlæg antages ikke at overstige 20 år. Anlæg, der bygges inden 2030, vil derfor formentligt skulle udskiftes inden 2050. Der er derfor kun i begrænset grad tale om, at udgifter til biogasproduktion, opgradering og nettilslutning inden 2030 erstatter udgifter, der skal afholdes efter 2030.

Biogas i naturgasnettet kan dog gøre omstillingen til et lavemissionssamfund lettere på en række måder. Gassystemet kan i et fremtidigt energisystem, som er præget af store mængder fluktuerende energikilder, udgøre et vigtigt element blandt andet som lagerkapacitet og som backup-kapacitet i perioder

Metanisering

Ved metanisering forstås en proces, hvor CO₂ omdannes til metan ved reaktion med brint. Brinten kan produceres i en elektrolyseproces, der kræver el.

CO₂-kilden kan fx være biogas, der indeholder ca. en tredjedel CO₂ og to tredjedele metan.

med begrænset vind- og solenergi. Biogas i naturgasnettet er en metode til at fortrænge fossile brændsler og derved få en større andel vedvarende energi i gassystemet samtidig med, at udledninger fra landbruget reduceres. Fremadrettet vil også metanisering kunne få en større rolle i at integrere el- og gassystemet ved eksempelvis at bruge gassystemet til lagring af overskydende vindenergi. Generelt må man derfor forvente store læringseffekter ved at øge produktionen af biogas frem mod 2030.

På baggrund heraf vurderes anvendelsen af biogas i naturgasnettet *i høj grad* at hjælpe på 2050-målet.

Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

Ved at anvende biogas i naturgasnettet erstattes fossil naturgas direkte med vedvarende biogas. Derfor vurderes anvendelsen af biogas i naturgasnettet at bidrage *meget* til målet for vedvarende energi i 2030.

Virkemidler

Der gives i øjeblikket tilskud til anvendelse af biogas til el- og varmeproduktion, transport, procesformål og til tilførsel i naturgasnettet. I basisfremskrivningen antages tilskud til biogas at stoppe i 2023. Et oplagt virkemiddel er derfor at fortsætte disse tilskud også efter 2023.

For at øge incitamentet til at afgasse gyllen kan der, som det blandt andet er behandlet af Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, pålægges en afgift på ikke-afgasset gylle.¹⁰⁰

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	2,2 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Dyrt
- heraf sideeffekter	Positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I høj grad
Bidraget til målet for vedvarende energi i 2030	Meget

Tabel A.20 Vurdering af omstillingselementet biogas i naturgasnettet

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.19 Energirenovering af bygninger

Energirenovering af den eksisterende bygningsmasse er et vigtigt omstillingselement for at kunne nå målet om et lavemissionssamfund i 2050 på en omkostningseffektiv måde. Meget tyder på, at realisering af potentialet indebærer en samfundsøkonomisk gevinst allerede inden 2030.

Beskrivelse

Bygningers energiforbrug udgør i dag ca. 40 pct. af Danmarks samlede energiforbrug.¹⁰¹ I bygningerne bruges energien primært til opvarmning, ventilation, belysning og apparater. I Danmark reguleres bygningers energiforbrug i bygningsreglementet, hvori der stilles krav til energiforbruget i nybyggeri og til renovering af eksisterende bygninger.

Af det samlede nuværende bygningsareal er ca. 70 pct. opført før indførelsen af de første energikrav i bygningsreglementet i 1979. En stor andel af danske bygninger er derfor opført med et mindre fokus på energieffektive tiltag. Den samlede bygningsmasses energiforbrug er dog løbende reduceret som følge af de seneste årtiers stramninger i bygningsreglementet. Udviklingen i energiforbruget til opvarmning er vist i figur A.9.

Da bygninger har en meget lang levetid, vil størstedelen af de bygninger, der kommer til at forbruge energi i både 2030 og 2050, allerede være bygget i dag. En omkostningseffektiv omstilling af bygningsmassen bør derfor særligt fokusere på renovering af de eksisterende bygninger.

Potentiale

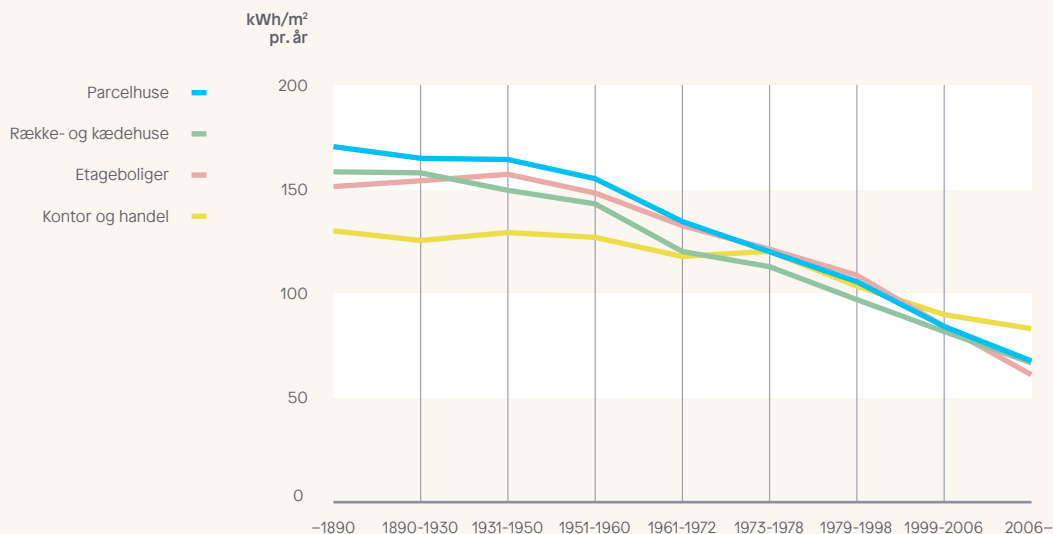
Potentialet for energibesparelser ved energirenovering af bygninger kan ses både fra et rent teknisk perspektiv og fra et mere realistisk perspektiv. Det tekniske potentiale for energibesparelser er relativt stort, eftersom eksisterende bygninger kan effektiviseres forholdsvis meget, hvis en omfattende energirenovering igangsættes inden 2030. Det er dog urealistisk, at den samlede bygningsmasse i Danmark energirenoveres inden 2030, ligesom dette også økonomisk set vil være uhensigtsmæssigt.

En analyse fra Aalborg Universitet viser, at eksisterende bygningers varmemeforbrug omkostningseffektivt kan reduceres 40 pct. fra 2015 og frem mod 2050.¹⁰² Potentialet på 40 pct. er estimeret ved at sammenholde omkostningerne ved energirenovering med de samlede omkostninger i energisystemet forbundet med varmeproduktion. Energirenoveres der udover denne procentsats, vil omkostningen hertil ifølge analysen overstige omkostningen ved varmeproduktionen. Hvis man antager en lineær reduktion frem mod 2050, opnås en reduktion af det årlige varmemeforbrug på 16 pct. i 2030 i forhold til i dag.

Udføres der energirenoveringer i den nævnte størrelsesorden indtil 2030, vil varmemeforbruget i eksisterende bygninger reduceres med 25,8 TWh akkumu-

Bygningsreglementet

Bygningsreglementet indeholder standarder og minimumskrav til bygningers indretning, konstruktion, brandforhold, indeklima og energiforbrug. Disse krav skal overholdes ved nybyggeri og ved ombygning, renovering og andre større ændringer i bygningen. De første krav til energiforbruget i bygningsreglementet blev for alvor introduceret i 1977 med virkning fra 1979.



Figur A.9 Beregnet nuværende energiforbrug til opvarmning pr. m² bygningsareal fordelt på bygningstype og opførelsesår

Kilde: Statens Byggeforskningsinstitut, *Potential heat savings during ongoing renovations of buildings until 2050*, 2016.

Rebound effect

Man ser ofte, at beboere veksler en del af gevinsten ved energirenovering til bedre komfort. Efter et hus er blevet energirenoveret, skruer beboerne populært sagt op for varmen, og derfor forsvinder noget af energibesparelsen.¹⁰³

leret over perioden fra 2021 til 2030. Denne energibesparelse er udregnet i forhold til et referencescenarie fra Statens Byggeforskningsinstitut.¹⁰⁴ I potentielleberegningen er der ikke taget højde for den såkaldte **rebound effect**, hvorfor effekten af energirenoveringerne må formodes i realiteten at være mindre end de teoretisk beregnede besparelser.

Den opnåede energibesparelse på 25,8 TWh vil medføre en samlet reduktion af drivhusgasudledningerne på ca. 1,4 mio. ton CO₂e i ikke-kvotesektoren fra 2021 til 2030. Reduktionen er beregnet ved at fordele energibesparelsen på brændselsud fra den forventede gennemsnitlige brændselsfordeling for varmeproduktion i perioden fra 2021 til 2030. Den anvendte forventede brændselsfordeling er fra *Basisfremskrivning 2017*. Udover reduktionen af udledninger i ikke-kvotesektoren, vil der også finde en stor reduktion sted i kvotesektoren. Dette skyldes, at en stor andel af varmeproduktionen i fjernvarmen sker i kvotesektoren.

Samfundsøkonomiske omkostninger

For at kunne beregne skyggepriser for energirenovering af bygninger er det nødvendigt dels at estimere omkostningerne forbundet med energirenoveringen, dels at estimere de sparede omkostninger til produktionen af de sparede 25,8 TWh, og endeligt må man også estimere og værdisætte sideeffekter.

Væsentligt billigere

Estimater fra Statens Byggeforskningsinstitut indikerer, at prisen for at energirenovere samtidig med anden vedligeholdelse er 45 pct. lavere end prisen ved at udføre samme energirenovering alene.¹⁰⁵

Energirenovering er **væsentligt billigere** at foretage, når bygninger alligevel står over for vedligeholdelse eller renovering som følge af endt levetid af tag, vinduer, døre, vægge og lignende. Da bygningskomponenter generelt har en lang

levetid, er det derfor vigtigt at foretage energirenoveringerne, når mulighederne kommer. Denne pointe fremhæves også i Energikommisionens anbefalinger til fremtidens energipolitik.¹⁰⁶ Tænkes energiforbedringer ikke ind i vedligeholdelses- og renoveringsaktiviteter allerede fra i dag, vil næste mulighed først komme et stykke efter 2030 og i visse tilfælde først efter 2050. Det antages derfor, at alle energirenoveringer finder sted i forbindelse med anden vedligehold og renovering. Set i forhold til den danske bygningsmasses alder vurderes der at være et tilstrækkeligt stort behov for generel vedligeholdelse og renovering inden 2030 til, at potentialet på 16 pct. reduktion i energiforbruget kan realiseres ved energirenoveringer udført samtidig med anden vedligehold og renovering.

De sparede omkostninger forbundet med den reducerede varmeproduktion estimeres ved at fordele de 25,8 TWh på den gennemsnitlige forventede brændselsammensætning i varmeproduktionen i perioden 2021 til 2030. Til dette anvendes Energistyrelsens *Basisfremskrivning 2017*. Herefter udregnes omkostningerne ved varmeproduktion fra hvert af disse brændsler.

I værdisætningen af sideeffekter inkluderes sideeffekter forbundet med reduceret luftforurening med SO₂, NO_x og partikler fra varmeproduktionen. Værdien af denne forurening udgør i perioden 2021 til 2030 ca. 84 mio. kr. i nutidsværdi, hvilket pr. ton sparet CO₂e udgør en gevinst på 61 kr. Ved energirenovering vil der ofte også ske en forbedring af indeklima og komfort, men disse sideeffekter er ikke værdisatte i beregningerne. Årsagen hertil er, at disse kvalitative sideeffekter er meget svære at sætte værdi på, og desuden bør de delvist tilskrives den generelle renovering, som udføres samtidig med energirenoveringerne.

Ved at indfri potentialet for energirenovering opnås en samlet samfundsøkonomisk besparelse på 0,62 mia. kr. i nutidsværdi. Samlet set er skyggeprisen for hvert ton sparet CO₂e, som energirenovering i denne størrelsesorden fortrænger fra ikke-kvotesektoren, i gennemsnit ca. -449 kr. Skyggeprisen for energirenovering falder dermed i kategorien *meget billigt*, mens sideeffekter som del heraf er *positive*.

2050-perspektiv

Da en stor del af de bygningskomponenter, der installeres ved energirenovering allerede i dag og frem mod 2030 vil være funktionelle efter 2050, hjælper dette omstillingsselement i høj grad på vejen mod et lavemissionssamfund.

Da energirenovering er billigst at foretage, når bygningen i forvejen renoveres, og da denne mulighed kommer sjældent som følge af bygningskomponenters lange levetid, vil det næppe være realistisk eller omkostningseffektivt, at hele den danske byggebestand først energirenoveres efter 2030.

Derudover hjælper energirenovering af bygninger også i omstillingen til en varmeproduktion baseret på vedvarende energi. Dette skyldes blandt andet, at det lavere varmebehov og det lavere temperaturkrav til varmeforsyningen medfører en række fordele i et fremtidigt energisystem i 2050. Disse fordele udgøres fx af bedre muligheder for lavtemperaturfjernvarme, vedvarende energikilder i varmeforsyningen, større effektivitet i varmepumper, integration med fjernkøling og reduktion af spidsbelastninger. Energirenoveringens rolle består da

både i at reducere behovet for energi og i at kunne modtage energien ved lavere temperaturer. Lavere temperaturer i varmforsyningen hjælper således til at få integreret en større vedvarende andel af energikilder såsom varmepumper, solvarme, overskudsvarme, jordvarme og geotermi. Lavere temperaturbehov hjælper derudover generelt på en højere effektivitet i den samlede varmeproduktion og -forsyning.

På baggrund heraf vurderes energirenovering af bygninger *i høj grad* at lette omstillingen mod 2050.

Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

Omstillingsselementet indebærer en reduktion af energiforbruget i bygninger. Da mere end halvdelen af dette energiforbrug i gennemsnit over perioden 2021-2030 dækkes af varmeproduktion baseret på vedvarende energi, vil energieffektiviseringer i bygningerne resultere i en reduceret varmeproduktion både fra vedvarende energi og fra fossile brændsler.

Årsagen til, at også produktionen fra vedvarende energikilder reduceres, skyldes, at en stor del af varmeproduktionen sker i individuelle anlæg placeret i bygningerne, såsom varmepumper og træpillefyr, eller i fjernvarmeområder, hvor en stor del af varmeproduktionen er baseret på vedvarende energi.

Energirenovering vil dog som nævnt bevirke, at en større andel af vedvarende energi kan introduceres i fjernvarmen, hvorfor energirenovering med tiden vil kunne bidrage væsentligt til en større andel vedvarende energi i varmeproduktionen.

På baggrund heraf vurderes energirenovering af bygninger at bidrage *lidt* til målet for vedvarende energi i 2030.

Virkemidler

Aftalen om energiselskabernes energispareindsats udløber i 2020, og i basisfremskrivningen antages denne ordning ikke fortsat herefter. Et oplagt virkemiddel er derfor at fortsætte energiselskabernes energispareindsats også efter 2020, forudsat at de fejl og tilfælde med snyd, som tidligere er fundet ved ordningen, kommer til livs. Ligeledes kan en forlængelse af Boligjobordningen, der udløber i 2017, medvirke til at give øget incitament til energiforbedringer i boligen.

Et andet virkemiddel kan være ændring af fjernvarmeværkers opkrævningsmetode, således at faste afgifter udgør en mindre del af varmeregningen. Herved vil energibesparelser få større betydning på varmeregningen.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	1,4 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Meget billigt
- heraf sideeffekter	Positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I høj grad
Bidraget til målet for vedvarende energi i 2030	Lidt

Tabel A.21 Vurdering af omstillingselementet energirenovering af bygninger

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

A.20 Energieffektivisering i produktionserhvervene

En betydelig del af produktionserhvervenes energiforbrug kan effektiviseres, og meget tyder på, at der ikke er samfundsøkonomiske omkostninger forbundet hermed. Størstedelen af energibesparelserne finder dog sted i kvotesektoren.

Beskrivelse

Energiforbruget i produktionserhvervene i Danmark var i 2015 ca. 124 PJ, hvilket udgør omtrent 20 pct. af Danmarks endelige energiforbrug. Fremstillingsvirksomheder forbruger ca. to tredjedele af denne energi, landbruget ca. en fjerdedel og bygge- og anlægsvirksomheder den resterende andel. Energien benyttes til mange forskellige processer, hvoraf opvarmning, kogning, tørring og arbejds kørsel udgør de største.

Produktionserhvervenes energiforbrug har siden 2000 været jævnt faldende. I *Basisfremskrivning 2017* forventes energiforbruget at falde lidt til omtrent 121 PJ pr. år indtil 2020, hvilket er et resultat af, at øget produktion forventes opvejet af løbende energieffektiviseringer. I perioden fra 2020 til 2030 forventes energiforbruget derimod at stige jævnt til ca. 140 PJ i 2030. Årsagen til denne stigning er hovedsageligt udfasningen af PSO-afgiften, hvilket reducerer virksomhedernes omkostninger til el, og en antagelse om stop for energiselskabernes energispareindsats efter 2020, hvilket følger af basisfremskrivningens frozen policy-tilgang som beskrevet i boks 2.1.

Ændrede processer

Man har fx udviklet en metode til fremstilling af asfalt, hvor der i blandingsprocessen er foretaget en ændring, der muliggør en sænkning af produktionstemperaturen fra normale 160-170°C til 120-130°C. Herved kan opnås en energibesparelse på ca. 10 pct.

Reduceret behov for energitjenester

Man har fx fundet, at pasteuriseringstemperaturen for visse juicer kan reduceres fra 95 til 80°C uden indvirkning på den ønskede effekt. Herved kan opnås en energibesparelse på 15-20 pct.

Potentialer for energieffektivisering i produktionserhvervene kan findes på flere niveauer af virksomhedernes aktiviteter og processer, og de involverer dermed ikke kun investeringer i mere energieffektive anlæg. Også optimeret drift, styring, ændrede processer, reduceret behov for energitjenester og energibevist adfærd kan udgøre potentielle effektiviseringer. Energieffektivisering i produktionserhvervene repræsenterer dermed et bredt omstillingsselement med forskelligartede indsatser og investeringer.

Potentiale

Som nævnt forventer basisfremskrivningen, at produktionserhvervenes energiforbrug vil forblive stort set uændret indtil 2020, hvorefter forbruget vil stige. Dette giver basis for et potentiale for energieffektiviseringer særligt efter 2020.

Potentialet for energieffektivisering i produktionserhvervene er i nærværende analyse baseret på en kortlægning af energisparepotentialer i hele erhvervslivet udarbejdet af COWI for Energistyrelsen i 2015.¹⁰⁷ Denne kortlægning behandler ud over produktionserhvervene også energiforbruget og tilhørende energisparepotentialer i det offentlige og private serviceerhverv. I kortlægningen udregnes tre potentialer på baggrund af tilbagebetalingstider på op til 2, 4 og 10 år. Der er i nærværende analyse valgt at tage udgangspunkt i det høje potentiale, hvori alle investeringer ifølge kortlægningen kan realiseres med en simpel tilbagebetalingstid på højst 10 år.

I kortlægningen af energisparepotentialer estimerer COWI, at erhvervslivets energiforbrug kan reduceres med ca. 25 pct. ved investeringer med tilbagebetalingstider op til 10 år. Generalisering af hele erhvervslivets energiforbrug og energisparepotentialer er i flere tilfælde vanskelig som følge af forskelligheden i danske virksomheders processer og behov, og potentialet er derfor behæftet med en vis usikkerhed. Foruden dette potentiale estimerer COWI, at der eksisterer et potentiale for energibesparelser inden for automation, overskudsvarme, elmotorer og transmission, som kun delvist er indeholdt i potentialet på 25 pct. Det estimerede potentiale på ca. 25 pct. udgør derfor et lavt bud på et potentiale ved tilbagebetalingstider op til 10 år.

Besparelspotentialet, når energiforbruget fra de offentlige og private serviceerhverv fratrækkes, er på ca. 19 pct. svarende til 22,5 PJ pr. år. Størstedelen af potentialet findes inden for forskellige former for procesvarme, pumpning, køling og frys, trykluft, arbejdskørsel og rumvarme. For procesvarme og rumvarme eksisterer blandt andet store potentialer for energibesparelser ved anvendelse af varmepumper, der kan udnytte ofte tilstedeværende overskudsvarme fra forskellige processer internt i virksomhederne. Hvad angår arbejdskørsel, udgør blandt andet energieffektive landbrugsredskaber til traktorer et potentiale for energibesparelser.

Produktionserhvervenes energiforbrug reduceres med ca. 147 PJ i perioden 2021-2030, ved en lineær indfasningsprofil startende i 2018 og med 100 pct. indfasning i 2030 svarende til en årlig energibesparelse på 22,5 PJ i 2030. En stor del af disse energibesparelser vil finde sted i kvoteomfattede fremstillingsvirksomheder eller relatere sig til elbesparelser, som ikke resulterer i færre udledninger i ikke-kvotesektoren. Af besparelspotentialet på ca. 147 PJ vurderes ca. 33 pct. at finde sted i ikke-kvotesektoren.¹⁰⁸

Ved at dele det akkumulerede besparelspotentiale på 147 PJ ligeligt ud på alle brændsler, således at hvert brændsel reduceres med samme procentsats, opnås en reduktion af drivhusgasemissioner på ca. 2,6 mio. ton CO₂e i ikke-kvotesektoren i perioden 2021-2030.

Samfundsøkonomiske omkostninger

Det anvendte potentiale er som nævnt baseret på investeringer med simple tilbagebetalingstider på op til 10 år. I kortlægningens beregninger af potentialet er energi- og CO₂-afgifter inkluderet. I et samfundsøkonomisk perspektiv medtages afgifter derimod ikke, og de økonomiske gevinster vil dermed ikke være lige så store. Dette taler for, at tilbagebetalingstiderne, uden hensyntagen til sideeffekter, er længere i et samfundsøkonomisk perspektiv. Størstedelen af investeringerne har dog tilbagebetalingstider på under 6 år i det økonomiske perspektiv, der er anvendt i kortlægningen. Det antages i denne analyse, at de samfundsøkonomiske tilbagebetalingstider oftest vil være kortere end levetiden for de anlæg, som der investeres i, ligesom optimeret drift og styring også vil bidrage med besparelser ud over de 10 år.

Der vurderes derfor samlet set ikke at være positive samfundsøkonomiske omkostninger forbundet med energieffektivisering i produktionserhvervene. For enkelthedsens skyld antages den samfundsøkonomiske skyggepris uden

Offentlig og private serviceerhverv

Serviceerhvervenes energiforbrug udgøres overvejende af rumopvarmning og transport. Potentialer for energibesparelser og grønne tiltag inden for disse to områder behandles i omstillingselementerne for transport og energirenovering af bygninger.

sideeffekter at udgøre 0 kr. pr. ton CO₂e. Tillægges værdien af den reducerede luftforurening, som følger af effektiviseringerne, opnås en samlet skyggepris inkl. sideeffekter på -49 kr. pr. ton CO₂e.

Dermed vurderes de samfundsøkonomiske omkostninger at være i kategorien *meget billigt*, hvoraf de medregnede sideeffekter er *positive*.

2050-perspektiv

Energieffektivisering i produktionserhvervene involverer investering i mange forskellige anlæg, som hver har forskellige levetider. En væsentlig del af anlæggene må dog formodes ikke at være funktionsdygtige efter 2050, hvorfor en investering i disse inden 2030 ikke nødvendigvis vil medvirke til, at investeringen ikke skal afholdes igen inden 2050. I forbindelse med optimeret drift og styring og nedsættelse af behovet for energitjenester vil energibesparelserne dog være vedvarende og dermed også være gældende efter 2050 uden fornyet behov for reinvestering.

I basisfremskrivningen forventes, at produktionserhvervenes energiforbrug i Danmark vil stige frem mod 2030. Produktionserhvervene udgør en stor energiforbruger, og et øget energiforbrug frem mod 2030 vil besværliggøre opnåelsen af målet om et lavemissionssamfund i 2050. Det vil næppe være realistisk at hele omstillingen og energieffektiviseringen af produktionserhvervene kan nås efter 2030.

Samlet set vurderes energieffektivisering i produktionserhvervene *i nogen grad* at lette omstillingen mod 2050.

Bidrag til målet for vedvarende energi i 2030

Dette omstillingselement indebærer en reduktion af energiforbruget i produktionserhvervene. Da andelen af vedvarende energi i disse erhverv generelt er mindre end af det samlede danske energiforbrug, vil en reduktion af produktionserhvervenes energiforbrug – når den fordeles proportionalt over brændsler – øge andelen af vedvarende energi i det samlede energiforbrug en smule.

På baggrund heraf vurderes energieffektivisering i produktionserhvervene at bidrage *lidt* til målet for vedvarende energi i 2030.

Virkemidler

Aftalen om energiselskabernes energispareindsats løber til 2020, og i basisfremskrivningen antages det som nævnt ovenfor, at ordningen ikke fortsætter. Et oplagt virkemiddel er derfor at fortsætte energispareindsatsen også efter 2020, forudsat at de fejl og tilfælde med snyd, som tidligere er fundet ved ordningen, kan elimineres.

Et andet virkemiddel kunne være at etablere tilskudspuljer med det formål at yde investeringstilskud til energieffektiviserende tiltag i produktionserhvervene.

Sammenfatning

Omstillingselementet sammenfattes i følgende tabel:

Potentiale	2,6 mio. ton CO ₂ e
Samfundsøkonomiske omkostninger	Meget billigt
- heraf sideeffekter	Positive
Letter omstillingen frem mod 2050	I nogen grad
Bidraget til målet for vedvarende energi i 2030	Lidt

Tabel A.22 Vurdering af omstillingselementet energieffektivisering i produktionserhvervene

Kilde: Egne beregninger og vurderinger.

Noter

2 Danmarks klimamålsætninger

2.1 Status på danske målsætninger

- 1 Energistyrelsen, *Baggrundsrapport til Basisfremskrivning 2017*, 2017.
- 2 EU's direktiv om fremme af anvendelsen af vedvarende energikilder
- 3 *Energiaftale 2012*
- 4 Dansk Energi og Dansk Fjernvarme, *Brancheaftale om sikring af bæredygtig biomasse (træpiller og træflis)*, 2014.
- 5 Dansk Energi, *Elprisscenarier 2020-2025*, analyse nr. 27, 2017.
- 6 Energikommisionen, *Anbefalinger til fremtidens energipolitik*, 2017.
- 7 Klimarådet, *Omstilling med omtanke*, 2015 og Klimarådet, *Afgifter der forandrer*, 2016.
- 8 Klimarådet, *Det oppustede CO₂-kvotesystem*, 2017.
- 9 Se fx IRENA, *The power to change: solar and wind cost reduction potential to 2025*, 2016.

2.2 EU's klimapolitik - nye rammebetingelser frem mod 2030

- 10 EU-Kommissionen, *EU Reference Scenario 2016 – Energy, Transport and GHG Emissions*, 2016.
- 11 Se Klimarådet, *Danmark og EU's 2030-klimamål*, 2016.
- 12 Klimarådet, *Det oppustede CO₂-kvotesystem*, 2017.
- 13 Transport and Environment, *2025 CO₂ Regulation – The next step to tackling transport emissions*, 2015.
- 14 Europaparlamentet, *Draft report 2016/2327 (INI)*, 2016
- 15 Union of Concerned Scientists, *What is ZEV?*, blog 2016

3 Behov for øget globalt ambitionsniveau

3.1 Klimaaftalen i Paris

- 1 UNFCCC, *Paris Agreement – Status of Ratification*, 2017, http://unfccc.int/paris_agreement/items/9444.php.
- 2 IPCC, *Climate Change 2014 Synthesis Report*, 2014.
- 3 IPCC, *Climate Change 2014 synthesis Report*, 2014.
- 4 World Meteorological Organization, *Climate breaks multiple records in 2016, with global impacts*, 2017, <https://public.wmo.int/en/media/press-release/climate-breaks-multiple-records-2016-global-impacts>.
- 5 Climate Home, *Sweden calls on EU to agree 50% carbon cuts for 2030*, 2014, <http://www.climatechangenews.com/2014/10/16/sweden-calls-on-eu-to-agree-50-carbon-cuts-for-2030/>.
- 6 DeSmog UK, *More Ambitious EU 2030 Climate Target Needed Say the UK, Germany, and Luxembourg*, 2016, <https://www.desmog.uk/2016/03/07/more-ambitious-eu-2030-climate-target-needed-say-uk-germany-and-luxembourg>.
- 7 IPCC, *5th Assessment Report*, 2014.

- 8 Le Quéré et al, *Global Carbon Budget 2016*, Earth System Science Data, 8, 605-649, 2016.
- 9 UNFCCC, *Join the 4/1000 Initiative - Soils for Food Security and Climate*, 2017, <http://newsroom.unfccc.int/lpaa/agriculture/join-the-41000-initiative-soils-for-food-security-and-climate/>.
- 10 Minasny et al, *Soil carbon 4 per mille*, Geoderma, 292 (2017) 59-86.
- 11 European Commission Joint Research Centre, *Emissions Database for Global Atmospheric Research*, 2014, <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=42FT2012>.
- 12 UNEP, *Emissions Gap Report 2016*, 2016.

3.2 Hvad skal der til for at holde temperaturstigningen under 2 grader?

- 13 UNEP, *Emissions Gap Report 2014*, 2014.
- 14 Rogelj et al, *Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 degrees*, Nature, vol 534, 2016.
- 15 Rockström et al, *A roadmap for rapid decarbonisation*, Science, vol 355, 2017.
- 16 Tallene opdateres jævnligt og kan hentes på UNEP's hjemmeside: <http://web.unep.org/climatechange/resources/pledge-pipeline>.
- 17 Eurostat, *Population on 1st January by age and sex*, 2017.
- 18 Det Europæiske Miljøagentur, *ETS, ESD, LULUCF and aviation emission trends and projections*, 2016, https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/ets-esd-lulucf-and-aviation#tab-chart_1.
- 19 United Nations, *World Population Prospects*, 2015.

3.3 Hvordan kan EU bidrage til opnåelse af 2-gradersmålsætningen?

- 20 Det Europæiske Miljøagentur, *EEA Greenhouse Gas Data Viewer*, 2016, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer> og http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/ets-esd-lulucf-and-aviation#tab-chart_1.
- 21 Du Pont et al, *Equitable mitigation to achieve the Paris Agreement goals*, Nature Climate Change, 2016.
- 22 Höhne et al, *Regional GHG reduction targets based on effort sharing: a comparison of studies*, Climate Policy, nr. 14:1 side 122-147.

4 Principper for målopfyldelse i 2030

4.1 Omstillingselementer og virkemidler

- 1 Regeringen, *Virkemiddelkatalog – Potentialer og omkostninger for klimatiltag*, 2013.
- 2 Klimarådet, *Effektive veje til drivhusgasreduktion i landbruget*, 2016.
- 3 Energistyrelsen, *Danmarks Energi- og Klimafremskrivning*, 2017.

4.2 Samfundsøkonomiske omkostninger

- 4 Finansministeriet, *Faktaark - Ny og lavere samfundsøkonomisk diskonteringsrente*, 2013.
- 5 Klimarådet, *Det oppustede CO₂-kvotesystem – Konsekvenser for dansk klimapolitik af kvotesystemet og overskuddet af kvoter*, 2017.
- 6 Klimarådet, *Afgifter der forandrer*, 2016.
- 7 Se bl.a. Energistyrelsen, *Samfundsøkonomiske enhedspriser*, 2016 og Transportministeriet, *Transportøkonomiske enhedspriser 1.71*, 2016.
- 8 Det Miljøøkonomiske Råd, *Økonomi og miljø 2017*, 2017.
- 9 Se bl.a. EA Energianalyse, *Grøn Roadmap 2030*, 2015.

4.2 Samfundsøkonomiske omkostninger

- 10 *Lov om Klimarådet, klimapolitisk redegørelse og fastsættelse af nationale klimamålsætninger*, lov nr. 716 af 25/6-2014.
- 11 Regeringen, *Regeringsgrundlag – For et rigere, friere og mere trygt Danmark*, 2016.
- 12 Energikommisionen, *Anbefalinger til fremtidens energipolitik*, 2017.
- 13 Se bl.a. Klimarådet, *Omstilling med omtanke*, 2015.
- 14 Energistyrelsen, *Energiscenarier frem mod 2020, 2035 og 2050*, 2014.
- 15 Ingeniørforeningen i Danmark, *IDA's klimaplan 2050*, 2009.
- 16 Klimakommisionen, *Grøn energi – vejen mod et dansk energisystem uden fossile brændsler*, 2010.
- 17 Energistyrelsen, *Energistatistik 2015*, 2016.

5 Muligheder for reduktioner frem mod 2030

5.2 Transport

- 1 EU-Kommissionen, *Reducing emissions from the shipping sector*, 2017 og EU-Kommissionen, *Reducing emissions from aviation*, 2017.
- 2 DTU Transport, *Test af efterspørgselsmodel for personture i LTM vers. 1.0.8.3*, 2015.
- 3 Dansk Energi, *Fremtidens vejtransport*, 2015.

5.3 Landbrug

- 4 Se Klimarådets analyse, *Effektive veje til drivhusgasreduktion i landbruget – forslag til klimaregnskab for den enkelte bedrift*, 2016.
- 5 Copenhagen Economics, *Dansk landbrugs drivhusgasudledning og produktion - Hvilke landbrugsprodukter er årsag til drivhusgasudledningen i landbruget?*, 2016.
- 6 Etisk Råd, *Etisk forbrug af klimabelastende fødevarer*, 2016.
- 7 Lam, S.K., Suter, H., Mosier, A.R. og Chen, D., *Using nitrification inhibitors to mitigate agricultural N₂O emission: a double-edged sword?* *Global Change Biology* 23, s. 485-489, 2017.

5.6 Affald

- 8 Se også Klimarådet, *Omstilling med omtanke*, 2015.

6 Omstillingsvejen mod 2030

6.1 Reduktionsbehov inden 2030

- 1 Energistyrelsen, *Basisfremskrivning 2017*, 2017.
- 2 Skatteministeriet, *Aftale mellem regeringen (V, LA, K), Socialdemokratiet og Radikale Venstre om justering af aftalen om de fremtidige afgiftsvilkår for elbiler og brændselsceller af 9. oktober 2015 (nye lempelser for elbiler)*, 2017.
- 3 *Lov om Klimarådet, Klimapolitisk redegørelse og fastsættelse af nationale klimamålsætninger*, lov nr. 716 af 25/6-2014.

6.2 Sammensætning af omstillingselementer

- 4 Se bl.a. Klimarådet, *Omstilling med omtanke*, 2015.
- 5 For uddybning, se Klimarådet, *Danmark og EU's 2030-klimamål*, 2016.
- 6 Energikommisionen, *Anbefalinger til fremtiden energipolitik*, 2017.
- 7 Klimarådet, *Afgifter der forandrer*, 2016.
- 8 Det Miljøøkonomiske Råd, *Økonomi og Miljø 2017*, 2017.
- 9 Tværministeriel arbejdsgruppe, *Virkemiddelkatalog*, 2013.
- 10 Københavns Kommune, *Fuld gas på Københavns skraldebiler*, pressemeddelelse, 19.2.2016.
- 11 Energistyrelsen, *Aftale af 16. december 2016 om Energiselskabernes energispareindsats*, 2016.
- 12 Klimarådet, *Effektive veje til drivhusgasreduktion i landbruget*, 2016.
- 13 Klimarådet, *Afgifter der forandrer*, 2016.
- 14 Skatteministeriet, *Aftale mellem regeringen (V, LA, K), Socialdemokratiet og Radikale Venstre om justering af aftalen om de fremtidige afgiftsvilkår for elbiler og brændselsceller af 9. oktober 2015 (nye lempelser for elbiler)*, 2017.
- 15 Klimarådet, *Det oppustede CO₂-kvotesystem*, 2017.
- 16 Energistyrelsen, *Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger*, 2016.

A Beskrivelse af omstillingselementer

A.1 Mindre vejtransport

- 1 Energi- og Olieforum, *Priser: Benzin*, 2017.
- 2 Energi- og Olieforum, *Priser: Diesel*, 2017.
- 3 Skatteministeriet, *Forhøjelse af brændstofafgifter m. 40 øre pr. liter*, 2013.
- 4 Trængselskommissionen, *Arbejdsrapport – Arbejdsgruppe 6 – Landsdækkende roadpricing*, 2012.
- 5 Energistyrelsen, *Danmarks Energi- og Klimafremskrivning*, 2015. Det har ikke været muligt at inkorporere effektivitetsfremskrivningen fra Basisfremskrivning 2017, men det forventes ikke, at der er sket store ændringer.
- 6 COWI for Miljøstyrelsen, *Ændring af bilafgifter*, Arbejdsrapport nr. 3, 2007 og Trængselskommissionen, *Arbejdsrapport – Arbejdsgruppe 6 – Landsdækkende roadpricing*, 2012.

A.2 Kollektiv transport

- 7 DTU Transport, *Test af efterspørgselsmodel for personure i LTM vers. 1.0.8.3*, 2015.
- 8 Region Hovedstaden, *Før biltrafikken står stille – Hvad kan den kollektive transport bidrage med*, 2009.
- 9 Trængselskommissionen, *Mobilitet og fremkommelighed i hovedstaden – sammenfatning*, 2013.
- 10 De Økonomiske Råd, *Økonomi og Miljø 2014*, 2014.
- 11 De Økonomiske Råd, *Økonomi og Miljø 2014*, 2014.
- 12 IS IT A BIRD, *Brugerdreven konceptudvikling for Cyklernes by – København*, 2013.
- 13 Nicolaisen (2012) beskrevet i De Økonomiske Råd, *Økonomi og Miljø 2014*, 2014.

A.3 Mere brændstoføkonomiske biler

- 14 European Environment Agency, *Monitoring CO₂ emissions from passenger cars and vans in 2015*, 2016.
- 15 De Økonomiske Råd, *Økonomi og Miljø 2013*, 2013.
- 16 Bygger på dialog med Skatteministeriet.

A.4 Flydende biobrændstoffer

- 17 DCE, *Denmark's National Inventory Report 2015 and 2016*, 2016.
- 18 Se blandt andet IPCC, *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Volume 2: Energy, kapitel 3, 2006.
- 19 Energistyrelsen, *Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet*, 2016 og Ea Energianalyse, *Fuel costs – Production, distribution and infrastructure costs used in the Economic Analysis in Grøn Roadmap 2030*, 2015.
- 20 IRENA, *Innovation Outlook – Advanced Liquid Biofuels*, 2016.
- 21 Air Quality Expert Group, *Road Transport Biofuels - Impact on UK Air Quality*, 2011 og Prasad og Dhanya, *Air Quality and Biofuels*, i dos Santos Bernardes (ed), *Environmental Impact of Biofuels*, 2011.

- 22 Se også Klimarådet, *Omstilling med omtanke*, 2015.
- 23 IPCC, *Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change - Working Group III - Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)*, 2014 og IEA, *World Energy Outlook*, 2016.

A.5 Elbiler

- 24 Klimarådet, *Afgifter der forandrer*, 2016.
- 25 Dansk Elbil Alliance, *Statistik på hjemmeside*, 2017.
- 26 Skatteministeriet, *Aftale mellem regeringen (V, LA, K), Socialdemokratiet og Radikale Venstre om justering af aftalen om de fremtidige afgiftsvilkår for elbiler og brændselscellebiler af 9. oktober 2015 (nye lempelser for elbiler)*, 2017.
- 27 Dansk Energi, *Elektrificeringspotentialer og bidrag til klimamål*, 2017.
- 28 Danmarks Statistik, *Statistikbanken tabel BIL800*, 2017.

A.6 Elbusser

- 29 Skatteministeriet, *svaret på spørgsmål nr. 388 af 15. marts 2016*, 2016.
- 30 Skatteministeriet, *Aftale mellem regeringen (V, LA, K), Socialdemokratiet og Radikale Venstre om justering af aftalen om de fremtidige afgiftsvilkår for elbiler og brændselscellebiler af 9. oktober 2015 (nye lempelser for elbiler)*, 2017.
- 31 Danmarks Statistik, *Statistikbanken tabel VEJ20*, 2017.
- 32 Dansk Energi, *Elektrificeringspotentialer og bidrag til klimamål*, 2017.
- 33 COWI, *Busteknologi i København frem mod 2025*, 2015.
- 34 Klimarådet, *Afgifter der forandrer*, 2016.
- 35 Transportministeriet, *Transportøkonomiske enhedspriser 1.71*, 2016.

A.7 Gas i tung transport

- 36 Ea Energianalyse, *Grøn Roadmap*, 2015.
- 37 NGVA, *Vehicle Catalogue*, 2016.
- 38 Egne udregninger baseret på Energistyrelsen, *Alternative Drivmidler 3.0*, 2016 og Dansk Energi, *Analyse nr. 18 Fremtidig vejtransport*, 2015
- 39 Det Økologiske Råd, *Biogas – Lettere klimabelastning fra tung transport*, 2015 og NGVA, *CO₂ & Air Quality*, 2017.
- 40 Cowi for Energistyrelsen, *Rammevilkår for gas til tung transport*, 2014.
- 41 Cowi for Energistyrelsen, *Rammevilkår for gas til tung transport*, 2014.
- 42 Cowi for Energistyrelsen, *Rammevilkår for gas til tung transport*, 2014.
- 43 Ea Energianalyse, *Grøn Roadmap*, 2015.

A.8 Elektrificering af jernbanen

- 44 DCE, *Denmark's National Inventory Report 2015 and 2016*, 2016.
- 45 Danmarks Statistik, *Statistikbanken tabel PKM1*, 2017.
- 46 EU-Kommissionen, *Electrified railway lines*, 2014.

- 47 Aftale mellem regeringen (Venstre og De Konservative), Socialdemokraterne, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Det Radikale Venstre og Liberal Alliance, *En grøn transportpolitik*, 2009.
- 48 BaneDanmark, *Strategisk analyse af elektrificering af banenettet – Hovedkonklusioner*, 2011 og Energistyrelsen, *Alternative Drivmidler 3.0*, 2016.
- 49 Energistyrelsen, *Basisfremskrivningen 2017*, 2017 og Energistyrelsen, *Danmarks Energi og Klimafremskrivning 2015*, 2015
- 50 BaneDanmark, *Strategisk analyse af elektrificering af jernbanenettet*, 2011.
- 51 BaneDanmark, *Strategisk analyse af elektrificering af jernbanenettet*, 2011.
- 52 BaneDanmark, *Strategisk analyse af elektrificering af jernbanenettet*, 2011.

A.9 Plantefedt til malkekvæg

- 53 Jensen, Jørgen Dejgård, *Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2030*, IFRO rapport 255, 2017.
- 54 SEGES, *Reduceret udledning af metan ved ændret fodring*, 2013.
- 55 Møller, H.B. m.fl., *Quantification of methane production and emission from anaerobic digestion of cattle manure derived from different feeding*, Aarhus Universitet, 2012.
- 56 SEGES, *Farmtal Online*, 2017.
- 57 Klimarådet, *Effektive veje til drivhusgasreduktion i landbruget – Forslag til klimaregnskab for den enkelte bedrift*, 2016.

A.10 Mindre malkekvægsbestand

- 58 ARLA, *New strategy for sustainable dairy farming*, 2014.
- 59 Klimarådet, *Effektive veje til drivhusgasreduktion i landbruget – Forslag til klimaregnskab for den enkelte bedrift*, 2016.
- 60 Jensen, Jørgen Dejgård, *Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2030*, IFRO rapport 255, 2017.
- 61 Poulsen, Hanne Damgaard, *Normtal for husdyrgødning 2016*, 2016.
- 62 Dubgaard, Alex m.fl., *Økonomiske analyser for landbruget af omkostnings-effektive klimatiltag*, IFRO rapport 205, 2010.
- 63 Kødblandens Fællesråd, *Alt om oksekød – hvad bruger man koen til*, 2017.
- 64 Landbrug & Fødevarer, *Forbrug af svinekød, oksekød og fjerkræ*, 2014.

A.11 Forsuring af gylle

- 65 Blandt andet Europa-Parlamentets og Rådets direktiv (EU) 2016/2284.
- 66 Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi.
- 67 Møller, Henrik B. og Moset, Veronica, *Sur gylle kan give mere gas*, FIB nr. 44, 2013.

A.12 Energipil

- 68 AgroTech, *Kortlægning af potentiale og barrierer ved energipil*, rapport udarbejdet for Energistyrelsen, november, 2015.
- 69 Olesen, Jørgen E., Jørgensen, Uffe, Hermansen, John E., Petersen, Søren O., Eriksen, Jørgen, Søgaard, Karen, Vinther, Finn P., Elsgaard, Lars, Lund, Peter, Nørgaard, Jan V., Møller og Henrik B., *Effekter af tiltag til reduktion af landbrugets udledninger af drivhusgasser*, DCA rapport 027, 2013.
- 70 Med rapportens forudsætninger for prisen på træflis samt forudsætninger om eksisterende tilskud. Dubgaard, Alex m.fl., *Analyse af omkostningseffektiviteten ved drivhusgasreducerende tiltag i relation til landbruget*, IFRO rapport 221, 2013.

A.13 Græsarealer

- 71 Dubgaard, Alex m.fl., *Analyse af omkostningseffektiviteten ved drivhusgasreducerende tiltag i relation til landbruget*, IFRO rapport 221, 2013.
- 72 Jensen, Jørgen Deigård, *Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2030*, IFRO rapport 255, 2017.

A.14 Individuelle varmepumper

- 73 Det Økologiske Råd, *Varmepumper til boligopvarmning*, 2014 og Dansk Energi, *Elektrificeringspotentialer og bidrag til klimamål*, 2017.
- 74 Regeringen, *Et Danmark der står sammen*, 2011.
- 75 Dansk Energi, Dong Energy og Energinet.dk, *Varmepumper i Danmark - Udviklingsforløb for omstilling af oliefyfrem mod 2035*, 2013.
- 76 Dansk Energi, *Elektrificeringspotentialer og bidrag til klimamål*, 2017.
- 77 Beregninger baseret på Energistyrelsen, *Teknologikatalog for el, fjernvarme, energilagring og energiproduktion og -konvertering*, 2015 og Energistyrelsen, *Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger*, 2016.
- 78 Energistyrelsen, *Teknologikataloget*, 2016.
- 79 Klimarådet, *Afgifter der forandrer*, 2016.

A.15 Træpillefyf

- 80 Sweco og Teknologisk Institut, *Analyse af udbredelsen af VE-teknologi i Danmark*, 2015.
- 81 Klimarådet, *Omstilling med omtanke*, 2015.
- 82 Beregninger baseret på Energistyrelsen, *Teknologikatalog for el, fjernvarme, energilagring og energiproduktion og -konvertering*, 2015 og Energistyrelsen, *Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger*, 2016.
- 83 Energistyrelsen, *Teknologikataloget*, 2013.

A.16 Store varmepumper

- 84 Energistyrelsen, *Store varmepumper i fjernvarmeforsyningen*, 2016.
- 85 Klimarådet, *Afgifter der forandrer*, 2016.
- 86 Dansk Energi, *Elektrificeringspotentialer og bidrag til klimamål*, 2017.

- 87 Energistyrelsen, *Teknologikataloget*, 2016.
- 88 Klimarådet, *Afgifter der forandrer*, 2016.
- 89 Dansk Energi, *El til opvarmning – Økonomiske virkemidler, der fremmer brug af el til varme i decentrale naturgasfyrede kraftvarmeområder og områder uden kollektiv varmeforsyning*, 2015.

A.17 Solvarme

- 90 Energistyrelsen, *Energistatistik 2015*, 2016.
- 91 Grøn Energi, *Energiforsyning 2030*, 2016.
- 92 Energistyrelsen, *Teknologikataloget*, 2016.

A.18 Biogas i naturgasnettet

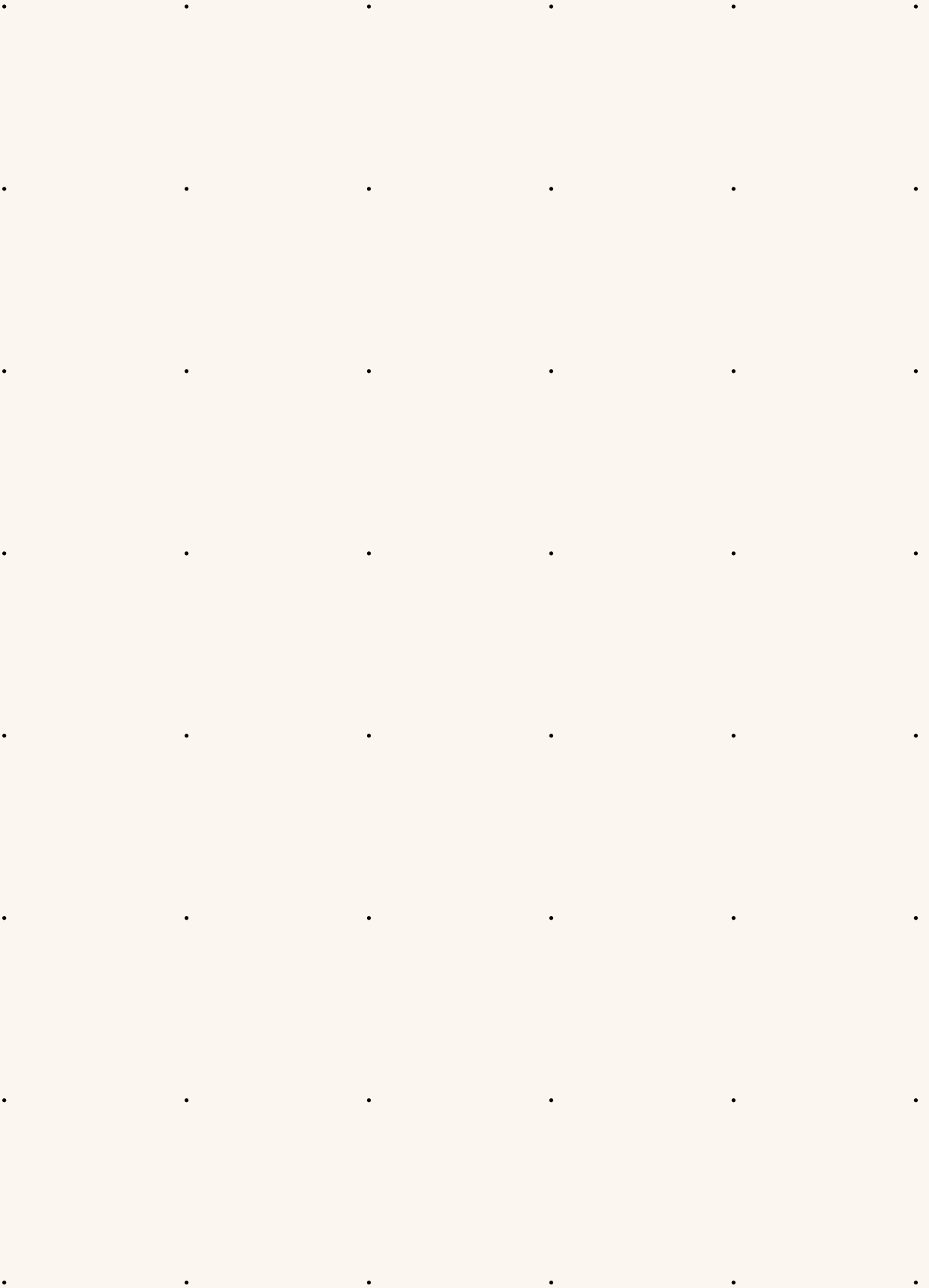
- 93 Mikkelsen, Mette Hjorth m.fl., *Biogasproduktions konsekvenser for drivhusgasudledning i landbruget*, DCE rapport nr. 197 OBS, 2016.
- 94 Personal kommunikation med Nationalt Center for Miljø og Energi.
- 95 Til sammenligning var der i *Grøn Vækst-aftalen* fra 2009 en målsætning om, at 50 pct. af husdyrgødningen skulle afgasses i biogasanlæg. Se Regeringen, *Aftale om Grøn Vækst*, 2009.
- 96 Energistyrelsen, *Notat - Effekt af biogasproduktion på drivhusgasemissioner*, 2016.
- 97 Ea Energianalyse, *Anvendelse af biogas til el- og varmeproduktion - Analyser For Biogas Taskforce*, 2014.
- 98 Energistyrelsen, *Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger 2016 - version 3*, 2016.
- 99 Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet, *Biogasproduktion i Danmark - Vurderinger af drifts- og samfundsøkonomi*, 2013.
- 100 Dubgaard, Alex, m.fl., *Analyse af omkostningseffektiviteten ved drivhusgasreducerende tiltag i relation til landbruget*, 2013.

A.19 Energirenovering af bygninger

- 101 Regeringen, *Strategier for Energirenovering af bygninger*, 2014.
- 102 Aalborg Universitet, *Future Green Buildings*, 2016.
- 103 Energistyrelsen, *Rebound effekten for opvarmning af boliger*, 2016.
- 104 Statens Byggeforskningsinstitut, *Potential heat savings during ongoing renovations of buildings until 2050*, 2016.
- 105 Statens Byggeforskningsinstitut, *Danske bygningers energibehov i 2050*, 2010.
- 106 Energikommisionen, *Energikommisionens anbefalinger til fremtidens energipolitik*, 2017.

A.20 Energieffektivisering i produktionserhvervene

- 107 COWI for Energistyrelsen, *Kortlægning af energisparepotentialer i erhvervslivet*, 2015.
- 108 Egne beregninger baseret på COWI for Energistyrelsen, *Kortlægning af energisparepotentialer i erhvervslivet*, 2015.





Energistyrelsen har opjusteret sit skøn for reduktionsbehovet i ikke-kvotesektoren frem mod 2030

Indstik til Klimarådets rapport Omstilling frem mod 2030
- byggeklodser til et samfund med lavere drivhusgasudledninger fra juni 2017

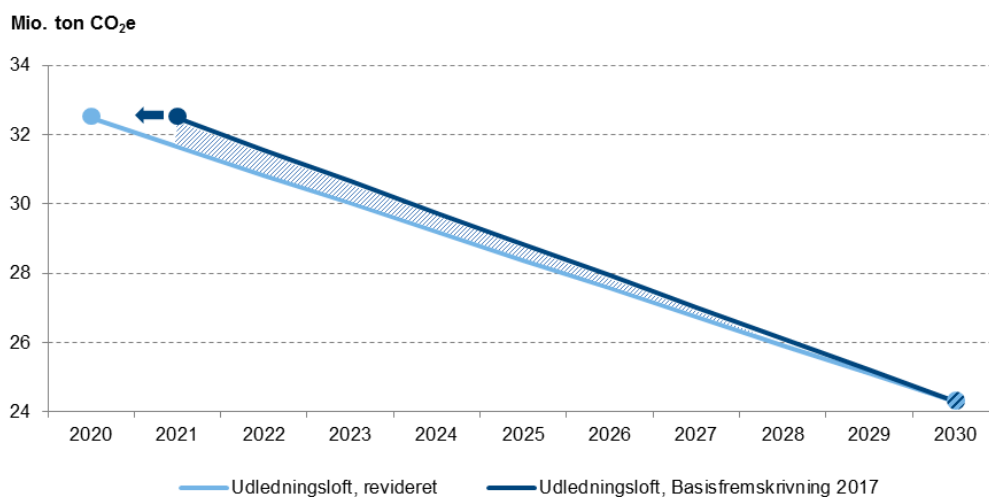
Klimarådet analyserer i sin seneste rapport mulighederne for at opfylde EU's klimamål for 2030 i ikke-kvotesektoren baseret på Energistyrelsens centrale skøn for reduktionsbehovet. Dette skøn er blevet opjusteret efter, at rapporten er gået i tryk, så reduktionsbehovet nu er 13,4 mio. ton CO₂e, mens det tidligere var 9,4 mio. ton. Opjusteringen er så væsentlig en ændring af rapportens præmisser, at Klimarådet har udarbejdet dette indstik, der indeholder rådets yderligere anbefalinger til opfyldelse af målet i lyset af den nye situation.

Energistyrelsen har revurderet sit skøn for reduktionsbehovet

Energistyrelsens *Basisfremskrivning 2017* er den officielle kilde til vurdering af, hvordan det ser ud med opfyldelse af Danmarks klimamålsætninger. Derfor har Klimarådet i sin rapport taget udgangspunkt i basisfremskrivningens centrale skøn for reduktionsbehovet for at opfylde 2030-målet i ikke-kvotesektoren. Efter udgivelsen af basisfremskrivningen har Energistyrelsen revurderet dette skøn og offentliggjort en formel rettelse den 29. maj 2017.

Målet i ikke-kvotesektoren sætter et loft over Danmarks udledninger fra 2021 fra 2030, som beskrevet i kapitel 2 i Klimarådets rapport. Dette loft reduceres lineært mod 2030, og startniveauet skal sættes lig den gennemsnitlige udledning i årene 2016- 2018. Energistyrelsen har hidtil lagt til grund, at startniveauet ligger i 2021, men det fremgår af EU-kommissionens forslag til de enkelte medlemslandes reduktionsmål, at dette niveau i stedet skal ligge allerede i 2020, således at loftet i 2021 bliver en smule lavere.

Figur 1 viser, hvordan korrektionen betyder, at udledningsloftet sænkes i årene fra 2021 til og med 2029, mens målet i 2030 er uændret. Samlet set øges det centrale skøn for reduktionsbehovet med 4 mio. ton CO₂e fra 9,4 til 13,4 mio. ton, når muligheden for at fratække LULUCF-tiltag medregnes, som beskrevet i kapitel 6 i Klimarådets rapport. De 4 mio. ton er illustreret med det skraverede areal i figur 1.



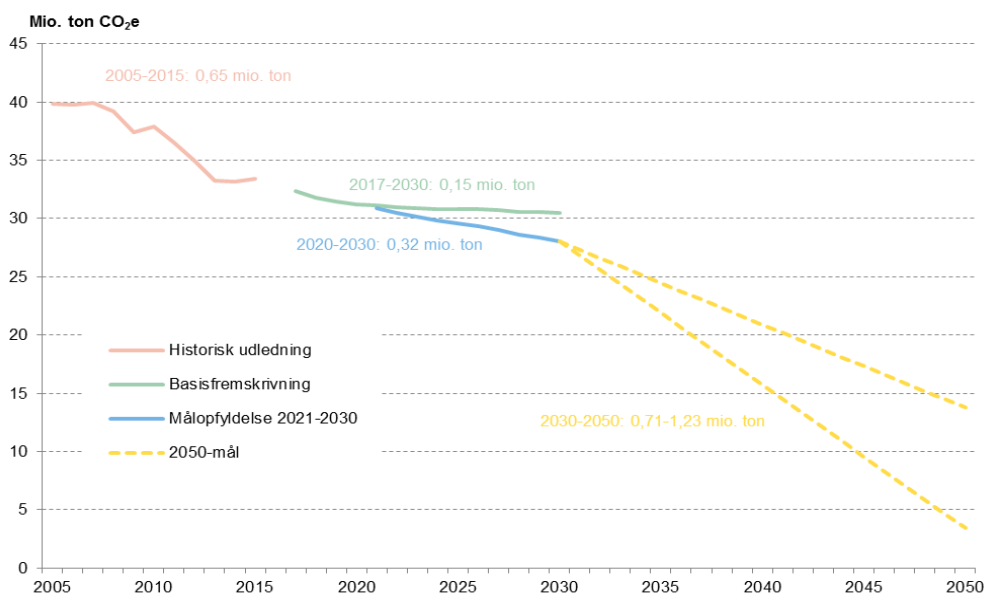
Figur 1 Udledningslofter i den oprindelige og reviderede version af Basisfremskrivning 2017

Anm.: Det stiplede areal illustrerer det ekstra reduktionsbehov på 4 mio. ton CO₂e.

Der er stadig god grund til at reducere udledningerne mere, end det centrale skøn for reduktionsbehovet tilsiger

Klimarådet anbefaler i sin rapport, at Danmark bør sigte mod en større reduktion af udledningen af drivhusgasser i ikke-kvotesektoren end det, der svarer til Energistyrelsens centrale skøn for reduktionsbehovet. Denne anbefaling gælder stadig, selv om reduktionsbehovet nu er opjusteret.

En større reduktion vil mindske behovet for et opskruet tempo i Danmarks grønne omstilling efter 2030. Dette illustrerer rapporten i figur 6.2, som her i figur 2 er opdateret med det nye reduktionsbehov på 13,4 mio. ton CO₂e, hvilket grafisk har forskudt slutpunktet for den blå linje nedad. Figuren viser, at selv med et opjusteret reduktionsbehov skal omstillingstempoet øges markant efter 2030, hvis vi kun akkurat lever op til reduktionsbehovet inden 2030. En større reduktion vil også være udtryk for rettidig omhu i den sandsynlige situation, hvor EU skærper sine klimamål frem mod 2050 som led i opfyldelsen af Parisaftalen. Et forsigtighedsprincip tilsiger ligeledes en større reduktion, da reduktionsbehovet kan vise sig større end Energistyrelsens skøn – selv efter opjusteringen.



Figur 2 Udledninger i ikke-kvotesektoren: historisk, fremskrivning og mål

Anm.: Tallene angiver den gennemsnitlige årlige reduktion for kurven med samme farve. I forhold til figur 6.2 i rapporten slutter den blå linje lidt lavere, hvorfor de gule linjer starter lidt lavere.

Et større reduktionsbehov kræver flere omstillingselementer

I rapporten peger Klimarådet på otte omstillingselementer, der tilsammen reducerer udledningerne i ikke-kvotesektoren med 12,0 mio. ton CO₂e over perioden fra 2021 til 2030. Det betyder, at der mangler 1,4 mio. ton for at opfylde det opjusterede reduktionsbehov.

Klimarådet fremhæver i sin rapport to yderligere omstillingselementer, hvis man vil stræbe efter en større reduktion af drivhusgasudledningen inden 2030. Det drejer sig om træpillefyr i den individuelle opvarmning som erstatning for oliefor og dyrkning af energipil i stedet for mere gødnings- og energikrævende afgrøder. Disse to omstillingselementer falder begge i kategorien *meget billigt*, og de er derfor en omkostningseffektiv måde for Danmark at opfylde sine klimaforpligtelser på. Omvendt letter begge elementer kun *i ringe grad* omstillingen mod 2050, hvilket er grunden til, at Klimarådet ikke fandt anledning til at medtage disse elementer i lyset af det oprindelige, lavere reduktionsbehov.

Samlet set reduceres udledningerne med 14,3 mio. ton CO₂e ved at gennemføre de otte omstillingsselementer, der oprindeligt var medtaget i Klimarådets hovedrapport for 2017, sammen med de to nye elementer. Et groft overslag viser, at realisering af disse ti elementer i alt giver en samfundsøkonomiske gevinst på ca. 600 mio. kr. Tallet er naturligvis noget usikkert, men det viser, at konklusionen i rapporten om, at målet i ikke-kvotesektoren kan opfyldes uden nævneværdige omkostninger for samfundet, stadig holder.

Biogas er mere relevant i lyset af det større reduktionsbehov

Som nævnt ovenfor er der – selv med et opjusteret reduktionsbehov – grund til at stile efter en større reduktion, end 2030-målet kræver. Én af disse grunde er, at reduktionsbehovet kan vise sig større, end vi vurderer lige nu, hvorfor et forsigtighedsprincip tilsiger at inkludere flere omstillingsselementer. Opjusteringen fra Energistyrelsen viser netop aktualiteten i dette argument. Derfor bør Danmark også efter opjusteringen sigte mod en reduktion, der ligger væsentligt over det centrale skøn for 2030-målets reduktionsbehov.

Tilføjjelsen af træpiller og energipil gør, at pakken af omstillingsselementer forventes at overopfylde målet med beskedne 0,9 mio. ton CO₂e over den 10-årige periode. Klimarådet anbefaler, at Danmark stiler efter en endnu større reduktion, og peger med udgangspunkt i rapportens figur 6.3 på biogas i naturgasnettet som det mest attraktive af de tilbageværende omstillingsselementer. Dette omstillingsselement reducerer både udledningerne fra landbrugets håndtering af husdyrgødning og fra energiforbruget, når biogas erstatter naturgas.

Biogas forventes at skulle være en integreret del af et energisystem i 2050 baseret på vedvarende energi, og Klimarådet ser potentielle fordele ved, at Danmark fortsat udvikler teknologierne omkring biogas med henblik på efterhånden at kunne nedbringe omkostningerne. Dog er opgraderet biogas stadig dyrt med en skyggepris, der overstiger 1.000 kr. Det kan tale for kun at realisere en vis del af det potentiale frem mod 2030, som Klimarådets rapport identificerer. Under alle omstændigheder finder Klimarådet det uhensigtsmæssigt, hvis udbygningen med biogas helt stopper, når den nuværende støtteordning udløber med udgangen af 2023.

I alt peger Klimarådet nu på 11 omstillingselementer

Med tilføjelsen af de omstillingselementer, der er beskrevet i dette indstik, peger Klimarådet nu i alt på 11 omstillingselementer, som man bør prioritere i klimapolitikken frem mod 2030. Tabel 1 erstatter dermed tabel 1.1 og 6.1 i rapporten.

Omstillingselement	Potentiale	Samfundsøkonomisk omkostning	Letter omstillingen mod 2050
Energirenovering af bygninger	1,4 mio. ton CO ₂ e	Meget billigt	I høj grad
Individuelle varmepumper	3,3 mio. ton CO ₂ e	Meget billigt	I nogen grad
Energieffektivisering i produktionserhvervene	2,6 mio. ton CO ₂ e	Meget billigt	I nogen grad
Gas i tung transport	0,2 mio. ton CO ₂ e	Meget billigt	I nogen grad
Store varmepumper	0,9 mio. ton CO ₂ e	Billigt	I høj grad
Solvarme	0,8 mio. ton CO ₂ e	Billigt	I høj grad
Forsuring af gylle	1,0 mio. ton CO ₂ e	Billigt	I nogen grad
Elbiler	2,2 mio. ton CO ₂ e	Medium	I høj grad
<i>Energipil*</i>	<i>0,6 mio. ton CO₂e</i>	<i>Meget billigt</i>	<i>I ringe grad</i>
<i>Træpillefyr*</i>	<i>1,8 mio. ton CO₂e</i>	<i>Meget billigt</i>	<i>I ringe grad</i>
Overlap	-0,3 mio. ton CO ₂ e		
I alt	14,3 mio. ton CO₂e		
<i>Biogas i naturgasnettet*</i>	<i>2,1 mio. ton CO₂e</i>	<i>Dyrt</i>	<i>I høj grad</i>
I alt	16,4 mio. ton CO₂e		

Tabel 1 Klimarådets udvalgte omstillingselementer

Anm.: En * angiver omstillingselementer, der anbefales i lyset af det opjusterede reduktionsbehov.

I tabel 1 er i første omgang angivet de 10 omstillingselementer, der opfylder reduktionsbehovet med en beskeden overopfyldelse. Derudover er biogas angivet for sig som Klimarådets bud på et omstillingselement, der kan sikre en væsentlig reduktion ud over, hvad 2030-målet forventeligt kræver. Biogas er klart det dyreste element på listen, og man kan overveje at realisere et mindre potentiale end angivet i tabel 1. Potentialerne for de andre anbefalede omstillingselementer er til en vis grad fleksible, og man bør tilsvarende overveje løbende, om visse potentialer kan øges til en overkommelig omkostning. Generelt er det forventningen, at omkostningerne pr. ton CO₂e for flere omstillingselementers vedkommende i praksis vil stige, jo større potentiale der udnyttes.

Justeringen af reduktionsbehovet giver anledning til yderligere anbefalinger

Klimarådets anbefalinger i *Omstilling frem mod 2030 – byggeklodser til et samfund med lavere drivhusgasudledninger* er stadig gældende, men er i lyset af det opjusterede reduktionsbehov suppleret med følgende anbefalinger:

- I de boliger med oliefyfyr, hvor varmepumper på kort sigt ikke er teknisk eller økonomisk attraktive, bør man overgå til træpillefyfyr.
- Landbruget skal begynde omstillingen til mindre drivhusgasintensive produkter inden 2030. Det kan i første omgang ske ved, at energipil erstatter afgrøder med større gødnings- og energibehov. Samtidig kan energipil erstatte fossile brændsler i Danmark eller, hvis det eksporteres, i udlandet.
- Det bør sikres, at udbygningen med biogasanlæg ikke går i stå, som forudset i *Basisfremskrivning 2017*, når den nuværende støtteordning til biogas udløber med udgangen af 2023.