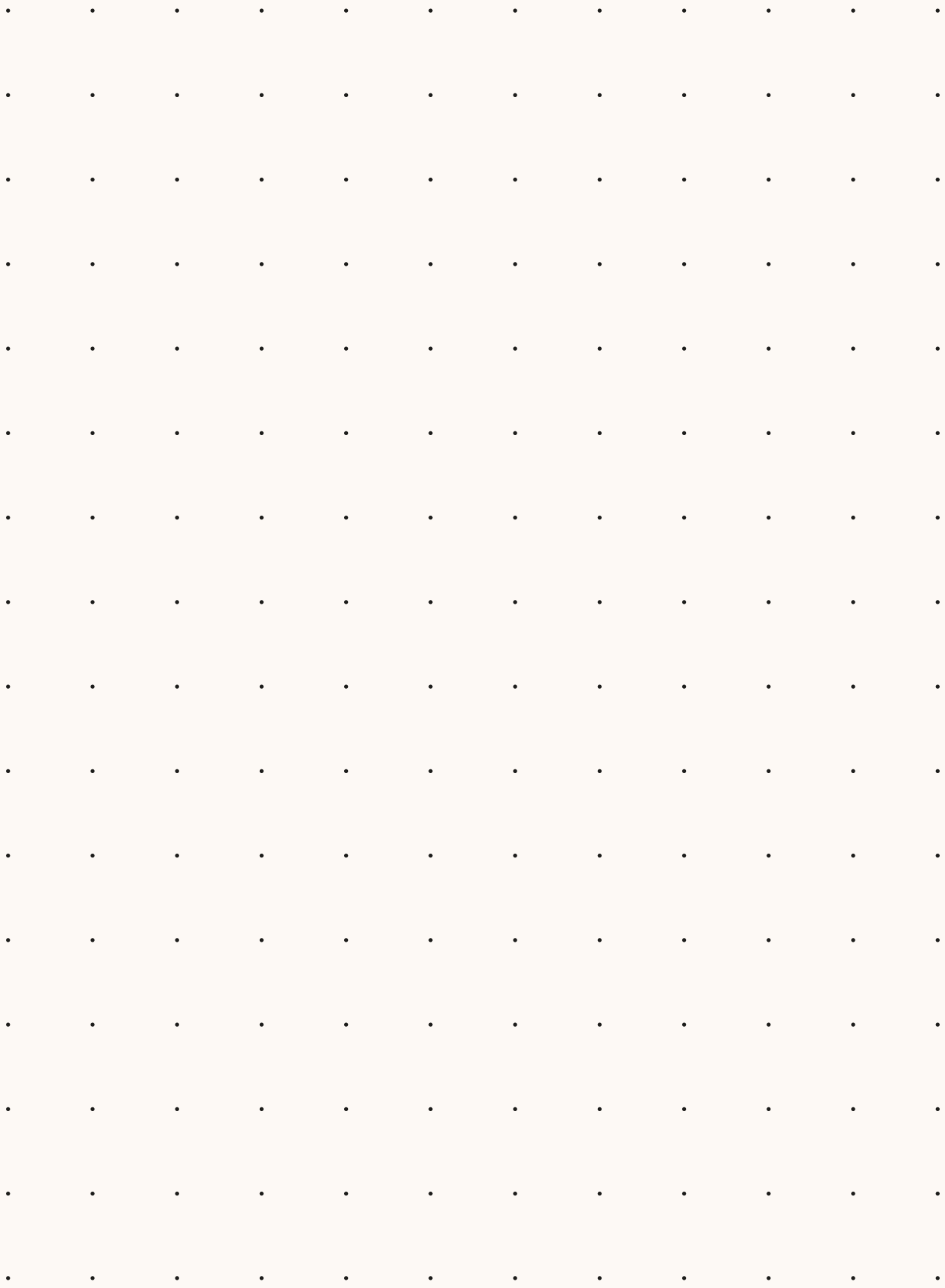


# Omstilling med omtanke

Status og udfordringer  
for dansk klimapolitik



• • • • • • • • • • • •

Klimarådet.

November 2015

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

# Omstilling med omtanke

Status og udfordringer  
for dansk klimapolitik

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

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

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

**Omstilling med omtanke**

Status og udfordringer for dansk klimapolitik

Udgivet i november 2015 af

**Klimarådet**

Frederiksholms Kanal 4B, 5. sal

DK-1220 København K

+45 22 68 85 88

mail@klimaraadet.dk

klimaraadet.dk

ISBN 978-87-998744-1-5

Design B14

• • • • •

# Indhold

Forord	6
<b>1 Hovedkonklusioner og anbefalinger</b>	<b>9</b>
<b>2 Grundlag og principper for Klimarådets arbejde</b>	<b>23</b>
<b>3 Danmarks klimamålsætninger og udledninger af drivhusgasser</b>	<b>35</b>
3.1 Drivhusgasudledning i Danmark	40
3.2 Klimamålsætninger	45
3.3 Opfyldelse af 40-procentsmålsætningen i 2020	56
3.4 Den danske klimaindsats i internationalt perspektiv	72
3.5 Konklusioner og anbefalinger	83
<b>4 Langsigtede udfordringer i dansk klimapolitik</b>	<b>87</b>
4.1 Samspil mellem sektorerne	92
4.2 El- og varmesektoren	99
4.3 Transportsektoren	108
4.4 Landbrug, skovbrug og arealanvendelse	120
4.5 Bygninger	129
4.6 Affaldsområdet	139
4.7 Konklusioner og anbefalinger	144
<b>5 Påtrængende problemstillinger i dansk klimapolitik</b>	<b>151</b>
5.1 Biomassens rolle i energisystemet	156
5.2 Behov for at fastholde tempoet i omstilling af el- og fjernvarmesektoren	164
5.3 Barrierer for elektrificering af energiforbruget	168
5.4 Kraftvarme i fremtidens energisystem	176
5.5 Konklusioner og anbefalinger	184
Noter	188







## Forord

Danmark står over for en historisk omstilling af samfundet. For at begrænse de globale klimaforandringer skal vi ligesom resten af EU reducere CO<sub>2</sub>-udslippet med 80-95 pct. frem mod 2050. *Omstilling med omtanke – status og udfordringer for dansk klimapolitik* er den første af en række rapporter fra Klimarådet, der alle vil fokusere på, hvordan Danmark kan omstilles til et lavemissionssamfund – det vil sige et samfund med markant lavere udledninger af drivhusgasser end i dag.

Denne rapport giver et overordnet billede af udfordringerne på klimaområdet og peger på nogle af de mest påtrængende problemstillinger. Den adskiller sig fra Klimarådets kommende rapporter ved at tegne et bredt billede af udfordringerne i omstillingen for dermed at kridte banen op for rådets fremtidige arbejde. I kommende rapporter vil Klimarådet gå mere i dybden med de problemstillinger, der beskrives i denne rapport.

Anbefalingerne i *Omstilling med omtanke – status og udfordringer for dansk klimapolitik* peger på, hvilke problemer der politisk bør findes en løsning på snarest muligt. Klimarådets analyser og anbefalinger skal bidrage til, at klimapolitikken kan indrettes omkostningseffektivt og under hensyn til vækst, konkurrenceevne, beskæftigelse og videnskabens anbefalinger om den nødvendige klimainsats. Fremover vil Klimarådet i sine rapporter analysere specifikke problemstillinger med henblik på at give anbefalinger til konkrete klimapolitiske tiltag på udvalgte områder. Klimarådet er oprettet i begyndelsen af 2015 og er et uafhængigt ekspertorgan, der fremlægger forslag til omkostningseffektive klimapolitiske løsninger, som bidrager til at skabe et lavemissionssamfund og samtidigt fastholder velfærd og udvikling. Klimarådet er nedsat som følge af klimaloven, der beskriver rådets opgaver.

Lov nr. 716 af 25/06/2014 "Lov om Klimarådet, klimapolitisk redegørelse og fastsættelse af nationale klimamålsætninger." I klimalovens paragraf 1 hedder det: "Loven har til formål at etablere en overordnet strategisk ramme for Danmarks klimapolitik med henblik på at overgå til et lavemissionssamfund i 2050, det vil sige 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. Loven skal derudover fremme gennemsigtighed og offentlighed om status, retning og fremdrift for Danmarks klimapolitik."

I klimaloven står der, at Klimarådet skal:

1. vurdere status for Danmarks opfyldelse af nationale klimamålsætninger og internationale klimaforpligtelser,
2. analysere mulige omstillingsveje mod et lavemissionssamfund i 2050 og mulige virkemidler for at opnå drivhusgasreduktioner,
3. udarbejde anbefalinger om udformning af klimapolitikken, herunder valg af virkemidler og omstillingsveje,
4. bidrage til den offentlige debat. Klimarådet skal i fornødent omfang i udarbejdelsen af sine analyser og øvrige arbejde høre og inddrage relevante parter, herunder blandt andet erhvervsinteresser, arbejdsmarkedets parter og civilsamfundet.

Klimarådet ønsker et tæt samspil med omverdenen, og derfor foregår en væsentlig del af rådets arbejde i dialog med interessenterne på klimaområdet – både for at indhente den nyeste faktuelle viden om udviklingen inden for blandt andet teknologier og klimaanalyser, men også for at høre interessenternes holdninger og forslag til, hvordan udviklingen frem mod et lavemissionssamfund kan tilrettelægges. Det medvirker til, at Klimarådets arbejde bygger på solid viden om virkeligheden for aktørerne på området.



Klimarådet skal mindst én gang årligt fremsende og offentliggøre anbefalinger til regeringen om klimaindsatsen. Næste rapport udkommer i sommeren 2016. Rådet beskæftiger sig i sit arbejde med alle aspekter af omstillingen til et lavemissionssamfund. Arbejdet omfatter derfor problemstillinger inden for både energi, bygninger, transport, landbrug, miljø, natur og økonomi. For at kunne løfte denne store opgave er Klimarådet sammensat af eksperter med viden om de forskellige indsatsområder i omstillingen.

Klimarådets arbejde fokuserer på tiltag, der kan reducere Danmarks udledninger af drivhusgasser. Tilpasning til klimaforandringer er ikke en del af rådets opdrag og er derfor ikke et fokusområde.

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 viceinstituteder for forskning ved Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi ved Københavns Universitet,
- Niels Buus Kristensen, institutdirektør for DTU Transport,
- 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

Danmark har som mål at blive et lavemissionssamfund i 2050. Omstillingen til et lavemissionssamfund er en stor og kompleks opgave, som omfatter alle dele af vores samfund. Klimarådet sætter med denne rapport rammen for rådets kommende arbejde med at rådgive regeringen og Folketinget om, hvordan denne omstilling bedst gennemføres. I det følgende gennemgås hovedkonklusionerne i rapportens kapitler. Til sidst præsenteres Klimarådets anbefalinger til regeringen på baggrund af rapportens analyser.

## Grundlag og principper for Klimarådets arbejde

### Klimarådets udgangspunkt er de langsigtede klimamålsætninger

Klimavidenskaben peger på et presserende behov for en reduktion af de globale udledninger af drivhusgasser. Som en del af det internationale samfund må Danmark bidrage aktivt til at løse denne opgave.

Udgangspunktet for Klimarådets rådgivning er, at Danmark i 2050 skal være et lavemissionsamfund – det vil sige et samfund med en energiforsyning baseret på vedvarende energi og markant lavere udledninger fra de øvrige sektorer end i dag. De centrale udfordringer frem mod dette mål er at sikre stabile klimapolitiske rammebetingelser, en stabil fremdrift mod 2050-målet, balance mellem omstillingen i de forskellige sektorer, udnyttelse af de mest omkostningseffektive teknologier og udvikling af nye teknologier. I den forbindelse skal der også tages hensyn til omstillingens virkninger på udviklingen i beskæftigelse, velstand og indkomstfordeling.

Klimarådet anbefaler fire grundlæggende principper for dansk klimapolitik i de næste årtier:

1. Skab sikkerhed om de klimapolitiske rammer
2. Hold fokus på en balanceret omstilling
3. Fasthold stabilt tempo i omstillingen
4. Benyt teknologineutrale virkemidler – under hensyntagen til samspil mellem sektorer

→ Læs mere om Klimarådets grundlag og principper i kapitel 2.

## Danmarks klimamålsætninger og udledninger af drivhusgasser

### Alle sektorer skal reducere udledningerne frem mod 2050

Omstillingen til et lavemissionsamfund kræver en markant reduktion af de danske drivhusgasudledninger. Klimarådet skitserer derfor udviklingen i udledningerne fra 1990 til nu og frem mod 2050. Danmark har siden 1990 opnået en reduktion på ca. 20 pct. i udledningen af drivhusgasser, og der er sket reduktioner i næsten alle sektorer i samfundet. Reduktionerne er dog ikke fordelt lige imellem sektorerne. Der er opnået betydelige reduktioner i el- og fjernvarmesektoren, hvorimod reduktionerne i landbruget har været mindre, mens udledningerne fra transporten ligger højere i dag end i 1990. Frem mod 2050 er der brug for endnu større reduktioner, og hvis målet om et lavemissionsamfund skal nås, vil alle sektorer blive nødt til at reducere deres udledninger betydeligt i de kommende årtier.

→ Læs mere om de danske udledninger i kapitel 3.1.

### **Danmark lever op til sine internationale klimaforpligtelser frem mod 2020**

Klimarådet foretager en årlig vurdering af Danmarks opfyldelse af nationale og internationale klimaforpligtelser. Danmark har en række klimamål under FN og i særdeleshed EU, som vedrører udledningerne i 2020, 2030 og 2050. Frem mod 2020 forventer Klimarådet, at Danmark vil opfylde de internationale klimaforpligtelser, mens det vil kræve en yderligere indsats at opfylde de forventede målsætninger for 2030 og 2050. I 2030 forventes Danmark under EU at få en reduktionsforpligtelse på 36-40 pct. i forhold til 2005 for den del af økonomien, der ikke er omfattet af EU's CO<sub>2</sub>-kvotesystem. EU's langsigtede mål for 2050 er en samlet reduktion i udledningerne på 80-95 pct.

Et flertal i Folketinget bakker op om en national målsætning om reduktion af drivhusgasudledningerne med 40 pct. i 2020 i forhold til 1990. Ifølge den seneste fremskrivning ser det ud til, at Danmarks udledning af drivhusgasser uden nye klimapolitiske tiltag vil være reduceret med ca. 37 pct. i 2020 i forhold til niveauet i 1990. Det vil derfor kræve nye tiltag svarende til en reduktion af udledningerne med ca. 2 mio. ton CO<sub>2</sub>e at opfylde den nationale 40-procentsmålsætning.

→ Læs mere om Danmarks klimaforpligtelser i kapitel 3.2.

### **40-procentsmålsætningen kan opnås med samfundsøkonomisk gevinst**

Klimarådet har foretaget beregninger af, hvad omkostningerne ved at opfylde målsætningen om 40 pct. reduktion af drivhusgasudledningen i 2020 vil være. Klimarådet har sammensat to forskellige pakker af virkemidler, som begge kan reducere udledningerne med yderligere 2 mio. ton CO<sub>2</sub>e og dermed fjerne mankoen i 2020.

Den ene pakke kaldes "omkostningsminimeringspakken". I den pakke indgår de virkemidler, der tilsammen vil sikre de lavest mulige samfundsøkonomiske omkostninger ved at nå 40-procentsmålsætningen. Virkemidlerne er primært udvalgt fra det såkaldte virkemiddelkatalog, men Klimarådet har tilføjet to nye tiltag til fremme af varmepumper. Størsteparten af tiltagene i denne pakke vedrører landbruget. Samlet set skønnes pakken at give en samfundsøkonomisk gevinst på ca. 1,1 mia. kr. årligt, når man medregner sideeffekter. Sideeffekterne er primært et renere vandmiljø som følge af lavere kvælstofudvaskning og ammoniakfordampning i landbruget.

En del af landbruget er trængt økonomisk, og Klimarådet har derfor også regnet på, hvad omkostningerne vil være, hvis man fra politisk side vælger helt at friholde landbruget fra at bidrage med yderligere reduktioner indtil 2020. Denne pakke kaldes "ikke-landbrugspakken". Pakken omfatter de virkemidler uden for landbrugssektoren, der samlet vil sikre de laveste samfundsøkonomiske omkostninger ved at reducere udledningerne med 2 mio. ton CO<sub>2</sub>e. De samfundsøkonomiske omkostninger ved denne pakke vurderes at være knap 150 mio. kr. årligt.

Beregninger af konsekvenserne for beskæftigelsen viser, at man ved at gennemføre tiltagene i "omkostningsminimeringspakken" kan opnå en stigning i beskæftigelsen på kort sigt på omkring 1.000 personer, mens beskæftigel-



sen på kort sigt kan øges med op til 3.000 personer ved en gennemførelse af “ikke-landbrugspakken”. Når der er større, positiv beskæftigelseeffekt ved “ikke-landbrugspakken”, skyldes det blandt andet, at der i denne pakke foretages relativt store investeringer, som på kort sigt øger beskæftigelsen. I begge pakker skal investeringerne finansieres, hvilket på mellemlangt sigt fører til lavere beskæftigelse. I det lange løb vil beskæftigelsen være bestemt af udviklingen i arbejdsstyrken og i den strukturelle ledighed. Ingen af disse størrelser skønnes at blive nævneværdigt påvirket af de to pakker.

Selvom beregningerne er forbundet med betydelig usikkerhed, peger de på, at det er muligt at opfylde 40-procentsmålet uden store samfundsøkonomiske omkostninger. Klimarådets beregninger viser desuden, at det vil være samfundsøkonomisk dyrt at friholde landbruget fra at bidrage til reduktionerne, og at der på kortere sigt er positive beskæftigelseeffekter af begge pakker. Hvis man ikke ønsker at belaste landbruget for hårdt, kan man stadig inddrage virkemidler, som medfører udslipsreduktioner i landbruget, men fra politisk side tilrettelægge finansieringen, så virkemidlernes konsekvenser for landbrugets økonomi mindskes. Det kan gøres ved at fremme tiltag i landbruget gennem tilskud frem for afgifter og reguleringskrav, eventuelt af midlertidig karakter. Alternativt kan man via andre instrumenter kompensere landbruget helt eller delvist for omkostningerne ved reduktionskrav.

En opfyldelse af 40-procentmålsætningen kan styrke troværdigheden af den politiske vilje til at nå det langsigtede klimamål for 2050. I vurderingen af omkostningerne ved at opfylde målsætningen er det desuden vigtigt at holde sig for øje, at der alligevel skal ske en væsentlig reduktion af udledningerne fra ikke-kvotesektoren frem mod 2030. Det forventes, at Danmark som en del af EU's klimapolitiske målsætning for 2030 vil blive pålagt at reducere udledningerne af drivhusgasser fra den ikke-kvoteomfattede sektor med 36-40 pct. i forhold til niveauet i 2005. De meromkostninger for fx landbrugs- eller transportsektoren, som en opfyldelse af 40-procentsmålet medfører, vil derfor under alle omstændigheder skulle afholdes i løbet af perioden fra 2020 til 2030.

→ Læs mere om Klimarådets beregninger i kapitel 3.3.

### **Danmarks klimaindsats er markant, men ikke enestående i international sammenhæng**

I lyset af den historiske reduktion af de danske drivhusgasudledninger og den nationale målsætning om 40 pct. reduktion i 2020 fremhæves Danmark ofte som en klimaduks i den danske debat. Det anføres, at Danmark er gået meget længere end de lande, vi normalt sammenligner os med. For at undersøge denne påstand har Klimarådet analyseret, hvordan den danske klimaindsats ser ud i forhold til indsatsen i de omkringliggende lande. Analysen viser, at hvis man ser på reduktionen af drivhusgasudledningen i forhold til bruttonationalproduktet, er den danske indsats ikke større end indsatsen i andre sammenlignelige lande i Nordvesteuropa. Danmark har godt nok reduceret de samlede udledninger forholdsvist meget, men det skyldes i stort omfang, at vi har haft en lavere økonomisk vækst end de fleste andre sammenlignelige lande.

Produktivitetskommissionens arbejde viste, at den lave vækst særligt skyldes en svag produktivitetsudvikling i den hjemmemarkedsorienterede del af service-sektoren, som kun har et begrænset energiforbrug. Det vil derfor være forkert at konkludere, at en ambitiøs dansk klimapolitik er årsag til den lave vækst.

Danmark har uden tvivl gjort en betydelig indsats på klimaområdet, men vi står ikke alene. Danmark er altså ikke en ensom udbryder på klimaområdet, men snarere del af en udbrydergruppe, der består af en række ambitiøse lande.

→ Læs mere om Klimarådets analyse om Danmarks klimainsats i kapitel 3.4.

## Langsigtede udfordringer i dansk klimapolitik

Som udgangspunkt for Klimarådets kommende arbejde giver denne rapport et overblik over de langsigtede udfordringer på de forskellige indsatsområder: el og varme, transport, landbrug, bygninger og affald. På alle områder er der behov for en yderligere indsats, ligesom der er barrierer, der skal overvindes, hvis målet om et lavemissionssamfund i 2050 skal nås. Samtidig forudsætter omstillingen et tættere samspil mellem el- og varmesektoren, landbruget, transportsektoren, procesenergi i industrien, bygningsmassen og affaldshåndteringen.

### Fremtidens el og varme vil komme fra vind, sol og biomasse

Det er afgørende at få omstillet el- og varmesektoren, hvis målet om et lavemissionssamfund skal nås. Danmark har allerede reduceret CO<sub>2</sub>-udledningen fra sektoren betydeligt de seneste årtier, men det er nødvendigt mindst at fastholde tempoet, hvis sektoren skal være uafhængig af fossile brændsler i 2050.

En el- og varmesektor, der er uafhængig af fossile brændsler, vil med al sandsynlighed skulle baseres på vind, sol og biomasse. Det er dog vigtigt, at reguleringen af sektoren så vidt muligt er teknologineutral, så de samfundsøkonomisk mest effektive energiteknologier kan vinde frem, herunder også eventuelle nye teknologier, som ikke kendes i dag. Med de teknologier, der forventes at være til rådighed i 2050, vil fossil uafhængighed kræve, at el bliver den dominerende energibærer, og der skal derfor ske en omfattende elektrificering af transporten, af procesenergi og af varmforsyningen gennem varmepumper. I et elsystem, der i stort omfang er baseret på fluktuerende vind- og solenergi, er det vigtigt at prioritere fleksibelt elforbrug, lagring af energi og kabelforbindelser til udlandet.

EU's kvotesystem kan blive en vigtig drivkraft bag en omkostningseffektiv omstilling af el- og varmesektoren. Det kræver dog, at kvoteudbuddet indskrænkes og reguleres, så kvoteprisen kommer op på et væsentligt højere og mere stabilt niveau end det, der hidtil er set. Dette må forventes at ske, hvis EU skal leve op til sin egen målsætning for 2050, men tidsprofilen er uklar, og der kan i mellemtiden fortsat være behov for supplerende støtte til vedvarende energi for at sikre, at omstillingen ikke går i stå.

→ Læs mere om udfordringerne i el og varmesektoren i kapitel 4.2.

### **Vores transportmidler skal drives af vedvarende energi**

Transportsektoren står for omtrent en fjerdedel af de samlede drivhusgasudledninger, og selvom sektorens udledninger har været faldende siden finanskrisen, er de stadig noget over niveauet i 1990. Frem mod 2050 skal der derfor ske markante reduktioner i udledningerne fra transporten. På kortere sigt kan dette ske gennem en mere energieffektiv udnyttelse af fossile brændstoffer, men på længere sigt vil det være nødvendigt at overgå til drivmidler baseret på vedvarende energi.

Der vil være behov for et samspil mellem en række nye drivmidler frem mod 2050. For privatbilismen vil elektrificering blive central. Elbiler og plug-in hybridbiler vil med stor sandsynlighed være den første form for elektrificering af vejtrafikken, der for alvor vil gøre sig gældende, mens brintteknologi og syntetiske brændstoffer fremstillet ved elektrolyse også på sigt kan blive relevante. Samtidig forventes biobrændstoffer at få en større rolle i transportsektoren, formentlig især til brug i den tunge landtransport og i skibs- og luftfarten, hvor elektrificering er vanskelig.

Denne udvikling er ikke for alvor kommet i gang. Det skyldes, at elektriske og andre transportløsninger baseret på vedvarende energi stadigvæk er dyre, om end der er forventning om betydelige prisfald fremover. Det er vigtigt, at afgiftssystemet støtter op om udviklingen hen mod nye drivmidler baseret på vedvarende energi. Det kræver, at afgifterne omlægges, så de i højere grad målrettes og afspejler de skadelige afledte effekter på klima og miljø på tværs af de teknologier, der anvendes, og så de tager hensyn til de positive spredningseffekter, der kan være forbundet med at understøtte udbredelsen af nye teknologier på transportområdet i en indkøringsfase. Spredningseffekterne dækker fx over, at en samtidig udbygning af ladeinfrastruktur er en forudsætning for udbredelsen af elbiler. En udbygget ladeinfrastruktur vil øge tilskyndelsen til at købe en elbil, og flere elbiler vil gøre det mere rentabelt at investere i ladeinfrastruktur. Offentlig støtte og regulering kan bidrage til at igangsætte denne gode cirkel.

→ Læs mere om omstillingen af transportsektoren i kapitel 4.3.

### **Opgørelsesmetoden for landbrugets udledninger er afgørende for reduktionsmulighederne**

Landbrugets udledninger har været faldende gennem en årrække, men uden nye klimapolitiske reduktionstiltag forventes der ikke at ske yderligere reduktioner i sektorens udledninger af drivhusgasser. Da erhvervets udledninger udgør omkring en femtedel af de samlede danske udledninger, må landbruget nødvendigvis bidrage med væsentlige reduktioner i udledningerne, hvis målet om et lavemissionssamfund skal opfyldes. Samtidig kan landbruget gennem biomasproduktion bidrage til fortrængning af fossile brændsler i de sektorer, hvor biomassen anvendes til energi- og transportformål.

I øjeblikket opgør man ikke udledningerne fra de enkelte bedrifter. Det betyder, at der mangler en tilskyndelse for den enkelte landmand til at nedbringe udledningen. På nuværende tidspunkt må tiltag til reduktioner i landbrugets udledninger derfor sigte på at udbrede bestemte teknologier og dyrkningsmetoder i stedet for at regulere udledningerne på mere målrettet vis. Sådanne tiltag sikrer ikke nødvendigvis en omkostningseffektiv reduktionsindsats.

Når der gennemføres klimatiltag i landbruget, opnås den største samfundsøkonomiske gevinst ved at tænke opfyldelse af målsætninger på klima- og miljøområdet sammen. På den måde kan der opnås væsentlige synergieffekter, fordi tiltag, der reducerer udledningen i landbruget, samtidig kan have en miljøforbedrende effekt.

→ Læs mere om landbrugets rolle i omstillingen i kapitel 4.4.

### **Bygninger spiller mange roller i omstillingen**

Frem mod 2050 vil det sandsynligvis være nødvendigt at nedbringe energiforbruget for at sikre en omkostningseffektiv omstilling. Her spiller bygninger en central rolle, da en stor del af energiforbruget sker i bygninger – både i husholdningerne og i erhvervene. Først og fremmest skal der findes en passende balance mellem udbygning af vedvarende energi og nedbringelse af energiforbruget. Der er behov for at sikre de rette incitamenter, så borgere og virksomheder gennemfører de energibesparelser i bygninger, der er omkostningseffektive for samfundet.

Fremover vil bygninger komme til at indgå i et tættere samspil med energiproduktionen. Det gælder både i form af produktion af vedvarende energi i tilknytning til bygninger og gennem muligheder for fleksibelt energiforbrug i bygninger i et energisystem med en høj andel af fluktuerende energi. Der skal derfor for det første sikres en omkostningseffektiv balance mellem udbygningen af husstandsrelateret produktion af vedvarende energi og udbygning i de centrale forsyningsnet, og for det andet skal mulighederne for fleksibilitet i energiforbruget i bygninger udvikles og fremmes.

→ Læs mere om udfordringerne relateret til bygninger i kapitel 4.5.

### **Affaldets fremtidige rolle som energikilde skal afklares**

Affald har en selvstændig rolle i omstillingen til et lavemissionssamfund. En væsentlig andel af Danmarks affald udnyttes til forbrænding til el- og fjernvarmeproduktion, og da en stor del af affaldet ikke er fossilt, kan forbrænding af affald bidrage til at nedbringe CO<sub>2</sub>-udledningerne, hvis det fortrænger fossile brændsler i el- og varmesektoren.

Der er kommet øget fokus på genanvendelse af affald for at sikre en optimal udnyttelse af ressourcerne. De enkelte kommuner frembringer dog typisk ikke tilstrækkelige mængder affald til, at anvendelse af de mest effektive teknologier til affaldshåndtering er rentable for dem. Der kan derfor være behov for et øget samarbejde om affaldshåndtering på tværs af kommuner. Der er samtidig en stigende overkapacitet på de danske forbrændingsanlæg, hvilket har ført til import af ikke-organisk affald. Dette kan resultere i en stigende drivhusgasudledning fra dansk grund, i takt med at fossile brændsler udfases i resten af energisystemet, og affaldet derfor ikke længere erstatter fossile brændsler.

→ Læs mere om udviklingen på affaldsområdet i kapitel 4.6.

## Påtrængende problemstillinger i omstillingen

Klimarådet peger på fire områder, hvor der er behov for at sætte ind meget snart, hvis retningen mod et lavemissionssamfund skal fastholdes. De vedrører alle, i hvilken retning det danske energisystem skal udvikle sig i de kommende år, og hvordan de forskellige energiafgifter spiller en central rolle. Afgifts- og tilskudssystemet forventer Klimarådet at vende tilbage til i sin næste rapport, der udkommer i sommeren 2016.

### Afgiftsfavoriseringen af biomasse er problematisk

Der har i de seneste år været et hastigt voksende forbrug af biomasse i energisystemet. Denne udvikling finder Klimarådet problematisk. Biomasse har ganske vist en vigtig rolle i fremtidens energisystem som forsyningskilde, når produktionen fra vindmøller og solceller er lav, og som input i produktionen af bio-brændstoffer, men den aktuelle udvikling afspejler en skævhed i afgiftssystemet, der favoriserer biomasse gennem fritagelse for energiafgift. Det gør biomasse privat- og selskabsøkonomisk fordelagtigt at benytte til energiformål, selvom der findes samfundsøkonomisk billigere vedvarende alternativer.

Anvendelse af biomasse antages i de nuværende drivhusgasregnskaber at være CO<sub>2</sub>-neutral. I praksis afhænger CO<sub>2</sub>-neutraliteten dog af biomassetyper, alternativanvendelsen af biomassen og forvaltningen af de anvendte landbrugs- og skovbrugsarealer, herunder genplantning. Klimabelastningen ved brugen af de enkelte biomassetyper er således ikke afspejlet i de nuværende drivhusregnskaber. Der bør derfor arbejdes hen mod, at reguleringen af biomassen på internationalt niveau i højere grad afspejler den reelle klimabelastning. Uanset om der indføres en sådan regulering, må biomasse fremover forventes at blive en knappere ressource på globalt plan. Den fremtidige, danske energiforsyning må indeholde en vis mængde biomasse, og på kort sigt spiller biomasse endvidere en rolle som overgangsteknologi i el- og varmforsyningen. På langt sigt er det dog næppe samfundsøkonomisk hensigtsmæssigt at fastlåse en stor del af el- og varmforsyningen på en enkelt ressource, der kan vise sig at blive både knap og dyr.

→ Læs mere om problemstillingerne i forhold til biomasse i kapitel 5.1.

### Udbygningstakten for vedvarende energi må forøges frem mod 2050

Som del af den grønne omstilling må en stor del af energiforbruget omlægges til el gennem en betydelig elektrificering af blandt andet opvarmning og transport. For at kunne levere den nødvendige mængde el baseret på vedvarende energikilder skal der ske en massiv udbygning af vedvarende elproduktion i perioden frem mod 2050. I perioden fra 2020 og frem til 2050 er der behov for en udbygning af vedvarende elproduktion, der er væsentligt større, end den har været hidtil. Det betyder, at en pause i udbygningen med vedvarende energi kan gøre den samlede omstilling dyrere end nødvendigt, da udbygningen i så fald skal gå endnu hurtigere senere.

→ Læs mere om den nødvendige udbygningstakt i kapitel 5.2.

### **Energiafgifter står i vejen for elektrificering**

Uden elektrificering får samfundet ikke tilstrækkelig værdi af den vedvarende elproduktion. Energiafgifterne står i vejen for at få gang i den elektrificering, der er samfundsøkonomisk fornuftig. Der betales således over tre gange så meget i energiafgift på el som på øvrige brændsler. Selv for el, der benyttes til rumopvarmning og derfor har en reduceret afgift, er afgiften næsten dobbelt så høj som energiafgiften på fyringsolie og naturgas. De høje afgifter hæmmer elektrificeringen af både den individuelle opvarmning og fjernvarmen, hvor varmepumper er en både energieffektiv og samfundsøkonomisk effektiv teknologi. Hvis afgifterne ikke omlægges, vil opvarmningen enten fortsat ske med olie og naturgas eller blive omstillet til afgiftsfritagede biomassefyrede flis- og træpillefyr.

→ Læs mere om energiafgifter og elektrificering i kapitel 5.3.

### **Kraftvarme vil få en mindre rolle i fremtiden**

De decentrale kraftvarmeværker står over for store økonomiske udfordringer de kommende år. De lave elpriser i forhold til tidligere år betyder, at decentrale kraftvarmeværker ikke længere kan tjene tilstrækkeligt på deres elproduktion, og mange kraftvarmeværker overgår derfor til alene at producere varme i en stor del af tiden. De manglende indtægter fra salg af el betyder, at fjernvarmekunderne står over for højere fjernvarmepriser. Den decentrale kraftvarme støttes i dag gennem det såkaldte grundbeløb, som bortfalder med udgangen af 2018, hvilket vil føre til yderligere stigninger i fjernvarmepriserne. Fremtiden for særligt de decentrale kraftvarmeværker er derfor usikker.

Fjernvarmeproduktionen kan allerede i dag med samfundsøkonomisk fordel ske ved hjælp af varmepumper, og fordi elproduktionen i stigende grad baseres på vind og sol, vil behovet for elproduktion på kraftvarmeværker falde markant. Fremover kan de eksisterende kraftvarmeværker fungere som backupkapacitet til elproduktion, fordi omkostningen er lav ved at holde de eksisterende decentrale kraftvarmeværker driftsklare. Der vil dog være behov for at gentænke, om det på længere sigt, når de eksisterende decentrale kraftvarmeværker er endeligt udtjente, eller den konventionelle naturgas er udfaset af energisystemet, vil være mere hensigtsmæssigt at investere i andre typer produktionsanlæg.

→ Læs mere om kraftvarmemodellens udfordringer i kapitel 5.4.



## Samlede anbefalinger

Analyserne i Klimarådets første rapport giver anledning til en række anbefalinger vedrørende dansk klimapolitik.

### Klimarådet anbefaler, at

- det nationale mål om en reduktion af den danske drivhusgasudledning med 40 pct. i 2020 i forhold til 1990 fastholdes,
- der sikres en gradvis udbygning af forsyningsinfrastrukturen til at understøtte omstillingen til nye drivmidler i transporten, fx ladestander til at lette udrulning af elbiler,
- det undersøges, om afgiftssystemet med fordel kan omlægges med henblik på at understøtte den store omstilling, som transporten står over for,
- der sker en afklaring af de enkelte biomassetyper reelle klimabelastning ved brug til energiformål, og at Danmark i internationale sammenhænge arbejder for, at denne afspejles i drivhusgasregnskabet,
- afgifts- og tilskudssystemet ophører med at favorisere biomasse, og energiafgifterne omlægges, så de så vidt muligt ikke forvrider valget imellem energiformer. En sænkning af afgiften på el til opvarmning er særligt vigtig, da mulighederne for at erstatte én form for opvarmning med en anden gør det særligt forvriddende, at afgiften på el til opvarmning er højere end afgiften på andre opvarmningsformer,
- PSO-afgiften omlægges, så den ikke forvrider elforbruget. Det undersøges, hvordan en sådan omlægning kan gennemføres, og hvilke fordele og ulemper omlægningen kan have sammenlignet med alternative muligheder for at finansiere de udgifter, der i dag dækkes af PSO-afgiften,
- grundbeløbet til fjernvarme finansieret over PSO-afgiften afvikles som planlagt med udgangen af 2018. Eventuelle tiltag til imødegåelse af bratte udgiftsstigninger for fjernvarmekunderne udformes, så de ikke modvirker, men gerne fremmer en større grad af elektrificering af varmekonsumet,
- udbygningstakten for vedvarende energi i el- og fjernvarmesektoren fastholdes eller øges i en kommende energiaftale for 2020 til 2030 samtidig med, at der arbejdes for en bedre udnyttelse af den vedvarende energi gennem elektrificering og udbygning af kabelforbindelserne til udlandet.





2

Grundlag og principper for  
Klimarådets arbejde



Der er observeret en stigning i den globale gennemsnitstemperatur siden midten af det 19. århundrede på 0,85 grader. Forskningen konkluderer, at den dominerende årsag til opvarmningen i de seneste ca. 50 år er menneskelig aktivitet, primært i form af afbrænding af fossile brændsler samt aktiviteter, der relaterer sig til fødevarerproduktion. Den menneskelige indflydelse på klimaet kan blandt andet aflæses i opvarmningen af atmosfæren og havene, i afsmeltningen af sne og is omkring polerne og i et stigende globalt havniveau.

Fremtidige temperaturstigninger forventes at medføre et fortsat stigende havniveau, hyppigere hedeølger, ændrede nedbørmønstre og øget risiko for ekstreme vejrbegebenheder. Det vil resultere i flere oversvømmelser, knappere vandressourcer, truet fødevarerforsyning, truet biodiversitet og en stigning i antallet af fordrevne mennesker.

For at skabe et overblik over den globale klimaforskning udarbejder FN's klimapanel (IPCC) regelmæssigt en rapport, der gør status over udviklingen i klimaet og beskriver de mulige konsekvenser, som klimaændringerne vil få for miljø og samfund, samt hvordan samfundet kan tilpasse sig uundgåelige klimaforandringer og afbøde yderlige klimaforandringer. Ifølge den seneste og femte hovedrapport fra FN's klimapanel (IPCC) fra 2013-14 er det ekstremt sandsynligt (95-100 pct. sikkert), at hovedparten af den globale opvarmning, der har fundet sted siden midten af det 19. århundrede, er forårsaget af menneskelig aktivitet. I rapporten vurderes det, at den globale temperaturstigning vil blive mellem 1,6 og 4,3 grader frem mod år 2100 set i forhold til førindustriel tid. Udviklingen i den globale temperaturstigning afhænger af mængden af drivhusgasser, der udledes i atmosfæren fremover. Hvis risikoen for farlige og irreversible klimaændringer skal mindskes, er der global enighed om, at den globale temperaturstigning skal holdes under 2 grader i forhold til førindustriel tid. For at nå dette mål vurderer IPCC, at de globale udledninger af drivhusgasser frem mod 2050 skal reduceres med 40-70 pct. i forhold til 1990 – en global opgave, der ikke må undervurderes. Og selv hvis det lykkes at overholde 2-gradersmålsætningen, forventes denne begrænsede globale opvarmning at have betydelige skadevirkninger.

#### **Danmark er en del af det globale samfund**

Der er udbredt enighed om, at de rige lande bør gå forrest i indsatsen for at reducere drivhusgasudledningerne. Det skyldes både deres historiske ansvar for udledningerne, og at de i kraft af deres velstand har flere ressourcer til at gennemføre en omstilling mod lavere udledninger.

For at bidrage til en løsning af klimaproblemet har EU's stats- og regeringschefer derfor vedtaget en målsætning om, at medlemslandene frem mod 2050 bør reducere deres udledninger af drivhusgasser med mellem 80 og 95 pct. i forhold til udledningerne i 1990. Denne målsætning svarer til, hvad IPCC har fastlagt som det nødvendige reduktionsniveau i de udviklede lande, hvis det skal være sandsynligt, at den globale temperatur ikke stiger med mere end 2 grader.

Det globale klimaproblem kan kun løses gennem et internationalt samarbejde, der omfatter de største udledere af drivhusgasser. Danmark er et lille land, og de danske udledninger udgør kun ca. 0,15 pct. af de globale udledninger. Den danske klimapolitiske indsats har derfor meget lille direkte virkning på klimaet.

IPCC er en forkortelse for Intergovernmental Panel on Climate Change og er et videnskabeligt organ, der blev oprettet af FN's særorganisationer for meteorologi (WMO) og miljø (UNEP) i 1988. IPCC udfører ikke selv forskning, men vurderer den eksisterende viden og litteratur på klimaområdet, som de samler i vurderingsrapporter – de såkaldte hovedrapporter. Hovedrapporter udgives med regelmæssige intervaller på 5-7 år.

For at opnå en sandsynlighed på 66 pct. for at holde den globale temperaturstigning under 2 grader frem mod år 2100 må den akkumulerede udledning af CO<sub>2</sub> siden førindustriel tid ifølge IPCC ikke overstige ca. 800 milliarder ton. I 2014 var den akkumulerede udledning nået op på ca. 560 milliarder ton CO<sub>2</sub>. Dermed har verdenssamfundet allerede opbrugt omkring 70 pct. af det globale kulstofbudget, og med de nuværende årlige CO<sub>2</sub>-udledninger på omkring 10 milliarder ton vil budgettet være opbrugt om mindre end 25 år.



I kraft af Danmarks tidlige fokus på drivhusgasreduktion og omstilling af energisystemet har vi imidlertid en særlig placering i de globale bestræbelser på at imødegå de menneskeskabte klimaforandringer. Forud for FN's internationale klimatopmøde i Paris i december 2015 (COP 21) har 146 lande, der tilsammen er ansvarlige for ca. 86 pct. af de globale udledninger, indmeldt konkrete målsætninger for reduktion af deres drivhusgasudledning.<sup>1</sup> Mange af disse lande har ikke tidligere fokuseret på drivhusgasreduktion og ser blandt andet mod Danmark for inspiration.

Ambitiøse mål for udbredelsen af vedvarende energi i Danmark har historisk bidraget til virksomhedernes teknologi- og systemudvikling og dermed til en gradvis billiggørelse af mere energieffektive teknologier og alternative energikilder. Via eksport af disse teknologier kan Danmark hjælpe til at fremme udbredelsen af vedvarende energi i omverdenen. Det viser, at den danske indsats ikke er uden betydning for mulighederne for at løse det komplekse, globale problem, som klimaforandringerne udgør.

### **Klimarådets rolle i den grønne omstilling**

I Danmark har det fælles EU-mål om 80-95 pct. reduktion af drivhusgasser blandt andet udmøntet sig i klimaloven af 2014. Klimaloven giver en overordnet strategisk ramme for omstillingen til et lavemissionssamfund i 2050 og definerer samtidig Klimarådets opgaver.

Klimarådet er ifølge loven et uafhængigt organ, der skal bidrage med anbefalinger om virkemidler i omstillingen til et lavemissionssamfund og overvåge, om de klimapolitiske mål, som regeringen og Folketinget har opstillet, bliver realiseret. Rådet skal også bidrage til den offentlige klimadebat og inddrage relevante eksterne parter i arbejdet med at fremskaffe viden om, hvordan de klimapolitiske mål bedst kan opfyldes.

Klimarådet skal ifølge klimaloven rådgive om, hvordan målet om et lavemissionssamfund i 2050 kan nås på en omkostningseffektiv måde, det vil sige med de lavest mulige samfundsøkonomiske omkostninger. De samfundsøkonomiske omkostninger og fordele ved klimapolitiske tiltag omfatter ikke blot de direkte økonomiske virkninger for husholdninger, erhverv og offentlige finanser, men også afledte effekter på miljø, sundhed og lignende. Klimarådets rådgivning skal samtidig tage hensyn til, hvordan de forskellige klimapolitiske virkemidler påvirker beskæftigelsen, indkomstfordelingen, de offentlige finanser og Danmarks internationale konkurrenceevne.

Klimarådets arbejde tager afsæt i den politiske målsætning for 2050, som den er udmøntet i klimalovens formulering om et lavemissionssamfund, samt EU-målsætningen om en samlet reduktion af drivhusgasudledningerne i EU på 80-95 pct. i 2050 i forhold til 1990. Derudover forholder Klimarådet sig til de til enhver tid gældende politiske målsætninger for de danske drivhusgasudledninger og den danske energiforsyning i 2050. Det gælder både de målsætninger, der defineres af regering og Folketinget, og de målsætninger, som Danmark er forpligtet af i EU og FN.

“ Klimarådets arbejde tager afsæt i den politiske målsætning for 2050, som den er udmøntet i klimalovens formulering om et lavemissionssamfund, samt EU-målsætningen om en samlet reduktion af drivhusgasudledningerne i EU på 80-95 pct. i 2050 i forhold til 1990.

Frem mod 2050 vil der være en række klimapolitiske målsætninger med kort og mellemlang tidshorizont. Det kan både være reduktionsforpligtelser aftalt i regi af FN og EU og nationalt fastsatte mål. Klimarådet vil som en del af sit arbejde vurdere opfyldelsen af disse målsætninger og forpligtelser og kan bidrage med anbefalinger til, hvordan de bedst opnås. Samtidig ses de kort- og mellemfristede målsætninger i høj grad som midler til at nå det langsigtede mål for 2050. Det betyder også, at Klimarådet som en del af sit arbejde kan komme med anbefalinger til, hvordan nye målsætninger på kort og mellemlangt sigt kan tilrettelægges mest hensigtsmæssigt i et langsigtet perspektiv.

### **Målet for den grønne omstilling**

Politiske målsætninger er centrale for at sikre retning og hastighed for omstillingen til et lavemissionssamfund – en omstilling af kompleks karakter med væsentlig betydning for store dele af det danske samfund. For at give de bedste forudsætninger for at gennemføre sådanne forandringer på en omkostningseffektiv måde er det helt afgørende med stabile politiske rammer og derigennem sikre investeringsrammer. Det er en grundsten i en omkostningseffektiv omstilling. De klimapolitiske målsætninger bør derfor være klare og pålidelige for ikke at skabe usikkerhed om retningen. En høj grad af usikkerhed kan både hæmme ønskværdige investeringer og føre til fejlinvesteringer, der i sidste ende vil være fordyrende.

Der er bred politisk enighed om, at Danmark i 2050 skal være uafhængig af fossile brændstoffer, men der har gennem årene været forskellige tolkninger af, hvad uafhængighed mere præcist indebærer.

Med udgangspunkt i mandatet fra den daværende regering definerede Klimakommissionen i sin slutrapport fra 2010 uafhængighed af fossile brændsler således: “Der anvendes/forbruges ikke fossil energi i Danmark, og indenlandsk produktion af el baseret på vedvarende energi skal i gennemsnit på årsbasis mindst svare til det danske forbrug.” Kommissionen pointerede, at denne definition ikke udelukker, at Danmark udveksler elektricitet med lande, der baserer dele af deres elproduktion på fossile brændsler, men at den udelukker, at man kan fortsætte med at forbruge olie i transportsektoren og kompensere herfor med merproduktion og eksport af vedvarende energi.

I regeringsgrundlaget for den nuværende regering hedder det: “Regeringens langsigtede mål er, at vi skal være uafhængige af fossile brændsler i 2050, så Danmark i 2050 kan producere vedvarende energi nok til at kunne dække det samlede danske energiforbrug.” Denne formulering åbner for, at der kan benyttes fossile brændsler på dansk jord, hvis den blot modsvares af en tilsvarende dansk eksport af vedvarende energi.

Hvordan målet om uafhængighed tolkes, kan have vidtrækkende konsekvenser for den planlagte omstilling. Hvis den nuværende regerings 2050-målsætning indebærer, at der fx fortsat kan anvendes betydelige mængder af fossile brændstoffer til indenlandske transportformål, vil det kræve, at Danmark løbende har en meget stor nettoeksport af elektricitet fra vedvarende energikilder. Hvis andre EU-lande følger en lignende strategi, hvor de tillader et fortsat betydeligt indenlandsk forbrug af fossile brændsler, vil det være umuligt at realisere målet om, at EU samlet skal reducere sit udslip af drivhusgasser med 80-95 pct.



En dansk strategi, der bygger på et betydeligt indenlandsk forbrug af fossile brændsler, vil i den situation ikke være konsistent med EU's klimapolitiske målsætning for 2050. Klimarådet tolker derfor den nuværende regerings målsætning sådan, at brugen af fossile brændsler på dansk jord skal være stort set udfaset i 2050, og at disse brændsler kun anvendes i særlige situationer, hvor de samfundsøkonomiske omkostninger ved at anvende vedvarende energikilder vil være meget høje, eller hvor vedvarende energikilder ikke er til stede.

### En omstilling i balance

Ud over den overordnede målsætning om et lavemissionssamfund i 2050 er der en række delmålsætninger. På kortere sigt har EU en målsætning om 20 pct. reduktion i 2020 og en målsætning for 2030 om en reduktion på samlet set 40 pct. i forhold til drivhusgasudledningerne i 1990.

For at nå både de kort- og langsigtede målsætninger skal der løbende ske nationale reduktioner inden for energisektoren, transportsektoren, byggeri og landbrug. Omkring 1/3 af de danske drivhusgasudledninger stammer fra vores el- og varmforsyningssektor, ca. 1/5 stammer fra landbruget og 1/4 fra transportsektoren. De resterende udledninger stammer fra industrien og øvrige erhverv. Det er dog ikke muligt at eliminere udledningerne fuldstændigt i alle sektorer. Selvom landbruget nødvendigvis må bidrage væsentligt til at nå målet om et lavemissionssamfund, er nogle af udledningerne i denne sektor teknisk svære at reducere, da de stammer fra biologiske processer i jorden og i dyrenes fordøjelsessystem. Derfor må det forventes, at forsyningssektoren og transportsektoren i praksis vil stå over for noget nær en total udfasning af deres drivhusgasudledninger.

Samtidig kræver et fremtidigt lavemissionssamfund et energisystem, hvor de forskellige sektorer i langt højere grad end hidtil spiller sammen. Vindenergien – eller andre former for vedvarende energi – skal bruges til både opvarmning og transport i stedet for fossil energi. Landbrugets rolle som leverandør af biomasse til energiformål, blandt andet biobrændstoffer, skal styrkes. For at mindske behovet for udbygning med vedvarende energi skal der realiseres flere rentable energibesparelser i erhvervene og i private boliger. Muligheden for bedre udnyttelse af fluktuerende energi gennem fleksibelt forbrug eller lagring skal udbygges, og de forskellige typer af affald skal udnyttes mere effektivt i energiproduktionen. Omstillingen kræver derfor fokus på samtlige sektorer og ikke mindst samspillet imellem dem, for at den kan ske på en omkostningseffektiv måde. Virkemidler såsom afgifter og tilskud skal udformes, så de fremmer – eller i det mindste ikke hæmmer – et bedre samspil mellem sektorerne.

EU's system for handel med CO<sub>2</sub>-kvoter var oprindeligt tænkt som det primære virkemiddel til at sikre omstillingen til vedvarende energikilder i kvotesektoren, der omfatter energiforsyningen og energiintensive industrier. Med en passende stram tildeling af kvoter, der sikrer en høj og stabil kvotepris, kan kvotesystemet give et værdifuldt bidrag til en omkostningseffektiv omstilling til et lavemissionssamfund. I øjeblikket er antallet af udstedte kvoter dog betydeligt større end de faktiske udledninger fra kvotesektoren, og markedsprisen på kvoter er så lav, at den ikke udgør en væsentlig drivkraft bag omstillingen.

EU's 2030-målsætning er fordelt på 43 pct. reduktion inden for kvotesektoren i forhold til 2005 og 30 pct. reduktion uden for kvotesektoren i forhold til 2005. Kvotesektoren dækker udledninger fra energiforsyningen og energiintensive industrier, mens udledningerne uden for kvotesektoren kommer fra blandt andet transport, landbrug og boligsektoren. Reduktionsforpligtelsen uden for kvotesektoren vil blive byrdefordelt mellem medlemslandene i løbet af 2016, og her forventes den danske reduktionsforpligtelse at blive mellem 36 og 40 pct.

EU's kvotesystem skal hjælpe medlemslandene til at reducere udslippene fra forsyningssektoren på en omkostningseffektiv måde. Antallet af kvoter er sat, så reduktionsmål i kvotesektoren nås. En ensartet pris på CO<sub>2</sub> vil i princippet sikre, at reduktionerne sker der, hvor det bedst kan betale sig.

Hvis der i EU er politisk vilje til at bruge kvotesystemet som et vigtigt instrument til at realisere EU's klimapolitiske mål for 2050, må kvoteudbuddet nødvendigvis indskrænkes til et minimum på længere sigt. Med den nuværende lave kvotepris er der imidlertid behov for supplerende klimapolitiske virkemidler inden for kvotesektoren på kortere sigt for at fastholde et stabilt tempo i omstillingen, der skaber troværdighed omkring den politiske vilje til at realisere det langsigtede klimapolitiske mål. Behovet for at supplere kvotemarkedet med andre tiltag inden for kvotesektoren er nærmere diskuteret i kapitel 4.2.

Over tid vil tiltag i den danske kvotesektor ganske vist ikke reducere de samlede udledninger i EU, hvis kvoteløftet på et tidspunkt igen bliver bindende, men et jævnt tempo i udbygningen med vedvarende energi kan bidrage til at sikre, at Danmark kan leve op til det langsigtede klimamål og forebygge, at der i de sidste år frem mod 2050 skal gennemføres en stærkt forceret omstilling med deraf følgende store tilpasningsomkostninger. Nationale instrumenter såsom afgifter og tilskud – også målrettet omstilling af energiforsyningssektoren – kan endvidere være nødvendige for at skabe incitamenter til en udvikling, hvor ressourcerne udnyttes bedst muligt, fx ved at udbygningen af vindkraften afstemmes med en øget elektrificering i andre sektorer.

Når elektricitetsens andel af det samlede energiforbrug stiger, omtales det som en elektrificering af energiforbruget. Det dækker helt simpelt over, at en større del af befolkningens og virksomhedernes energiforbrug baseres på el frem for andre energiformer.

Selvom der tegner sig et overordnet billede af, hvordan et energisystem med meget lave udledninger og en større grad af samspil kan se ud, er der betydelig usikkerhed om den teknologiske udvikling frem mod 2050. Derfor er det ikke hensigtsmæssigt allerede nu at lægge sig fast på den specifikke teknologisammensætning i et lavemissionssamfund. Når der udformes virkemidler til at fremme omstillingen, er det vigtigt, at disse så vidt muligt gøres teknologineutrale, så de mest omkostningseffektive teknologier vinder frem. Samtidig må der tages hensyn til behovet for samspil mellem sektorerne, og der skal være incitament til udvikling og markedsmodning af nye teknologier. I de tidlige faser af teknologiuudviklingen, hvor der typisk vil være betydelige positive spredningseffekter af opbygningen af ny viden, er der således behov for offentlig støtte til forskning, udvikling og demonstration af nye klimavenlige teknologier.

### Omstillingens hastighed

En grundlæggende præmis for Klimarådets rådgivning er, at realiseringen af de klimapolitiske mål skal ske på en omkostningseffektiv måde, der minimerer de samfundsøkonomiske omkostninger ved den grønne omstilling. Det rejser spørgsmålet: Hvor hurtigt skal Danmark gå frem i omstillingen til vedvarende energi på kort og mellemlangt sigt for at sikre de lavest mulige omkostninger ved realisering af 2050-målet?

Svaret afhænger blandt andet af, hvordan prisen på fossil energi, priserne på vedvarende energikilder og CO<sub>2</sub>-prisen i EU's kvotesystem forventes at udvikle sig, hvilket igen blandt andet afhænger af den teknologiske og klimapolitiske udvikling.

Hvis beslutningstagerne er overbeviste om, at prisen på CO<sub>2</sub>-kvoter om nogle år vil komme op på et langt højere og mere stabilt niveau end i dag, kan det være et argument for at sænke hastigheden i den støttede udbygning af vindmøller og andre alternative energikilder i kvotesektoren, da de alternative energiformer



vil blive mere konkurrencedygtige, når kvoteprisen stiger. Men hvornår prisen på CO<sub>2</sub>-kvoter kommer op på et tilstrækkeligt højt niveau, er meget usikkert. Vælger man alligevel at spare på de offentlige tilskud til vedvarende energi i håb om, at kvoteprisen fremover vil stige, risikerer man at komme til at vente så længe, at det efterfølgende bliver nødvendigt at gennemføre en forceret omstilling til vedvarende energikilder over en kortere årrække, hvilket kan have store omkostninger.

Hvis man forventer, at vedvarende energikilder på grund af teknologisk udvikling om nogle år vil blive langt billigere end i dag, kan det ligeledes være et argument for at sænke hastigheden i den grønne omstilling, indtil de nye, billigere teknologier er til rådighed. Omvendt må man også tage højde for, at teknologiuudviklingen og omkostningsreduktionen inden for produktion af vedvarende energi kan blive fremmet gennem de læringseffekter, særligt i forhold til systemudvikling, der opstår ved at opretholde en stabil udbygning med vedvarende energi. Problemstillingen om omstillingshastighed er uddybet i kapitel 5.2.

I den offentlige debat om hastigheden i den danske omstilling er det ofte blevet fremført, at Danmark indtager en position langt foran sammenlignelige lande. I forlængelse af dette argumenterer nogle for, at Danmark uden problemer kan sænke omstillingshastigheden, så andre lande får mulighed for at komme på højde med Danmark i bestræbelserne på en effektiv omstilling. Klimarådets analyse i kapitel 3.4 viser dog, at Danmark ikke er så langt foran, som det ofte fremføres, og at en stor del af forklaringen på Danmarks forholdsvis store reduktioner er, at vi har haft en relativt lav økonomisk vækst. Når dette inddrages i analysen, viser det sig, at vores nabolande også har gjort store fremskridt i klimaindsatsen og i flere tilfælde større fremskridt end Danmark. Der er således ikke grundlag for at sænke hastigheden i omstillingen ud fra et argument om, at vi allerede er langt foran. Endvidere har Danmark en række delmål under EU frem mod 2050, som kræver en løbende dansk indsats i omstillingen til et lavemissionssamfund.

I tillæg til de økonomiske overvejelser omkring hastigheden af omstillingen skal man holde sig for øje, at drivhusgasser akkumuleres i atmosfæren. Det betyder, at reduktionerne på globalt plan ikke kan vente til sidste øjeblik før 2050, da koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren så vil overskride det niveau, der er foreneligt med målet om at holde den globale opvarmning under 2 grader. Også af den grund bør Danmark såvel som andre lande undgå at sænke tempoet i den grønne omstilling.

### **Klimarådets oplæg til retningslinjer for dansk klimapolitik**

Som skitseret ovenfor handler de centrale udfordringer om at sikre stabile klimapolitiske rammebetingelser og en stabil fremdrift mod 2050-målet, balance mellem omstillingen i de forskellige sektorer, udnyttelse af de mest omkostningseffektive teknologier og udvikling af nye teknologier.

Klimarådet anbefaler derfor fire grundlæggende principper for dansk klimapolitik i de næste årtier. Principperne vil udgøre en rettesnor i Klimarådets arbejde.

### 1. Skab sikkerhed om de klimapolitiske rammer.

Den grønne omstilling kræver store investeringer over en længere årrække i alle økonomiens sektorer. Usikkerheden om fremtidige teknologier og priser kan i sig selv hæmme de nødvendige investeringer. Det er derfor vigtigt ikke at skabe yderligere usikkerhed som følge af uklare og skiftende klimapolitiske målsætninger og rammevilkår. Hvis der er stor usikkerhed om den fremtidige klimapolitik, kan det ende med at kræve større offentlige subsidier og indebære større samfundsøkonomiske omkostninger at sikre de investeringer, der skal gøre Danmark til et lavemissionsamfund.

### 2. Hold fokus på en balanceret omstilling.

Samspillet mellem de forskellige energiteknologier understreger vigtigheden af, at den grønne omstilling i de forskellige dele af økonomien sker på en afbalanceret og koordineret måde. Derfor er der i takt med en øget elproduktion fra vedvarende energikilder blandt andet behov for at opbygge bedre muligheder for fleksibelt forbrug af elektricitet via fx varmepumper og batterier til elbiler. En balanceret omstilling af de forskellige dele af særligt energi- og transportsystemet vil sænke omkostningerne ved realiseringen af de klimapolitiske mål. Samtidig skal den danske omstilling ske i samspil med vores omkringliggende lande. Hvis fx vindkraften skal udnyttes optimalt, kan der være behov for en yderligere udbygning af kabelforbindelserne mellem Danmark og udlandet, så vi kan eksportere el, når vinden blæser kraftigt, og importere el i vindstille perioder.

### 3. Fasthold stabilt tempo i omstillingen.

Fastholdelse af et stabilt tempo i omstillingen er ønskeligt af flere grunde. For det første tilsiger videnskaben, at udledningen af drivhusgasser skal reduceres hurtigt, hvis den globale temperaturstigning skal holdes under 2 grader. For det andet har Danmark nogle reduktionsmålsætninger i EU på vejen mod 2050, som skal opfyldes. For det tredje vil fastholdelse af et stabilt tempo øge den politiske troværdighed af det langsigtede klimapolitiske mål. For det fjerde er perioden frem mod 2050 forholdsvis kort set i lyset af de store investeringer, der vil være nødvendige for at omstille Danmark til et lavemissionsamfund. Hvis mange af de nødvendige investeringer udskydes væsentligt, vil de senere skulle gennemføres i et forceret tempo. Dermed kan det danske samfund blive påført større omkostninger sammenlignet med en situation, hvor investeringerne foregår i et mere jævnt tempo. For det femte vil en konsistent linje i dansk klimapolitik medvirke til, at danske virksomheder kan fastholde deres nuværende stærke position på det voksende internationale marked for vedvarende energiteknologier.

### 4. Benyt teknologineutrale virkemidler – under hensyntagen til samspil mellem sektorer.

Usikkerheden om den fremtidige teknologiske udvikling tilsiger, at offentlige støtteordninger for alternative energikilder så vidt muligt skal være teknologineutrale, det vil sige, at den offentlige støtte til fortrængning af drivhusgasudledning er nogenlunde ensartet uanset den teknologi, der anvendes til at reducere udledningen. Samtidig må der tages hensyn til, at det kan være nødvendigt med særlig støtte til udvikling af nye umodne teknologier. Der må også tages hensyn til, at nogle teknologier spiller mere effektivt sammen end andre og dermed kan være mere støtteværdige.



5

Danmarks klimamålsætninger og  
udledninger af drivhusgasser

Overgangen til et lavemissionssamfund kræver markante reduktioner i Danmarks udledninger af drivhusgasser frem mod 2050. Danmark har de seneste 25 år formået at reducere drivhusgasudledningen fra de fleste sektorer i samfundet og har derfor et godt udgangspunkt for en yderligere indsats. Frem mod 2050 er der dog brug for yderligere reduktioner, og her vil alle sektorer skulle bidrage.

På vejen frem mod 2050 har Danmark en række forpligtelser på klimaområdet. Det drejer sig både om internationale klimamålsætninger og nationale mål. Disse målsætninger hjælper til at holde os på sporet mod et lavemissionssamfund. Klimarådet foretager én gang årligt en vurdering af, om Danmark overholder sine klimaforpligtelser – hvad enten disse er internationalt eller nationalt besluttet. Klimarådet vurderer, at Danmark vil opfylde sine internationale klimaforpligtelser frem mod 2020. Derimod vil det kræve en yderligere indsats, hvis Danmarks forventede forpligtelser for 2030 og 2050 skal nås, ligesom der også er behov for yderligere tiltag, hvis vi skal nå det nationale mål om en reduktion på 40 pct. i 2020.

Som et bidrag til debatten om 40-procentsmålsætningen har Klimarådet lavet beregninger af, hvad omkostningerne ved at opfylde målsætningen vil være. Klimarådet finder, at målet kan nås uden store samfundsøkonomiske omkostninger, ligesom indsatsen kan have en positiv effekt på beskæftigelsen på kort sigt. Hvis man gennemfører tiltag i landbruget og medregner gevinsten for fx vandmiljøet, er der faktisk en samfundsøkonomisk gevinst ved at opfylde 40-procentsmålsætningen.



I lyset af den historiske reduktion af de danske drivhusgasudledninger og den nationale 40-procentsmålsætning for 2020 fremhæves Danmark herhjemme ofte som en klimaduks, der er gået meget længere end de lande, vi normalt sammenligner os med. For at undersøge denne påstand har Klimarådet analyseret, hvordan den danske klimaindsats ser ud i forhold til indsatsen i de omkringliggende lande. Analysen viser, at Danmark uden tvivl har gjort en betydelig indsats på klimaområdet, men at vi ikke står alene. Selvom Danmark har reduceret de samlede udledninger forholdsvis meget, skyldes det langt hen ad vejen, at vi har haft en lavere økonomisk vækst end de fleste andre sammenlignelige lande. Danmark er altså ikke en ensom udbryder på klimaområdet, men snarere del af en udbrydergruppe sammen med andre ambitiøse lande. Vi har fortsat et stort arbejde foran os på vejen mod 2050.







## 3.1 Drivhusgasudledning i Danmark

Danmark har de seneste 25 år formået at reducere drivhusgasudledningen fra de fleste sektorer i samfundet. Frem mod 2050 er der brug for endnu større reduktioner. Hvis målet om et lavemissionssamfund skal nås, vil alle sektorer blive nødt til at reducere deres udledning betydeligt i de kommende årtier. Der er tre grundlæggende veje til reduktioner: omstilling til vedvarende energi, energieffektivisering samt en reduktion af de tjenester eller den produktion, som medfører udledningen. Alle tre veje kan i forskellig grad komme i spil frem mod 2050.

Tre fjerdele af den danske drivhusgasudledning består af CO<sub>2</sub> fra forbrænding af fossile brændsler. Landbrugets udledning af metan og lattergas står for størstedelen af de øvrige drivhusgasudledninger i Danmark. De forskellige drivhusgasser har forskellig effekt på den globale atmosfæriske opvarmning. Dette benævnes deres Global Warming Potential (GWP). Drivhusgasserne omregnes derfor til en fælles målestok, de såkaldte CO<sub>2</sub>-ækvivalenter (CO<sub>2</sub>e).

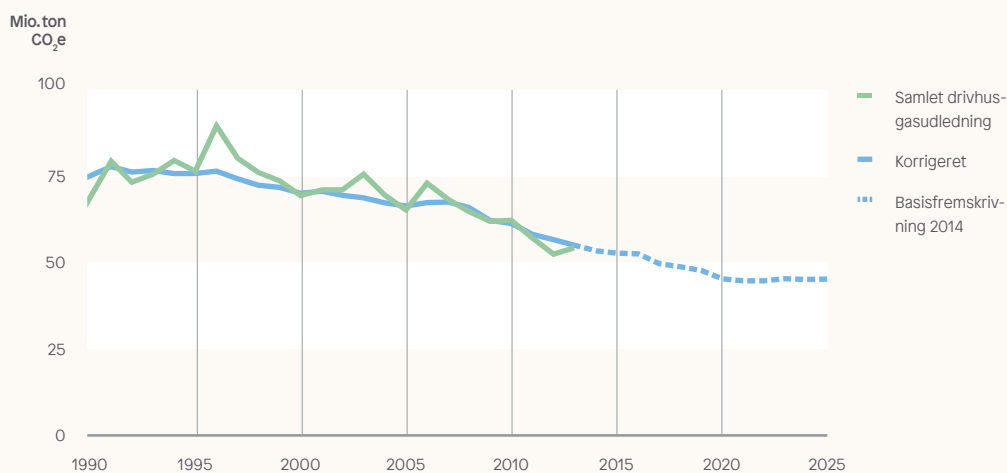
Den seneste officielle fremskrivning af drivhusgasudledningen, *Danmarks Energi- og Klimafremskrivning 2014*, er fra oktober 2014. Energistyrelsen udarbejder jævnligt en fremskrivning af energiforbruget i Danmark og beregner på baggrund heraf den energirelaterede drivhusgasudledning, mens Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet (DCE) fremskriver den øvrige drivhusgasudledning. Energistyrelsens fremskrivning fra oktober 2014 bygger på statistik for energiforbrug til og med 2012 og dækker årene 2013-25. I fremskrivningen lægges allerede besluttet politik til grund, herunder energiforliget fra 2012.

Et lands CO<sub>2</sub>-fodaftryk kan defineres som de samlede udledninger af drivhusgasser forårsaget af landets forbrug, uanset hvor i verden udledningerne rent faktisk finder sted.

Danmark har de seneste 25 år opnået en betydelig reduktion i udledningen af drivhusgasser. I perioden fra 1990 til 2013 er den danske drivhusgasudledning reduceret med ca. 20 pct., som det ses i figur 3.1. Udledningerne udviser betydelige udsving fra år til år, da de blandt andet afhænger af temperaturen det pågældende år, samt hvor meget el produceret med billig vandkraft vi importerer fra Norge. Derfor opgøres udledningen også korrigeret for elhandel med udlandet og temperaturudsving, da en sådan opgørelse giver et bedre billede af den underliggende tendens i udledningen. De korrigerede udledninger er reduceret mere end 25 pct. fra 1990 til 2013. Tendensen til lavere udledning forventes at fortsætte til 2020 ifølge den seneste officielle fremskrivning baseret på allerede besluttede tiltag, mens der uden yderligere tiltag ventes en omtrent konstant udledning fra 2020 til 2025, hvilket ses som den stiplede linje i figuren.

De klimamålsætninger, som Danmark er forpligtet af nationalt eller internationalt, vedrører drivhusgasudledning fra dansk grund. Dette gælder såvel de internationale målsætninger som de nationale. Derfor er udledningerne fra eksempelvis international luft- og skibstrafik ikke omfattet af internationale reduktionsmål. I opgørelser af de forskellige internationale klimamålsætninger er der desuden mindre forskelle i, hvordan visse udledninger medregnes. Effekterne af CO<sub>2</sub>-optag i skov og arealanvendelse, kaldet LULUCF, medregnes således ikke i EU's målsætninger, men medregnes i et vist omfang i Danmarks Kyotoforpligtelse og i den nationale 2020-målsætning. Bidraget fra LULUCF er generelt ikke medtaget i figurene i dette kapitel.

De danske forpligtelser på klimaområdet fokuserer på den udledning, som den danske produktion medfører. En alternativ tilgang er at forsøge at opgøre den udledning, som det danske forbrug giver anledning til, uanset hvor i verden vores forbrugsgoder produceres – det såkaldte CO<sub>2</sub>-fodaftryk. Et nyligt studie viser, at det danske CO<sub>2</sub>-fodaftryk overstiger vores hjemlige udledning, og at forskellen øges år for år.<sup>1</sup> Der er dog en lang række metodiske vanskeligheder ved at måle den forbrugsrelaterede udledning. Selv om en opgørelse i forhold til klimamålsætningerne alene vedrører udledning fra dansk grund, kan det i tilrettelæggelsen af dansk klimapolitik være relevant at overveje, hvorvidt et



Figur 3.1

Dansk drivhusgasudledning. Den grønne kurve viser udledningen af drivhusgasser for årene 1990-2014. De store udsving fra år til år skyldes hovedsageligt handel med el over grænserne, der blandt andet varierer med mængden af vand i de norske vandkraftmagasiner. Den blå kurve viser udledningen korrigeret for el-handel og temperaturudsving. Den stiplede blå kurve er seneste fremskrivning af den danske udledning for perioden 2013-25.

Kilde: *Energistatistik 2013*, DCE, *Danmarks Energi- og Klimafremskrivning 2014* og egne beregninger.

CO<sub>2</sub>-lækage opstår, når udledningen af drivhusgasser vokser i ét land som følge af udledningsreduktioner i et andet forårsaget af dette lands klimapolitik. Hvis et reduktionstiltag eksempelvis reducerer kvægdriften i Danmark, må det forventes, at kødproduktionen i andre lande vil stige nogenlunde tilsvarende, så den danske efterspørgsel efter bøffer kan blive tilfredsstillet.

tiltag til reduktion af dansk udledning vil indebære en tilsvarende – eller øget – udledning i et andet land. Dette betegnes lækage.

### De fleste sektorer har reduceret udledningen

De danske udledninger kan brydes ned på forskellige sektorer. Det giver mulighed for at vurdere både, hvor stor en andel af udledningen de enkelte sektorer står for, og i hvilke sektorer den største reduktion over årene har fundet sted. Figur 3.2 viser størrelsen af de danske drivhusgasudledninger i henholdsvis 1990 og 2013 og tegner samtidig et billede af, hvor store udledninger der må forventes i 2050, hvis Danmark skal reducere med mellem 80-95 pct. i forhold til 1990. Det fremgår af figuren, at udledningen i de fleste sektorer er reduceret fra 1990 til i dag. Den største reduktion i mio. ton CO<sub>2</sub> har el- og fjernvarmesektoren bidraget med, hvorimod udledningen fra blandt andet transportsektoren er højere i dag end i 1990. Opdelingen på sektorer i figuren svarer til de officielle opgørelser fra Energistyrelsen. Dette er dog ikke et dækkende billede af de enkelte sektoreres reelle drivhusgasudledning. Eksempelvis indgår landbrugets energirelaterede drivhusgasudledning fra forbrænding af olie og gas til varme og proces under sektoren “Produktionserhverv”, og udledningen fra forbrænding af den fossile del af affaldet indgår i konverteringssektoren, mens udledningen fra sektoren “Affald” kun dækker over udledning fra lossepladser.

Knap halvdelen af udledningerne er omfattet af EU’s kvotesystem. Det drejer sig om næsten hele udledningen fra el- og fjernvarmeproduktion, udledningen i forbindelse med produktionen i Nordsøen og produktionen af cement (industri-el proces) samt en mindre del af udledningen fra energiintensive produktionsvirksomheder. Resten af udledningerne (populært betegnet “biler, boliger og bønder”) er uden for kvotesektoren.

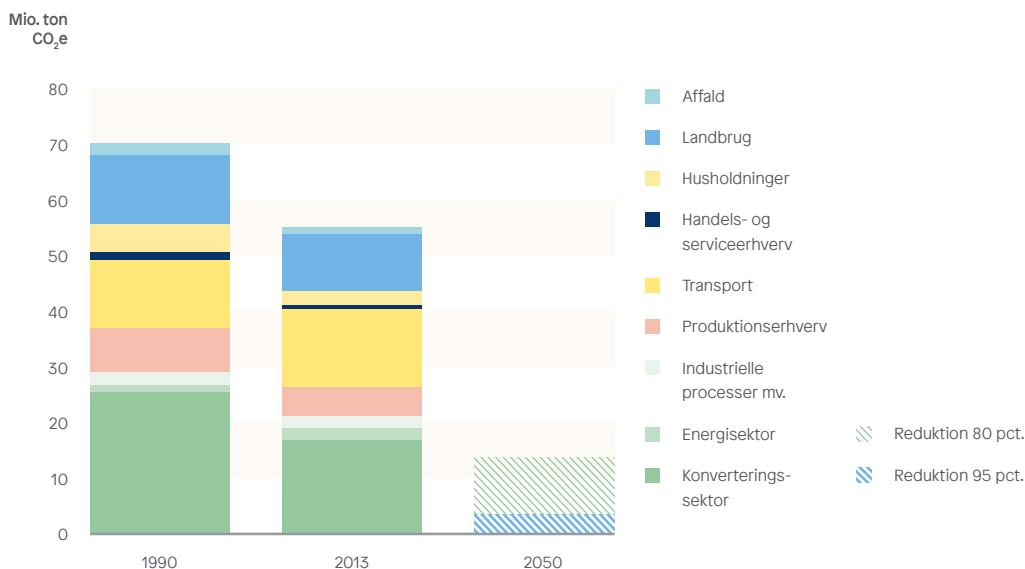
Illustrationen i figur 3.2 af udledningerne i 2050 baserer sig på, at Danmark har et langsigtet mål om et lavemissionssamfund, hvilket indebærer en markant reduktion i udledningen i forhold til i dag. Omkostningen ved at reducere udledningen kan være vidt forskellig fra sektor til sektor og fra teknologi til teknologi. Det vil derfor ikke være hensigtsmæssigt, at alle sektorer skal reducere præcis lige meget. Men hvis det langsigtede mål om et lavemissionssamfund skal nås, vil det være nødvendigt med reduktioner i alle sektorer.

### Der er flere måder at reducere udledningerne på

Der er grundlæggende tre veje til reduktion af drivhusgasudledningen i de energi-relaterede sektorer:

1. Omstilling
2. Effektivisering
3. Reduktion af de tjenester eller den produktion, som medfører udledningen

Forskellen på de tre reduktionstyper kan illustreres ved at se på udledningen fra et oliefy, der leverer en energitjeneste i form af boligopvarmning. Energitjenesten er forbundet med en udledning, da fyret forbrænder olie. For det første kan der foretages en omstilling til vedvarende energi ved at erstatte oliefyret med solvarme, fjernvarme eller en varmepumpe, hvor fjernvarmen er produceret med biomasse eller store varmepumper, og varmepumpen er drevet af el



Figur 3.2

Drivhusgasudledning i Danmark opdelt på sektorer. Sektoropdelingen i figuren følger opdelingen i Energistatistikken. Energisektoren dækker i denne sammenhæng over udledningerne i forbindelse med udvinding af olie og naturgas i Nordsøen. Konverteringssektoren omfatter udledningerne fra el- og fjernvarmeværkerne. Produktionserhvervene omfatter udledningerne fra forbrænding af fossile brændsler i industri, byggeri og landbrug. EU har et mål om, at drivhusgasudledningen skal være 80-95 pct. lavere i 2050 end i 1990. Dette er illustreret i figuren med skravering i 2050. Danmark må forventes at skulle reducere udledningen med et sted mellem 80 og 95 pct. EU's mål og de danske reduktionsforpligtelser er nærmere beskrevet i kapitel 3.2.

Kilde: *Energistatistik 2013*, DCE og egne beregninger.

fra vind eller sol. For det andet kan energiforbruget effektiviseres ved at isolere boligen bedre, så der kræves mindre fossil energi til at opnå den samme indetemperatur. For det tredje kan energitjenesten reduceres ved at sænke indetemperaturen eller mindske størrelsen af huset, der opvarmes.

På tilsvarende vis er der for de ikke-energirelaterede sektorer forskellige veje til reduktion. For landbruget kunne et eksempel på omstilling være at bioforgasse husdyrgødningen. Forgasset gylle brugt til gødningsformål udleder mindre drivhusgas end ikke-bioforgasset gylle, hvilket direkte reducerer udledningen fra landbruget. Biogassen kan samtidig bruges i energisystemet og derved fortrænge fossile brændsler, så udledningen fra energisystemet reduceres. Et eksempel på effektivisering i landbruget kunne være ændret fodersammensætning, så den enkelte ko udleder mindre metan for at producere samme mængde mælk. Endelig kan landbrugets udledning reduceres ved at mindske produktionen, eksempelvis ved at ophøre med at dræne og dyrke lavbundsjord, hvilket vil kunne binde en betragtelig mængde drivhusgas i jorden.

Hvilken vej, der er den mest omkostningseffektive til at sikre en reduktion af de danske drivhusgasudledninger, vil variere på tværs af sektorer og afhænger også af de konkrete virkemidler. Alle tre reduktionstyper forventes at komme i spil i varierende grad frem mod 2050.

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

“ Hvis det langsigtede mål om et lavemissionsamfund skal nås, vil det være nødvendigt med reduktioner i alle sektorer.

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

## 3.2 Klimamålsætninger

Danmark har en række internationale klimaforpligtelser og et nationalt mål om et lavemissionssamfund i 2050. Særligt over for EU er Danmark forpligtet af en række klimamål for både 2020 og 2030. Baseret på den seneste fremskrivning vurderes det, at Danmark vil opfylde de internationale klimamål frem mod 2020, mens der skal mere til, hvis det nationale mål om en reduktion på 40 pct. i 2020 skal nås. Frem mod 2030 og 2050 forventes Danmark at få store reduktionsforpligtelser, som det vil kræve en styrket indsats at opfylde.

Danmark er som medlem af EU forpligtet til at reducere sine udledninger. EU ønsker at bidrage aktivt til at opfylde den internationale 2-gradersmålsætning og har derfor fastlagt et langsigtet mål om, at EU-landene i 2050 skal have reduceret deres udledninger af drivhusgasser med 80-95 pct. i forhold til niveauet i 1990. For at nå dette har EU fastsat mål for 2020 og 2030. For begge år er der en række mål, hvor nogle skal opfyldes af EU samlet set, mens andre er landefordelt, det vil sige, at de enkelte lande har et specifikt mål, de skal opfylde. Reduktionsmålene for både 2020 og 2030 er fastsat som en lineær reduktionssti hen mod målet i slutåret. Det betyder, at det er den akkumulerede udledning, som er reguleret, og ikke blot udledningen i målårene 2020 og 2030.

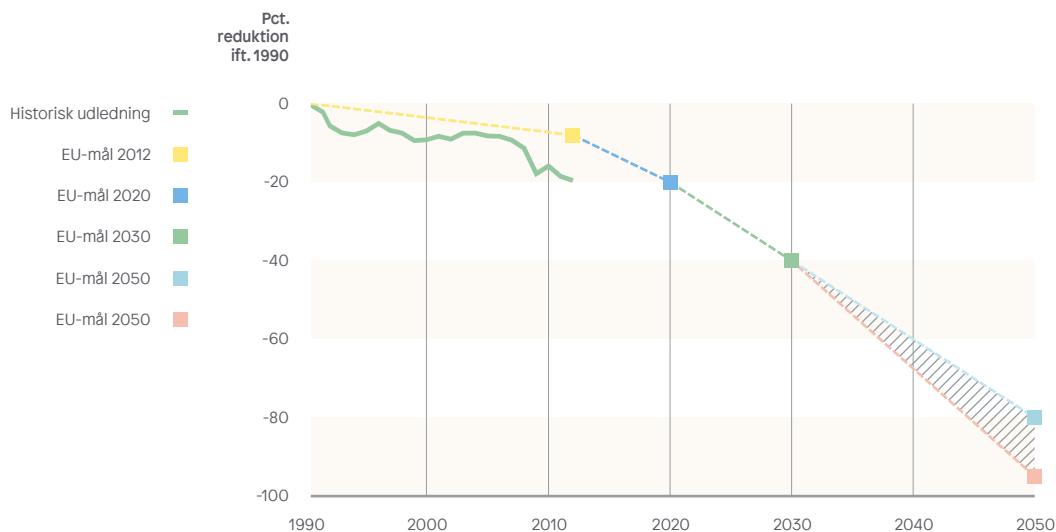
EU's mål for 2020 er en samlet reduktion af udledningen af drivhusgasser i EU med 20 pct. i forhold til 1990. Det mål dækker over en reduktion i kvotesektoren på 21 pct. i forhold til 2005 og en reduktion i ikke-kvotesektoren på 10 pct. i forhold til 2005. Målet for ikke-kvotesektoren er landefordelt, og Danmarks mål er en reduktion på 20 pct. I opfyldelsen af målet for 2020 kan reduktioner i EU i et vist omfang erstattes af køb af udledningsrettigheder uden for EU. Det vil sige, at landene kan reducere mindre inden for egne grænser, hvis der i stedet sikres reduktioner i andre lande uden for EU – såkaldte kreditter. Desuden har EU for 2020 et mål om 20 pct. vedvarende energi i det samlede energiforbrug i EU, hvor Danmarks forpligtelse ligger på 30 pct.

EU's mål for 2030 er en samlet reduktion i udledningen af drivhusgasser i EU med mindst 40 pct. i forhold til 1990. Det overordnede mål er fordelt på en reduktion i kvotesektoren på 43 pct. i forhold til 2005 og en reduktion i ikke-kvotesektoren på 30 pct. i forhold til 2005. Modsat målet for 2020 skal alle reduktionerne ske inden for EU, det vil sige uden køb af kreditter uden for EU. Endelig skal der i 2030 være mindst 27 pct. vedvarende energi i det samlede energiforbrug i EU – disse 27 pct. fordeles ikke på lande.

Udviklingen i den samlede udledning af drivhusgasser i EU for perioden 1990 til 2012 er vist i figur 3.3 sammen med EU's reduktionsmål for 2020, 2030 og 2050. Det fremgår, at EU som helhed har reduceret mere end forventet i forhold til 2020-målene – delvist på grund af finanskrisen.

Mange reduktionsmål er formuleret som udledningslofter for hvert år i en given periode. Lofterne er fremkommet ved at udstikke en lineær reduktionssti til et punkt i et målår. Eksempelvis skal den ikke-kvoteomfattede drivhusgasudledning i Danmark reduceres med 20 pct. i 2020 i forhold til udledningen i 2005, og det er udmøntet som udledningslofter for årene 2013-20. Udledningsloftet skal ikke nødvendigvis overholdes hvert år i målperioden, men skal overholdes samlet set over hele målperioden. Dermed skal målet heller ikke nødvendigvis overholdes i målåret – det afgørende er, at de samlede udledninger i perioden er lavere end udledningslofterne.

Forslag til landefordeling af reduktionsmålet vedrørende den ikke-kvoteomfattede udledning forventes i 2016. Danmark kan forvente reduktionsmål på op til 40 pct.



Figur 3.3

Drivhusgasudledning i EU og reduktionsmål. Den fuldt optrukne kurve viser udledningen til og med 2012 ifølge Eurostat. EU har konkrete reduktionsmål for 2012, 2020 og 2030 samt et langsigtet mål om en reduktion på 80-95 pct. i 2050 i forhold til udledningen i 1990.

Anm.: Reduktionsmålet for 2012 på 8 pct. dækker EU15 og angiver forpligtelsen i forhold til første Kyotoperiode.  
Kilde: Eurostat.

### Danmark lever op til sine internationale klimaforpligtelser frem mod 2020

Klimarådet foretager en årlig vurdering af, hvordan det går med Danmarks målopfyldelse på klimaområdet. Det gælder både de målsætninger, som Danmark er forpligtet af i EU og FN, og nationale målsætninger, som er besluttet af Folketinget eller udmeldt af den til enhver tid siddende regering.

Tabel 3.1 viser de centrale klimamålsætninger for Danmark sammen med en vurdering af, hvorvidt målene forventes opfyldt. Klimarådet vurderer, at

- Danmarks forpligtelse i henhold til Kyotoprotokollens første periode er opfyldt.
- Danmarks forpligtelse over for EU vedrørende reduktion af ikke-kvoteomfattet drivhusgasudledning i 2013-20 forventes opfyldt.
- Danmarks forpligtelse over for EU vedrørende andel af vedvarende energi i 2020 forventes opfyldt.
- Danmarks nationale mål om en reduktion af drivhusgasudledning på 40 pct. i 2020 i forhold til 1990 vil kræve yderligere tiltag for at blive nået.

### Kyotoprotokollen

Kyotoprotokollen er den første og indtil videre eneste internationale klimaaftale med juridisk bindende reduktionsmål. For den første bindingsperiode 2008-12 forpligtigede Danmark sig til at reducere udledningen af drivhusgasser med 21 pct. i forhold til udledningen i 1990. Der foreligger endnu ikke en endelig



Aftale	Vedrører	Forpligtelse/mål	Målopfyldelse?	
Kyoto 1. periode (2008-12)	Drivhusgasudledning	-21 pct. fra 1990 til 2012	●	● Målsætning er opfyldt / forventes opfyldt med de besluttede tiltag.
EU's 2020-mål (Kyoto 2. periode)	Drivhusgasudledning, ikke-kvotefattende	-20 pct. fra 2005 til 2020	●	● Målsætning kan opfyldes, men kræver yderligere tiltag.
EU's 2030-mål	Drivhusgasudledning	-40 pct. fra 1990 til 2030 (endnu ikke landefordelt mål)	—	● Målsætning blev ikke nået / kan næppe nås.
EU's 2050-mål	Drivhusgasudledning	-80-95 pct. fra 1990 til 2050 (endnu ikke landefordelt mål)	—	— Danmarks forpligtelse endnu ikke fastlagt.
Politisk aftale feb. 2014 (jf. Klimalovens bemærkninger)	Drivhusgasudledning tillagt LULUCF	-40 pct. fra 1990 til 2020	●	
Klimaloven	Lavemissionssamfund i 2050	Mål endnu ikke konkretiseret	●	

Tabel 3.1

Klimamålsætninger for Danmark og vurdering af status for målopfyldelse.

opgørelse af Danmarks Kyotoforpligtelse, men i Energistyrelsens fremskrivning fra 2012 blev det vurderet, at forpligtelsen ville blive overholdt.<sup>1</sup> Der er fire årsager til opfyldelsen af reduktionsforpligtelsen. For det første er udledningen i den ikke-kvotefattede del af økonomien reduceret. For det andet har Danmark valgt at medregne CO<sub>2</sub>-optag i skove og jorde, og dette har reelt reduceret reduktionsforpligtelsen. For det tredje har de danske virksomheder opkøbt kvoter i andre EU-lande udover de tildelte danske kvoter. For det fjerde har staten og danske virksomheder købt udledningsrettigheder i udlandet, de såkaldte JI- og CDM-projekter.

Anden forpligtelsesperiode under Kyotoprotokollen løber fra 2013 til 2020. Her svarer Danmarks forpligtelse til forpligtelserne under EU's 2020-mål, som beskrives nedenfor.

### EU-målsætninger

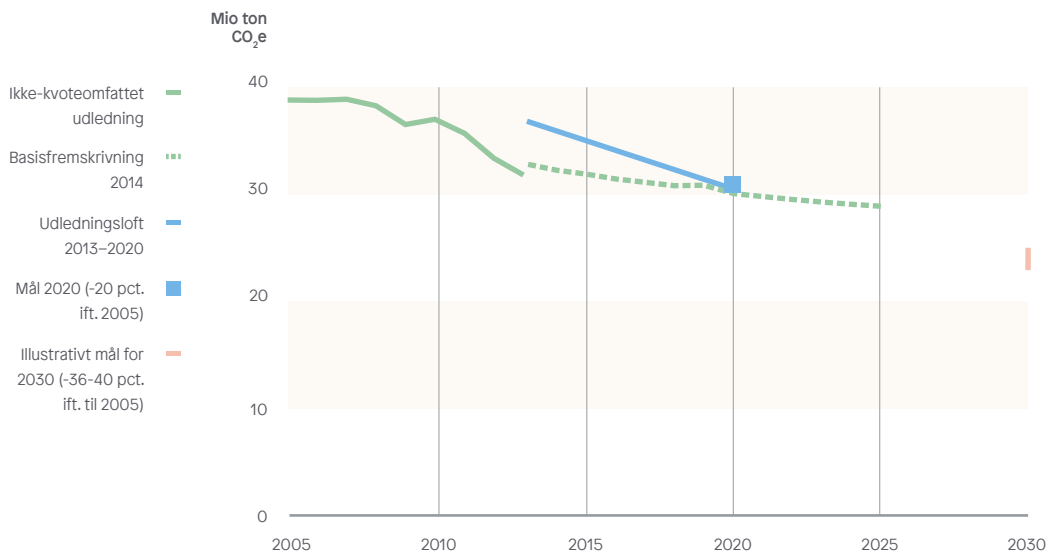
Danmark har ikke et specifikt EU-mål for udledningerne fra den kvotefattede del af økonomien, da denne er reguleret på tværs af landene af EU's kvotemarked. For den ikke-kvotefattede del af økonomien har Danmark et reduktionsmål på 20 pct. i 2020 i forhold til udledningen i 2005, der ligger som et udledningsloft for årene 2013 til 2020. Baseret på de seneste officielle fremskrivninger ventes den ikke-kvotefattede udledning samlet set at være lavere end udledningsloftet, jf. figur 3.4. Denne reduktionsforpligtelse kan derfor ventes opfyldt.

EU's 2030-mål for reduktion af den ikke-kvotefattede udledning er endnu ikke blevet landefordelt, men Danmark kan forvente et reduktionsmål i størrelsesordenen 36-40 pct. Landefordeling af EU's reduktionsforpligtelser afhænger som udgangspunkt af BNP pr. indbygger i de enkelte lande. Som et af de rigeste lande i EU vil det for Danmarks vedkommende indebære en reduktionsforpligtelse i ikke-kvotesektoren på 40 pct. i 2030. Inddrages eksempelvis forskelle i

Opgørelsen af CO<sub>2</sub>-optag i skove og jorde (LULUCF) er nærmere beskrevet i kapitel 4.4.

CDM-projekter (Clean Development Mechanism) er reduktionsprojekter udført i et udviklingsland, der ikke har reduktionsforpligtelser under Kyotoprotokollen. Udføres projektet i et andet industriland, der selv har en reduktionsforpligtelse, kaldes det et JI-projekt (Joint Implementation).

3 Danmarks klimamålsætninger og udledninger af drivhusgasser



Figur 3.4

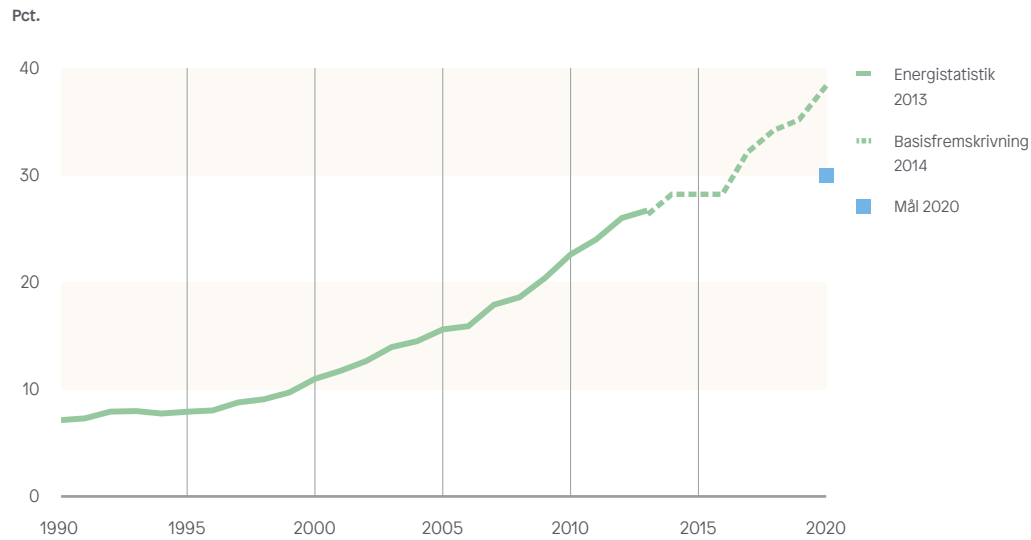
Ikke-kvoteomfattet drivhusgasudledning i Danmark samt reduktionsmål for 2020 og 2030. Den fuldt optrukne grønne kurve viser udledningen i perioden 1990-2013, og den stiplede grønne kurve viser udviklingen ifølge den seneste fremskrivning. Desuden viser figuren de danske reduktionsmål. Målet for 2020 er konkretiseret som et udledningsloft for perioden 2013-20. EU's mål for 2030 er endnu ikke lande-fordelt, men Danmark ventes at skulle reducere 36-40 pct.

Kilde: Energistatistik 2013, DCE, Danmarks Energi- og Klimafremskrivning 2014 og egne beregninger.

reduktionsomkostninger landene imellem, kan det betyde en lavere reduktionsforpligtelse for Danmark.<sup>2</sup> Som det fremgår af figur 3.4, vil der efter 2020 være behov for at skrue op for reduktionshastigheden i forhold til den ventede udvikling fra i dag til 2020, hvis denne forpligtelse skal opfyldes.

EU's 2020-mål for vedvarende energi er landefordelt. For Danmark indebærer det, at vedvarende energi i 2020 skal udgøre mindst 30 pct. af energiforbruget. Andelen af vedvarende energi ventes i den seneste officielle fremskrivning at være ca. 38 pct. i 2020, jf. figur 3.5, og denne forpligtelse kan derfor ventes opfyldt.

Andelen af vedvarende energi angiver mængden af vedvarende energi i pct. af det såkaldte "udvidede endelige energiforbrug", der ud over endeligt energiforbrug leveret til slutbrugerne omfatter grænsehandel, el- og fjernvarmetab samt eget forbrug af el og fjernvarme på værkerne.



Figur 3.5

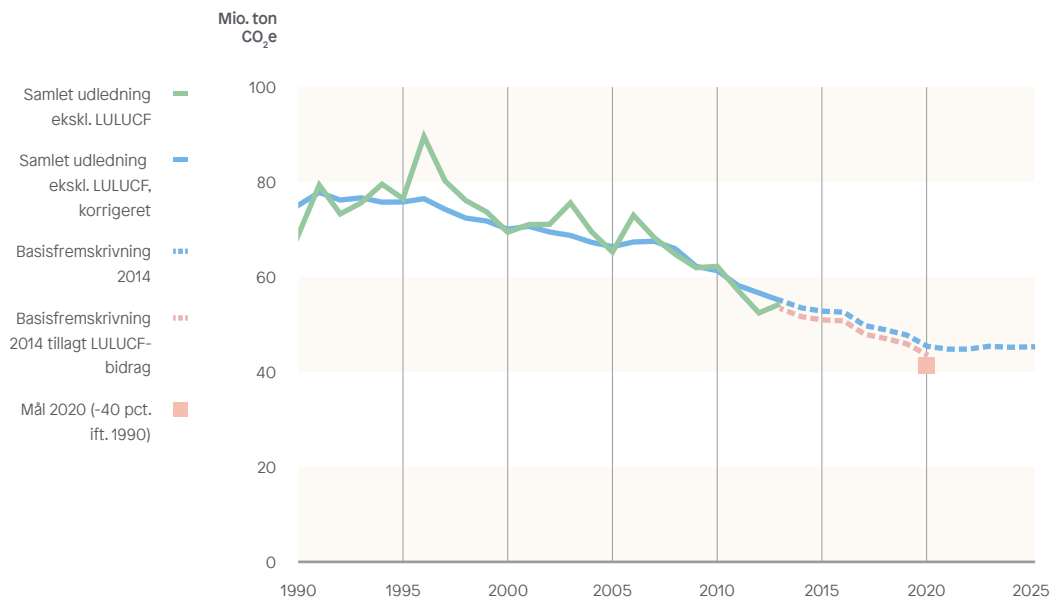
Dansk andel af vedvarende energi i energiforbruget (EU-opgørelse) og 2020-mål. Den fuldt optrukne grønne kurve viser den faktiske udvikling i 1990-2013, mens den stiplede kurve viser udviklingen frem til 2020 ifølge den seneste fremskrivning. Desuden er markeret Danmarks forpligtigelse over for EU i 2020.

Kilde: *Energistatistik 2013 og Danmarks Energi- og Klimafremskrivning 2014.*

### National 2020-målsætning

I februar 2014 indgik partierne S, R, SF, EL og K en politisk aftale om en målsætning om at reducere den samlede danske drivhusgasudledning med 40 pct. i 2020 i forhold til 1990. Denne målsætning fremgår også af bemærkningerne til klimaloven. I modsætning til EU-målet for 2020, som alene vedrører den ikke-kvotefattede del af udledningerne, omfatter det nationale mål både den kvote- og ikke-kvotefattede udledning. Udledningerne er korrigeret for handel med el over grænserne, og derudover medregnes bidrag fra ændret arealanvendelse og skovbrug (LULUCF), som ikke medregnes i EU-målene.

Energistyrelsen venter i den seneste fremskrivning en reduktion af den samlede drivhusgasudledning uden bidrag fra LULUCF på ca. 34 pct. i 2020 i forhold til udledningen i basisåret 1990 ifølge den seneste officielle fremskrivning. Dertil kommer et reduktionsbidrag fra LULUCF på 1,9 mio. ton CO<sub>2</sub>e, svarende til knap 3 pct.point. Samlet set ventes dermed en reduktion på ca. 37 pct. i 2020 i forhold til 1990, jf. figur 3.6. Dette peger på, at der er behov for yderligere initiativer for at nå en reduktion på 40 pct. i 2020. Mulighederne for at opfylde målsætningen diskuteres i nedenstående kapitel 3.3.



Figur 3.6

Samlet dansk drivhusgasudledning og 2020-mål. Den fuldt optrukne grønne kurve viser den faktiske udledning af drivhusgasser fra danske grund, og den fuldt optrukne blå kurve viser udviklingen korrigeret for handel med el over grænserne og for temperaturudsving mellem årene. Den stiplede blå kurve viser seneste fremskrivning af den korrigerede udvikling for årene 2013-20. Målsætningen inkluderer også bidrag fra LULUCF, og i den seneste fremskrivning ventes et bidrag på 1,9 mio. ton, som udgør forskellen mellem de stiplede blå og røde kurver. Desuden viser figuren det nationale mål for 2020.

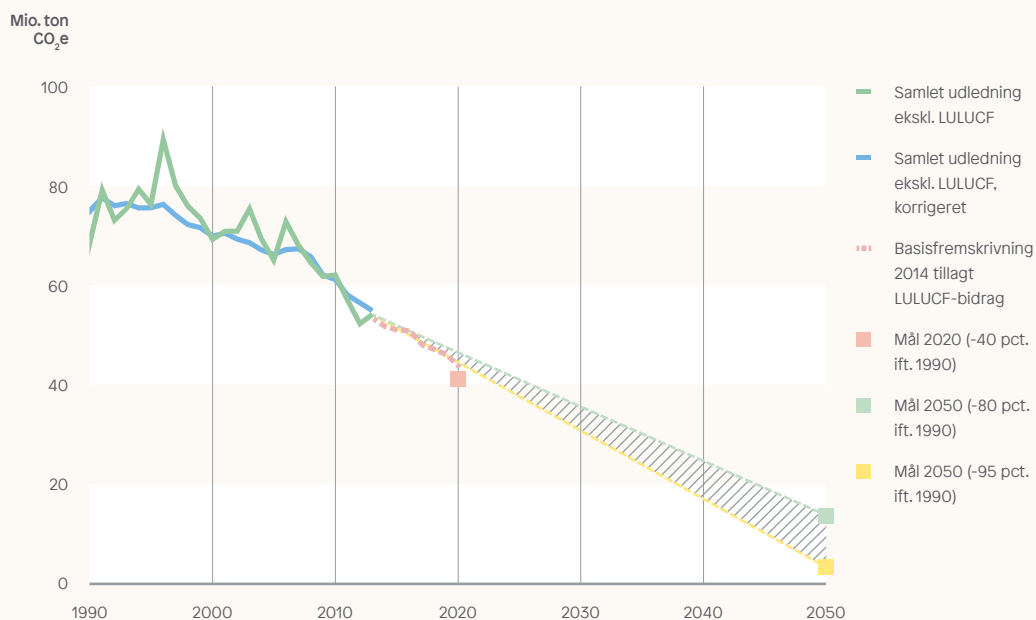
Kilde: Energistatistik 2013, DCE, Danmarks Energi- og Klimafremskrivning 2014 og egne beregninger.

### Målsætninger for 2050

I Klimaloven indgår en målsætning om, at Danmark skal være et lavemissions-samfund i 2050 beskrevet som et ressourceeffektivt samfund med en energiforsyning baseret på vedvarende energi og markant lavere udledninger af drivhusgasser fra øvrige sektorer. Regeringen angiver i regeringsgrundlaget fra juni 2015, at regeringens langsigtede mål er, at Danmark skal være uafhængig af fossile brændsler i 2050, så Danmark i 2050 kan producere vedvarende energi nok til at kunne dække det samlede danske energiforbrug. Der er dog ikke konkretiseret et specifikt nationalt mål for reduktion af drivhusgasudledningen i 2050.

På EU-niveau har Danmark, som tidligere beskrevet, tilsluttet sig en konkret målsætning om en reduktion af drivhusgasudledningen i EU-landene på 80-95 pct. i 2050 i forhold til udledningen i 1990. Set i lyset af, at Danmark som et af de rigeste EU-lande blev pålagt en forholdsvis stor reduktionsforpligtelse i de foregående byrdefordelinger, må det forventes, at Danmark vil blive pålagt en reduktionsforpligtelse i 2050 i den øvre ende af intervallet 80-95 pct.

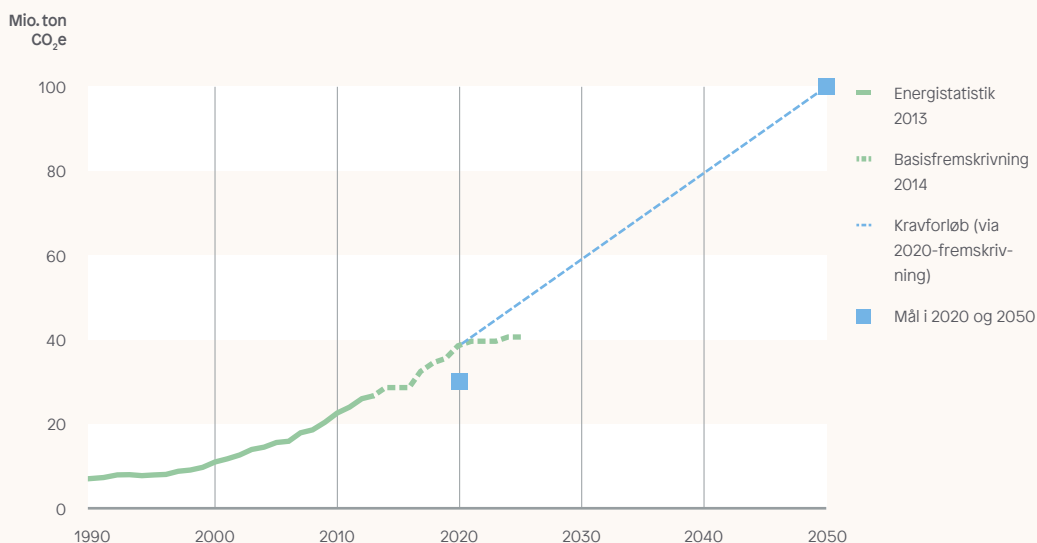
Figur 3.7 og 3.8 viser en jævn omstillingshastighed frem mod 2050. Det er lagt til grund for illustrationen i figur 3.7, at der er tale om en dansk drivhusgasreduk-



Figur 3.7

Samlet dansk drivhusgasudledning og langsigtet mål. Den fuldt optrukne grønne kurve viser den faktiske udledning af drivhusgasser fra dansk grund, og den fuldt optrukne blå kurve viser udviklingen korrigeret for handel med el over grænserne og for temperaturudsving mellem årene. Den stiplede røde kurve viser seneste fremskrivning af den korrigerede udvikling tillagt forventet bidrag fra LULUCF for årene 2013-20. De stiplede gule og lysegrønne linjer viser vejen fra i dag til et langsigtet reduktionsmål mellem 80 og 95 pct.

Kilde: *Energistatistik 2013*, DCE, *Danmarks Energi- og Klimafremskrivning 2014* og egne beregninger.



Figur 3.8

Udviklingen i den danske andel af vedvarende energi (EU-opgørelse) og langsigtet mål. Den fuldt optrukne grønne kurve viser den faktiske udvikling i 1990-2013, mens den stiplede grønne kurve viser udviklingen frem til 2025 ifølge den seneste fremskrivning. Den stiplede blå kurve viser vejen til et langsigtet mål om en fossilfri energiproduktion.

Kilde: *Energistatistik 2013* og *Danmarks Energi- og Klimafremskrivning 2014*.

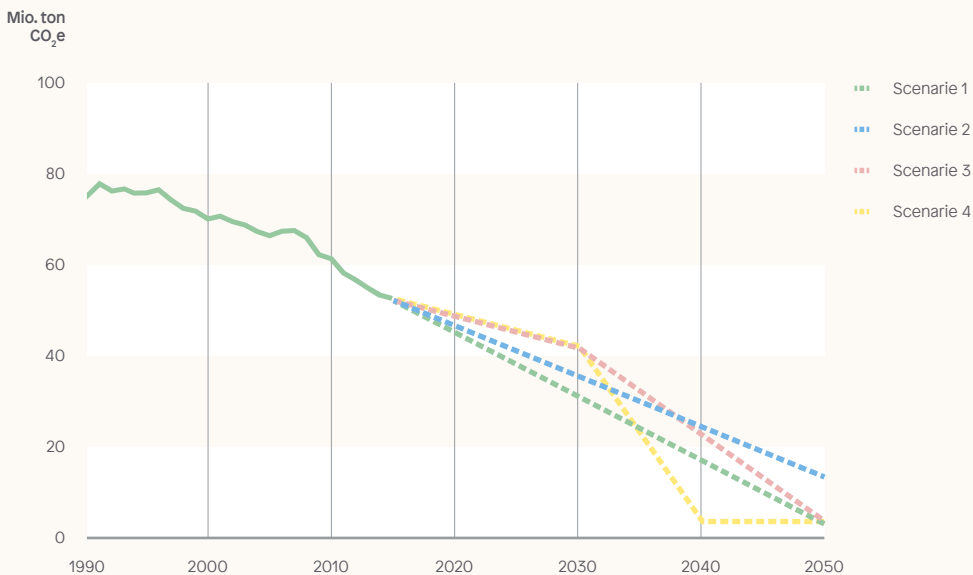
tion på 80-95 pct. i 2050. Figur 3.8 bygger på en antagelse om, at anvendelsen af vedvarende energi vil udgøre ca. 100 pct. af det danske energiforbrug i 2050.

For den samlede drivhusgasudledning er der tale om nogenlunde samme årlige reduktionshastighed i perioden 2020 til 2050 som i fremskrivningen til 2020, og det er omtrent samme hastighed, som er realiseret de seneste år, jf. figur 3.7.

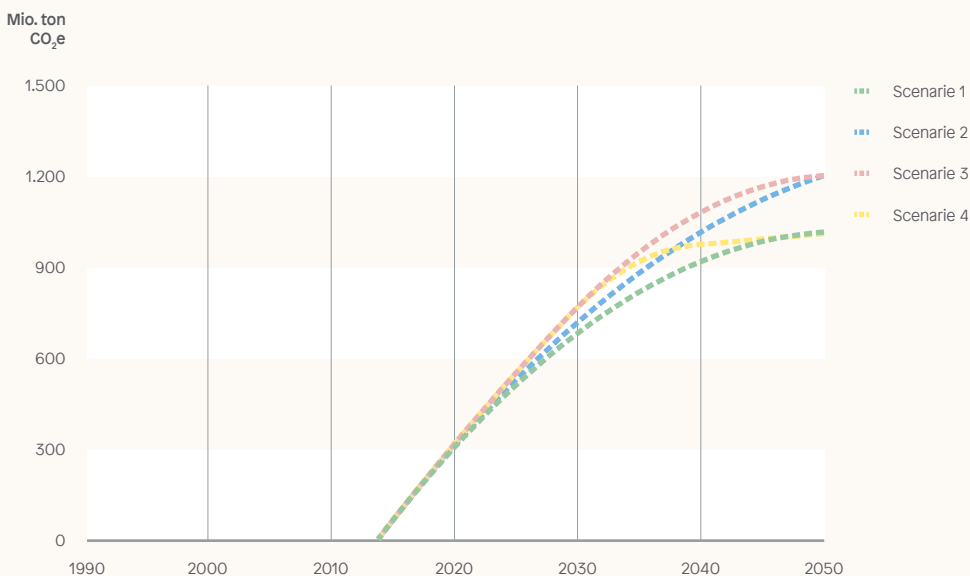
Hvis andelen af vedvarende energi i 2020 bliver som forventet i fremskrivningen, betyder det, at omstillingshastigheden omtrent skal fastholdes fra 2020 og til 2050, jf. figur 3.8. Dette illustreres nærmere i kapitel 5.2 med et regneeksempel for vindmølleudbygning frem mod 2050.

For klimaet er det, der er afgørende, den akkumulerede udledning – det vil sige udledningen for alle årene lagt sammen. Det handler med andre ord om, hvor meget drivhusgas der samlet set udledes til atmosfæren. Figur 3.9 illustrerer betydningen for den akkumulerede udledning fra Danmark ved forskellige reduktionsstier frem mod 2050. Det fremgår af figurerne, at såfremt reduktionerne udskydes, øges den akkumulerede udledning.

### Drivhusgasudledning



### Akkumuleret drivhusgasudledning



Figur 3.9

Forskellige reduktionsstier til 2050 og resulterende akkumuleret drivhusgasudledning for perioden 2016-2050. Der er vist to hovedscenarier med lineær reduktionssti frem mod mål i 2050 på -95 pct. (scenarie 1 vist med grøn) hhv. -80 pct. (scenarie 2 vist med blå). De to øvrige kurver viser to alternative reduktionsstier, hvor udledningen er højere indtil 2030 end i de to hovedscenarier, og hvor reduktionen i 2050 er 95 pct. som i scenarie 1. I det første alternativ (scenarie 3 vist med rød) antages en lineær reduktion fra 2030 til 2050, hvilket resulterer i en lige så høj akkumuleret udledning i 2050 som i scenarie 2, hvor reduktionen kun er 80 pct. i 2050. I det andet alternativ (scenarie 4 vist med gul) overstiger den akkumulerede udledning i 2050 ikke niveauet i scenarie 1. Et sådant scenarie vil kræve en meget stejl reduktion lige efter 2030.

Anm.: I atmosfæren sker en lille nedbrydning af drivhusgasser, som der er set bort fra i denne illustration.

Kilde: *Energistatistik 2013* og egne beregninger.

## Boks 3.1 Resten af verden rykker på klimaet

COP er en forkortelse af Conference of the Parties, hvilket er det øverste organ i FN's klimaforhandlinger. Større beslutninger med betydning for udmøntning af klimakonventionen bliver taget på disse konferencer. IPCC's seneste hovedrapport fra 2014 danner grundlag for klimadrøftelserne ved COP21 i Paris i december 2015.

INDC står for Intended Nationally Determined Contribution og tæller 119 reduktionsmål frem til og med 23. oktober 2015. Indmeldingerne dækker omkring 86 pct. af verdens udledninger i 2010 (eksklusiv LULUCF).

FN's klimakonvention, UNFCCC, udgør rammen om de internationale klimaforhandlinger, hvor man forsøger at etablere en global klimaaftale, der kan stabilisere atmosfærens indhold af drivhusgasser på et niveau, som forhindrer farlige klimaforandringer. Hvert år mødes parterne under UNFCCC ved en såkaldt COP, der i år finder sted i Paris i december. I år er man nået til den 21. i rækken, og udmeldinger fra størstedelen af verdens lande tyder på, at man i stigende grad har fået øjnene op for nødvendigheden af en global klimaindsats. I forbindelse med forberedelserne til COP21 har i alt 146 af verdens lande indmeldt forventede nationale reduktionsmål (INDC) til UNFCCC.<sup>1</sup> Disse lande er tilsammen ansvarlige for ca. 86 pct. af de globale udledninger.

Hvis de indmeldte mål realiseres, peger det ifølge foreløbige vurderinger i retning af en temperaturstigning på ca. 3 grader i forhold til forindustrielt niveau.<sup>2</sup> Selvom overholdelse af disse indmeldinger ikke i sig selv vil kunne holde den globale, menneskeskabte opvarmning under 2 grader, som er den politiske målsætning baseret på IPCC's vurderinger af konsekvenserne af klimaforandringerne, efterlader de ingen tvivl om, at der vil være stort internationalt fokus på emissionsreduktioner i de kommende år.

En del af dynamikken bag de mange indmeldte mål skyldes, at flere af de to-neangivende nationer, der tidligere har været skeptiske over for at påtage sig ambitiøse klimamål, i den seneste tid har ændret tone. USA's præsident Barack Obama fremlagde i august et nyt energi- og klimaudspil, der blandt andet indeholder mål om reduktioner af drivhusgasudslip fra de amerikanske kraftværker med 30 pct. inden 2030. Planen betegnes af mange som et af de mest vidtrækkende tiltag, USA har annonceret i kampen for at mindske klimaforandringer.

Kina, der er verdens største udleder af CO<sub>2</sub>, har samtidig annonceret, at den kinesiske udledning fra fossile brændsler vil toppe i 2030. Denne udmelding indgår som et led i en større handlingsplan på klimaområdet, hvori Kina ligeledes forpligtiger sig til at skære 60-65 pct. af den såkaldte udledningsintensitet, CO<sub>2</sub>-udledning relativt til BNP, i forhold til 2005.

De reduktionsmål, der er meldt ind til UNFCCC, og Kinas og USA's beslutninger om at øge hastigheden i omstillingen til vedvarende energikilder, giver forhåbning om, at der på COP21 i Paris og ved opfølgende møder kan gøres væsentlige fremskridt i indsatsen for at begrænse den globale opvarmning.





### 3.3 Opfyldelse af 40-procentsmålsætningen i 2020

Målsætningen om 40 pct. reduktion i drivhusgasudledningen i 2020 har afstedkommet en del debat. Klimarådet finder på baggrund af det såkaldte virkemiddelkatalog og egne beregninger, at målet kan nås uden store samfundsøkonomiske omkostninger. Hvis målsætningen skal opfyldes, skal der yderligere virkemidler til. Når man inkluderer tiltag i landbruget og medregner gevinsten fra reduceret kvælstofudledning, er der en samfundsøkonomisk gevinst ved at opfylde 40-procentsmålsætningen. Tiltagene i landbruget kan gennemføres på en måde, der tager hensyn til landbrugets trængte økonomiske situation, hvis man politisk ønsker at lægge dette til grund.

Danmark når forventeligt ikke 40-procentsmålsætningen i 2020, hvis man alene baserer sig på den allerede besluttede politik. Energistyrelsens seneste fremskrivning er fra oktober 2014 og er baseret på den vedtagne politik på det tidspunkt. Her forventer Energistyrelsen i det centrale skøn, at den samlede drivhusgasudledning reduceres med ca. 37 pct. i 2020 i forhold til 1990. Derfor er der behov for yderligere initiativer for at nå målet om en reduktion på 40 pct. i 2020. Dette afsnit giver et bud på de samfundsøkonomiske omkostninger og beskæftigelseseffekter ved at indfri 40-procentsmålsætningen. Analysen er nærmere beskrevet i et arbejdsrapport på Klimarådets hjemmeside.

#### Virkemiddelkataloget indeholder mulige klimatiltag med effekt i 2020

En tværministeriel arbejdsgruppe udarbejdede i 2013 et katalog over virkemidler, der kan nedbringe den danske drivhusgasudledning frem mod 2020. Dette er det såkaldte virkemiddelkatalog.<sup>1</sup> Kataloget indeholder en lang række forskellige virkemidler fordelt på sektorerne energi, transport, landbrug og miljø, hvor sidstnævnte blandt andet omfatter affald og spildevand. For hvert virkemiddel er angivet nettoomkostningerne for samfundet og reduktionspotentialet i 2020. Disse to størrelser sammenfattes i en skyggepris, der angiver de samlede samfundsøkonomiske omkostninger ved at reducere udledningen med ét ton CO<sub>2</sub>e. I skyggeprisen er også medregnet sideeffekter. Det kan fx være den samfundsøkonomiske gevinst ved reduceret kvælstofudledning som følge af virkemidler, der skal begrænse drivhusgasudledningen i landbruget. Sideeffekter er også det såkaldte forvridningstab ved højere skatter og afgifter.

Fordi virkemiddelkataloget sætter priser på, hvad det koster at reducere drivhusgasudledningen, er det særdeles anvendeligt til at beregne de samfundsøkonomiske omkostninger ved at indfri 40-procentsmålsætningen i 2020. Der er flere fordele ved at bruge kataloget som udgangspunkt for beregningerne. Det er lettilgængeligt, tilbyder en ensartet metode på tværs af virkemidler og er en kendt reference blandt de politikere og eksperter, der arbejder med klimapolitiske spørgsmål. Det skal dog understreges, at beregningerne efterhånden er et

Skyggeprisen for et virkemiddel udtrykker den samfundsøkonomiske reduktionsomkostning pr. ton reduceret CO<sub>2</sub>e. Skyggeprisen er beregnet som nutidsværdien af de samlede samfundsøkonomiske omkostninger divideret med nutidsværdien af den reducerede mængde drivhusgasser opgjort i CO<sub>2</sub>e. Dermed måles skyggeprisen i kr. pr. ton CO<sub>2</sub>e.

Skatter medfører forvridningstab, når de gør det privatøkonomisk ufordelagtigt at gennemføre transaktioner, som ville være til fordel for samfundsøkonomien. Fx kan skatten på arbejdsindkomst medføre, at et stykke arbejde ikke bliver udført, selvom det har en større værdi end det beløb, der er nødvendigt for at kompensere arbejderens for en ekstra arbejdsindsats. Forvridningstab er her forskellen mellem værdien af den mistede produktion og den nettoløn, som arbejderens skulle have haft for at udføre arbejdet.

par år gamle, og det kan derfor være relevant med en opdatering af virkemiddelkataloget. Derudover er der nu ikke lang tid til 2020, hvorfor nogle virkemidler ikke vil kunne nå at indfri deres fulde potentiale inden 2020. Ligeledes har der fra flere sider været sået tvivl om validiteten af nogle af katalogets regnemøder. Det betyder, at virkemiddelkatalogets tal for omkostninger og potentialer skal tolkes med forsigtighed.

Klimarådet har tilføjet to supplerende tiltag til puljen af potentielle virkemidler. Begge midler virker inden for energiområdet og vedrører erstatning af varme baseret på naturgas og olie med varmepumper. Det ene virkemiddel nedsætter energifgiften på el til store varmepumper på kraftværker, mens det andet virkemiddel nedsætter energifgiften på el til individuelle varmepumper. Virkemidlerne vil gøre det mere attraktivt at skifte til varmepumper drevet af el, som i stort omfang vil komme fra vindmøller, der ikke udleder CO<sub>2</sub>. De to virkemidler uddybes i boks 3.1 senere i kapitlet.

For at nå 40-procentsmålsætningen skal udledningen af drivhusgasser i 2020 reduceres med ca. 2 mio. ton CO<sub>2</sub>e mere, end Energistyrelsens fremskrivning forudsiger. Opgaven er dermed at sammensætte en pakke af virkemidler, der tilsammen har et reduktionspotential på 2 mio. ton. Omkostningerne for samfundet ved en pakke kan beregnes ved at bruge virkemidlernes skyggepriser.

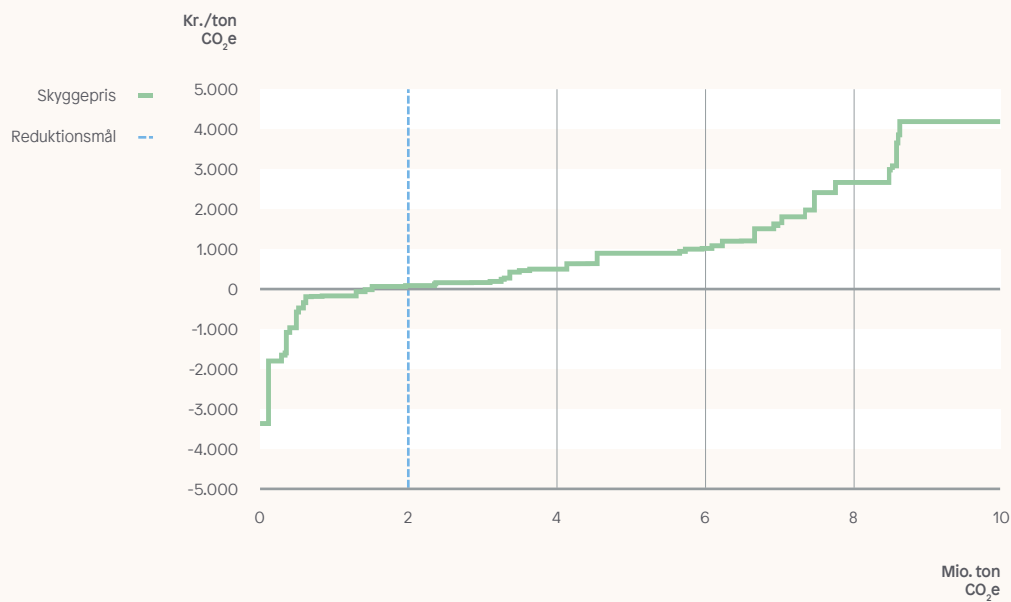
Fremskrivningen af drivhusgasudledningen er forbundet med usikkerhed og afhænger af en lang række faktorer, herunder ikke mindst prisen på CO<sub>2</sub>-kvoter i EU. Med det centrale skøn for kvoteprisen ventes i fremskrivningen en udledning på 45,2 mio. ton CO<sub>2</sub>e i 2020. Med et henholdsvis højt og lavt skøn har Energistyrelsen beregnet et interval på 44,0 til 45,5 ton CO<sub>2</sub>e i 2020. Mankoen – det vil sige forskellen op til reduktionsmålet på de 2 mio. ton – kan derfor vise sig at være større såvel som mindre. En gennemførelse af regeringens plan på landbrugsområdet vil trække i retning af at øge mankoen op til reduktionsmålet.

#### **40-procentsmålsætningen kan nås uden samfundsøkonomiske omkostninger**

De potentielle virkemidler varierer både i pris og reduktionspotential. Mange virkemidler har negative skyggepriser, hvilket betyder, at de samlet giver en gevinst til samfundet i tillæg til, at de reducerer drivhusgasudledningen. De negative skyggepriser skyldes især sideeffekterne, fx at tiltag inden for landbruget også begrænser forurening af vandmiljøet. Figur 3.10 viser en sorteret kurve over alle potentielle virkemidler, hvor den vandrette akse måler de akkumulerede reduktionspotentialer, mens skyggeprisen for hvert tiltag er angivet på den lodrette akse.

Ud fra klimalovens målsætning om omkostningseffektivitet har Klimarådet sammensat en pakke af virkemidler, som minimerer de samfundsøkonomiske omkostninger ved at nå 40-procentsmålsætningen i 2020. Pakken kaldes her *omkostningsminimeringspakken*. Denne pakke indeholder de virkemidler, som er placeret til venstre for den stiplede linje i figur 3.10. Pakkens samlede samfundsøkonomiske omkostninger er minus 1.106 mio. kr. i gennemsnit om året, som vist i tabel 3.2. Det betyder, at samfundet opnår nettogevinster, der kan værdisættes til ca. 1,1 mia. kr. årligt. Lidt under halvdelen af pakkens redukti-

Beregninger fra Miljøministeriet peger på, at gennemførelse af tiltagene vil øge udledningen af drivhusgasser fra landbruget med op til 1 mio. ton CO<sub>2</sub>e årligt. Beregningen er baseret på det udspil til en fødevarer- og landbrugspakke, som V, K og O fremlagde i efteråret 2014. De væsentligste bidrag til den større udledning af drivhusgasser stammer fra gradvis udfasning af reducerede gødskningsnormer og hævelse af harmonikrav for slagtesvin. Dertil kommer bidrag fra fjernelse af krav om randzoner, fjernelse af krav om efterafgrøder samt fra tilladelse til jordbearbejdning inden 1. november.<sup>2</sup>



Figur 3.10

Marginal skyggepriskurve for potentielle virkemidler i 2020. Den lodrette markering indikerer reduktionsbehovet for at indfri 40-procentsmålsætningen.

Anm.: Skyggepriserne er i faste 2012-priser.

Kilde: Virkemiddelkataloget samt egne beregninger.

oner sker i landbruget, energiområdet bidrager med mere end halvdelen, mens transportområdet stort set ikke reducerer. I landbruget er et af virkemidlerne, at kvælstofnormen reduceres med 10 pct., og på energiområdet er et af midlerne, at energifgiften på el til varmepumper sænkes. De nøjagtige virkemidler uddybes i tabel 3.3 nedenfor.

Landbruget står for en stor del af reduktionen i omkostningsminimeringspakken. Det skyldes, at virkemidler inden for landbruget gavner samfundet gennem sideeffekterne. Den afgørende sideeffekt er forbedret vandmiljø som følge af mindre kvælstofudvaskning og ammoniakfordampning. Sideeffekterne beløber sig til næsten 1,5 mia. kr. Hvis sideeffekterne ikke regnes med, bliver den samfundsøkonomiske omkostning i stedet 340 mio. kr. årligt.

Landbruget befinder sig i dag i en økonomisk set trængt situation. Derfor har Klimarådet som et alternativ konstrueret en pakke, hvor landbruget helt friholdes, men herudover vælges de billigste virkemidler. Denne pakke kaldes *ikke-landbrugspakken* og har samlede omkostninger i 2020 på 132 mio. kr. Der er altså en betydelig samfundsøkonomisk meromkostning ved at friholde landbruget. Denne meromkostning skyldes dog sideeffekterne – hvis disse ignoreres, er ikke-landbrugspakken billigst.

Tabel 3.2 viser, hvordan omkostningerne fordeler sig på henholdsvis stat, erhverv, husholdninger og sideeffekter i de to pakker. I begge pakker får staten meromkostninger på ca. 900 mio. kr. årligt. Det skyldes afgiftsnedsettelse og tilskud, der skal få de private aktører til at reducere deres udledninger. Erhvervene får en ekstraomkostning i omkostningsminimeringspakken, som vendes til en lille økonomisk gevinst, når landbruget friholdes. Husholdningerne får i begge pakker en betydelig besparelse, blandt andet i form af energi- og afgiftsbesparelser ved at installere varmepumper. Det er dog vigtigt at understrege, at der i udformningen af de forskellige virkemidler vil være mulighed for at fordele omkostningerne anderledes.

Energistyrelsen har i et notat af 14. september 2015 også regnet på omkostningerne ved at opfylde 40-procentsmålsætningen. Styrelsen tager også udgangspunkt i virkemiddelkataloget, men har valgt en anden sammensætning af virkemidler end Klimarådet. I den ene af Energistyrelsens to pakker friholdes landbruget, mens der iværksættes virkemidler inden for både energi og transport. Denne pakke har en samlet årlig omkostning på 1.547 mio. kr. Det høje tal skyldes især samfundsøkonomisk dyre tiltag i transportsektoren. Den anden pakke indeholder betydelige reduktioner i landbruget. Her udgør den årlige omkostning -90 mio. kr. – altså en lille samfundsøkonomisk gevinst, som dog er markant mindre end gevinsten i Klimarådets omkostningsminimeringspakke. Forskellen skyldes blandt andet, at Energistyrelsen også har medtaget virkemidler i landbruget, som er dyre samfundsøkonomisk, og at Klimarådet har medtaget to supplerende og fordelagtige virkemidler, som fremmer varmepumper.

Virkemiddelkataloget angiver virkemidlernes årlige omkostninger. Det afhænger af alternativet, i hvor mange år disse omkostninger skal afholdes. Med alternativet menes den udvikling, der vil ske, hvis Danmark ikke vælger at opfylde 40-procentsmålsætningen. Danmarks langsigtede klimamål står fast, uanset om

Mio. kr. (2012-priser)	Omkostningsminimeringspakken	Ikke-landbrugspakken
Stat	904	891
Erhverv	301	-66
Husholdninger	-865	-842
<b>I alt uden sideeffekter</b>	<b>340</b>	<b>-17</b>
Sideeffekter	-1.446	149
<b>I alt</b>	<b>-1.106</b>	<b>132</b>

Tabel 3.2

Årlige samfundsøkonomiske nettoomkostninger ved at indfri 40-procentsmålsætningen. Et negativt tal angiver en gevinst. Begge pakker minimerer de samfundsøkonomiske omkostninger, dog friholder ikke-landbrugspakken landbruget for tiltag.

Anm.: Virkemiddelkataloget indeholder sektorspecifikke omkostninger for stat, erhverv og husholdninger. Forskellen op til de samlede omkostninger er i tabellen anført som sideeffekter. I omkostningsminimeringspakken er sideeffekterne på -1.446 mio. kr. primært udtryk for forbedringer af vandmiljøet fra reduceret kvælstofudledning. I ikke-landbrugspakken er sideeffekterne på 149 mio. kr. primært et udtryk for indregning af kvoteprisen i virkemidler inden for kvotesektoren.

Kilde: Egne beregninger på baggrund af virkemiddelkataloget.

40-procentsmålsætningen opfyldes eller ej. Desuden vil Danmark sandsynligvis af EU blive pålagt en ambitiøs reduktionsmålsætning i 2030 for ikke-kvotesektoren, det vil sige især for landbrug og transport. Derfor vil mange af pakkernes virkemidler eller tilsvarende tiltag skulle gennemføres alligevel på et senere tidspunkt. Det betyder, at de årlige omkostninger fra tabel 3.2 kun vil skulle gentages i kortere årrække, indtil senere målsætninger længere ude i fremtiden kræver handling. En stor del af omkostningerne ved 40-procentsmålsætningen kan derfor opfattes som en fremrykning af investeringer og tiltag, der alligevel skal foretages inden for en kort tidshorisont.

#### 40-procentsmålsætningen nås bedst med en bred vifte af virkemidler

Der er stor usikkerhed om, hvor effektive de enkelte klimapolitiske virkemidler er, og hvor meget udledningerne yderligere skal reduceres, for at Danmark kan leve op til målet om en reduktion på 40 pct. i 2020 i forhold til 1990. De to pakker med virkemidler, som Klimarådet har sammensat, skal derfor kun ses som indikationer af, hvordan 40-procentsmålsætningen kan realiseres på en omkostningseffektiv måde. Nogle af virkemidlerne forekommer som en oplagt god ide at iværksætte, mens der kan være behov for mere dybtgående analyser, før andre virkemidler tages i brug. Tabel 3.3 oplister virkemidlerne i de to pakker. Mange virkemidler går igen i begge pakker, men flere hører kun til i én af pakkerne, fx virkemidler inden for landbruget.

PSO står for *Public Service Obligations* og omfatter de omkostninger, som Energinet.dk afholder på samfundets vegne.

Det er primært tilskud til vedvarende energi, decentral kraftvarme og forskning inden for miljøvenlig energi. PSO finansieres som en ekstra tarif på elregningen.

På energiområdet indgår etablering af henholdsvis 200 MW landvind og 200 MW kystnær havvind støttet gennem PSO-afgiften. Landmøller er det billigste af de to tiltag og synes derfor oplagt at lægge ud med. Kystnære møller er ikke

“ Danmarks langsigtede klimamål står fast, uanset om 40-procentsmålsætningen opfyldes eller ej. Desuden vil Danmark sandsynligvis af EU blive pålagt en ambitiøs reduktionsmålsætning i 2030 for ikke-kvotesektoren, det vil sige især for landbrug og transport. Derfor vil mange af pakkernes virkemidler eller tilsvarende tiltag skulle gennemføres alligevel på et senere tidspunkt.



nødvendige i omkostningsminimeringspakken. Man kan sætte spørgsmålstegn ved, om en kystnær havvindmøllepark kan komme i drift inden 2020. Det vil især kræve, at hørings- og udbudsfasen forløber uden forsinkelser. Afgiftslempe af energiafgiften for varmepumper er et andet betydende virkemiddel på energiområdet. Det er beskrevet nærmere i boks 3.2. Bemærk at flere store varmepumper kræver opførelse af 100 MW ekstra landvind i tillæg til de 200 MW, der nævnes ovenfor. Det bør undersøges, om de i alt 300 MW landvind kan opføres uden store ekstraomkostninger til nabokompensation og lignende. Hvis dette ikke er tilfældet, kan virkemiddelkatalogets skyggepris risikere at være undervurderet. El til individuelle varmepumper antages at blive dækket af en forøgelse af den generelle elproduktion med det mix af vedvarende og fossil energi, der til en hver tid gælder.

Transporten fylder meget lidt i pakkerne. Det skyldes, at transportvirkemidler ifølge virkemiddelkataloget generelt har høje skyggepriser. Der er dog god samfundsøkonomi i at promovere grøn, brændstoføkonomisk erhvervstransport gennem tilskud og certificeringsordninger, ligesom man kan overveje at stille krav til det offentlige indkøb af transport i forhold til fx brændstoføkonomi. Ingen af disse to virkemidler har dog et væsentligt reduktionspotentialt i 2020, men man må forvente, at Danmarks kommende reduktionsforpligtigelse for ikke-kvotesektoren i 2030 vil aktualisere behovet for nye klima-politiske virkemidler i transportsektoren.

Et betydeligt antal virkemidler i omkostningsminimeringspakken vedrører landbruget, og gevinsten i form af sideeffekterne i omkostningsminimeringspakken stammer næsten udelukkende fra tiltag i landbruget. Sideeffekterne består hovedsageligt af miljøgevinster fra reduceret kvælstofudledning. Disse landbrugs-virkemidler er først og fremmest samfundsøkonomisk fordelagtige på grund af sideeffekterne, og de medfører ikke en umiddelbar finansiel gevinst for hverken stat, erhverv eller husholdninger. En reduktion af kvælstofnormen kan reducere udledningen af lattergas, der er en drivhusgas. Samtidig er der en positiv effekt på vandmiljøet i Danmark af det lavere kvælstofforbrug. Fastholder man virkemiddelkatalogets værdi af kvælstofreduktionen, er der god samfundsøkonomi i at sænke kvælstofnormen på konventionelle bedrifter. Nedsættes kvælstofforbruget ved en mere målrettet regulering fremfor en generel normnedsættelse for derved at få en større miljøgevinst, vil dette ligeledes have en gavnlig effekt på drivhusgasudledningen. Tilsvarende synes det fornuftigt at skærpe kravene til forskellige former for husdyrgødning. Reduktion af landbrugets udledning af metan kan ske ved krav om, at gyllen skal forsures i stalden ved tilsætning af svovlsyre. Kravet gælder kun nye staldanlæg, så det bør undersøges, om potentialet for 2020 stadig er så stort, som virkemiddelkataloget anslog i 2013.

Landbrugets dyrkning af jorden kan også skubbes i en klimavenlig retning. Her synes krav om efterafgrøder og mellemafgrøder på sand- og lerjord at være mest gunstige for samfundsøkonomien. Ved at stille krav om yderligere 240.000 ha for hver af de to afgrødetyper kan der opnås en betydelig øget kulstoflagring i jorden. Kulstoflagring sker også ved at give et ekstra tilskud til dyrkning af energipil. Derudover kan dette virkemiddel fortrænge fossile brændsler i energiproduktionen. Kun energipil på sandjord er der lige nu fornuftig samfundsøkonomi i.

	Skyggepris	Reduktion i omkostnings- minimeringspakken	Reduktion i ikke- landbrugspakken
	kr./ton CO <sub>2</sub> e	1.000 ton CO <sub>2</sub> e i 2020	1.000 ton CO <sub>2</sub> e i 2020
Krav om yderligere efterafgrøder på sandjord og lerjord	-2.235	156	
Reduceret kvælstofnorm med 10 pct.	-1.810	175	
Skærpet krav til kvælstofudnyttelse for afgasset husdyrgødning	-1.663	48	
Skærpet krav til kvælstofudnyttelse for udvalgte andre typer husdyrgødning	-1.608	17	
Tilskud til og certificering af virksomheds- og kommunesamarbejder om grøn erhvervstransport	-585	30	30
Krav om yderligere mellemafgrøder på sandjord og lerjord	-532	167	
Krav om forsuring af gylle i stald	-417	97	
Udvidelse af VE-procesordning til at omfatte nye teknologier	-201	75	75
Tilskud til etablering af energipil til brug som brændsel på sandjord	-194	145	
Lempelse af energifgiften på el til individuelle varmepumper	-181	459	459
Lempelse af energifgiften på el til store varmepumper (suppleret med 100 MW ekstra landvind)	-104	120	120
Optimering af mælkeproduktion gennem forlænget laktationsperiode	-25	17	
PSO-støtte til etablering af 200 MW nye landmøller	55	450	450
Krav om og tilskud til biocover på visse lossepladser	77	44	390
Krav til det offentliges indkøb af transport	235		42
Tilskud til energieffektivisering i erhverv kombineret med ambitiøs implementering af energi-effektiviseringsdirektivet	265		75
PSO-støtte til etablering af 200 MW kystnær havvindmøllepark	489		359
<b>I alt</b>		<b>2.000</b>	<b>2.000</b>

Tabel 3.3

Liste over virkemidler i Klimarådets to pakker. Virkemidlerne bygger på virkemiddelkataloget bortset fra de to virkemidler om afgiftslempelse af varmepumper. Gule felter markerer Klimarådets supplerende virkemidler.

Anm.: Virkemidlerne er analyseret separat. Yderligere analyser bør se på samspilseffekterne mellem virkemidlerne, fx om indførelse af ét virkemiddel påvirker omkostningerne ved et andet. Enkelte virkemidler i tabellen er i virkemiddelkataloget opdelt i to delvirkemidler. Fx er krav om efterafgrøder opdelt i sandjord og lerjord med skyggepriser på henholdsvis -1.094 kr./ton og -3.375 kr./ton. Det forklarer, hvorfor skyggepriskurven figur 3.10 starter ved -3.375.

Kilde: Virkemiddelkataloget og egne beregninger.

## Boks 3.2 Lempelse af energifgiften på el til store varmepumper og individuelle varmepumper

En stor del af danskernes opvarmning er i dag baseret på fossile brændsler. Ved i stedet at benytte elektriske varmepumper kan CO<sub>2</sub>-udledningerne reduceres. Dette gælder i dag, men især fremover i takt med, at der kommer mere og mere vedvarende energi ind i elproduktionen.

Energistyrelsen forventer, at en stor del af opvarmningen i den decentrale kraft-varmeforsyning i 2020 stadigvæk vil benytte naturgas, og at en stor del af den individuelle opvarmning i husstandene vil være baseret på olie og naturgas. Dette forventes på trods af, at nyinstallerede varmepumper samfundsøkonomisk er billigere end både eksisterende, decentral naturgaskraftvarme og eksisterende, individuelle oliefyr. Dette gælder selv, når el til varmepumperne produceres på vindmøller. Nyinstallerede varmepumper vil dog stadigvæk være omkring 2.000 kr. dyrere om året end eksisterende individuelle naturgasfyr, hvor anskaffelsesomkostningen allerede er afholdt, men sammenlignet med nyinstallerede naturgasfyr er nyinstallerede varmepumper samfundsøkonomisk billigere.

Energiafgiften på el og PSO-afgiften betyder, at fjernvarmeselskaberne og husstandene ikke får den fulde, samfundsøkonomiske gevinst ved at skifte til varmepumper. Hvis afgiften på el reduceres til at modsvare energifgiften på fossile brændsler, tilskyndes fjernvarmeselskaberne og husstandene til at udskifte den fossile opvarmning med varmepumper.

Klimarådet har på den baggrund regnet på to supplerende virkemidler, hvor energifgiften lempes for el til varmepumper. Det er antaget, at en lempelse af elafgiften, så den modsvarer afgiften på olie og naturgas, vil kunne flytte yderligere 15 pct. af naturgaskraftvarmen i 2020 over på store varmepumper. I beregningen for store varmepumper er det antaget, at der opstilles vindmøller med en årlig elproduktion, som modsvarer de store varmepumpers elforbrug. Meromkostningen ved vindmølleproduktionen er indregnet i de store varmepumpers elpris.

Klimarådet har også vurderet effekten ved at nedsætte elafgiften på el til individuelle varmepumper i husstandene. Beregningen bygger på antagelser om den statistiske fordeling af varmeforbruget i de enkelte husstande og investeringerne ved at skifte til en varmepumpe fra olie- og naturgasfyr. Det skønnes, at 60 pct. af olieforbruget og 5 pct. af naturgasforbruget i 2020 kan flyttes til varmepumper ved at sænke elafgiften på el til opvarmning. Det er antaget, at den ekstra el produceres til en pris svarende til den gennemsnitlige elpris pr. kWh i 2020 og dermed med det gennemsnitlige CO<sub>2</sub>-indhold på det tidspunkt. Dette betyder også, at der er indlagt en ekstra PSO-omkostning for de individuelle varmepumper på 18 øre/kWh.

Samlet set kan dette bidrage med en CO<sub>2</sub>-reduktion på ca. 580.000 ton i 2020. Skyggeprisen på denne reduktion er negativ som følge af, at varmepumperne er samfundsøkonomisk billigere end de fossile energikilder, de erstatter. For store varmepumper er skyggeprisen -104 kr./ton, mens den er -181 kr./ton for de individuelle varmepumper.

Miljøområdet er i pakkerne dækket af krav om biocover på lossepladser. Et sådan cover består af særlige biofiltre, som omdanner udsivende metan til mindre skadeligt CO<sub>2</sub>. Kravet vil også skulle ledsages af et vist statsligt tilskud. Dette virkemiddel har et betydeligt potentiale på næsten 400.000 ton i 2020, men det bør undersøges nærmere, om potentialet stadig er til stede to år efter virkemiddelkatalogets tilblivelse.

### **Virkemiddelpakkerne kan øge beskæftigelsen en smule på kort sigt**

Virkemiddelkatalogets skyggepriser på klimapolitiske tiltag inkluderer forvriddningstab ved de skatter eller afgifter, som kan være nødvendige for at finansiere et virkemiddel. Forvriddningstabets afspejler blandt andet, at højere skatter og afgifter kan hæmme arbejdsudbuddet. Virkemiddelkataloget ser imidlertid bort fra de virkninger på beskæftigelsen på kortere og mellemlangt sigt, der kan opstå ved, at et virkemiddel påvirker den samlede efterspørgsel eller Danmarks internationale konkurrenceevne. Selvom disse beskæftigelsesvirkninger er midlertidige, har de en selvstændig interesse. Klimarådet har derfor foretaget et skøn over de kort- og mellemfristede beskæftigelsesvirkninger af virkemiddelpakkerne ved brug af modellen ADAM for dansk økonomi. Desuden illustreres de kortsigtede effekter på de offentlige finanser af at gennemføre pakkerne.

Nettovirkningen på beskæftigelsen er overordnet set et resultat af to modsatte effekter. På den ene side er der en positiv effekt fra de aktiviteter, fx investeringer, som er nødvendige for at gennemføre tiltagene. På den anden side er der en negativ effekt fra finansieringen af omkostningerne til tiltagene. Dette kan fx være en effekt via den internationale konkurrenceevne. For at dække omkostningerne til at gennemføre tiltaget må virksomhederne øge afsætningsprisen, hvorved konkurrenceevnen forringes, så produktionen – og beskæftigelsen – reduceres. En negativ finansieringseffekt kan også opstå ved, at husholdningerne pålægges en skat for at finansiere de omkostninger, staten har til tiltagene, hvorved realindkomsten mindskes, så det private forbrug og dermed produktion og beskæftigelse reduceres. På kort sigt vil den positive aktivitetsvirkning typisk dominere, mens den negative finansieringseffekt typisk kommer mere gradvist. På langt sigt vil der ikke være nogen effekt på beskæftigelsen, med mindre den strukturelle beskæftigelse er ændret som følge af fx skattetiltag. Der kan derimod godt være en varig effekt på produktivitet og realløn. I denne beregning er fokus på effekterne de førstkomende år.

Virkemiddelkataloget opgør årlige nettoomkostninger for stat, husholdninger og erhverv. Nettoomkostningerne for de enkelte sektorer er som udgangspunkt angivet som et årligt beløb i den 30-årige periode 2013-42. I nogle tilfælde dækker det over en reelt set permanent årlig udgift, fx krav til yderligere mellem- og efterafgrøder i landbruget, mens der i andre tilfælde er tale om en engangsudgift, fx opstilling af vindmøller. I beregningen er det valgt at fastholde tilgangen i virkemiddelkataloget, hvor alle nettoomkostninger er antaget at være fordelt over en 30-årig periode, det vil i denne beregning sige fra 2016 til 2045. Dette indebærer, at udgifter til investeringer, der foretages de første år, antages at være lånefinansieret over 30 år.

Nogle af virkemidlerne er oplagt forbundet med en ekstra investering, og den positive aktivitetsvirkning heraf indgår i beregningerne med ADAM. Det

ADAM er en makroøkonometrisk model for dansk økonomi. Modellen udvikles og vedligeholdes af Danmarks Statistik og anvendes blandt andet af Finansministeriet til konjunktururverdninger og til mellemfristede fremskrivninger i de årlige konvergensprogrammer. Til beregningerne er benyttet den officielle version af ADAM, hvor der indgår Danmarks Statistiks empirisk funderede skøn over prisfølsomheden i efterspørgslen efter eksport- og importvarer, som er afgørende for effekterne af en ændring i danske virksomheders internationale konkurrenceevne.

Bag virkemiddelkataloget ligger en betydelig mængde beregninger, og det har ikke været muligt for Klimarådet at forholde sig til de bagvedliggende beregninger i detaljer. Beregningerne i dette afsnit skal dermed kun ses som en illustration af de mulige effekter på beskæftigelse mv.

For erhvervenes vedkommende er nettoomkostningerne indlagt i ADAM-beregningen som en øget produktionsomkostning, der overvælttes i produktionspriserne og dermed forværrer konkurrenceevnen. For husholdningerne er der især tale om en nettogevinst i forhold til forbruget af el og varme. Statens nettoomkostninger skyldes især provenutab fra afgifter. Det er beregningsteknisk forudsat, at de beregnede nettoomkostninger for staten finansieres ved en stigning i bundskattesatsen. Dermed er husholdningernes nettoomkostninger omtrent 0, og der antages derfor ikke at være nogen ændring i arbejdsudbuddet.

drejer sig især om installation af varmepumper og opstilling af vindmøller. I mindre omfang er der også investeringsomkostninger forbundet med forsuringsanlæg i nye stalde og etablering af biocover på lossepladser. Samlet set skønnes der at være tale om et investeringsomfang på godt 12 mia. kr. opgjort i 2012-priser i omkostningsminimeringspakken og godt 15 mia. kr. i ikke-landbrugspakken. I beregningen er det forudsat, at investeringerne fordeles ligeligt over de fem år 2016-20.

En gennemførelse af omkostningsminimeringspakken skønnes på baggrund af modelberegninger med ADAM at øge beskæftigelsen med omkring 1.000 personer på kort sigt, hvis de beregnede nettoomkostninger for staten ved tiltagene i pakken finansieres ved en stigning i bundskattesatsen på knap 0,1 pct.point. Dette er illustreret med den grønne kurve i figur 3.11. I ikke-landbrugspakken er investeringsomfanget større og nettoomkostningerne for erhvervene lavere, og en gennemførelse af denne pakke skønnes på baggrund af modelberegningerne at kunne øge beskæftigelsen på kort sigt med op mod 3.000 personer. Dette er illustreret med den blå kurve i figur 3.11.

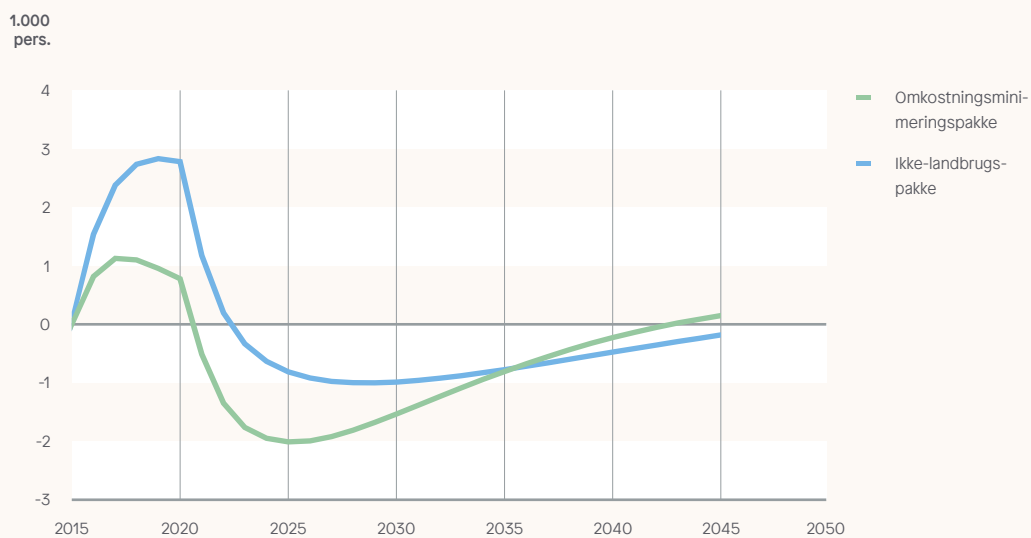
De offentlige finanser påvirkes umiddelbart af nettoomkostningerne på ca. 0,9 mia. kr. årligt svarende til knap 0,05 pct. af BNP. I modelberegningen er det forudsat, at disse omkostninger finansieres ved en stigning i bundskattesatsen, så der ingen direkte effekt er på den offentlige saldo af pakkerne. De første år er der dog en afledt positiv effekt fra den midlertidigt øgede beskæftigelse. Ifølge modelberegningerne vil der kunne opnås en lille forbedring af de offentlige finanser ved gennemførelse af omkostningsminimeringspakken de første fem år, hvor tiltagene indføres. I årene derefter vil der være tale om en forværring af de offentlige finanser på op mod 0,07 pct. af BNP, hvilket er et spejlbillede af beskæftigelsesudviklingen. Dette er illustreret med den grønne kurve i figur 3.12. Ikke-landbrugspakken vil ifølge modelberegningerne kunne give en forbedring af de offentlige finanser på ca. 0,08 pct. af BNP de første år, hvilket er illustreret med den blå kurve i figur 3.12.

En væsentlig del af statens provenutab fremkommer ved, at energifgiften på el til varmepumper sænkes. Det tab er dog sandsynligvis overvurderet, da afgiftsnedsættelsen også vil betyde, at noget af den afgiftsfritagede opvarmning med biomasse i stedet overgår til varmepumper, hvor der stadig vil blive pålagt en afgift. De angivne tal for statens provenutab må derfor betragtes som et pessimistisk skøn.

### **Det er dyrt at se bort fra virkemidler i landbruget**

Der er samfundsøkonomisk værdi i at lade landbruget stå for en betydelig del af reduktionen frem mod 2020. Det skyldes særligt de positive sideeffekter på vandmiljøet. Disse effekter har værdi i sig selv, men de bidrager også til at opfylde de krav til vandmiljøkvaliteten, som Danmark skal leve op til ifølge EU's vandrammedirektiv. Det vil under alle omstændigheder kræve tiltag, hvis Danmark skal leve op til vandrammedirektivets krav, og det vil derfor være hensigtsmæssigt at vælge tiltag, som også reducerer drivhusgasudledningen.

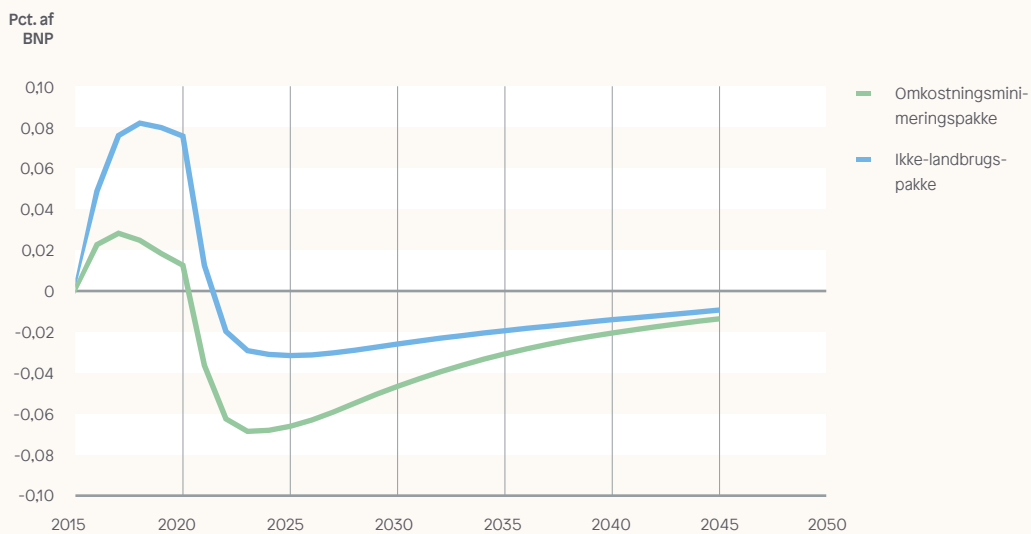
Økonomien er dog presset i mange landbrugsbedrifter. I den nuværende situation kan en ekstra belastning i form af reduktionsomkostninger medføre flere



Figur 3.11

Beskæftigelseseffekt ved gennemførelse af omkostningsminimeringspakken og ikke-landbrugspakken.

Kilde: Egne beregninger med ADAM.



Figur 3.12

Effekten på den offentlige saldo ved gennemførelse af omkostningsminimeringspakken og ikke-landbrugspakken.

Anm.: BNP er ca. 2.000 mia. kr. i 2015 ifølge regeringens seneste konvergensprogram (KP15). Et overskud på eksempelvis 0,02 pct. af BNP svarer dermed til ca. 400 mio. kr.

Kilde: Egne beregninger med ADAM. Beregningerne er dokumenteret i et baggrundsnotat på Klimarådets hjemmeside.

konkurser i landbruget. Det kan få en negativ afsmittende effekt på banksektoren, hvilket kan svække den finansielle stabilitet, ligesom beskæftigelsen i landets yderområder kan blive påvirket negativt. Disse forhold må inddrages, når der skal vælges virkemidler, men som det fremgår af tabel 3.2, vil det være væsentligt fordyrende for samfundet, hvis landbruget helt friholdes for at bidrage til reduktionerne. Det er derfor vigtigt at holde sig to forhold for øje: For det første består nogle af virkemidlerne i landbruget af tilskud og ikke af krav og afgifter. Disse virkemidler vil ikke belaste erhvervet. For det andet vil man på anden vis kunne kompensere landbruget for højere omkostninger, hvis man ønsker det politisk.

Landbruget har siden 1990 reduceret drivhusgasudledningerne procentvis omtrent lige så meget som gennemsnittet af de øvrige sektorer. DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi – som fremskriver landbrugets udledninger, venter imidlertid en nogenlunde stabil udledning fra landbruget indtil 2020,<sup>3</sup> mens Energistyrelsen venter en reduktion på ca. 20 pct. fra 2013 til 2020 for Danmark som helhed.<sup>4</sup> Det taler for, at landbruget ikke friholdes, hvis der skal foretages yderligere reduktioner frem mod 2020. Frem mod 2030 vil Danmark som minimum skulle fastholde reduktionstempoet i ikke-kvotesektoren, hvortil landbrugets udledninger hører, for at leve op til de mål, som EU opstiller. Det taler også for, at landbruget – såvel som de øvrige ikke-kvotefattede sektorer – med fordel kan bidrage med ekstra reduktioner allerede før 2020 for at udjævne omstillingen mod 2030.

#### **Hyppe skift i klimamålsætninger kan skade klimapolitikens troværdighed**

Efter Klimarådets opfattelse er det uheldigt, hvis de danske klimamålsætninger ændres hyppigt. Særligt på energiområdet er investeringerne langsigtede, og derfor har investorerne behov for stabile rammevilkår og politisk konsensus om Danmarks klimaretning. Den danske klimapolitik mister noget af sin troværdighed, hvis de vedtagne målsætninger ikke fastholdes.

Målsætninger inden 2050 har til formål dels at holde den akkumulerede udledning nede og dels at holde omstillingen på sporet og i retning af det langsigtede mål. 40-procentsmålsætningen i 2020 må derfor blandt andet vurderes ud fra, om den er hensigtsmæssig i forhold til at sikre et omkostningseffektivt forløb mod et lavemissionssamfund i 2050. I lyset af EU's 2050-målsætning tolker Klimarådet dette som en 80-95 pct. reduktion i drivhusgasudledningen relativt til 1990, som det diskuteres i kapitel 2.

Figur 3.7 viser, hvordan målsætningen i 2020 relaterer sig til 2050-målsætningen, hvad enten denne bliver en reduktion på 80 eller 95 pct. Figuren viser, at der ikke er den store forskel på 37 pct. og 40 pct. reduktion i 2020, når man zoomer ud og ser udviklingen i det store perspektiv. De tre procentpoint er forskellen mellem den stiplede røde linjes endepunkt i 2020 og den røde markering. Udviklingen mod 2050-målene er vist som rette, stiplede linjer, der starter i seneste observation for den faktiske, korrigerede udledning i 2013. Det er ikke givet, at den mest omkostningseffektive udvikling mod 2050 er en ret linje. Ikke desto mindre giver figuren en god illustration af, at hverken 37 pct. eller 40 pct. i 2020 er et skridt tilbage i forhold til de langsigtede mål. At nå 40 pct. frem for 37 pct. vil bringe Danmark tættere på målet i 2050, men det er ikke altafgørende, at

det sker. Selv med 37 pct., som den seneste fremskrivning forudsiger, vil vi godt kunne nå målet i 2050, hvis det nuværende tempo i omstillingen fastholdes.

Der er dog to argumenter for at holde fast i 40-procentsmålsætningen. For det første peger analysen ovenfor på, at der kan være en samfundsøkonomisk gevinst ved at nå målet. For det andet kan det styrke troværdigheden af det langsigtede klimamål at fastholde det tidligere vedtagne mellem mål for 2020.







### 3.4 Den danske klimaindsats i internationalt perspektiv

Det lyder ofte i den danske debat, at Danmarks klimaindsats er foran alle andres. Klimaindsatsen kan måles på mange måder, men dette afsnit ser særligt på, hvor meget Danmark og sammenlignelige lande har reduceret udledningen af drivhusgasser siden 1990. Reduktionerne på tværs af lande har forskellige årsager såsom ny teknologi, øget energieffektivitet, ændret erhvervsstruktur og forskelle i den økonomiske vækst. Kun nogle af årsagerne kan siges at være forbundet med klimaindsats og grøn omstilling. Fokuserer man særligt på netop disse årsager, viser Klimarådets analyse, at den danske klimaindsats er betydelig, men ikke unik i et internationalt perspektiv.

Er Danmark en klimaduks? Det fremføres med jævne mellemrum i den danske debat, at Danmark er iklædt førertrøjen, når det gælder indsatsen mod klimaforandringerne. Udsagnet er korrekt, hvis man fokuserer på vindmøller. Vindenergi udgjorde i 2014 6,5 pct. af det faktiske danske energiforbrug og 43 pct. af den danske elproduktion, hvilket giver os en førerposition globalt set.<sup>1</sup> Men de nationale klimaindsatser indeholder bredere aspekter, fx andre vedvarende energikilder, bedre udnyttelse af energien og begrænsning af særligt udledende produktionsformer. Derfor bør en vurdering af den danske klimaindsats fokusere på det, der betyder noget for det globale klima, nemlig drivhusgasudledningen. Nedenstående analyse er nærmere dokumenteret i et arbejdspapir på Klimarådets hjemmeside.

#### Den danske omstilling er markant, men ikke unik internationalt set

Mange ilande har reduceret deres udledning af drivhusgasser de seneste årtier. Figur 3.13 viser, hvor meget Danmark og en række sammenlignelige lande har reduceret udledningen fra 1990 til 2012. 1990 er det år, mange internationale klimamålsætninger forholder sig til, mens 2012 er seneste år med tilstrækkeligt data. Danmark har i perioden reduceret drivhusgasudledningen med ca. 25 pct. Det er på linje med vore bedste nabolande i figuren, Tyskland og Storbritannien, og mere end nordiske lande som Finland og Sverige. Rige lande uden for Europa som fx USA og Japan har i samme periode oplevet en stigning i drivhusgasudledningen. Til sammenligning er den samlede globale udledning vokset med ca. 44 pct., kraftigt hjulpet på vej af Kina, der i perioden har øget udledningen med næsten 300 pct.

Et lands drivhusgasudledning (U) kan skrives som  $U = Y \cdot U/Y$ , hvor Y er BNP. Den relative ændring i U kan opdeles i et bidrag fra ændringer i Y og et bidrag fra ændringer i udledningsintensiteten  $U/Y$ . Bidraget fra  $U/Y$  kan fortolkes som omfanget af klimaomstillingen. Hvis den relative vækst i  $U/Y$  kaldes f, og den relative vækst i Y kaldes g, udregnes dette bidrag som  $f + \frac{1}{2} \cdot f \cdot g$ .

To modsatrettede effekter er på spil i figur 3.13. På den ene side har landene oplevet økonomisk vækst i perioden, hvilket trækker i retning af øget udledning. På den anden side har alle lande i figuren omstillet deres økonomi i en mere klimavenlig retning på den måde, at økonomiens udledningsintensitet målt som udledningen relativt til BNP er faldet. Det trækker i retning af reduceret udledning. For syv ud af figurens elleve lande dominerer sidstnævnte

effekt. Udledningsintensiteten er illustreret i figur 3.14. Kun Norge, Sverige og Japan udledte i 1990 mindre end Danmark set i forhold til økonomiens størrelse. I 2012 gælder dette kun for Norge og Sverige. Japan udledte relativt meget i 2012 på grund af Fukushima-ulykken året før, som medførte, at atomkraft blev udskiftet med fossile brændsler.

Man kan statistisk opdele de procentvise ændringer i udledningen i de to effekter – altså et bidrag fra økonomisk vækst og et bidrag fra omstilling af økonomien. Figur 3.15 viser opdelingen i de to bidrag. De mørke bjælker angiver, hvor meget faldet i udledningsintensiteten har bidraget til det procentvise fald i drivhusgasudledningen, og de lyse bjælker angiver, hvor meget den økonomiske vækst isoleret set har øget udledningerne. Bjælkerne i figur 3.15 giver tilsammen bjælkerne i figur 3.13. De mørke bjælker kan tolkes som et mål for klimaomstillingen i landene. Danmark er fjerdebedst ud af figurens elleve lande. Storbritannien og Sverige har haft den største omstilling, mens Danmark sammen med Holland ligger forrest i et stort midterfelt.

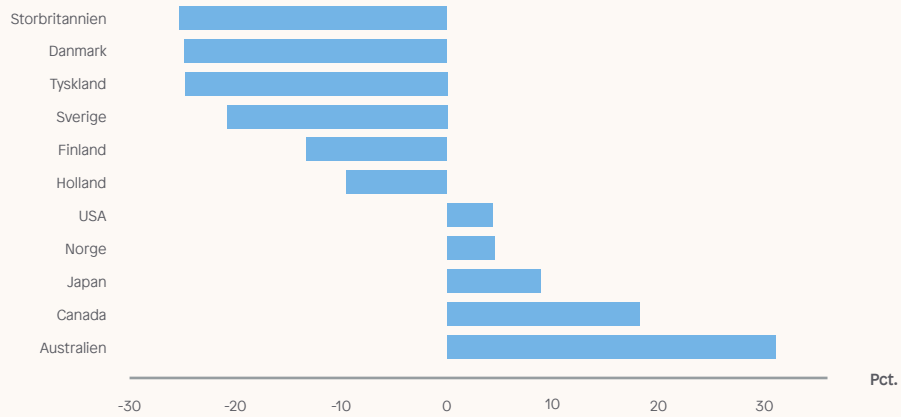
Metoden kaldes dekomponering. Den uddybes i et arbejdspapir på Klimarådets hjemmeside klimaraadet.dk.

Danmark har haft en lav økonomisk vækst i perioden. Kun Japans og Tysklands BNP er vokset procentvis mindre. Den lave danske vækst har bidraget væsentligt til, at vi er et af de lande, der har haft den største reduktion af udledningerne. Havde den danske vækst i BNP fx svaret til den svenske, ville vores drivhusgasreduktion fra 1990 til 2012 kun have været 14 pct. i stedet for de faktisk observerede 25 pct., hvis man antager, at ændringen i udledningsintensiteten ikke påvirkes af væksten i BNP. Dermed ville vi ikke have ligget på andenpladsen blandt de elleve lande i figur 3.13, men kun have opnået en placering som nummer fem. Hvis vi i stedet havde haft en BNP-vækst svarende til gennemsnittet for alle de øvrige lande i figur 3.13, ville vi også have opnået en placering som nummer fem. Så selv om Danmark er et af de lande, der har reduceret drivhusgasudledningen allermest, falder vi tilbage, når der korrigeres for den økonomiske udvikling og dermed fokuseres på omstillingen til lavemissionssamfund.

BNP og udledningsintensiteten er dog næppe uafhængige størrelser. Når et lands BNP pr. indbygger vokser, ser man typisk, at udledningsintensiteten falder, fordi forbrugeren bruger den ekstra indkomst til i højere grad at efterspørge serviceydelse, som har en lille udledning. Hvis Danmark havde haft en højere økonomisk vækst, kan det altså tænkes, at vi også ville have haft et lidt større fald i udledningsintensiteten. Derfor skal man være forsigtig med at tolke de to bidrag i figur 3.15 som fuldstændigt adskilte effekter. Alligevel giver figuren en indikation af, hvad der har drevet udledningsreduktionerne i de forskellige lande.

Hvad er der særligt sket i Storbritannien og Sverige, som har fremmet omstillingen? Storbritannien er et af de ilande, som har oplevet den største forskydning af økonomien fra industrierhverv til serviceerhverv, særligt inden for den finansielle sektor. Det gør, at økonomien bliver mindre udledningsintensiv. Derudover oplevede Storbritannien i 1990'erne det såkaldte dash-for-gas, hvor en stor del af landets kulfyrede kraftværker blev erstattet med gasfyrede værker, som udleder mindre CO<sub>2</sub>. Sverige har i stor stil udfaset olie til opvarmning og i industrien og erstattet det med biomasse og varmepumper.

Dash-for-gas er en populær betegnelse for omstillingen af den britiske elsektor til naturgas i 1990'erne. Fra kun at have udgjort få procent af produktionskapaciteten, stod gasfyrede kraftværker ved slutningen af årtiet for omkring en fjerdedel. Udviklingen var blandt andet drevet af lave gaspriser og en regulering, der gjorde gas attraktiv i forhold til fx kul.

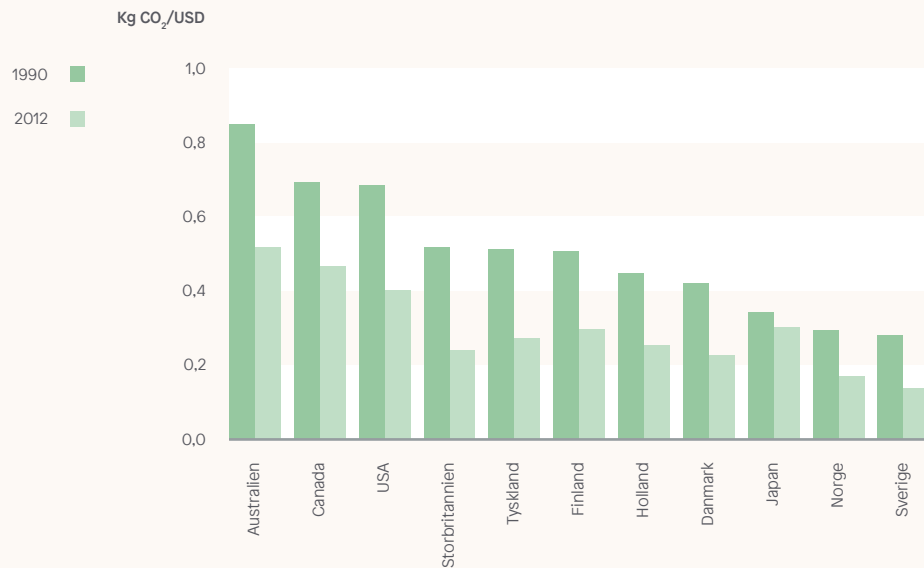


Figur 3.13

Danmarks og ti sammenlignelige landes ændring i den samlede drivhusgasudledning fra 1990 til 2012. Negative tal repræsenterer en reduktion i udledningen.

Anm.: BNP er købekraftskorrigeret og målt i reale 2010-priser.

Kilde: EEA og OECD.

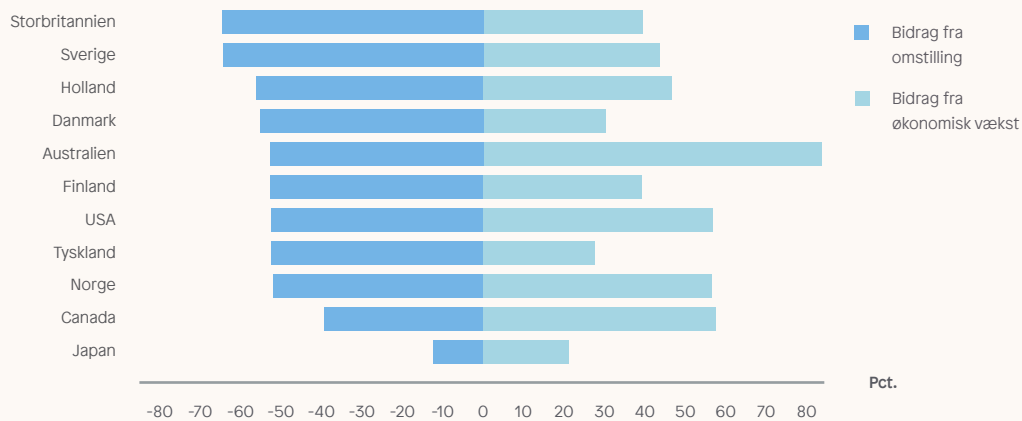


Figur 3.14

Danmarks og ti sammenlignelige landes samlede drivhusgasudledning i forhold til BNP i 1990 og 2012 målt i kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter pr. dollar. Denne ratio kaldes også økonomiens udledningsintensitet.

Anm.: BNP er målt i reale 2010-priser.

Kilde: EEA, Eurostat, OECD samt egne beregninger.



Figur 3.15

Danmarks og ti sammenlignelige landes procentvise ændring i drivhusgasudledningen fra 1990 til 2012 opdelt i bidraget fra økonomisk vækst, det vil sige øget BNP, og bidraget fra omstillingen af økonomien, det vil sige mindre udledning i forhold til BNP.

Anm.: Summen af "Bidrag fra omstilling" og "Bidrag fra økonomisk vækst" give den samlede ændring i udledningen som vist i figur 3.13.

Kilde: EEA, Eurostat, OECD samt egne beregninger. Se arbejdspapir på Klimarådets hjemmeside.



Landenes forskellige udgangspunkter i 1990 kan give anledning til diskussion. Det kunne tænkes, at den relativt lille danske omstilling kan forklares med, at det danske potentiale for reduktioner af udledningen var dårligere end nabolandenes i 1990, fordi vi allerede på det tidspunkt havde en lav udledningsintensitet. Med andre ord havde de øvrige lande måske flere lavtstående frugter end Danmark i 1990. Som figur 3.14 viser, var udledningerne relativt til BNP i 1990 dog højere i Danmark end i både Sverige og Norge, som er begunstiget af gode muligheder for vandkraft, men lavere end i fx Tyskland, Holland, Finland og Storbritannien, som alle havde betydeligt mere tung industri end Danmark. Argumentet om de manglende danske lavtstående frugter kan derfor muligvis forklare, hvorfor Storbritannien har klaret sig bedre end Danmark, men det kan ikke forklare den svenske førerposition.

### Danmarks omstilling af energiproduktionen er ikke enestående

Det fortælles ofte om Danmark, at vi i særlig grad har omstillet energiproduktionen til vedvarende energi. Men andre lande har også formået at omstille energiproduktionen til mindre udledende teknologier, hvad enten det er investeringer i vind, sol eller biomasse eller skift fra afbrænding af kul til afbrænding af naturgas.

Energi er den helt afgørende faktor for et lands drivhusgasudledning. Omstillingen af økonomien i en mindre udledende retning er derfor i høj grad et spørgsmål om omstilling af håndtering af energi. Denne omstilling kan deles op i to effekter: mere effektiv udnyttelse af energien og mindre udledning fra den producerede og forbrugte energi. Ved at bryde omstillingsbidraget ned i disse to effekter kan man give et bud på, om vi i Danmark internationalt set har været dygtige til at ændre vores energiforbrug til mere vedvarende energi.

Opsplitningen af omstillingsbidraget tager udgangspunkt i den såkaldte Kaya-identitet. Tabel 3.4 bryder den procentvise ændring i drivhusgasudledningen ned i fire bidrag, hvor både omstillingsbidraget og bidraget fra økonomisk vækst fra figur 3.15 opdeles i to underbidrag. Bidraget fra økonomisk vækst kan opsplittes i et bidrag fra befolkningsvækst og i et bidrag fra øget velstand målt som BNP pr. indbygger. Begge bidrag trækker i retning af øget udledning. Opdelingen viser, at det lille danske bidrag fra økonomisk vækst både skyldes en lille befolkningstilvækst og en relativt svag udvikling i BNP pr. indbygger. Tabellen viser også, at den høje befolkningstilvækst i lande som Australien, Canada og USA er en hovedforklaring på, at disse lande i modsætning til de europæiske lande har øget deres udledninger.

Bidraget fra omstilling nedbrydes også i to underbidrag. Det ene underbidrag kommer fra øget energieffektivitet, det vil sige lavere energiforbrug i forhold til BNP, og trækker i retning af mindre udledning. Det andet underbidrag kommer fra ændret udledning set i forhold til energiforbruget og kan fx skyldes erstatning af kulkraft med vindmøller eller naturgas. Hvis mængden af CO<sub>2</sub> pr. produceret energienhed falder, trækker det selvsagt i retning af mindre udledning.

Det særligt interessante i tabel 3.4 er opsplitningen af omstillingsbidraget. Danmark opnår et pænt bidrag fra ændret udledning i forhold til energiforbruget,

Kaya-identiteten opdeler drivhusgasudledningen i fire dele. Matematisk kan den skrives som  $U = U/E \cdot E/Y \cdot Y/P \cdot P$ , hvor U er drivhusgasudledningen, E er energiforbruget, Y er BNP og P er befolkningstallet. Identiteten er opkaldt efter den japanske økonom Yoichi Kaya

Pct.	Ændring i drivhusgasudledning	Bidrag fra omstilling		Bidrag fra økonomisk vækst	
		Bidrag fra ændret udledning ift. energiforbruget	Bidrag fra øget energieffektivitet	Bidrag fra øget velstand	Bidrag fra større befolkning
Danmark	-24,8	-24,7	-30,4	22,8	7,6
Sverige	-20,8	-28,0	-36,4	33,6	10,0
Norge	4,5	-29,0	-22,9	38,7	17,8
Finland	-13,3	-29,1	-23,5	31,3	8,0
Tyskland	-24,8	-14,5	-37,8	24,5	3,1
Holland	-9,5	-27,9	-28,2	35,0	11,5
Storbritannien	-25,3	-19,7	-44,8	29,8	9,5
USA	4,3	-7,3	-45,1	32,6	24,0
Canada	18,2	-2,0	-37,2	31,9	25,6
Australien	31,0	-14,9	-37,8	50,0	33,7
Japan	8,8	5,8	-18,0	17,8	3,3

Tabel 3.4

Danmarks og ti sammenlignelige landes procentvise ændring i drivhusgasudledningen fra 1990 til 2012 opdelt i bidrag fra ændret udledningsintensitet i energiproduktionen, øget energieffektivitet, øget velstand (BNP pr. indbygger) og større befolkning.

Anm.: Summen af de fire bidrag giver væksten i drivhusgasudledningen i venstre kolonne.

Kilder: EEA, Eurostat, OECD samt egne beregninger. Se arbejdsrapport på Klimarådets hjemmeside.

men lande som Sverige, Norge, Finland, og Holland har endnu større bidrag herfra. For Sveriges vedkommende skyldes det store bidrag især udfasningen af olie i industri og opvarmning, mens man frem for kul og olie i stadig større grad bruger biomasse i Finland og naturgas i Holland. I Danmark har vi reduceret vores brug af kul siden 1990, men ca. 40 pct. af el- og fjernvarmeproduktionen er stadig baseret på kul.<sup>2</sup> Man må dog huske, at et lands samlede udledning indeholder dele, som ikke er knyttet til energiforbruget. Det gælder særligt udledningerne fra landbruget, som fylder meget i Danmark. Derfor skal man være varsom med at læse for meget ud af bidraget fra ændret udledning i forhold til energiforbruget.

Det danske bidrag fra forbedret energieffektivitet er lavere end det tilsvarende bidrag i lande som fx USA, Storbritannien og Sverige. Det viser, at vi ikke har formået at reducere energiforbruget i pct. af BNP i samme grad som disse lande. Med til denne historie hører dog, at Danmark i både 1990 og 2012 havde det mindste energiforbrug i forhold til BNP af alle lande i tabel 3.4. Det indikerer, at Danmark allerede før 1990 har ydet en indsats for at forbedre energieffektiviteten.



“ Det fortælles ofte om Danmark, at vi i særlig grad har omstillet energiproduktionen til vedvarende energi. Men andre lande har også formået at omstille energiproduktionen til mindre udledende teknologier, hvad enten det er investeringer i vind, sol eller biomasse eller skift fra afbrænding af kul til afbrænding af naturgas.

### Den danske omstilling er også drevet af ændret erhvervs sammensætning

Bidraget fra omstillingen skyldes ikke kun overgang til vedvarende energi og energieffektivisering. Også ændringer i erhvervs sammensætningen har betydning. Hvis et land forskyder sin produktion mod sektorer med lille drivhusgasudledning, vil den samlede udledning alt andet lige reduceres. Et eksempel er forskydningen fra industrierhverv til serviceerhverv, som de fleste lande har oplevet de seneste mange årtier.

En ændret erhvervs sammensætning kan skyldes, at vi forbruger anderledes, og at produktionen derfor tilpasser sig. Hvis vi forbruger mindre udledende varer og tjenesteydelser, opstår en reel gevinst for det globale klima. Produktionen kan dog også ændre sig, selv om forbrugsmønstrene ikke gør. Det sker, når den internationale arbejdsdeling forrykkes, fx når vi i højere grad får vores CO<sub>2</sub>-intensive industriprodukter fremstillet i Østen. Hvis udflytningen af CO<sub>2</sub>-intensiv produktion skyldes national klimapolitik, er der tale om CO<sub>2</sub>-lækage. Det hjælper ikke det globale klima.

Tabel 3.5 bryder den procentvise ændring i drivhusgasudledningen ned på en anden måde end tabel 3.4. Omstillingsbidraget er nu opdelt i underbidrag fra ny teknologi og fra ændret erhvervs sammensætning. Førstnævnte bidrag kommer fra overgang til vedvarende energi og mere energieffektive processer i industri og husstande, som sænker udledningerne pr. produceret enhed inden for den enkelte sektor. Sidstnævnte bidrag skyldes som nævnt forskydninger mellem udledningsintensive og mindre udledningsintensive erhverv. Tabellen indeholder kun europæiske lande, da der ikke findes sammenlignelige tal for landene uden for Europa. Danmark er det land ud af tabellens syv lande, som får det største bidrag til udledningsreduktionen fra ændret erhvervs sammensætning. Den danske erhvervsstruktur er altså i højere grad i de øvrige lande blevet

Pct.	Ændring i drivhusgasudledning	Bidrag fra omstilling		Bidrag fra økonomisk vækst	
		Bidrag fra ny teknologi	Bidrag fra ændret erhvervs sammensætning	Bidrag fra øget velstand	Bidrag fra større befolkning
Danmark	-24,8	-28,0	-27,1	22,8	7,6
Sverige	-20,8	-54,8	-9,6	33,6	10,0
Norge	4,5	-38,2	-13,7	38,7	17,8
Finland	-13,3	-42,7	-9,9	31,3	8,0
Tyskland	-24,8	-51,4	-0,9	24,5	3,1
Holland	-9,5	-31,8	-24,3	35,0	11,5
Storbritannien	-25,3	-42,9	-21,6	29,8	9,5

Tabel 3.5

Danmarks og seks sammenlignelige landes procentvise ændring i drivhusgasudledningen fra 1990 til 2020 opdelt i bidrag fra ny teknologi, ændret erhvervs sammensætning, øget velstand (BNP pr. indbygger) og større befolkning.

Anm.: Summen af de fire bidrag giver væksten i drivhusgasudledningen i venstre kolonne. Bidraget fra ændret erhvervs sammensætning vil altid afhænge af graden af opdeling af erhvervene. I denne analyse er økonomien opdelt i elleve erhverv.

Kilde: EEA, Eurostat, OECD samt egne beregninger.

forskudt i en mindre udledningsintensiv retning, blandt andet ved at serviceerhvervene har vundet frem på bekostning af industri og landbrug. Også Holland og Storbritannien har oplevet en betydelig vækst i serviceerhvervenes andel af den samlede økonomi.

Der findes ikke en entydig måde at udregne bidraget fra ændret erhvervs sammensætning på. Det vil altid afhænge af, hvor fint erhvervene er opdelt. I denne analyse er økonomien opdelt i elleve erhverv, hvilket betyder, at hvert erhverv indeholder forskellige undererhverv, som kan have oplevet interne forskydninger. Sådanne forskydninger vil i tabel 3.5 indgå i bidraget fra ny teknologi og ikke i bidraget fra ændret erhvervs sammensætning. Men selv med dette forbehold giver tabellen en indikation af, hvor meget ændret erhvervsstruktur har bidraget til landenes udledningsreduktioner.

Søjlen i tabel 3.5 med bidraget fra øget velstand viser, at den svage vækst i det danske BNP pr. indbygger har bidraget til, at vi er et af de lande, der har opnået det største fald i drivhusgasudledningerne. Den lave danske velstandsstigning afspejler, at vi har haft en svag produktivitetsudvikling i den betragtede periode. Man kunne spørge, om det kan skyldes, at vi har ført en mere ambitiøs klima- og energipolitik end andre lande, fx ved at stille større krav til virksomhederne om energibesparelser og omstilling til vedvarende energi eller ved at beskatte energiforbruget hårdere. Hvis dette var årsagen til den svage danske produktivitetsudvikling, ville man vente, at den ringe produktivitetsvækst især havde manifesteret sig i de mest energitunge brancher. Produktivitetskommissionens analyser har imidlertid påvist, at det danske produktivetsproblem primært er koncentreret i de dele af servicesektoren, der kun i ringe grad er udsat for international konkurrence.<sup>3</sup> Disse brancher har et lavt energiforbrug pr. produceret enhed. Der er derfor ikke grund til at tro, at den lave danske produktivitetsvækst og deraf følgende forbedring af vores klimaregnskab kan forklares ved, at vi har ført en (over)ambitiøs klimapolitik.

Vurderingen af de nationale klimaindsatser er løbende genstand for diskussion. Hvis klimapolitiske tiltag betyder, at CO<sub>2</sub>-intensiv industri flytter til andre lande, hvorfra de samme forbrugsgoder blot importeres, reduceres den globale udledning ikke. Det medfører i stedet den forømtalte CO<sub>2</sub>-lækage. Klimatiltag, som resulterer i CO<sub>2</sub>-lækage, bør dog medregnes i landenes klimaindsats, hvis man vil opgøre de nationale udledninger. Det er typisk nationale udledninger, der er i fokus i klimamålsætninger og -forpligtigelser. Derimod bør sådanne tiltag ikke medregnes, hvis man fokuserer på de globale udledninger. Derfor er det et emne for diskussion, om bidraget fra ændret erhvervs sammensætning bør tages i betragtning, når verdens klimaduks skal kåres. Særligt fordi dette bidrag er et resultat af mange andre forhold end lige klimatiltag.

Hvordan skal man overhovedet definere et lands udledning af drivhusgasser? Klimamålsætninger for Danmark fokuserer på udledningerne fra dansk grund, men det geografiske fokus kan diskuteres. Nogle vil påpege, at den danske klimaindsats slet ikke skal måles ud fra udledningen fra dansk grund, men ud fra udledningen forårsaget af vores forbrug, uanset hvor i verden vores forbrugsgoder stammer fra. Der er dog metodiske vanskeligheder ved at måle den forbrugsrelaterede udledning. Dertil kommer, at Danmarks målsætninger alle vedrører

vores egen, nationale udledning, blandt andet fordi den er nemmere for os at regulere. Derfor er det den, som Klimarådet i denne rapport beskæftiger sig med.

### **Danmark er ikke klodens eneste klimaduks**

Det er en kompliceret øvelse at sætte tal på Danmarks klimaindsats. Der eksisterer ikke én sandhed, men ikke desto mindre kan denne analyse give en indikation af den danske klimaindsats sammenlignet med landene omkring os.

Den danske omstilling af økonomien i en mere klimavenlig retning har været betydelig, men det har også været tilfældet i andre lande. Danmark er et af de rige lande, som har reduceret udledningen mest siden 1990, men det skyldes ikke kun omstilling af økonomien, men også at vores økonomi ikke er vokset så hurtigt som økonomien i landene omkring os. Der er derfor ikke belæg for, at Danmark ligger foran alle andre, når det gælder klimaindsats. Det hører dog med til historien, at Danmark allerede i 1990 var et af de lande, der havde lavest udledning i forhold til økonomiens størrelse. Det gode udgangspunkt kan have gjort det sværere at opnå yderligere reduktioner.

I Danmark bryster vi os ofte af, at vi har været særdeles gode til at omstille vores produktion til mindre udledende teknologier. Ser man på udviklingen siden 1990, peger tallene dog ikke på, at Danmark har ydet en større indsats på dette punkt end andre sammenlignelige europæiske lande – snarere tværtimod. Den danske reduktion i udledningerne skyldes i høj grad, at vi har ændret vores erhvervsstruktur mod erhverv, der udleder færre drivhusgasser. Denne effekt er også til stede i de øvrige lande, men den har været særligt fremtrædende i Danmark.

Der er naturligvis aspekter af klimaindsatsen, som ikke afspejles af de nationale udledninger. Et eksempel på dette er eksport af grønne teknologier, produkter og tjenesteydelser. Danmarks Statistik har estimeret den danske grønne eksport i 2014 til 72 mia. kr.<sup>4</sup> Maskinindustrien stod for hovedparten af eksporten, især i form af vindmøller. De 72 mia. kr. svarer til ca. 3,7 pct. af BNP. Til sammenligning havde Tyskland og Sverige en grøn eksport på henholdsvis 0,9 pct. og 1,1 pct. af BNP.<sup>5</sup> Disse tal viser, at Danmark bidrager mere til den globale klimaindsats gennem vores eksport end andre lande.

Så er Danmark førende på klimaområdet? Vi har gjort en betydelig indsats på klimaområdet, men vi står ikke alene. Danmark er altså ikke en ensom udbryder på klimaområdet, men snarere del af en udbrydergruppe sammen med andre ambitiøse lande.

” Den danske omstilling af økonomien i en mere klimavenlig retning har været betydelig, men det har også været tilfældet i andre lande. Danmark er et af de rige lande, som har reduceret udledningen mest siden 1990, men det skyldes ikke kun omstilling af økonomien, men også at vores økonomi ikke er vokset så hurtigt som økonomien i landene omkring os.

### 3.5 Konklusioner og anbefalinger

Kapitlet har redegjort for status for de danske klimamålsætninger og analyseret dels omkostningerne ved at overholde det nationale mål om en drivhusgasreduktion på 40 pct. i 2020 og dels den danske reduktionsindsats i forhold til sammenlignelige lande.

#### Hovedbudskaberne i kapitlet er:

- Hvis målet om et lavemissionssamfund i 2050 skal nås, vil alle sektorer blive nødt til at reducere deres udledninger betydeligt i de kommende årtier.
- Danmark vil opfylde sine internationale klimapolitiske forpligtelser frem mod 2020.
- Baseret på den seneste fremskrivning ventes Danmarks udledning af drivhusgasser at være reduceret med ca. 37 pct. i 2020 i forhold til niveauet i 1990. Uden yderligere initiativer end de allerede besluttede forventes det derfor ikke at være muligt at opfylde det nationale mål om en 40 procents reduktion i 2020, som et flertal i Folketinget står bag.
- Det er næppe afgørende for muligheden for at opfylde det langsigtede klimapolitiske mål for 2050, om Danmarks udledning af drivhusgasser i 2020 er reduceret med 37 pct. eller 40 pct. relativt til 1990. Den akkumulerede udledning – som er det afgørende for klimaforandringerne – vil dog være højere, hvis reduktionerne udskydes.
- Klimarådet har med udgangspunkt i ministeriernes klimapolitiske virkemiddelkatalog samt egne beregninger af potentialet i udbredelsen af varmepumper sammensat to pakker af eksempler på virkemidler, der skønnes at kunne sikre opfyldelse af 40-procentsmålsætningen.
- I Klimarådets "omkostningsminimeringspakke" udvælges de virkemidler, der tilsammen vil sikre de lavest mulige samfundsøkonomiske omkostninger ved realisering af 40-procentsmålet. Denne pakke skønnes at medføre en samfundsøkonomisk gevinst på ca. 1,1 mia. kr. årligt, når man medregner sidegevinsterne ved et renere vandmiljø som følge af reduktionstiltag i landbruget – og en årlig samfundsøkonomisk omkostning på lidt over 300 mio. kr., hvis der ses bort fra sideeffekter. Pakken vurderes at indebære årlige merudgifter for staten og erhvervene på henholdsvis ca. 900 mio. og 300 mio. kr., mens husholdningerne skønnes at få en årlig merindtægt på knap 900 mio. kr.
- Det vil dog være muligt at udjævne merindtægter og merudgifter mellem de tre sektorer ved supplerende skatter eller afgifter. Eksempelvis kan den aktuelle trængte økonomiske situation i landbruget tilsige, at erhvervet ikke belastes for hårdt. Det kan ske ved at kompensere landbruget for omkostningskrævende reduktionskrav eller ved at friholde landbruget for reduktioner.

- I Klimarådets "ikke-landbrugspakke" friholdes landbruget helt fra at bidrage til opfyldelse af 40-procentsmålet. Denne pakke omfatter de virkemidler uden for landbruget, som sikrer en minimering af de samfundsøkonomiske omkostninger ved at reducere udledningerne, så 40-procentsmålet nås. De samfundsøkonomiske omkostninger vurderes at være på lidt under 150 mio. kr. årligt. Pakken skønnes umiddelbart at medføre statslige merudgifter på knap 900 mio. kr. årligt, en lille merindtægt for erhvervene og en merindtægt for husholdningerne på knap 850 mio.
- Beregninger på den makroøkonomiske model ADAM viser, at beskæftigelsen på kort sigt kan øges med omkring 1.000 personer ved en gennemførelse af omkostningsminimeringspakken og med op til 3.000 personer ved en gennemførelse af ikke-landbrugspakken. I disse beregninger er der taget hensyn til omkostningerne for staten og erhvervene ved finansiering af klimatiltagene.
- Selvom beregningerne er forbundet med betydelig usikkerhed, peger de på, at det er muligt at opfylde 40-procentsmålet uden store samfundsøkonomiske omkostninger. Beregningerne viser endvidere, at det vil være samfundsøkonomisk dyrt at friholde landbruget fra at bidrage til reduktionerne.
- Danmark ventes i medfør af EU's klimapolitiske målsætning for 2030 at blive pålagt at reducere udledningerne af drivhusgasser fra den ikke-kvoteomfattede sektor med 36-40 pct. i 2030 i forhold til niveauet i 2005. Der skal gennemføres en række reduktionstiltag inden 2030 for at opfylde dette. Opfyldelse af det nationale 2020-mål kan derfor i stort omfang ses som en fremrykning af reduktionsomkostninger, som under alle omstændigheder skal afholdes.
- Sammenholdt med ti sammenlignelige lande er Danmark sammen med Storbritannien og Tyskland det land, der har reduceret drivhusgasudledningen mest siden 1990.
- Danmarks relativt store reduktion skyldes dog et stykke af vejen, at vi har haft en svagere økonomisk vækst end de fleste andre lande i analysen. Ser man på analysens mål for landenes klimaindsats siden 1990, ligger Danmark kun i midterfeltet af analysens elleve sammenlignelige lande. Danmark er altså ikke en ensom udbryder på klimaområdet, men snarere del af en udbrydergruppe sammen med andre ambitiøse lande.

På baggrund af kapitlets konklusioner vurderer Klimarådet, at det ikke er afgørende for muligheden for at opfylde det langsigtede klimapolitiske mål for 2050, om reduktionen af det danske drivhusgasudslip fra 1990 til 2020 bliver 37 pct. eller 40 pct., forudsat at det historiske tempo i de danske reduktioner kan fastholdes på længere sigt. En opfyldelse af reduktionsmålet på 40 pct. kan imidlertid styrke troværdigheden af den politiske vilje til at nå det langsigtede klimamål for 2050, hvilket kan styrke tilliden blandt de investorer, der skal foretage langsigtede investeringer, for at målet kan nås. Endvidere kan der være en samfundsøkonomisk gevinst ved at opfylde målet.

Klimarådet anbefaler på denne baggrund, at

- det nationale mål om en reduktion af den danske drivhusgasudledning med 40 pct. i 2020 i forhold til 1990 fastholdes.



4

Langsigtede udfordringer  
i dansk klimapolitik

Omstillingen til et lavemissionssamfund kræver en skærpet indsats på en lang række områder såsom el og varme, transport, landbrug, bygninger og affald. Samtidig vil omstillingen til et energisystem baseret på vedvarende energi kræve et meget tættere samspil mellem sektorerne.

Et centralt indsatsområde er udfasning af fossile brændsler i energisystemet, da produktion af elektricitet og varme er en af de vigtigste årsager til udledning af drivhusgasser i Danmark. Omstillingen af denne produktion til vedvarende energi har efterhånden været i gang i en del år, men der er stadig lang vej til fossilfri el og varme og en del udfordringer, der skal håndteres.

En omstilling af energisystemet indebærer også, at transportsektoren frem mod 2050 skal begynde at køre på nye brændstoffer eller el baseret på vedvarende energi. Denne udvikling er ikke for alvor kommet i gang endnu, og omstillingen af transportsektoren er derfor en af de helt store udfordringer på vejen mod et lavemissionssamfund.

Desuden kan forbrænding af affald til el- og fjernvarme-produktion bidrage til at nedbringe CO<sub>2</sub>-udledningerne, hvis det fortrænger fossile brændsler. Der er dog øget fokus på genanvendelse af affald, hvorfor man må afveje de mulige ressourcebesparelser og miljøgevinster ved genanvendelse over for den værdi og klimagevinst, som det giver at bruge affaldet til produktion af energi.

Energi- og transportsektoren kan ikke alene levere tilstrækkelige reduktioner frem mod 2050. Landbruget står ligeledes for en betydelig del af de danske drivhusgasudledninger, og der er derfor også behov for reduktioner her. Samtidig kan landbruget spille en større rolle som leverandør af biomasse til energisystemet.

I samspil med omstillingen af energisystemet til vedvarende energi vil det sandsynligvis være nødvendigt at nedbringe energiforbruget for at sikre en omkostningseffektiv omstilling. Her spiller bygninger en central rolle, da en stor del af energiforbruget sker i husholdningerne og i erhvervene. Bygninger kan desuden få en vigtig rolle i et energisystem med en høj andel af fluktuierende energi, hvis der kan skabes muligheder for fleksibelt energiforbrug.

Det står klart, at der er mange udfordringer på vejen mod 2050. For nogle af disse udfordringer tegner der sig et billede af forskellige løsninger, og her handler det om at få skabt de rette rammer for udviklingen. På andre områder er løsningerne endnu ikke oplagte. Klimarådet vil i kommende rapporter bidrage med analyser af disse udfordringer og komme med anbefalinger til vejen frem.







## 4.1 Samspil mellem sektorerne

Opfyldelse af målet om et lavemissionssamfund i 2050 kræver en udfasning af fossile brændsler i energisystemet. En sådan omstilling forudsætter en større grad af samspil mellem sektorerne i takt med, at vedvarende energi kommer til at spille en større rolle i energisystemet. Det øgede samspil mellem sektorerne kræver sam-tænkning af virkemidler på tværs af energisystemet og den øvrige økonomi.

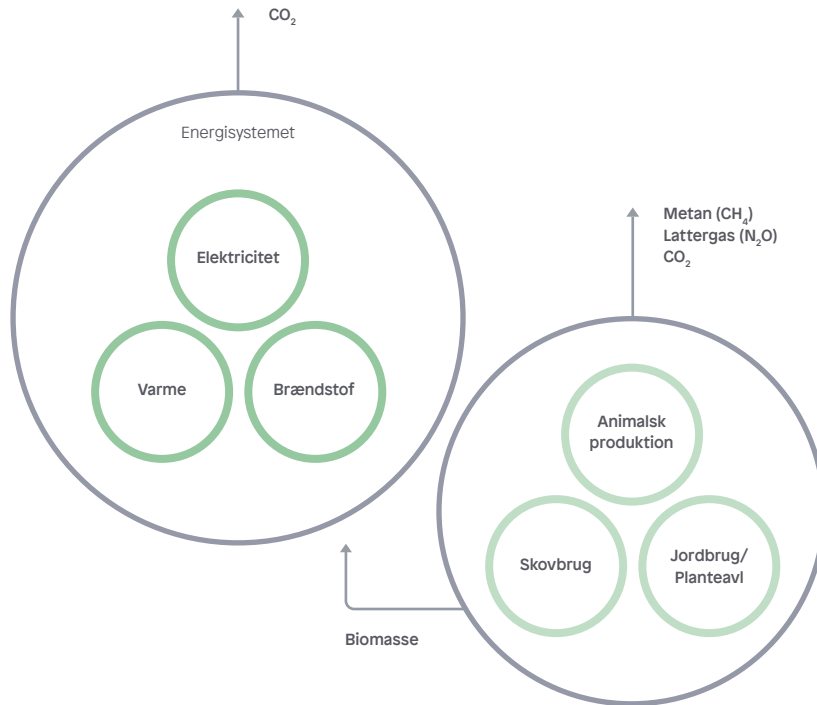
Danmark har et langsigtet mål om et lavemissionssamfund, hvor udledningen af drivhusgasser skal reduceres markant frem mod 2050. Det kræver omstilling i alle sektorer af økonomien i større eller mindre grad. Nogle problemstillinger handler ikke kun om én enkelt sektor, men er tværgående. I takt med at sektorerne omstilles, vil der opstå behov for samarbejde på tværs. Dette gælder særligt i energisystemet, som omfatter produktion og forbrug af energi på tværs af økonomien.

### **De danske drivhusgasudledninger er hovedsagligt energirelaterede eller relateret til land- og skovbrug**

Der er grundlæggende to former for drivhusgasudledninger, som illustreret i figur 4.1. Den første, som inkluderer størstedelen af udledningen af drivhusgasser, er relateret til energi, først og fremmest som følge af forbrænding af fossile brændsler til produktion af el og varme og forbrænding af brændstof til transport og i industrien. De energirelaterede drivhusgasser er hovedsageligt CO<sub>2</sub>. Den anden form for udledninger er ikke relateret til energi, men stammer fra animalsk produktion, planteavl og skovbrug, hvor drøvtyggenes fordøjelsessystem samt anvendelse af gylle og anden gødning resulterer i udledning af metan (CH<sub>4</sub>) og lattergas (N<sub>2</sub>O). Dertil kommer også CO<sub>2</sub>-påvirkningen fra ændret arealanvendelse.

Reduktion af de energirelaterede og ikke-energirelaterede drivhusgasudledninger er forskellige problemstillinger, som skal løses med forskellige metoder. Alligevel er der overlap, når fx biomasse fra skovbrug udnyttes til energiformål og dermed påvirker energisystemets udledninger. Omstillingen til et lavemissionssamfund må betragtes som en fælles udfordring for alle sektorer, og mulighederne for samspil imellem energisystemet og den øvrige økonomi kan med fordel udnyttes.

Fremstilling og brug af biogas er et eksempel på samspil imellem de energirelaterede og ikke-energirelaterede udledninger. Biogas kan produceres på basis af restprodukter fra landbruget og fra organisk affald. Ved bioforgasning reduceres den naturlige udledning af metan fra restprodukterne. Biogas kan bruges til transport, i industrien eller den kan oplagres og anvendes til produktion af varme og el, når vind- og solenergi er en mangelvare. Restprodukterne fra biogasproduktion kan samtidig tilbageføres til landbruget, hvor næringsstofferne kan indgå i jordbrugets naturlige kredsløb. Et spildprodukt fra én sektor er på den måde blevet en ressource for en anden.



Figur 4.1

Udledninger af drivhusgasser er hovedsageligt enten energirelaterede, det vil sige fra forbrænding af fossile brændsler i energisystemet, eller stammer fra skovbrugets og landbrugets produktion og arealanvendelse. Karakteren af de to former for udledning er forskellig, men de er alligevel forbundne fx ved energiudnyttelse af biomasse, som stammer fra jord- eller skovbrug.

Anm.: Dertil kommer små ikke-energirelaterede udledninger fra industrien. Disse er ikke vist i figuren.

### Et lavemissionssamfund skal udfase næsten alle fossile brændsler i energisystemet

Omstilling af energisystemet er afgørende for at realisere målet om et lavemissionssamfund. Energisystemet omfatter de væsentligste strømme af energi i økonomien. Dette inkluderer såvel produktion, distribution og lagring af el, varme, gas og øvrige brændstoffer som forbrug i husholdninger, erhverv og til transportformål.

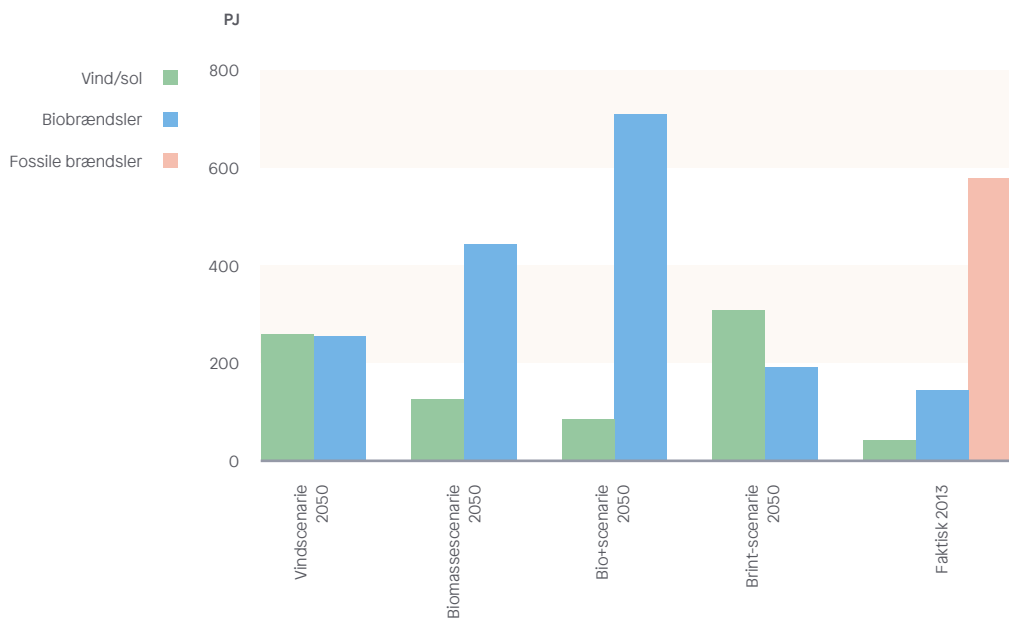
For at leve op til målet om et lavemissionssamfund skal der ske en udfasning af brugen af fossile brændsler på tværs af energisystemet. Regeringen har som målsætning, at Danmark i 2050 skal være uafhængig af fossile brændsler. Målsættningens præcise ordlyd åbner dog op for brug af fossile brændsler i begrænset omfang, som det diskuteres i kapitel 2, men det er vanskeligt at forestille sig et lavemissionssamfund, som ikke bygger på et energisystem, der i al væsentlighed er baseret på vedvarende energi. Erstatning af fossile brændsler med CO<sub>2</sub>-neutrale energiformer er en særlig udfordring i transporten og industrien, som begge i dag er afhængige af flydende brændstoffers store energiindhold. En andel af disse sektors energiforbrug vil kunne erstattes af elektricitet produceret fra vedvarende energikilder, men på trods af en øget elektrificering i samfundet vil der stadig være behov for en vis mængde brændsel fra biomasse eller biobrændsler. Elektricitet vil blive en afgørende energibærer i et fremtidigt



lavemissionssamfund, men brændstoffer produceret på biomasse vil også spille en betydende rolle.

Energistyrelsen har udarbejdet fire scenarier, som giver hver deres bud på et fossilfrit energisystem i 2050, hvor energien kommer fra vind, sol og biomasse.<sup>1</sup> Fordelingen af det samlede bruttoenergiforbrug i scenarierne er vist i figur 4.2 opgjort i PJ. Selvom elektricitet fra vind og sol er afgørende teknologier, fylder biomasse en stor del i alle scenarier. Det skyldes, at selv i de scenarier, der opererer med en stor vindkapacitet, skal der stadig produceres el på kraftværker i vindstille perioder. Dertil kommer, at produktionen af brændstof til den del af energisystemet, som vanskeligt kan konverteres til el, skal bruge en kulstofkilde i form af biomasse. I vindscenariet er forbruget af biobrændsler begrænset til, hvad Danmark realistisk set kan levere, hvis vi fortsat skal producere fødevarer i samme omfang som i dag. Derimod kræver biomassescenariet og bio+scenariet en betydelig import af biomasse. Hvad enten energisystemet indrettes på at benytte importeret biomasse eller ej, vil landbruget i endnu højere grad end i dag være en bidragyder til fremtidens energisystem.

Biomasse vil ikke kun spille en rolle til energiformål i et fossiluafhængigt samfund. Olie og andre fossile brændsler bruges i dag til fremstilling af en lang række ikke-energirelaterede produkter som fx kemikalier og plastik. Udnyttelse af biomasse kan have samme funktion i fremtidens lavemissionssamfund, hvor bioraffinaderier udnytter biomassen til fremstilling af produkter til industrien såvel som til energiformål. En sådan anvendelse kan hjælpe til at udnytte biomasseresourcerne optimalt fx ved at fremstille kemikalier af høj værdi, før resten udnyttes til energiformål.



Figur 4.2

Bruttoenergiforbruget fordelt på kilder i Energistyrelsens 2050-scenarier og faktisk i 2013. I scenarierne for 2050 er alle fossile brændsler udfaset. Biobrændsler spiller en stor rolle i alle 2050-scenarierne.

Kilde: Energistyrelsen.

### Fremtidens energisystem vil have større grad af samspil mellem sektorerne

I takt med at fossile brændsler udfases, vil energisystemet komme til at se væsentligt anderledes ud, end det gør i dag. Energisystemet har allerede gennemgået en transformation siden 1970'erne, hvor det var præget af skarpt adskilte sektorer som illustreret i figur 4.3. Transportsektoren leverede transportydelser ved energitilførsel af benzin og diesel, mens el- og varmeproduktionen primært var baseret på olie.

I dag er billedet af energisystemet mere varieret. El er langsomt ved at blive et drivmiddel i transporten. Elproduktion fra kraftvarmeverker er suppleret med elproduktion fra vindmøller og solceller. El-transmissionskabler til udlandet har åbnet op for samhandel med de øvrige europæiske elmarkeder. På kraftvarmeverkerne forbrændes foruden kul og gas også affald og biomasse. Biomassen stammer både fra landbruget i form af fx halm og fra import i form af fx træpiller. Produktion af el og varme fra affald og biomasse er et eksempel på et samspil mellem for adskilte sektorer, der allerede nu gør sig gældende.

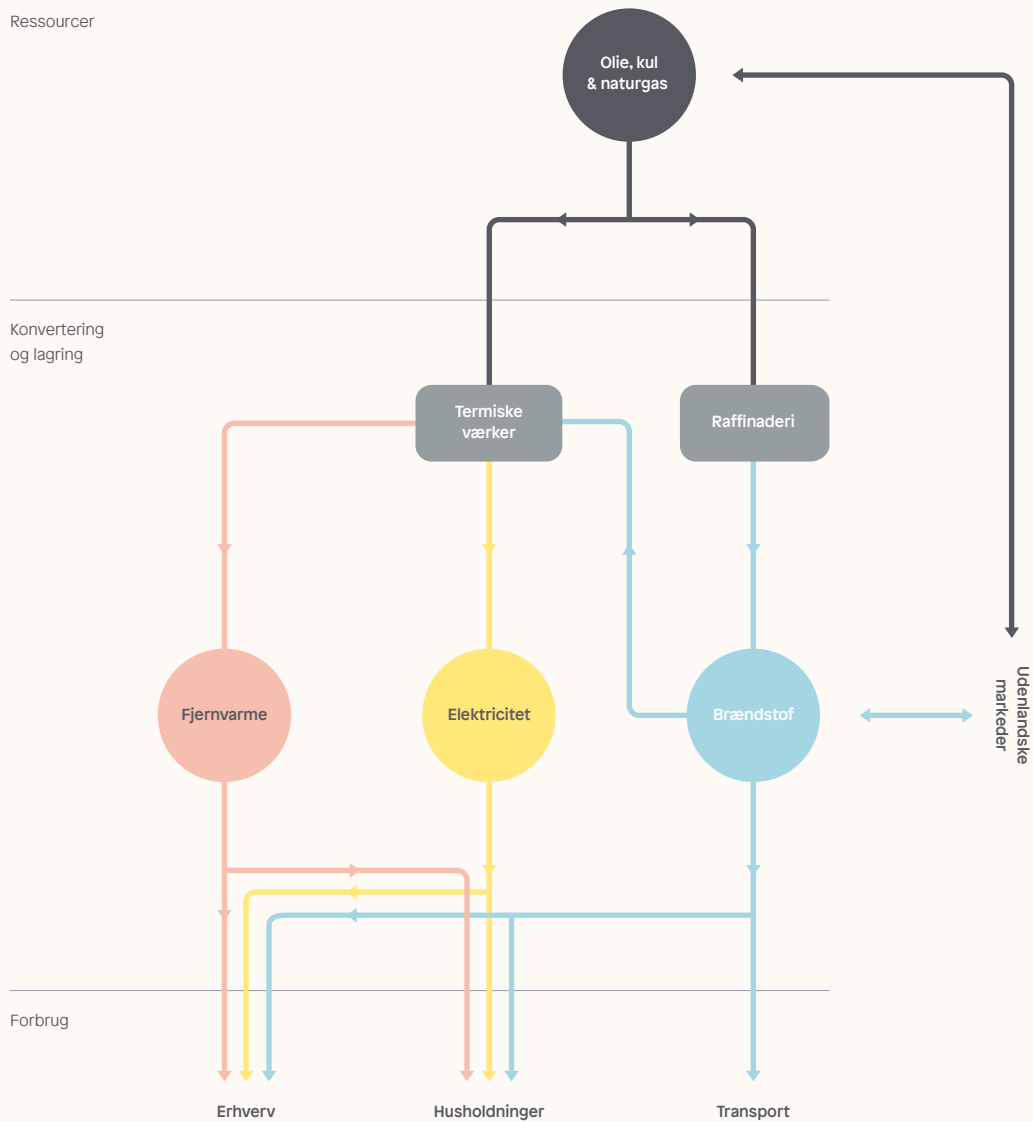
Fremtidens energisystem vil få en endnu større grad af samspil. Figur 4.4 viser en skitse af et fossilfrit energisystem, som det kan se ud i 2050. I illustrationen udelades fossil energi, men den vil kunne indgå i begrænset omfang. Elektricitet vil være den centrale bærer af energi og vil blive brugt på tværs af sektorerne til varmeproduktion i effektive varmepumper, i transportsektoren og sammen med biomasse til produktion af brændstof. Der vil altså være sket en gennemgribende elektrificering af energisystemet. De fossile brændsler vil være erstattet af biomasse og syntetiske brændstoffer. Biomasse vil som i dag blive brugt på termiske værker, men også til produktion af brændstoffer til de formål, hvor elektrificering er vanskelig. Andre sektorer vil også bidrage med energi og ressourcer til dette. Fx vil affald i større grad end i dag kunne bruges til produktion af biogas og til procesenergi i industrien, og spildvarme herfra vil kunne genanvendes i fjernvarmen.

I et energisystem båret af elektricitet produceret af vind, sol og biomasse er der øget behov for energilagring. Det er der primært to årsager til. For det første er der også behov for el og varme, når vinden ikke blæser, og solen ikke skinner. For det andet kan en del af energiforbruget ikke umiddelbart elektrificeres. Der er altså behov for at kunne lagre energien fra elproduktionen eller supplere den med en anden energikilde, fx fra biomasse. Energilagring kan ske som lagring af elektricitet i batterier eller ved at omdanne el til brændstoffer eller varme. Det eksisterende fjernvarmenet samt naturgasnettet og de nuværende gaslagre kan bidrage til infrastrukturen i denne lagring. Behovet for energilagring kan endvidere mindskes gennem forskudt, fleksibelt elforbrug eller ved øget udveksling af el med udlandet. Alle disse aktiviteter kræver et samspil imellem forskellige sektorer, fx ved at varmelagre kan levere varme i tilfælde af lav elproduktion og dermed aflaste efterspørgslen på el.

Det øgede samspil imellem sektorerne stiller krav til større grad af samtænkning af virkemidlerne på tværs af energisystemet. En omkostningseffektiv vej til et lavemissionsamfund kræver systemfokus frem for snævert fokus på hver sektor for sig. I de næste afsnit ser Klimarådet på udfordringerne i vigtige sektorer, men har stadig øje for, hvordan sektorerne påvirker hinanden.

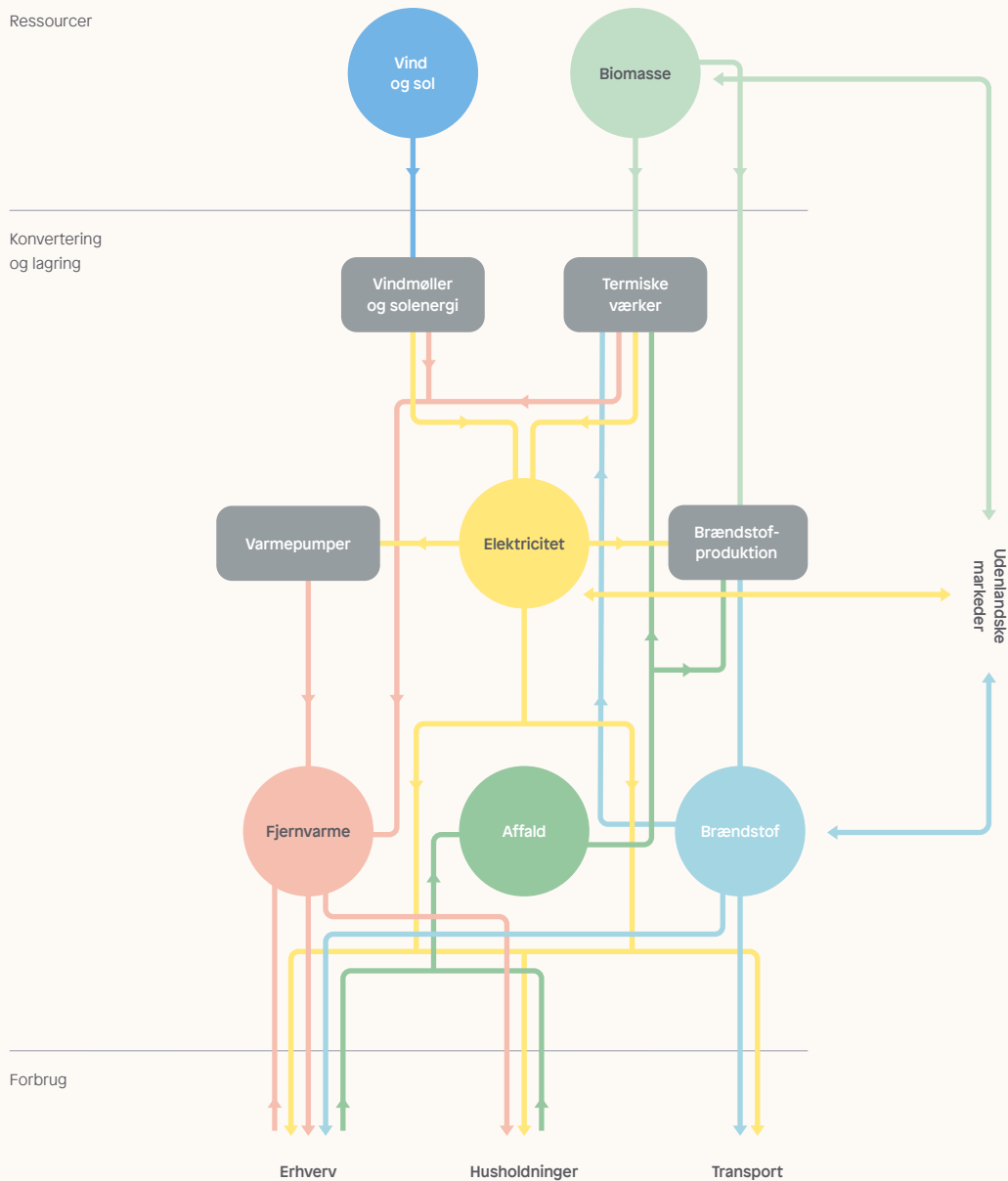
Termiske værker er en fællesbetegnelse for værker, som producerer el, varme eller en kombination af de to ved forbrænding af fossilt eller biobaseret brændsel, for eksempel naturgas eller træpiller. De termiske værker inkluderer både centrale og decentrale værker.

Procesenergi er energi, som direkte medgår til fremstilling af fysiske produkter. Procesenergi er en vigtig del af industriens energiforbrug. Ved en fremstillingsproces kan der være særlige krav til den type energi, der benyttes, fx krav til særligt høje temperaturer. Disse kan ofte kun opnås med brændsler med højt energiindhold. Dette kan vanskeligt elektrificeres, men kan erstattes af biomassebaserede brændstoffer som fx biogas, der har samme egenskaber som naturgas.



Figur 4.3

Skitse af energisystemet i 1970'erne. Energisystemet omfatter her produktion, konvertering og lagring samt forbrug af brændstoffer, el og varme. Olie, gas og kul er eneste primære energikilder. Olie raffineres til brændstoffer, typisk benzin og diesel, til transport og erhvervsformål, mens fyringsolie benyttes til individuel opvarming i husholdningerne.



Figur 4.4

Skitse af energisystemet, som det kan se ud i 2050. Der vil i fremtiden opstå flere tilfælde af samspil imellem sektorerne. Fossile brændsler antages her udfaset og benyttes kun i mindre mængde til særlige formål. El produceres i høj grad af vind- og solenergi. Transmissionskabler muliggør samhandel med de øvrige europæiske markeder. Elektricitet benyttes på tværs af sektorerne til fx transportformål og til produktion af varme og brændstof. Brændstof produceres ligeledes af biomasseresourcer fra landbruget. Affald og spildvarme fra industrien indgår også i energisystemet, idet det udnyttes til energiformål.

• • • • •  
• • • • •  
• • • • •  
• • • • •  
• • • • •  
• • • • •  
• • • • •  
• • • • •  
• • • • •  
• • • • •  
• • • • •  
• • • • •

” Det øgede samspil imellem sektorerne stiller krav til større grad af samtænkning af virkemidlerne på tværs af energisystemet. En omkostningseffektiv vej til et lavemissionssamfund kræver systemfokus frem for snævert fokus på hver sektor for sig.

## 4.2 El- og varmesektoren

Produktion af elektricitet og varme er en af de vigtigste årsager til udledning af drivhusgasser i Danmark. Forbrænding af fossile brændsler til el- og varmeproduktionen står for næsten 40 pct. af de samlede danske drivhusgasudledninger. Omstillingen af denne produktion til vedvarende energi har efterhånden været i gang i en del år, men der er stadig et stykke vej til fossiluafhængig el og varme. En række udfordringer skal klares, før Danmark kan realisere ambitionen om en el- og varmesektor uafhængig af fossile brændsler i 2050.

El- og varmeproduktionen stod i 2013 for næsten 40 pct. af de samlede danske drivhusgasudledninger.<sup>1</sup> Den er altså et af de helt afgørende områder i reduktionsindsatsen. Størstedelen af udledningerne kommer fra centrale og decentrale kraftværker, mens en mindre del kommer fra olie- og naturgasfyr i private husstande og i erhvervene.

El- og varmesektoren er i dag i hastig forandring. Vindmøller erstatter traditionelle kraftværker, mens olie- og naturgasfyr i private hjem må vige til fordel for blandt andet træpillefyr og varmepumper. Ikke desto mindre skal sektoren se helt anderledes ud i 2050, end den gør i dag, hvis ambitionen om et lavemissions-samfund skal indfries. Dette afsnit beskriver de teknologier, der forventes at skulle levere el og varme i fremtidens lavemissions-samfund, og præsenterer tre udfordringer på vejen mod dette fremtidsbillede.

### **Fremtidens el og varme vil mest sandsynligt komme fra vind, sol og biomasse**

Et lavemissions-samfund i 2050 er svært at forestille sig uden en i praksis fossilfri el- og varmesektor. Spørgsmålet er, hvilke teknologier der skal producere fremtidens fossilfri el og varme. Vi kender allerede mange af teknologierne. Energistyrelsen har i sine fremtidige energiscenarier vist, at fossilfrihed kan nås i 2050 med kendte og etablerede teknologier. Men også nye teknologier kan komme på banen inden 2050, og hvis de er samfundsøkonomisk fordelagtige, bør de selvsagt tages i betragtning.

En el- og varmesektor uafhængig af fossile brændsler i 2050 kan baseres på kendte og etablerede teknologier i form af vind, sol og biomasse. El kan produceres af vindmøller og solceller og – når vinden ikke blæser, og solen ikke skinner – ved forbrænding af biomasse i kraftvarmepumper og dedikerede elværker. Varmen kan produceres på biomasse og biogas i kraftvarmepumper, i fjernvarmepumpernes varmekedler og i husstandsfyr, og den kan laves på el via en varmepumpe eller en elpatron placeret enten på et fjernvarmepærk eller hos den enkelte husstand. Overskudsvarme fra industrien kan også bidrage til opvarmningen. El kan indgå i produktionen af syntetiske brændsler. Disse syntetiske brændsler vil i form af fx syntetisk gas kunne tilbageføres til kraftværkerne, blive brændt af og dermed levere el. På den måde udgør de syntetiske

En elpatron laver varme ved at varme vand op med brug af el. Det svarer til en stor dypkoger.

brændsler reelt en mulighed for lagring af el til senere brug. Varme kan lagres i form af opvarmet vand.

Konventionel atomkraft har til dato ikke været anvendt i betydende skala i Danmark i overensstemmelse med en folketingsbeslutning fra 1985.<sup>2</sup> De nuværende omkostninger ved atomkraft gør det ikke attraktivt at ændre beslutningen. Fx skal energiselskabet EDF have 95 øre pr. kWh i statsgaranteret elpris for at opføre og drive atomkraftværket Hinkley Point C i England. Til sammenligning skal Vattenfall kun have 77 øre pr. kWh for havvindmølleparken Horns Rev 3 i Danmark. Nye atomare teknologier som fx thorium-reaktorer kan måske blive anvendelige inden 2050 og give basis for at ændre beslutningen. Det er dog tvivlsomt, om disse teknologier også når at blive et økonomisk attraktivt alternativ til de kendte teknologier. Det samme er tilfældet med CCS og bølgekraft samt geotermi i stor skala. Ikke desto mindre er der grund til konstant at være åben over for den teknologiske udvikling.

CCS står for carbon capture and storage og er en proces, hvor CO<sub>2</sub> fra store udledende enheder som fx kraftværker indfanges og lagres fysisk i geologiske hulrum eller som kemiske forbindelser og dermed ikke udledes til atmosfæren.

Hvis el- og varmesektoren i 2050 skal være uafhængig af fossile brændsler og samtidig være baseret på kendte teknologier, er der generel enighed om, at den vil se ud som beskrevet ovenfor. Hvor meget vindenergi, solenergi og biomasse hver især skal fylde i energisystemet er endnu ikke klarlagt. Ønsket om omkostningseffektivitet tilsiger, at myndighederne gennem teknologineutrale reguleringer, tilskud og afgifter selv lader markedsaktørerne afgøre teknologiernes andele i energimikset. Teknologineutralitet vil sikre, at nye teknologier kan komme i betragtning, når de bliver konkurrencedygtige. Nye og umodne teknologier kan dog støttes i en periode, indtil de kan stå på egne ben.

Hvis vind og sol skal spille en betydelig rolle i fremtidens energisystem, vil det være omkostningseffektivt at benytte elektriciteten herfra i varmeproduktionen. Det kan blandt andet være med varmepumper. Disse kan være placeret centralt og dermed udnytte det eksisterende fjernvarmenet. I områder uden fjernvarme kan varmepumper placeres hos den enkelte husstand, som det allerede i dag ses mange steder. Man kan også forestille sig en kombination af fjernvarme og individuelle varmepumper, hvor lunkent vand sendes ud til forbrugerne og derefter opgraderes til brugstemperatur med varmepumper, hvilket mindsker varmetabet i fjernvarmenettet.

El er en vare, som allerede i dag handles internationalt. Det betyder, at vi ikke altid behøver at søge nationale løsninger på udfordringerne i elsystemet. Hvis vinden ikke blæser, kan det være billigere at købe strøm i udlandet frem for selv at investere i reservekraft. Det er i sidste ende et spørgsmål om forsyningssikkerhed, hvor meget vi skal basere os på kabler til udlandet. Ikke desto mindre er det vigtigt at have de europæiske briller på, når man diskuterer, hvor Danmarks forbrug af el i 2050 skal komme fra.

En række udfordringer skal overkommes for at realisere uafhængigheden af fossile brændsler i produktionen af el og varme. Klimarådet peger i det følgende på tre af de vigtigste.

### En fossiluafhængig el- og varmesektor i 2050 kræver, at vi øger omstillingstempoet

Det er en stor opgave at omstille vores el- og varmesektor til at blive uafhængig af fossile brændsler. Eksempelvis producerer vi i dag vind- og solenergi svarende til ca. 42 PJ.<sup>3</sup> Det er en betydelig mængde, men produktionen fra vindmøller og solceller skal øges svarende til mellem en fordobling og en syvdobling for at nå de scenarier for 2050, som Energistyrelsen har opstillet. Men omstillingen af energisystemet er ikke bare flere vindmøller og solceller. Varmesektoren skal elektrificeres, ligesom den nødvendige biomassekapacitet og flere kabelforbindelser til udlandet skal etableres.

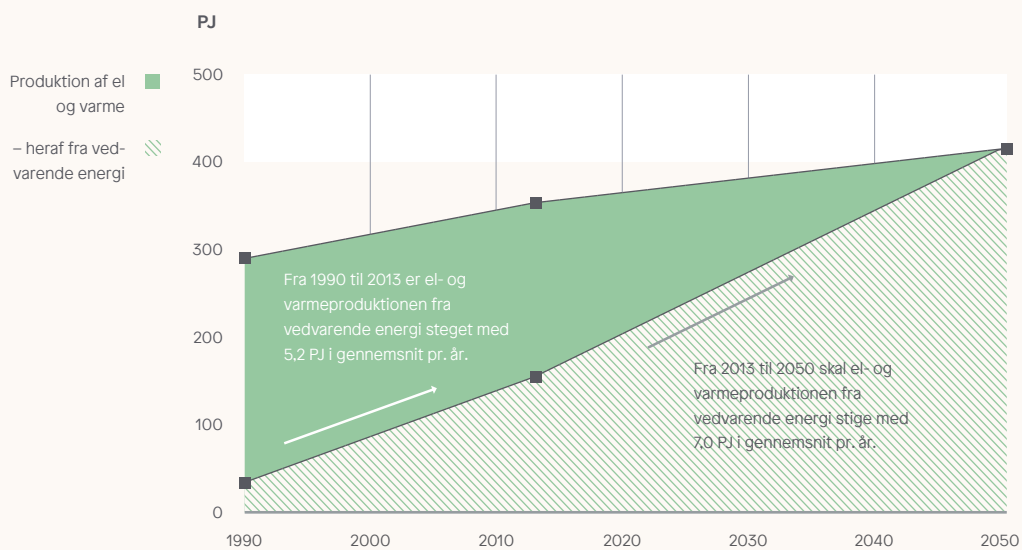
Figur 4.5 giver et overblik over produktionen af el og varme. Denne produktion er vokset siden 1990, og den del, der kommer fra vedvarende energi, er vokset med ca. 5 PJ om året fra 1990 til 2013. Det er en betydelig hastighed i omstillingen af den måde, vi producerer el og varme på. Den danske debat har på det seneste handlet om, hvorvidt denne omstilling har været så markant, at vi nu kan sætte hastigheden ned. Hvis Energistyrelsens vindscenarie bruges som mål for 2050, viser figuren, at produktionen fra vedvarende energi skal stige med ca. 7 PJ årligt de kommende år. Samtidig forudsætter scenariet, at vi skal forbedre energieffektiviteten, så en given mængde varer og tjenester kan produceres med et mindre forbrug af el og varme end i dag. Der er altså reelt ikke rum for en længerevarende og betydelig sænkning af omstillingstempoet.

Figur 4.5 afhænger af det valgte scenarie. Havde man i stedet vist Energistyrelsens biomassescenarie, skal el- og varmeproduktionen fra vedvarende energi kun stige med 4,8 PJ pr. år frem til 2050 – altså en omtrentlig fortsættelse af det hidtidige tempo. Det forholdsvis lave tal skyldes, at transporten ikke elektrificeres i stor stil i biomassescenariet. Dermed er der ikke behov for samme store udbygning af den vedvarende elproduktion. Til gengæld skal der i stedet opføres faciliteter til produktion af biobrændstoffer. Derfor er det rimeligt at konkludere, at uanset valget af scenarie for 2050 skal omstillingshastigheden øges, hvis man vil opnå fossil uafhængighed i 2050.

Hvad er den optimale sti mod fossil uafhængighed i 2050? Figur 4.5 viser stien som en ret linje, hvor produktionen øges lige meget hvert år. Det er et komplekst spørgsmål at afgøre, om denne sti er den mest omkostningseffektive, men meget taler for, at vi ikke bør sætte omstillingen af el- og varmesektoren til vedvarende energi på pause alt for længe. Gør vi det, skal vi på længere sigt øge den vedvarende produktion mere end de 7 PJ årligt, hvilket kan blive sværere, efterhånden som de billigste omstillingsmuligheder udtømmes. Hvis pausen bliver for lang, risikerer vi at ramme grænsen for, hvor meget vi rent praktisk kan omstille sektoren hvert år.

Det er naturligvis svært at spå om den teknologiske udvikling frem mod 2050. Man kan derfor vælge at sætte omstillingen på pause i håb om, at nye eller billigere teknologier vil hjælpe processen på vej på sigt. Man risikerer dog at komme for sent i gang til at kunne gennemføre omstillingen inden 2050, hvis den nye teknologi lader vente på sig. Som tingene ser ud nu, er det realistisk at antage, at prisen på solceller og vindturbiner vil falde de kommende år. Derimod er der ikke meget, der tyder på, at en helt ny teknologi vil blive konkurrencedygtig i en nær fremtid.





Figur 4.5

Produktionen af el og varme til endeligt forbrug samt den del heraf, der kommer fra vedvarende energi, for årene 1990, 2013 og 2050. Målet i 2050 er Energistyrelsens vindscenarie.

Anm.: Figuren indeholder ikke industriel procesvarme. El brugt til produktion af varme er fratrukket, da den i stedet kommer til udtryk som varmeproduktion. På den måde undgås dobbeltregning.

Kilde: Energistyrelsen og egne beregninger.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at store dele af omstillingen af el- og varmesektoren de kommende år allerede er planlagt i energiaftalen fra 2012. Aftalen afsluttes med havvindmølleparken Kriegers Flak, der skal stå færdig inden udgangen af 2021. Ønsker man at fortsætte omstillingstempoet efter dette år, er det vigtigt allerede nu at overveje de næste tiltag. Fx tager det typisk mellem 5 og 10 år fra en havvindmøllepark besluttet politisk, til den står klar.

Omstillingen af el- og varmesektoren er en enorm proces. Omstillingen drejer sig ikke blot om at opstille en masse vindmøller og øvrig infrastruktur. Et anderledes energisystem baseret på store mængder vind og sol kræver en langt bedre integration af produktion og forbrug, end vi ser i dag. Integrationen handler om at gøre forbruget mere fleksibelt, om at sikre afsætningsmuligheder til udlandet gennem elkabler og om at konstruere markedsmekanismer, som giver de rette incitamenter til en effektiv ressourceudnyttelse både på produktions- og forbrugssiden. En sådan integration tager tid.

### **CO<sub>2</sub>-kvotesystemet kan næppe alene drive omstillingen af el- og varmesektoren**

Størstedelen af den danske el- og varmesektor er reguleret af EU's kvotesystem. Systemet repræsenterer et af de vigtigste instrumenter i bestræbelserne på at omstille sektoren til uafhængighed af fossile brændsler. EU's kvotesystem fastsætter et loft for udledningen af CO<sub>2</sub> og små mængder af andre drivhusgasser inden for produktionen af el og fjernvarme samt visse energiintensive industrier. Retten til at udlede – de såkaldte kvoter – kan handles frit mellem virksomheder og lande. Reduktionen i udledningerne kan komme fra omstilling til vedvarende energi, men også fra energieffektiviseringer og energibesparelser.

Kvotesystemet har to formål. For det første skal det sikre, at der i EU som helhed ikke udledes mere end besluttet. Kvotesystemet vil i teorien kunne sikre fossil uafhængighed i den danske el- og varmesektor. Men det kræver, at der i EU er politisk vilje til at benytte kvotesystemet som instrument til at udfase fossile brændsler i kvotesektoren ved gradvist at reducere udstedelsen af nye kvoter til nul frem mod 2050.

For det andet skal kvotesystemet sørge for, at reduktion af udledninger sker til de lavest mulige omkostninger på tværs af teknologier, lande og tidsperioder. Det sker ved, at kvotemarkedet etablerer en fælles pris på udledning af CO<sub>2</sub> på tværs af alle de virksomheder, der er omfattet af systemet. Det kan derfor betale sig for alle virksomheder at reducere deres udslip, indtil omkostningen ved at reducere CO<sub>2</sub>-udledningen med et ekstra ton netop svarer til kvoteprisen. Den fælles kvotepris tilskynder dermed til, at de største reduktioner bliver foretaget, når og hvor det er billigst at sænke CO<sub>2</sub>-udledningen. Derved vil den samlede reduktion af udledningerne fra den kvoteomfattede sektor blive gennemført til de lavest mulige omkostninger.

Tanken bag kvotesystemet er rigtig, men hvis ikke der er tillid til den politiske vilje bag systemet, kan det udgøre et problem. Hvis kvotesystemet i praksis skal sikre en omkostningseffektiv omstilling af det danske energisystem, kræver det en tro på, at de politiske beslutningstagere i EU har vilje til at benytte systemet som det primære klimapolitiske instrument i det europæiske energisystem og

• • • • •

• • • • •

• • • • •

” Omstillingen drejer sig ikke blot om at opstille en masse vindmøller og øvrig infrastruktur. Et anderledes energisystem baseret på store mængder vind og sol kræver en langt bedre integration af produktion og forbrug, end vi ser i dag.

• • • • •

• • • • •

• • • • •

accepterer den deraf følgende høje kvotepris. Hvis kvotemarkedets aktører ikke forventer en nævneværdig begrænsning i kvoteudbuddet i fremtiden, har de kun et beskedent incitament til at begrænse udledningerne. Samtidig vil tvivl om den politiske vilje skabe betydelig usikkerhed om de fremtidige indtjeningsmuligheder for investeringer i vedvarende energi, hvilket vil holde investorerne tilbage. Konsekvensen kan blive, at omstillingen kommer for sent i gang i forhold til det forløb, der kan sikre de laveste omkostninger over tid ved overgangen til et lavemissionsamfund.

I dag ligger prisen på en CO<sub>2</sub>-kvote på ca. 8 euro pr. ton.<sup>4</sup> Det er væsentligt lavere end det niveau, som ifølge iagttagere skal til for at opfylde de internationale klimamål. Den lave pris afspejler, at kvotemarkedets aktører ikke tror på en meget højere kvotepris de kommende år – ellers havde det kunnet betale sig at opkøbe kvoter allerede i dag, hvilket ville have presset prisen op.

Et eksempel på, at man politisk ikke har arbejdet for en høj kvotepris, er, at man har tilladt, at billige reduktionsbeviser fra lande uden for Europa kan bruges i kvotesystemet, uden at man har indskrænket den interne tildeling af kvoter i EU tilsvarende. De billige reduktionsbeviser er dokumentation for projekter, som reducerer udledningen i lande uden for Europa, og beviserne handles internationalt. Når europæiske virksomheder bruger disse beviser i kvotesystemet, tillades en større udledning fra europæisk grund. I 2012 svarede disse beviser til ca. en fjerdedel af de samlede kvoteomfattede udledninger, og dermed blev det samlede kvoteudbud øget betydeligt. Ligeledes har man i store dele af Europa givet støtte til vedvarende energi, blandt andet fordi EU har fastsat selvstændige mål for udbredelsen af vedvarende energi. Det har presset traditionelle kraftværker ud af markedet og frigjort kvoter. Hvis markedsaktørerne forventer, at støttepolitikken fortsætter, uden at kvoteudbuddet indskrænkes, vil de også forvente en lav kvotepris i fremtiden.

Den manglende tro på viljen bag kvotesystemet kan hænge sammen med, at højere kvotepriser hidtil ikke er blevet hjulpet på vej politisk, hvilket har bidraget til et stort overskud af kvoter i omløb. Fx svarede kvoteoverskuddet ved udgangen af 2013 cirka til, hvad der bruges af kvoter i systemet på et helt år. Dette behøver ikke nødvendigvis at være et problem, og kvoteprisen kan sagtens blive holdt oppe ved, at aktørerne opkøber kvoter til senere brug. Men den lave pris peger på, at der ikke er den store forventning om, at kvoter kan blive en mangelvare i fremtiden.

Danmark kan ikke alene skabe tillid til kvotesystemets fremtidige stabilitet. Derfor kan vi se os nødsaget til at benytte andre initiativer, hvis kvoteprisen ikke kan drive den ønskede hastighed i omstillingen. Tilskud til vedvarende energi er ét af sådanne initiativer, selv om det paradoksalt nok er en af årsagerne til kvotesystemets manglende effekt, fordi det begrænser brugen af fossile brændsler og dermed frigør kvoter. Ikke desto mindre kan det være nødvendigt for at sikre den danske omstilling og stabile rammer omkring denne, så længe kvoteudbuddet ikke falder tilstrækkeligt til at drive omstillingen. Over tid vil tiltag i den danske kvotesektor ganske vist ikke reducere de samlede udledninger i EU, hvis kvoteloftet på et tidspunkt igen bliver bindende, men et jævnt tempo i udbygningen med vedvarende energi kan bidrage til at sikre, at Danmark kan

Hvad er den rigtige CO<sub>2</sub>-pris, som afspejler CO<sub>2</sub>'ens skadevirkninger på det globale klima? Nicholas Stern og Simon Dietz peger i et studie fra 2014 på, at en global CO<sub>2</sub>-pris på mindst 24 euro pr. ton er nødvendig i 2015 for at fastholde 2-gradersmålsætningen.<sup>5</sup>

Reduktionsbeviser fra ikke-europæiske lande er de såkaldte ERU- og CER-beviser, der er en udløber af Kyoto-protokolens bestemmelser om Joint Implementation projekter (JI) og Clean Development Mechanism (CDM). Disse beviser accepteres i EU's kvotesystem, selv om de relaterer sig til reduktioner uden for Europa. Der er dog en begrænsning på, hvor stor en andel beviserne kan udgøre.

4 Langsigtede udfordringer i dansk klimapolitik

leve op til det langsigtede klimamål og forebygge, at der i de sidste år frem mod 2050 skal gennemføres en stærkt forceret omstilling med deraf følgende store tilpasningsomkostninger.

To andre forhold taler også for, at der kan være behov for at supplere kvotesystemet med andre klimapolitiske tiltag inden for kvotesektoren. For det første er dagens kvotesystem kendetegnet ved, at store dele af økonomien ikke er omfattet. Dermed sikrer kvotesystemet ikke, at den samlede omstilling koordineres bedst muligt på tværs af økonomiens sektorer. Nationale instrumenter såsom afgifter og tilskud – også målrettet omstilling af energiforsyningssektoren – kan derfor være nødvendige for at skabe incitamenter til en udvikling, hvor ressourcerne udnyttes bedst muligt, fx ved at udbygningen af vindkraften afstemmes med en øget elektrificering i andre sektorer. For det andet kræver omstillingen af energisystemet udvikling af ny teknologi, processer, arbejdsgange og infrastruktur. Private udviklere af disse ting opnår ikke altid selv det fulde samfundsøkonomiske afkast af deres nyskabelser, og det kan retfærdiggøre offentlig støtte i en vis periode – kvotesystem eller ej.

Disse betragtninger peger på, at en ensidig satsning på kvotesystemet risikerer at fordyre og komplicere omstillingen af den danske el- og varmesektor. Det vil fremme omkostningseffektiviteten og mindske behovet for offentlig støtte til alternative energikilder, hvis kvoteprisen bliver presset op på et væsentligt højere og mere stabilt niveau gennem løbende tilpasning af kvotetildelingen. Det er derfor i Danmarks interesse at presse på for en sådan politik inden for EU. Men så længe kvoteprisen forbliver på et lavt niveau, vil der fortsat i en periode være behov for en vis offentlig støtte til udbredelse af vedvarende energi. I tillæg vil det være fornuftigt at støtte forskning, udvikling og demonstration af nye, umodne alternative energiteknologier, ligesom der kan være behov for anden statslig regulering for at sikre den optimale omstillingshastighed og det optimale samspil mellem de forskellige dele af energi- og transportsystemet.

#### **Efterspørgslen efter el skal målrettes produktionen fra vindmøller og solceller**

Vindmøller og solceller har den ulempe i forhold til konventionelle kraftværker, at produktionen af el ikke frit kan reguleres, men afhænger af vejret. Det betyder, at det er nødvendigt med en vis mængde reservekraft til vindstille og solfattige perioder. Det betyder også, at der kan opstå situationer, hvor vindmøllerne og solcellerne tilsammen kan producere mere strøm, end det er muligt at få afsat. De manglende afsætningsmuligheder giver en dårlig udnyttelse af vores elproduktionskapacitet og dermed et samfundsøkonomisk spild, der reducerer vind- og solenergiens samfundsværdi.

Risikoen for at spilde især vindstrømmen er meget lille i dag. Den danske elproduktion fra vindmøller oversteg det danske elforbrug i kun ca. 3 pct. af produktionstimerne i 2014. I praktisk talt alle disse timer har vi kunnet eksportere den overskydende el til udlandet. Men risikoen for at spilde vindstrøm kan vokse i fremtiden, hvis vindenergi får en mere dominerende rolle. Det samme kan siges om solenergi. Derfor er det afgørende for fremtidens elsystem, at afsætningsmulighederne øges i perioder med meget vind og sol. Dette kan umiddelbart gøres på to måder.

En mulighed er at udbygge kabelforbindelserne til udlandet. På den måde kan vindstrømmen søge mod de udenlandske markeder, når den danske efterspørgsel ikke er stor nok. Denne løsning har dog et begrænset potentiale. Vores nabolande – blandt andet Tyskland og Sverige – udbygger også massivt med vindmøller, så når der er overskud af vindstrøm i det danske system, er der en risiko for, at det samme er tilfældet i det tyske og svenske system. I disse tilfælde er det altså ikke muligt at afsætte store mængder vindstrøm til disse lande. Derfor bør man i særlig grad søge at bygge kabler til lande, hvor vindsystemerne er forskudt tidsmæssigt i forhold til Danmark. England er et eksempel på et sådant land, og [Energinet.dk](http://Energinet.dk) arbejder af den grund også på et kabel hertil.

En anden mulighed er at gøre det danske elforbrug mere fleksibelt, så dele af forbruget kan rykkes fra de vindfattige til de vindrige perioder. For at nå en betydelig grad af fleksibilitet kræves elektrificering af varmesektoren i form af fx varmepumper og af transportsektoren i form af fx elbiler. Varmepumper og elbiler har den fordel, at de i kraft af deres fleksibilitet gavner et energisystem med megen vindkraft. Klimarådet planlægger i en kommende rapport at sætte tal på, hvor stort fleksibilitetspotentialet i varmepumper og elbiler reelt er.

De to muligheder for afsætning af overskudsstrøm – udlandskabler og fleksibelt forbrug fra fx varmepumper og elbiler – kan næppe til fulde løse problemet med den varierende produktion fra vindmøller. Derfor bør der til stadighed fokuseres på udvikling af effektive lagringsmuligheder for el. En mulighed for lagring er at bruge overskudsstrømmen i kombination med en biomassekilde til at producere syntetisk gas. Denne gas kan så brændes af, når vinden ikke blæser.

Når vi i højere grad bruger elektricitet som energibærer på vejen fra de naturlige kilder til det endelige forbrug, taler man om elektrificering af hele energisystemet. Varmepumper og elbiler er udtryk for en sådan elektrificering. Et andet eksempel er brugen af el i elektrolyse til produktion af syntetiske brændsler. Denne elektrificering skaber værdi for vindmøllerne ved at øge efterspørgslen efter el – særligt i de vindrige perioder, hvor elprisen ellers ville være meget lav. Samtidig afhænger elektrificeringens rentabilitet af en tilstrækkelig udbygning af kapaciteten til produktion af el. Dette taler for, at elektrificeringen og udbygningen af vedvarende energi så vidt muligt bør gå hånd og hånd. Denne pointe uddybes i kapitel 5.3.

Energinet.dk har ansvaret for at drive de overordnede transmissionssystemer i Danmark inden for el og gas. Energinet.dk er en selvstændig, offentlig virksomhed, der hører under Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet.

### 4.3 Transportsektoren

Transportsektoren står over for en stor omstilling, som endnu ikke rigtigt er kommet i gang. Der arbejdes på en mere effektiv udnyttelse af benzin og diesel, men på længere sigt er udfasning af fossile brændstoffer nødvendig for at opfylde Danmarks klimamålsætninger. Det forudsætter indfasning af brændstoffer baseret på vedvarende energi og en omfattende elektrificering. Beskatningen og reguleringen af transportsektoren må derfor indrettes til at fremme en omkostnings-effektiv omstilling.

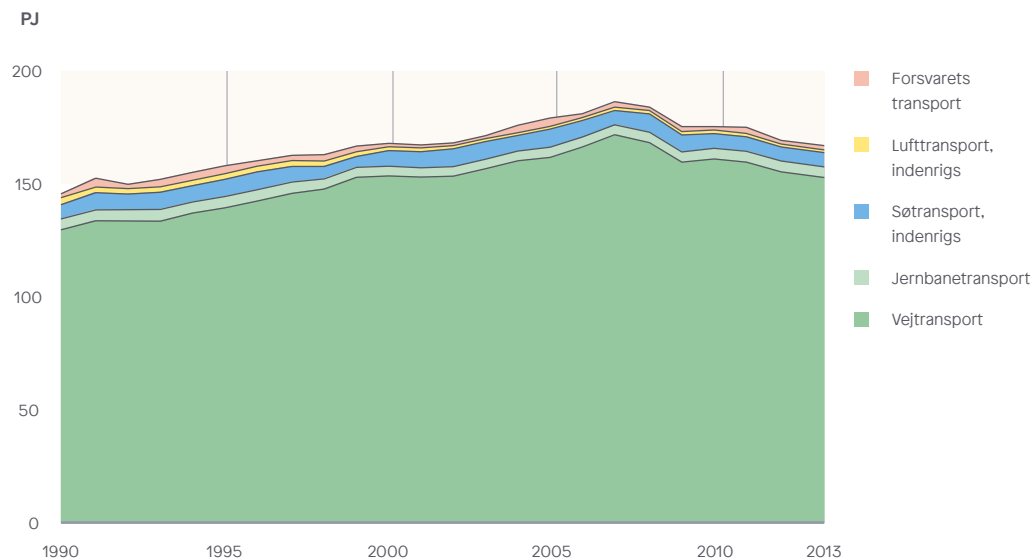
Transportsektoren skal bidrage væsentligt til omstillingen til et lavemissions-samfund. Opfyldelse af Danmarks 2050-målsætning kræver, at størstedelen af transporten skal være baseret på vedvarende energi. Dertil kommer, at Danmarks forventede forpligtelser som følge af EU's 2030-målsætning for den ikke-kvoteomfattede del af økonomien allerede inden 2030 vil kræve betydelige reduktioner i udledningen fra transportsektoren.

#### Der er lang vej til en fossilfri transportsektor

95 pct. af energiforbruget i transportsektoren leveres i dag af fossile brændstoffer,<sup>1</sup> og der er store teknologiske og samfundsmæssige barrierer, som hindrer ændringer af dette. De forskellige teknologier til at gøre transportsektoren mere CO<sub>2</sub>-neutral er på forskellige udviklingsniveauer, og kun få er kommercialiseret. Den særlige udfordring for transportsektoren er selve mobiliteten, der kræver teknologier, som både kan opbevare og transportere energien, mens den bruges. Flydende fossile brændstoffers historiske succes beror i høj grad på, at det er en nem, billig og koncentreret måde at lagre energi på. Til fremtidens transport kræves energidistributions- og lagringssystemer baseret på vedvarende energi med helst lige så attraktive egenskaber.

Størstedelen af energien i transportsektoren forbruges i dag ved vejtransport. Figur 4.6 viser det historiske billede af det danske, indenlandske energiforbrug i transportsektoren. I tillæg til den energi, der forbruges på transport i Danmark, kommer også et dansk energiforbrug i form af sø- og lufttransport uden for Danmarks grænser. Udledningerne herfra foregår i internationalt farvand og luftrum. International skibsfart udgjorde 2 pct. af den globale drivhusgasudledning i 2012,<sup>2</sup> og det anslås, at ud af dette udgør udledningen fra danskopererede skibe knap 4 pct.<sup>3</sup> Den internationale skibs- og luftfart er ikke omfattet af de reduktionsforpligtelser, som Danmark har påtaget sig over for EU og FN. Der pågår et arbejde i de respektive FN-organisationer, der regulerer henholdsvis sø- og lufttransport, for at finde frem til en international regulering af udledningerne. Ved opfyldelsen af de kommende danske reduktionsforpligtelser frem mod 2030 er det i høj grad vejtrafikken, der bør være i fokus, da langt størstedelen af transportsektorens udledninger stammer herfra.

Arbejdet med drivhusgasreduktioner i den internationale sø- og lufttransport ligger under FN-organisationerne International Maritime Organization (IMO) og International Civil Air Organization (ICAO).



Figur 4.6

Transportsektorens indenlandske energiforbrug fordelt på transportform i årene 1990-2013.

Kilde: *Energistatistik 2013*.

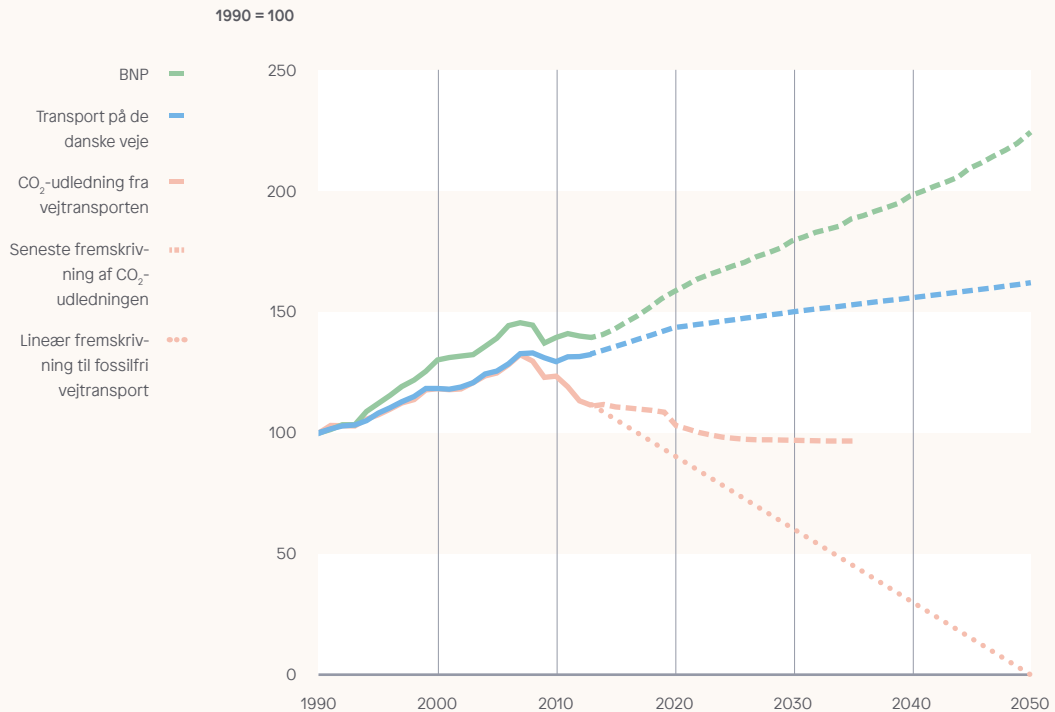
Udledningen fra transportsektoren har været faldende siden 2008. CO<sub>2</sub>-udledningen faldt 14 pct. i perioden 2008-2013. Der er tre primære årsager til dette. Den første er et fald i transportarbejdet som følge af den økonomiske krise. Den anden er iblanding af biobrændstoffer, der regnes for CO<sub>2</sub>-neutrale, i benzin og diesel. Og den tredje er, at brændstoføkonomien i nye personbiler er blevet forbedret i de senere år. Udledningen ligger imidlertid fortsat 11 pct. over niveauet i 1990. Ifølge den seneste fremskrivning fra Energistyrelsen for drivhusgasudledning i vejtransporten vil reduktionen aftage frem mod 2030 med de nuværende vedtagne tiltag.<sup>4</sup>

Den historiske og den forventede fremtidige udvikling i Danmarks transportbehov på vejene er illustreret i figur 4.7 sammen med udviklingen i BNP og i CO<sub>2</sub>-udledningen fra vejtransporten.<sup>5</sup> På trods af at der er sket en vis afkobling mellem efterspørgslen på transport, BNP og CO<sub>2</sub>-udledning i de seneste år, er afkoblingen ikke så udpræget som i de øvrige sektorer, jf. analysen i kapitel 3.4. Der er endnu ikke fastlagt en målsætning for transportsektorens udledninger i 2050, men det må forventes, at en opfyldelse af klimalovens målsætning om omstilling til et lavemissionssamfund vil kræve, at udledningen af CO<sub>2</sub> fra vejtransporten i 2050 bringes ned på et særdeles lavt niveau. Hvis dette skal opfyldes, må der ske en afgørende afkobling imellem CO<sub>2</sub>-udledning og vores efterspørgsel efter transport.

Fordelingen af EU's 2030-målsætning på enkeltlande forventes at kræve, at Danmark reducerer med 36-40 pct. i forhold til 2005-niveau fra de samlede ikke-kvotebelagte sektorer inden 2030. Både transport og landbrug er underlagt denne forventede byrdefordeling. Landbrugets udledninger kan være vanskelige

4 Langsigtede udfordringer i dansk klimapolitik





Figur 4.7

Historisk og forventet udvikling i transport på de danske veje, BNP og drivhusgasudledningen for vejtransporten. Den seneste fremskrivning for CO<sub>2</sub>-udledningen (rød stiplede linje) viser, at vi med nuværende tiltag kan forvente en udledning på niveau med 1990 i 2020. Illustreret er ligeledes en lineær vej (rød prikket linje) mod en i praksis fossilfri, CO<sub>2</sub>-neutral vejtransport i 2050.

Anm.: Udviklingen af CO<sub>2</sub>-udledningen er illustreret som en simpel lineær reduktionssti frem mod 2050. Den mest omkostningseffektive reduktionssti kan afvige for denne, ligesom der afhængigt af øvrige sektors udledninger kan være mindre udledninger fra vejtransporten i 2050. Transportbehovet er illustreret ved trafikarbejde på de danske veje.

Kilde: Danmarks Statistik, *Danmarks Energi- og Klimafremskrivning 2014*, *Konvergensprogram 2015*, DTU Transport samt egne beregninger.

at reducere uden at nedskalere produktionen væsentligt. Transportsektoren må derfor forvente som minimum at skulle reducere sin CO<sub>2</sub>-udledning til 36 pct. under 2005-niveau inden 2030. Dette svarer til en reduktion på 28 pct. i forhold til udledningen i 2013. I perioden frem mod 2030 forventes der en stigning i efterspørgslen efter transporttydelser på over 10 pct.<sup>6</sup> Med en fortsat dominans af fossile brændstoffer vil en sådan reduktion og stigende efterspørgsel kræve, at ikke kun nye men alle personbiler allerede i 2030 er 35 pct. mere energieffektive end dagens gennemsnit, hvis Danmarks forventede reduktionsforpligtelse over for EU skal overholdes.<sup>7</sup> Det forekommer ikke teknologisk realistisk, og det er formentlig lige så urealistisk at forvente en radikalt anderledes vægtfordeling mellem de forskellige transportformer.

Hvis Danmarks klimapolitiske målsætninger skal overholdes, må der altså påbegyndes en gradvis udfasning af fossile brændstoffer allerede frem mod 2030 og en tilhørende overgang til vedvarende energi i transporten startende med den lette vejtransport. På kort sigt kan en mere effektiv udnyttelse af de fossile brændstoffer ganske vist bidrage væsentligt til opfyldelse af målene, men i et længere perspektiv kan målene kun nås ved en overgang til nye drivmidler.

Klimarådet peger i den forbindelse på følgende indsatsområder inden for transportsektoren, som uddybes nærmere i det følgende:

- Mere effektiv brug af fossilt brændstof gennem forbedret brændstoføkonomi
- Udvikling og indfasning af bæredygtige drivmidler
- Stabile rammebetingelser der understøtter omstillingen til alternative drivmidler

#### **En mere effektiv brug af fossile brændstoffer bidrager på kort sigt til klimaindsatsen**

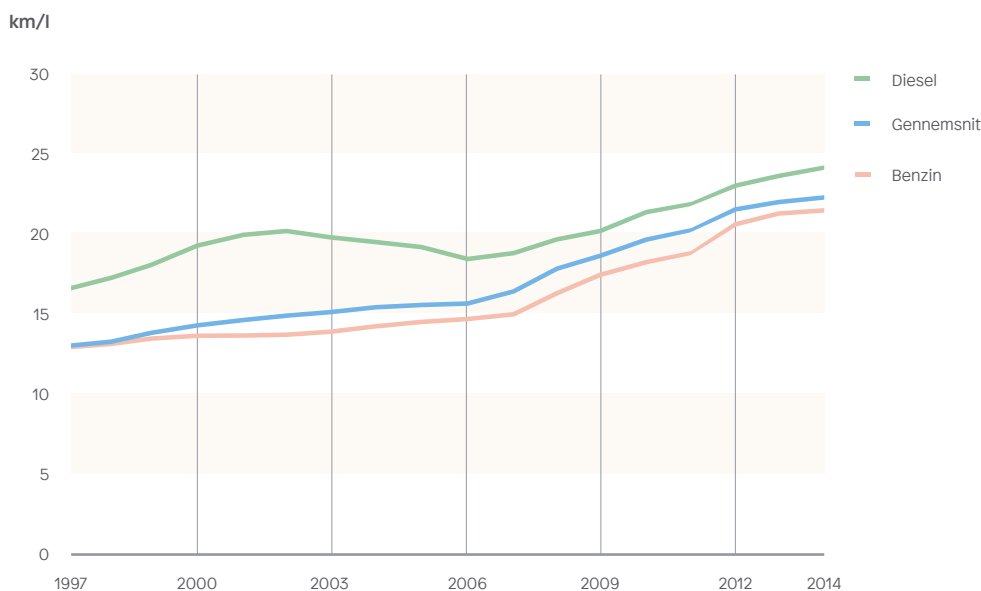
En række effektiviseringsinitiativer i transporten er allerede sat i værk på nationalt og internationalt plan. Nye personbiler i Danmark kører stadigt længere på hver liter brændstof som følge af dels EU's aftaler med industrien om udviklingen i den gennemsnitlige brændstoføkonomi og dels danske afgiftsincitamenter. Den officielle brændstoføkonomi for nyregistrerede personbiler var i gennemsnit 22 km/l i 2014 sammenlignet med 13 km/l i 1997, som illustreret i figur 4.8.<sup>8</sup> Analyser påpeger dog, at der i perioden er observeret en stigende uoverensstemmelse mellem de officielle målinger af brændstoføkonomien og det reelle forbrug af brændstof. Derfor kan den reelle energieffektivisering være mindre.

Danmark har ingen bilindustri, og effektiviseringskrav til person- og lastbiler vil derfor kun have reel gennemslagskraft i Danmark, hvis de fastsættes på fælleseuropæisk plan. En dansk indsats for højere krav til bilindustrien må derfor nødvendigvis gå gennem EU.

De nuværende EU-mål sigter efter en yderligere stigning i brændstofeffektiviteten til henholdsvis 25 km/l for nye benziner og 28 km/l for nye dieslbiler i 2021. Aktuelle analyser fra bilbranchen peger på, at en opfyldelse af dette mål vil bidrage markant til at opnå EU's 2030-målsætning for de ikke-kvotebelagte sektorer.<sup>9</sup> Lignende initiativer og målsætninger er ikke fastsat for den tungere

International Council on Clean Transportation (ICCT) sammenfatter i rapporten *From Laboratory to Road* en række analyser, hvor officielle forbrugstal er sammenlignet med reelle forbrugstal. Analysen finder, at der er stigende uoverensstemmelse imellem test og reelt forbrug, i takt med at den officielle brændstoføkonomi er forbedret.<sup>10</sup>

” Hvis Danmarks klimapolitiske målsætninger skal overholdes, må der altså påbegyndes en gradvis udfasning af fossile brændstoffer allerede frem mod 2030 og en tilhørende overgang til vedvarende energi i transporten startende med den lette vejtransport.



Figur 4.8

Udvikling i den officielle brændstoføkonomi for nyregistrerede personbiler i Danmark i årene 1997-2013.

Anm.: De angivne tal er officiel brændstoføkonomi og afspejler ikke nødvendigvis fuldstændigt den reelle brændstoføkonomi.

Kilde: Danmarks Statistik.

trafik, hvor der også må forventes at være et effektiviseringspotentiale, om end dette er mindre, da brændstoføkonomien allerede er en meget vigtig parameter i konkurrencen mellem transportselskaberne.

### Biomasse kan erstatte fossile brændstoffer

Udfasning af fossile brændstoffer efterlader reelt to kilder til energi i transportsektoren: elektrificering og overgang til CO<sub>2</sub>-neutrale brændstoffer fremstillet fra biomasse. Ved at omdanne biomasse til brændstoffer i form af eksempelvis opgraderet biogas (metan) eller flydende biobrændstoffer (fx ethanol eller methanol) kan der opnås drivmidler med høj energitæthed og fysiske karakteristika tæt på de nuværende fossile brændstoffer, men med langt mindre drivhusgasudledning.

Biomasse er allerede en del af transportens energiforbrug. I 2013 udgjorde biobrændstoffer 4 pct. af det endelige energiforbrug i transportsektoren.<sup>11</sup> Denne andel er stigende som resultat af det fælles europæiske iblandingskrav for bioethanol og biodiesel. Iblandingen er i høj grad båret af førstegenerations biobrændstoffer, der er produceret af let omsættelig biomasse såsom majs eller sukkerrør og sker i direkte konkurrence med fødevarerproduktionen. På såvel nationalt som internationalt plan fokuseres der på udvikling af andengenerations biobrændstoffer og biogas, der baseres på for eksempel spilddprodukter og dermed udnytter de tilgængelige biomasseresourcer bedre. Der er betydelig usikkerhed forbundet med den fremtidige udvikling i prisen på brændstofferne

Energitæthed er et udtryk for, hvor meget energi der er lagret i for eksempel en liter brændstof. Benzin og diesel har en meget højere energitæthed end for eksempel batterier, mens brændstoffer som ethanol og methanol har energitætheder, der er sammenlignelige med de fossile brændstoffer.

Der er fysiske begrænsninger på, hvor meget bioethanol, der kan iblandes brændstoffet i vores nuværende motorer. En forhøjet andel kræver en ændring af bilens motor. Sådanne FlexFuel-motorer er nødvendige for at muliggøre større iblanding. De benyttes i dag i Brasilien, Sverige og USA i stor stil.

Biogas produceres allerede i dag af spilddprodukter fra landbruget. Ved at opgradere biogassen til ren metan kan den bruges i transportsektoren på lige fod med naturgas.

Transportsektoren i Danmark forbruger i dag ca. 170 PJ. Det er en smule lavere end det, man normalt opfatter som det samlede potentiale for biomasseproduktion på dansk jord.<sup>12</sup>

og deres reelle klimabelastning. Udfordringer og potentialer ved udnyttelse af biomasse til energi- og transportformål er nærmere omtalt i kapitel 5.1.

Det er svært at forestille sig en fossilfri transportsektor uden et stort behov for biobrændstoffer til især luftfart og tung trafik, hvor der ikke i dag findes brugbare elektriske løsninger. Brændstoffer produceret af biomasse får altså sammen med elektricitet en større rolle at spille i transportsektoren, end den har i dag. Hvor meget og hvornår afhænger især af, hvor langt ned den teknologiske udvikling kan drive prisen på de CO<sub>2</sub>-neutrale brændstoffer. Der kan være behov for at understøtte denne udvikling – særligt med fokus på andengenerations biobrændstoffer.

### Elektrificering af landtransport bidrager til omstillingen

Et energisystem med udfasning af fossile brændstoffer kræver, at elektricitet får en stadig større rolle som energibærer. Elektrificering i transportsektoren skal forstås bredt og omfatter både direkte forbrug i tog og i el- og plug-in hybridbiler samt indirekte forbrug af el, hvor elektricitet bliver brugt til produktion af brændstoffer sammen med biomasse. Dette illustreres i figur 4.9. Elektrificeringen betyder ikke, at vi låser os fast på en enkelt teknologiform. Den er derimod en generel konsekvens af omstillingen væk fra fossile brændstoffer.

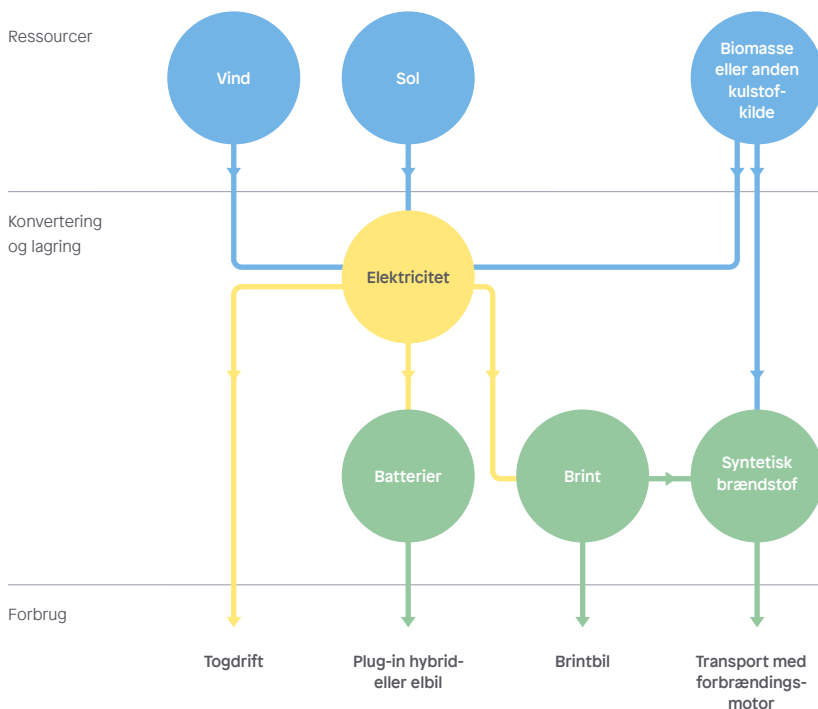
El er et oplagt drivmiddel i en landtransportsektor uden fossile brændstoffer. Udnyttelsen af batterier til transport er en energieffektiv form for elektrificering, og den teknologiske udvikling for batterier gør, at der forventes store prisfald over de kommende år.<sup>13</sup> Elbiler og plug-in hybridbiler vil således med stor sandsynlighed være den første form for elektrificering af vejtrafikken, der for alvor vil opleve et markedsgennembrud.

Omstillingen til batteridrevne personbiler hæmmes dog af flere barrierer af såvel økonomisk som adfærdsmæssig karakter. Forbrugervalg og adfærd spiller en stor rolle i transportsektoren, hvor tilgængelighed, fleksibilitet og frihedsfølelse er vigtige faktorer i forbrugernes valg af transportmiddel.<sup>14</sup> Elbilernes begrænsede rækkevidde kan derfor hindre omstillingen. Desuden er der fortsat usikkerhed om betydelige økonomiske faktorer såsom udskiftningspris og værditab på batterier.

Det er dog i høj grad økonomiske barrierer, der afgør omfanget af markedsgennembruddet for elbiler. Hvis batteriomkostningerne falder tilstrækkeligt til, at elbilerne bliver privatøkonomisk attraktive, kan der ske et stort skift i bilkoernes valg af bil. En række analyser på området giver bud på, hvornår elbilen til persontransport er samfundsøkonomisk konkurrencedygtig sammenlignet med fossile drivmidler. Der er behov for bedre afklaring af de forudsætninger, der er afgørende for udfaldet i de forskellige analyser af konventionelle bilers og elbilers samfundsøkonomiske rentabilitet. Analysernes resultater afhænger i høj grad af, hvilke biler der sammenlignes, ligesom rentabiliteten varierer med forskellige kørselsbehov. Særligt forventningerne til udviklingen i batteri- og oliepriser har afgørende betydning. Udviklingen i disse centrale størrelser bestemmer, hvornår elbiler bliver økonomisk mere fordelagtige end konventionelle biler. Det vil Klimarådet analysere nærmere i en kommende rapport.

En stor andel af prisen på elbiler udgøres af batterierne. Den teknologiske udvikling gør, at prisen på batterier forventes at falde. Prisen på batterierne drives i høj grad af elbilindustrien, og udviklingen i de kommende år vil i høj grad være båret af stordriftsfordele. Derved bliver prisen for at fremstille den nuværende batteriteknologi lavere, og prisen pr. lagret energienhed falder (kr./kWh). Samtidig arbejdes der på udvikling af nye batterityper, som kan lagre en større mængde energi i hvert batteri. Det kan øge rækkevidden for elbiler eller yderligere sænke prisen, da batterierne ikke behøver at være så store.

COWI har udarbejdet en analyse for Energistyrelsen, *Alternative drivmidler*, 2015. Analysen beregner prisen på en konventionel bil på baggrund af analysen Concawe, *Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and power-trains in the European Context*, 2011. Heri opgøres prisen på en standard benzinbil til 145.722 kr., ekskl. afgifter. Dette svarer til en pris i Danmark på ca. 340.000 kr. inkl. afgifter. Dette er væsentligt højere end den faktiske gennemsnitspris på de benzinbiler, som med rimelighed kan sammenlignes med de elbiler, der kan købes til omkring 180.000 kr. i Danmark uden afgift (se blandt andet Dansk Energi, *Analyse nr 18 Fremtidig Vejtransport*, 2015, eller Energifonden, *Grønt Roadmap 2030*, 2015).



Figur 4.9

Elektrificering af transportsektoren dækker over et bredt spænd af teknologier. Elektriciteten kan forbruges direkte i tog, el- og plug-in hybridbiler. Den kan endvidere være energikilde til fremstilling af brint, der kan bruges direkte som drivmiddel. Brint kan også omdannes til flydende brændstoffer i kombination med biomasse eller anden kulstofkilde.

Anm.: En bil drevet af brint som energibærer kan drives af en brændselscelle og tilhørende elmotor eller af en konventionel forbrændingsmotor.

Såkaldte netværkseffekter kan begrunde offentlige tiltag til fremme af nye, lovende teknologier som eksempelvis elbiler. Bilkøbere kan afholde sig fra at købe en elbil af frygt for, at de ikke kan nå frem til en ladestation, før batteriet løber tør for strøm. Samtidig vil investorerne være tilbageholdende med at investere i udbygning med ladestationer, så længe der kun er udsigt til et lille antal elbiler. Ved et større antal elbiler bliver det mere profitabelt at etablere ladestationer, hvilket vil gøre det mere fordelagtigt at anskaffe en elbil, så der igangsættes en positiv gensidig vekselvirkning – en positiv netværkseffekt.

Som nævnt i kapitel 4.2 kan en udbygning med elbiler også muliggøre en mere effektiv udnyttelse af vind- og solenergien og dermed øge den samfundsøkonomiske værdi af de vedvarende energikilder – en anden form for positiv netværkseffekt på tværs af sektorer. Samtidig kan omstillingen til en ny teknologi som elbiler medføre positive læringseffekter, der opnås, når en vis kritisk mængde af den nye teknologi er indført i energisystemet. Alle disse såkaldte positive eksterne effekter kan begrunde, at man i en introduktionsfase begunstiger elbilerne afgiftsmæssigt eller på andre måder gør dem mere attraktive, og at man sikrer en tilstrækkelig udbygning med ladestander.

Elbilerne har hidtil været fritaget for registreringsafgift. Der er i oktober 2015 indgået aftale i Folketinget om en gradvis indfasning af registreringsafgiften

for elbiler frem til 2020. Registreringsafgiften indrettes på en sådan måde, at elbiler og plug-in hybridbiler på linje med de konventionelle køretøjer opnår et afgiftsfradrag ved høj energieffektivitet. Energieffektiviteten udregnes efter strømforbruget pr. kørt kilometer. Da elbilerne generelt har høj energieffektivitet sammenlignet med benzin- og dieslbiler, opnår køberne et fradrag i registreringsafgiften efter den fulde indfasning af afgiften. Klimarådet vil gennem nærmere analyse i kommende rapporter vurdere, om den beskatning af elbiler, der følger af det netop indgåede politiske forlig, er hensigtsmæssigt udformet.

### **Omstillingen omfatter også transportbehovet og transportens sammensætning**

Der er mange teknologiske uvisheder omkring vores transport i fremtiden. Fælles for de CO<sub>2</sub>-neutrale teknologier er, at de hver for sig opfylder dele af de behov, vi i dag tager for givet i transportsektoren. Batteridrevne biler kan tænkes at løfte en stor del af persontransporten, men egner sig formentlig dårligt til den tungere trafik. Her er biomassebaserede brændstoffer umiddelbart mere oplagte kandidater på grund af den højere energitæthed, da elbaserede løsninger er væsentligt længere fra at være teknologisk modne i den del af transporten.

Teknologierne bør indgå i et samspil, hvor den enkelte teknologi bruges til den opgave, den kan løfte bedst og billigst. Men selv med dette udgangspunkt er betydelige reduktioner i drivhusgasudledningen fra transportsektoren en meget stor udfordring. Det er tvivlsomt, om den teknologiske udvikling alene kan sikre de nødvendige reduktioner uden bidrag fra ændrede transportvaner hos forbrugerne. Hvis overgangen til en transportsektor baseret på vedvarende energi indebærer højere omkostninger, som vil slå igennem på prisen på transport, vil det i sig selv betyde, at den samlede transportefterspørgsel reduceres og ændres.

Ændringer i transportbehovet og -sammensætningen kan på linje med teknologiskift føre til en reduktion af drivhusgasudledningen. For eksempel vil den generelle trend mod øgede befolkningskoncentrationer i de store byer mindske det samlede transportbehov og styrke mulighederne for at benytte cykel og gang eller for at tilbyde en attraktiv kollektiv transport i stedet for transport i personbiler. Tilsvarende har den indbyrdes placering af byfunktioner som detailhandel, boliger og arbejdspladser indflydelse på beboeres og ansattes transportadfærd og valg af transportform. By- og landsplanlægning kan påvirke disse sammenhænge, men desværre kun på meget langt sigt, hvorved den reelle effekt bliver vanskelig at forudsige.

Et bidrag til klimainsatsen kan principielt også opnås gennem en omlægning fra individuel til kollektiv trafik. En mærkbar reduktion af CO<sub>2</sub>-udledningen som følge af et skift fra privatbilisme til kollektiv trafik vil kræve en meget stor vækst i den kollektive trafik.<sup>15</sup> Det skyldes tre forhold:

1. at den kollektive trafiks persontransportarbejde kun udgør en fjerdedel af biltrafikken,
2. at en udbygning af den kollektive trafik også vil få folk til at skifte fra cykel eller gang til de kollektive trafikmidler, ligesom belægningsgraden i de tilbageværende privatbiler vil falde,

Belægningsgraden er i denne sammenhæng et udtryk for, hvor udnyttet et transportmiddel er. Hvis en bil kun transporterer én passager er belægningsgraden lille, mens en personbil med fem passagerer kan betegnes at have en høj belægningsgrad

3. at den afledte forøgelse af den kollektive trafiks energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udledning skal modregnes, hvis ikke busserne overgår til vedvarende energi.

Dette gør, at selv en fordobling af den kollektive trafik kun vil give en beskedent reduktion af det samlede energiforbrug, hvis belægningsgrader og energieffektivitet for de kollektive transportformer antages uændret. Derfor skal udbygningerne målrettes de steder, hvor potentialet er størst. Hvis den kollektive trafik overgår til vedvarende energikilder, fx via øget elektrificering, er der imidlertid et større reduktionspotentiale. Ved en samfundsøkonomisk vurdering af tiltag til en ændret vægtfordeling mellem kollektiv og privat trafik er det også vigtigt at medregne, at privatbilismen er højt beskattet, mens den kollektive trafik i nogen grad er subsidieret.

I perioden frem mod 2050 vil vores transportbehov ganske givet blive forandret. Nye initiativer båret af informationsteknologi såsom delebiler og samkørselsordninger bliver i disse år mere almindelige, og flere store aktører arbejder aktivt på udviklingen af førerløse biler. Initiativerne er eksempler på, hvordan opfattelsen af mobilitet og det traditionelle personlige ejerskab af transportmidler kan ændre sig, inden udfasningen af fossile brændstoffer er tilendebragt. Arbejdet med reduktioner af drivhusgasudledningen i transportsektoren skal derfor ikke blot bygge på en omstilling til nye drivmidler, men også tage højde for helt nye tendenser for mobilitet.

#### **Afgiftssystemet bør ikke hæmme omstillingen**

Transportsektoren er i høj grad en reguleret sektor med mange afgifter. Især privatbilismen er pålagt en lang række forskellige afgifter, mens den kollektive trafik på en række områder er subsidieret. Denne økonomiske regulering påvirker i betydeligt omfang transportomfanget og valget af transportform.

Afgiftssystemet er dog ikke indrettet med det hovedformål at fremme omstilling af transportsektoren i retning af et lavemissionssamfund. Mange af afgifterne er oprindeligt indført med provenu som det primære formål. Bilkørsel påvirker en række områder i samfundet som fx drivhusgasudledning, lokal miljøpåvirkning, trængsel og slid på infrastruktur, og disse forhold må medtages i det samlede billede. De negative eksterne effekter er ikke nødvendigvis hensigtsmæssigt afspejlet i den nuværende afgiftsstruktur. Det er vigtigt, at afgiftssystemet så vidt muligt sikrer en retvisende prissætning af de skadelige afledte effekter på tværs af de teknologier, der anvendes. Samtidig må der tages hensyn til de begrænsninger på afgiftspolitikken, som muligheden for grænsehandel med benzin og diesel medfører. Behovet for en omstilling af transportsektoren til vedvarende energikilder og transportens virkninger på miljø og trængsel taler for en nytænkning af afgiftssystemet på transportområdet.

Nye teknologier i transportsektoren kræver risikovillige investorer. Det gælder ikke kun for producenterne af køretøjer. Infrastruktur er en omfattende udfordring for nye transportteknologier, og udrulning af ladestandere er fx en forudsætning for et gennembrud for elbiler. Der kan derfor være behov for at understøtte investeringer i infrastrukturudbygning eller på anden vis regulere nye teknologier, som det er tilfældet i dag med el- og brintbiler, indtil en vis kritisk masse er opnået. Først og fremmest er der dog behov for, at staten sikrer

Antages uændrede belægningsgrader og CO<sub>2</sub>-udslip pr. kørt km, vil en fordobling af den kollektive trafik ved ren overflytning fra bil sænke CO<sub>2</sub>-udslippet fra persontransporten på land med ca. en sjettedel. Tallene bygger på Energistyrelsens energistatistik. I praksis vil en fordobling give en væsentligt mindre reduktion, da en betydelig del af de nye kollektivbrugere, som en udbygning vil kunne give, vil komme fra nye ture og fra cykel/gang samt lavere belægning i bilerne.

Benzin- og dieselmotorer beskattes i dag af brændstofforbruget med både en energi- og CO<sub>2</sub>-afgift. Dertil kommer en årlig grøn ejerafgift, som afhænger af brændstoføkonomien, samt registreringsafgiften, der udregnes i forhold til handelsværdien og korrigeres for brændstoføkonomien.



stabile rammer og klare målsætninger for omstillingen, så private aktører vil være villige til at investere i de nye teknologier og fastholde dem.

Klimarådet vil senere fremlægge en nærmere analyse af, hvordan beskatningen og reguleringen af transportsektoren og samspillet med energibeskatningen i øvrigt bedst kan indrettes med henblik på at fremme en omkostningseffektiv omstilling til et lavemissionssamfund også i denne sektor.



## 4.4 Landbrug, skovbrug og arealanvendelse

Udledningerne fra landbrugets energiforbrug, produktion, bearbejdning og dræning af jorden og fra skovbruget udgør samlet set over en femtedel af de danske drivhusgasudledninger. Der skal derfor ske væsentlige reduktioner i landbrugets udledninger, hvis vi skal nå den langsigtede målsætning om et lavemissionssamfund i 2050. Udledningen fra landbruget hænger i høj grad sammen med produktionens omfang. Ved en fastholdelse af den nuværende størrelse og struktur af landbrugsproduktionen er mulige reduktionstiltag i dag derfor primært af teknologisk art. Visse tiltag er samfundsøkonomisk fordelagtige, da der kan opnås en miljøforbedring samtidig med, at udledningen i landbruget reduceres.

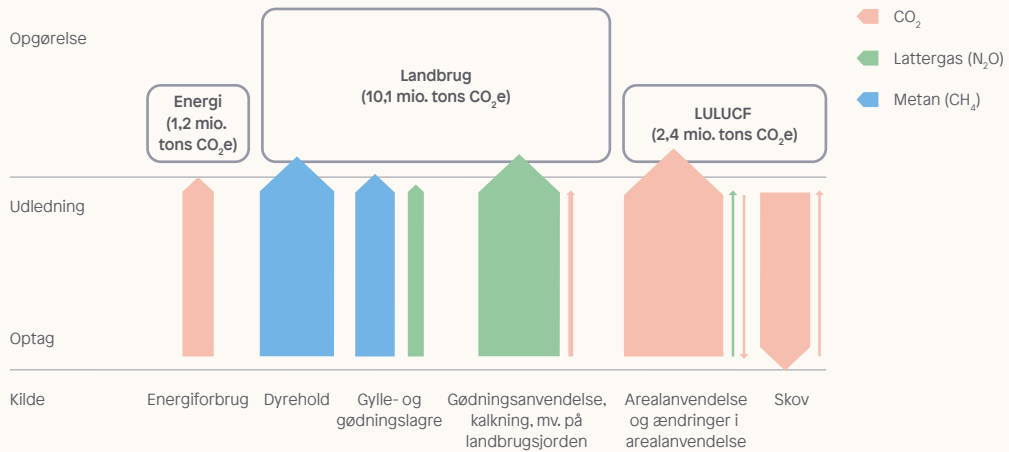
Landbrugets udledninger af drivhusgasser udgør i dag ca. 20 pct. af de samlede danske udledninger. Et lavemissionssamfund i 2050 vil derfor indebære væsentlige udledningsreduktioner i denne sektor. Det forventes, at den ikke-kvotefattede sektor frem mod 2030 vil få en betydelig reduktionsforpligtigelse under EU, og som en del af denne sektor må landbruget forvente at skulle reducere væsentligt allerede inden 2030. Hvis man vil opretholde den nuværende produktionsstruktur og -størrelse med en væsentlig kødproduktion og intensiv planteproduktion, stiller det store krav til udvikling af teknologier og metoder, der kan reducere udledningen. Landbruget spiller også en rolle som leverandør af biomasse til energiformål, hvorved der i visse tilfælde kan opnås udledningsreduktioner både i landbruget og i den sektor, hvor energien anvendes.

### Landbrugets udledninger opgøres under flere sektorer

Hvor landbrugets energiforbrug og produktion medfører udledninger af drivhusgasser, medfører skovbrug, arealanvendelse og ændringer heri både udledninger og optag af drivhusgasser. Størstedelen af udledningerne hænger direkte sammen med produktionen – særligt bedriftstypen, størrelsen og typen af dyreholdet samt gylle-, gødnings- og arealanvendelsen. Optagene skyldes optag i planter og kulstofpuljen i jorden. Som følge af de internationale retningslinjer opgøres udledningerne ikke samlet, men er i stedet opdelt i tre områder:

1. Energiforbrug
2. Landbrugsproduktion
3. Arealanvendelse, ændringer i arealanvendelse og skov (LULUCF)

Udledninger og optag er illustreret i figur 4.10. Figuren viser hovedkilderne til drivhusgasudledning fra landbrug, skovbrug og arealanvendelse og det optag af CO<sub>2</sub>, der finder sted i jord og planter.



Figur 4.10

Udledning og optag af drivhusgasser fra landbrug, skovbrug og arealanvendelse fordelt på de tre opgørelsesområder energi, landbrug samt skov- og arealanvendelse (LULUCF). Opadgående pile er udledning, og nedadgående er optag. Pilenes bredde svarer til størrelsen på den pågældende udledning/optag.

Anm.: Udledning og optag vedrørende LULUCF er de data, der indrapporteres til klimakonventionen.

Kilde: DCE.

### 1. Energiforbrug

CO<sub>2</sub>-udledningen fra landbrugets energiforbrug stammer primært fra kørsel, maskiner og staldsystemer. Drivhusgasudledningen herfra udgjorde 1,2 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2013 og opgøres som ikke-kvotefattig under produktionserhverv.

### 2. Landbrugsproduktion

Den officielle opgørelse over landbrugets udledninger angår metan (CH<sub>4</sub>) og lattergas (N<sub>2</sub>O) samt en lille mængde CO<sub>2</sub> fra kunstgødning. Udledningerne indgår i ikke-kvotesektoren. For at gøre metan- og lattergasudledningen sammenlignelig med CO<sub>2</sub>, måles disse i CO<sub>2</sub>-ækvivalenter (CO<sub>2</sub>e). Der er to væsentlige kilder til udledning af metan og lattergas:

- Dyrehold: Bedrifter med dyrehold, særligt kvægbedrifter, udleder en stor mængde metan fra drøvtyggenes fordøjelse og fra de tilhørende gylle- og gødningslagre.
- Landbrugsjorden: Når der tilføres gødning til markerne, øges kvælstofmængden som omdannes til blandt andet lattergas i jordens kvælstofomsætning.

Landbrugsproduktionens udledninger af metan og lattergas kan ikke måles direkte. Udledninger på dansk grund beregnes derfor ud fra de produktionsfaktorer, der er årsag til udledningen, såsom jordtype, type af dyrehold, antal dyr, gødningsmængde mv. Beregningerne er baseret på IPCC's opgørelsesprincipper og fordeler sig på kilder som vist i figur 4.11 og samlet som illustreret i figur 4.12. Siden 1990 er der sket en reduktion af udledningerne fra landbruget på knap 19 pct. primært som følge af et fald i lattergasudledningen. Det skyldes særligt implementeringen af vandmiljøplanerne, der stiller krav om reduktion af kvælstofudvaskningen og ammoniakfordampningen. Reduktionen af lattergasudledningen er især sket gennem en reduktion af forbruget af handels- og husdyrgødning samt en bedre udnyttelse af kvælstoffet.

LULUCF er en international betegnelse for optag og udledninger fra skov- og arealanvendelse. Forkortelsen betegner følgende: LU: Land Use – ændringer i jordens kulstofbalance som følge af arealanvendelsen. LUC: Land-Use Change – ændringer i kulstofbalancen som følge af ændringer i arealanvendelsen. F: Forestry – ændring i kulstoflagring som følge af skovrejsning og skovrydning.

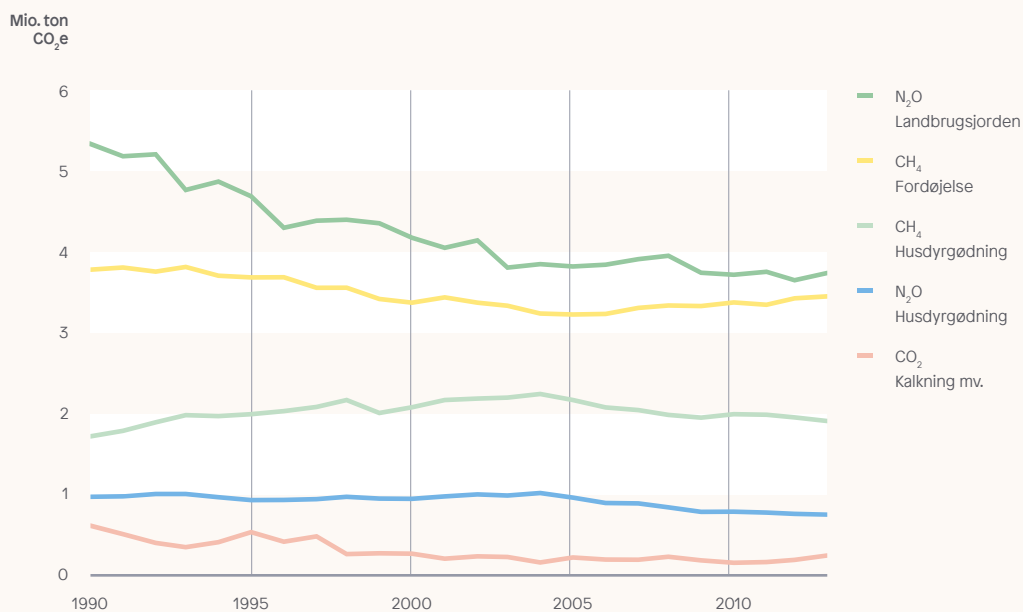
### 3. Arealanvendelse, ændringer i arealanvendelse og skov (LULUCF)

LULUCF omfatter udledninger og optag fra arealanvendelse, ændring i arealanvendelse og skov. Arealanvendelsen er afgørende for, hvor meget CO<sub>2</sub> der optages og udledes. Fx sker der en væsentlig CO<sub>2</sub>-udledning gennem dyrkningen af jorden i form af bearbejdning og dræning af landbrugsjorden, hvorved det organiske stof omsættes, og CO<sub>2</sub> frigives. Samtidig sker et CO<sub>2</sub>-optag gennem planterne, hvor CO<sub>2</sub> bindes i de planter, der høstes, og i organisk stof i jorden.

På landbrugsjorde frigives det bundne kulstof hurtigere, når jorden bearbejdes. Dette medfører ændringer i jordens kulstofpulje. Kulstofindholdet i jorden afhænger især af jordtypen, men også af dræningsforhold og den afgrøde, der dyrkes. Derfor er der stor forskel på, hvor stor en mængde CO<sub>2</sub> der udledes og optages fra de forskellige jordtyper. Særligt organiske jorde, der drænes til dyrkningsformål, har en stor CO<sub>2</sub>-udledning. Samtidig er der stor forskel i optag og udledninger fra de forskellige typer arealanvendelse, og ændringer fra én type arealanvendelse til en anden kan have konsekvenser for udledningerne.

Landbrugsjorde, der tidligere har været enge og moser, er våde af natur og har et højt kulstofindhold. De kaldes organiske jorde.

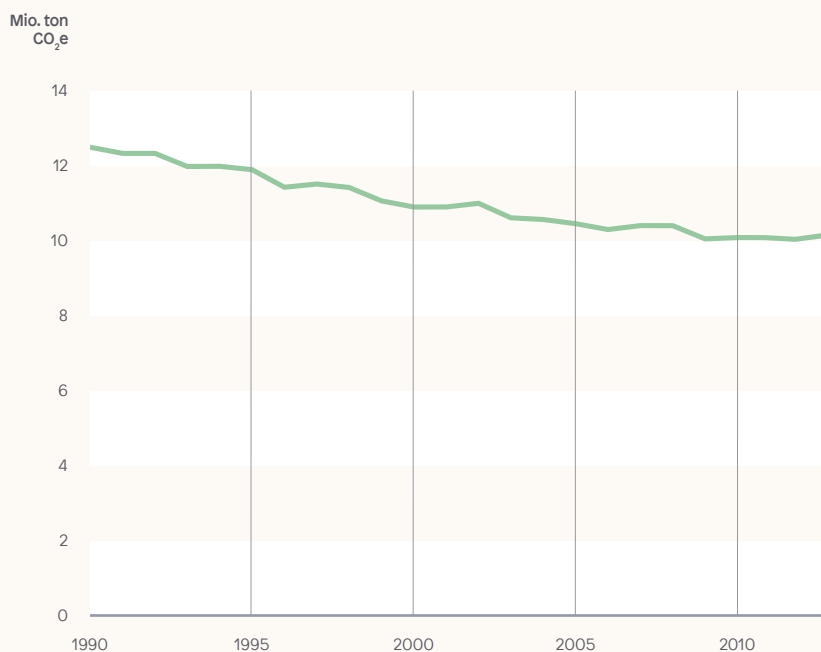
De samme forhold gør sig gældende for skovbrug. Skove står for et væsentligt CO<sub>2</sub>-optag, der primært sker gennem bladenes fotosyntese. Træer akkumulerer



Figur 4.11

Drivhusgasudledninger fra landbrugsproduktionen fra 1990 til 2013 fordelt på kilder opgjort i mio. ton CO<sub>2</sub>e.

Kilde: DCE.



Figur 4.12

Landbrugsproduktionens samlede udledning af drivhusgasser fra 1990 til 2013 opgjort i mio. ton CO<sub>2</sub>e.

Anm.: Kurven i figuren er summen af kurverne i figur 4.11.

Kilde: DCE.

Omsætningshastigheden afhænger af anvendelsen af træet, og udledningen kan derfor være tidsmæssigt forskubbet. Fx holder konstruktionstræ længere på CO<sub>2</sub> end træ benyttet til energiformål.

Den danske skovlov hindrer egentlig skovrydning, der kun kan ske ved dispensation og etablering af erstatningsplantning.<sup>1</sup>

Danmark har gennem artikel 3.3 og 3.4 i Kyoto-protokollen en forpligtelse til at afrapportere udledninger fra LULUCF. Artikel 3.3 omfatter skovrejsning, skovrydning og genskovning. Artikel 3.4 angår skovforvaltning, der er obligatorisk fra 2013, samt forvaltning af dyrkede arealer og græsarealer.

også kulstof både over og under jorden, og når træerne fældes, frigives CO<sub>2</sub> i takt med at træet og roden, hvis denne rykkes op, omsættes. Derudover sker der optag og udledning fra jorden. Hastigheden heraf afhænger af dyrkningssystem og genetablering af skoven.

CO<sub>2</sub>-optag og -udledninger, som følger af arealanvendelse og ændringerne heri, opgøres sammen med udledningerne fra skovbruget under LULUCF. Tabel 4.1 viser den samlede danske udledning og optag fra LULUCF fordelt på hovedudledningskilderne. Tabellen omfatter den indrapporterede udledning til klimakonventionen, hvor Danmark har en indrapporteringsforpligtelse. Der er sket en væsentlig reduktion i udledningen fra de dyrkede arealer, som primært er opnået ved at nedmulde halm på marken, hvorved halmen holder på jordens kulstof. Udledningen fra skovarealet afhænger af både skovforvaltning, skovrydning og skovrejsning. Der er store forskelle i udledningerne og optagene årene imellem, primært af konterings-tekniske årsager. Det danske skovareal fungerer i dag som et CO<sub>2</sub>-depot og har et nettooptag på grund af skovrejsning og en større tilvækst end hugst.

Tabel 4.1 viser den indrapporterede udledning til klimakonventionen, mens tabel 4.2 viser bidraget fra LULUCF i relation til Danmarks reduktionsforpligtelse under Kyoto-protokollen. Den væsentligste forskel mellem de to opgørelser er, at bidraget fra dyrkede arealer og græsarealer regnes i forhold til udledningen i 1990 i stedet for den absolutte udledning.

1.000 ton CO <sub>2</sub> e	1990	2000	2005	2009	2010	2011	2012	2013
Skovarealer	368	-496	894	6.565	-1.842	-3.869	-2.390	-2.310
Dyrkede arealer	5.461	4.523	4.242	3.346	4.127	3.882	3.589	4.104
Græsarealer	830	686	719	706	687	723	999	586
Vådområder	102	73	129	105	97	104	48	21
Bebyggelser	13	24	41	50	53	55	95	79
Træprodukter	-2	-45	83	-46	-75	-99	-70	-89
<b>I alt</b>	<b>6.772</b>	<b>4.765</b>	<b>6.109</b>	<b>10.726</b>	<b>3.046</b>	<b>795</b>	<b>2.271</b>	<b>2.390</b>

Tabel 4.1

Optag og udledninger af drivhusgasser fra LULUCF fordelt på kilder som indrapporteret til klimakonventionen. Tallene angiver udledning fratrukket optag. Et positivt tal er en nettoudledning, og et negativt tal er et nettooptag af drivhusgasser.

Anm.: Skovearealer omfatter både skovrejsning og eksisterende skov.  
Kilde: DCE.

1.000 ton CO <sub>2</sub> e	Basisår, 1990	Optag og udledninger, 2013	Bidrag, 2013
Artikel 3.3 Skovrejsning og genskovning <sup>1</sup>			40
Artikel 3.3 Skovrydning <sup>1</sup>			39
Artikel 3.4 Skovforvaltning <sup>1</sup>			-2.285
Artikel 3.4 Dyrkede arealer <sup>2</sup>	5.444	4163	-1.281
Artikel 3.4 Græsarealer <sup>3</sup>	796	602	-195

Tabel 4.2

LULUCF-bidrag i relation til Danmarks reduktionsforpligtelse under Kyotoprotokollen.

- Anm.: 1 Bidragene svarer omtrent til 'skovarealer' i tabel 4.1.  
 2 Optag og udledninger svarer omtrent til 'dyrkede arealer' i tabel 4.1.  
 Bidraget er beregnet som differencen mellem den faktiske udledning og udledningen i basisåret.  
 3 Optag og udledninger svarer omtrent til 'græsarealer' i tabel 4.1. Bidraget er beregnet som differencen mellem den faktiske udledning og udledningen i basisåret.

Kilde: DCE.

Danmark har ikke nogen reduktionsforpligtelse for LULUCF i forhold til EU's 2020-målsætninger, men LULUCF indgår derimod i den nationale 40-procentsmålsætning i 2020.

### **Regulering, der øger omkostningerne ved landbrugsproduktionen, sker mest hensigtsmæssigt på EU-niveau**

De samlede udledninger fra landbrug, skovbrug og arealanvendelse forventes ikke at falde uden nye reduktionstiltag.<sup>2</sup> Samtidig vil den danske 2050-målsætning ikke kunne opfyldes uden væsentlige reduktioner af land- og skovbrugets samlede drivhusgasudledninger.

Regulering af udledningerne fra landbrugets produktion er dog langt fra enkelt. Da landbrugssektoren er præget af international konkurrence, kan nationale klimapolitiske tiltag, der fordyrer sektorens udledning af drivhusgasser, have en mærkbar negativ virkning på den indenlandske landbrugsproduktion og de indkomster, der skabes i sektoren. Det er en af grundene til, at man fra politisk hold hidtil har fokuseret på teknologiske og tilskudsbaseerede virkemidler.

De klimamæssige og miljømæssige omkostninger ved landbrugsproduktionen er ikke fuldt afspejlet i priserne på landbrugets produkter og produktionsfaktorer. En omkostningseffektiv regulering af sektorens udledninger kræver ideelt set, at landbrugets priser korrigeres gennem afgifter eller tilskud, så de afspejler de eksterne klima- og miljøeffekter. En regulering gennem afgifter, hvor provenuet ikke tilbageføres til sektoren, kan dog medføre udflytning af en del af landbrugsproduktionen med potentiel CO<sub>2</sub>-lækage til følge. En regulering, der indebærer mærkbare ekstra omkostninger ved landbrugsproduktionen, finder derfor mest hensigtsmæssigt sted på EU-niveau.



### Opgørelsesmetoderne dikterer incitamenter og mulige reguleringer

Reguleringsmulighederne i sektoren afhænger i høj grad af den anvendte opgørelsesmetode. Der er tre mulige niveauer at opgøre landbrugets udledninger på.

#### 1. Opgørelse på aggregeret niveau:

Denne opgørelsesmetode anvendes i dag og muliggør i princippet kun teknologiske virkemidler, da det kun er det samlede udledningsniveau i landbruget, der fremgår. Da udledningen fra den enkelte bedrift ikke kendes, er det svært at lave incitamentsbaserede virkemidler, og bedriften har derfor ingen umiddelbare fordele af at reducere sin udledning. De teknologiske virkemidler medfører ikke nødvendigvis de samme marginale reduktionsomkostninger for alle bedrifter og sikrer dermed ikke, at udledningsreduktionen sker, hvor det er billigst.

#### 2. Opgørelse på bedriftsniveau:

Denne metode kan i princippet synliggøre de enkelte bedrifters udledningskilder og danne grundlag for en omkostningseffektiv regulering, der tilskynder den enkelte landmand til at reducere sin drivhusgasudledning. Der kan dog være administrative vanskeligheder og omkostninger ved metoden for både myndighederne og den enkelte landmand.

#### 3. Livscyklusanalyse:

Dette er en opgørelsesmetode, der inkluderer hele produktionskæden ofte fra en enkelt produktionsgren, fx gennem specifikke bedriftsopgørelser for mælkeproduktionen<sup>3</sup> eller kvægproduktionen.<sup>4</sup> Metoden stiller store krav til gennemsigtigheden i hele produktionskæden, men den kan synliggøre særligt udledende dele af produktionsprocessen eller særlige produktionsgrenes udledningskilder. Opgørelsesmetoden inkluderer dog ikke udelukkende udledninger fra dansk grund, som 2050-målsætningen gør.

På nuværende tidspunkt eksisterer der ikke en opgørelsesmetode, der kan måle udledningen fra de enkelte bedrifter, men en udbygning af de eksisterende drifts- og gødningsregnskaber har været foreslået.<sup>5</sup> Klimarådet vil se nærmere på denne mulighed i en kommende rapport.

### Landbruget og skovbruget kan levere biomasse til produktion af vedvarende energi

Landbruget producerer ikke blot fødevarer. Landbruget og skovbruget spiller også en væsentlig rolle i produktion af biomasse til energiformål. Restprodukter fra produktionen, der ikke har en alternativ anvendelse, kan med fordel bruges til energiproduktion, hvis omkostningerne ved at indsamle og bearbejde dem ikke er for store. Fx er overskydende gødning, gylle, afgrøderester, halm og trærester forbundet med en vis CO<sub>2</sub>e-udledning, hvis de ikke anvendes et andet sted i produktionen. Her kan husdyrgødning anvendes til biogasformål, og trærester kan forbrændes til el- og varmeformål.

En del af Danmarks el- og varmeproduktion er baseret på biomasse fra dansk land- og skovbrug. Tabel 4.3 viser det nuværende biomasseforbrug samt Energistyrelsens skøn over potentialet for nationalt produceret biomasse i 2050. Skønnet viser et stort energipotential for biogasproduktionen. Omkostnin-

En livscyklusanalyse (LCA) er en opgørelsesmetode, hvor udledningerne fra alle aspekter af produktionen inkluderes – både nationalt og globalt.

PJ	Produktion 2013	Potentiale 2050
Halm	21	148
Skovflis	12	40
Brænde	20	
Træpiller	2	
Træaffald	9	
Organisk affald	21	42
Husdyrgødning	5	42
<b>I alt</b>	<b>87</b>	<b>272</b>

Tabel 4.3

Aktuel, dansk produktion af biomasse og produktionspotentiale i 2050.

Anm.: Husdyrgødning anvendes til biogasproduktion.

Kilde: Energistyrelsens Energiscenarier frem mod 2020, 2035 og 2050 og Energistatistik 2013.

gerne ved produktion af biogas afhænger dog af den teknologiske udvikling. En metanisering af biogassen kan øge den endelige energimængde væsentligt.

Incitamentet til en øget produktion af biomasse til energiformål afhænger af prisen på energiafgrøderne, jordarealets alternativanvendelse og af prisen på foder, der alternativt skal importeres. Der er derimod ikke en umiddelbar tilskyndelse for den enkelte landmand eller for sektoren som helhed til at øge biomasseproduktionen med henblik på at reducere udledningerne. Landbruget bliver nemlig kun godskrevet reduktioner i drivhusgasudledninger, der måtte stamme fra ændringer i produktionen eller i behandlingen af restprodukterne som følge af biomasseproduktionen. Udledningsreduktionen fra den anvendte bioenergi medregnes i den sektor, hvor energien anvendes.

#### Der bør fokuseres på reduktionstiltag med størst mulige synergieffekter

De nuværende reduktionsmuligheder begrænses af den manglende opgørelse af udledningerne på bedriftsniveau og det deraf følgende manglende reduktionsincitament for den enkelte bedrift. På kort sigt er der mulighed for at reducere udledningen ved at indføre krav om ændrede afgrøde- og dyrkningsformer og om anvendelse af udledningsreducerende teknologier. Fx kan der ske en øget kulstofbinding i jorden gennem etablering af flere mellem- og efterafgrøder, eller der kan investeres i gylleforsuringsanlæg. Gylleforsuring reducerer metanudledningen væsentligt og har samtidig en positiv miljøeffekt, da ammoniakfordampningen også reduceres. Disse tiltag har det til fælles, at de udover at reducere drivhusgasudledningen fra landbrugsproduktionen også hjælper til at nå målsætninger på andre områder. Derved har tiltagene potentielt store synergieffekter.

Der er gevinster ved at tænke forskellige målsætninger sammen. Specielt afledte effekter inden for miljøområdet kan give en ekstra samfundsøkonomisk gevinst ved tiltag, der samtidig reducerer drivhusgasudledningen. En udbygning af bio-

Ved bioforgasning dannes metan og CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub> kan opgraderes til metan og ilt ved hjælp af brint. Processen kaldes metanisering.

81 pct. af den danske landbrugsjord bruges til dyrkning af foder. Derfor er det rimeligt at antage, at en omlægning af produktionen vil medføre en øget foderimport, såfremt det omlagte areal ikke bruges til foderformål.

Mellem- og efterafgrøder er afgrøder, der plantes mellem to hovedafgrøder og efterfølges af vår- eller vintersæd.

Gylleforsuring er en forsurningsproces, hvor gylle tilsættes svovlsyre.

gasinfrastrukturen har væsentlige synergieffekter. Energiafgrøder og restprodukter fra landbrugsproduktionen som husdyrgødning og halm kan indgå i et biogasanlæg, der producerer biogas til energiformål. Bioforgasningsprocessen reducerer metanudledningen fra husdyrgødningen, og selve biogassen erstatter fossile brændsler i den sektor, hvor slutanvendelsen finder sted. Den bioforgassede biomasse genanvendes på marken som gødning, da næringsstoffer som fx fosfor og kvælstof ikke mistes under biogasprocessen. Fordi kvælstoffet i den bioforgassede biomasse er lettere at optage for planterne, kan der samtidig opnås en reduktion i næringsstofudvaskningen. Det er derfor relevant at analysere, om der er behov for yderligere initiativer til at fremme en udbygning af biogasinstrukturen, da der er store synergieffekter at hente.

Et andet tiltag til reduktion af drivhusgasudledningerne i landbruget kan være at ophøre med at dræne lavbundslande til dyrkningsformål og i stedet lade dem springe i skov eller anlægge vedvarende græsarealer. Dræning af jorde er forbundet med en væsentlig CO<sub>2</sub>-udledning. Tiltaget vil ikke blot reducere CO<sub>2</sub>-udledningen fra jorden og lattergasudledningen gennem ophør af gødningstilførsel, men også den tilhørende kvælstofudvaskning vil blive reduceret. Hvis der fortsat ønskes dræning af lavbundslande, kan der anlægges sletgræs, der dog har et væsentligt lavere reduktionspotentiale end ophør af dræning.

Dansk Skovforening har vurderet et ekstra potentiale i at dyrke såkaldte ammetræer til energiformål ved plantning af ny skov. Ammetræer er træer med en hurtig vækst, der plantes som støtte mellem træer, der vokser langsommere. Ammetræerne fældes efter 15-20 år og bruges da som biomasse til energiformål.

Skovrejsning har tillige synergieffekter. Særligt på kort sigt kan skovrejsning bidrage med et væsentligt CO<sub>2</sub>-optag. Samtidig kan skov give mulighed for rekreation og bidrage til opfyldelse af målsætningen om en fordobling af det danske skovareal. Det er desuden muligt at udnytte restprodukterne fra skovene til energiformål.

## 4.5 Bygninger

En væsentlig andel af energiforbruget sker i bygninger. Nye teknologier giver mulighed for produktion af vedvarende energi på husstands niveau, og der kan være et potentiale i at fremme fleksibelt energiforbrug i bygninger. Bygninger spiller derfor en central rolle i omstillingen til et lavemissionssamfund. Samtidig er bygninger meget forskellige med forskellig udnyttelse og forskellige brugere. Det komplicerer indsatsen på bygningsområdet.

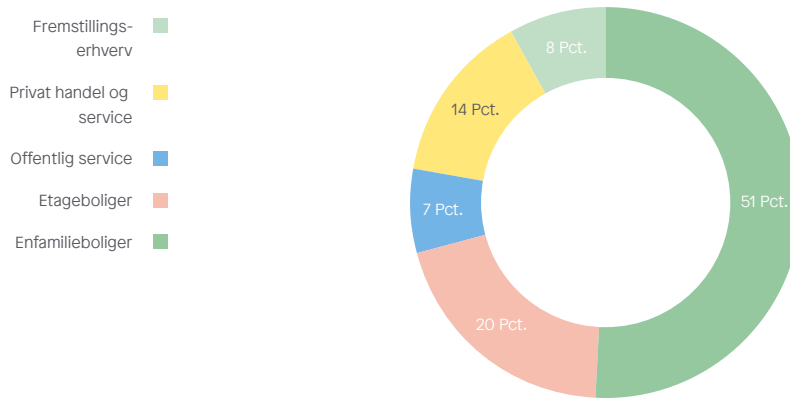
Frem mod 2050 kommer det danske energisystem til at ændre karakter. Der vil i højere grad blive behov for at tænke produktion, distribution og forbrug af energi tættere sammen. Bygninger spiller en central rolle i omstillingen af energisystemet, da en stor del af energiforbruget sker i bygninger, samtidig med at der også produceres vedvarende energi knyttet til bygninger i form af eksempelvis solceller. Der er dog mindst fire udfordringer i relation til bygningers samspil med fremtidens energisystem:

1. Hvordan skal balancen mellem udbygning af vedvarende energi og nedbringer af energiforbruget være?
2. Hvordan realiserer man energibesparelser i bygninger, der vurderes at være omkostningseffektive for samfundet?
3. Hvordan sikres der en omkostningseffektiv balance mellem udbygningen af husstandsrelateret produktion af vedvarende energi og udbygning i de centrale forsyningsnet?
4. Hvordan udvikles og fremmes muligheder for fleksibilitet i energiforbruget?

### Bygninger er meget forskellige

I forbindelse med den grønne omstilling er det vigtigt at holde sig for øje, at bygninger er meget forskellige. De omfatter erhvervsbygninger, etageejendomme, offentlige bygninger og private boliger med meget forskellig alder. Samtidig er ejerformerne forskellige afhængigt af, om der er tale om leje- og almene boliger, andelsboliger, ejerlejligheder eller parcel- og rækkehuse. En tilsvarende mangfoldighed gør sig gældende i erhvervsbyggeri. I figur 4.13 ses fordelingen af energiforbruget til opvarmning i de forskellige bygningstyper.

En klimaindsats inden for bygninger vil derfor skulle tage højde for, hvilken type bygning og hvilken ejerform der er tale om, og hvilke incitamenter der dermed er mest effektive i forhold til de pågældende bygningsejere og -brugere. At forstå kompleksiteten på området er helt centralt for at kunne tilrettelægge en effektiv indsats for særligt energibesparelser i bygninger.



Figur 4.13

Fordeling af energiforbruget til opvarmning på bygningstyper.

Kilde: Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, *Strategi for energireovering af bygninger*, 2014.

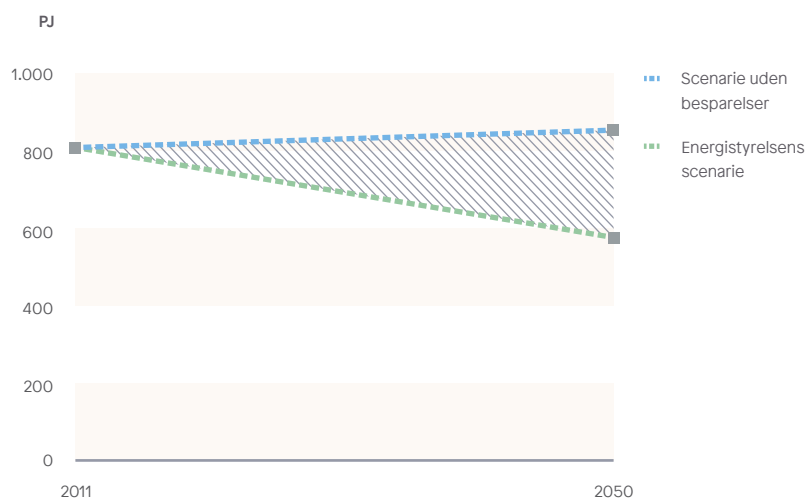
### Der er behov for at afdække det omkostningseffektive niveau for energieffektivisering

Det første skridt i afdækningen af bygningers rolle i omstillingen til et lavemissionsamfund er at få klarhed over, hvor store energibesparelser der er omkostningseffektive i forhold til alternativet i form af udbygning med mere vedvarende energi. Det gælder energibesparelser bredt, hvor besparelser i bygninger udgør en stor delmængde.

Behovet for at nedbringe energiforbruget bliver ofte fremhævet som et centralt element i omstillingen til et lavemissionsamfund. Argumentet er, at såfremt energiforbruget fastholdes, kan det blive vanskeligt at dække det samlede forbrug med vedvarende energi til acceptable omkostninger. I alle Energistyrelsens energiscenarier for 2050 indgår en væsentlig reduktion af det samlede energiforbrug på 30-35 pct. i forhold til det nuværende niveau.<sup>1</sup> Det dækker både over energiforbrug i virksomheder og bygninger og energiforbruget i el- og varme-produktion og transmission.

I figur 4.14 illustreres forskellen på en fortsættelse af det nuværende energiforbrug uden besparelser og en lineær fremskrivning fra det nuværende forbrug til det forudsatte forbrug i Energistyrelsens vindscenarie som eksempel. Det skraverede område viser det energiforbrug, der vil skulle dækkes, såfremt der ikke sker energibesparelser frem mod 2050, og forbruget vil især skulle dækkes med vedvarende energi. Det vil altså kræve en markant forøgelse af udbygningen af vedvarende energi i forhold til det forudsatte i scenarierne, hvis vi ikke reducerer energiforbruget.

Der er behov for yderligere analyser af, hvor stort behovet for energieffektivisering er frem mod 2050 for at sikre en omkostningseffektiv omstilling. Reduktioner i energiforbruget indebærer en gevinst i form af lavere energiudgifter, men også omkostninger for det offentlige i form af fx støtteordninger til renoverin-



Figur 4.14

Bruttoenergiforbrug fra 2011 frem mod 2050 i Energistyrelsens scenarie med og uden de forudsatte energibesparelser. Arealet mellem linjerne angiver det ekstra forbrug, der hovedsageligt skal dækkes med vedvarende energi, hvis der ikke realiseres besparelser.

Anm.: Den lineære trend mellem 2011 og 2050 er antaget. Som scenarie er valgt Energistyrelsens vindscenarie.

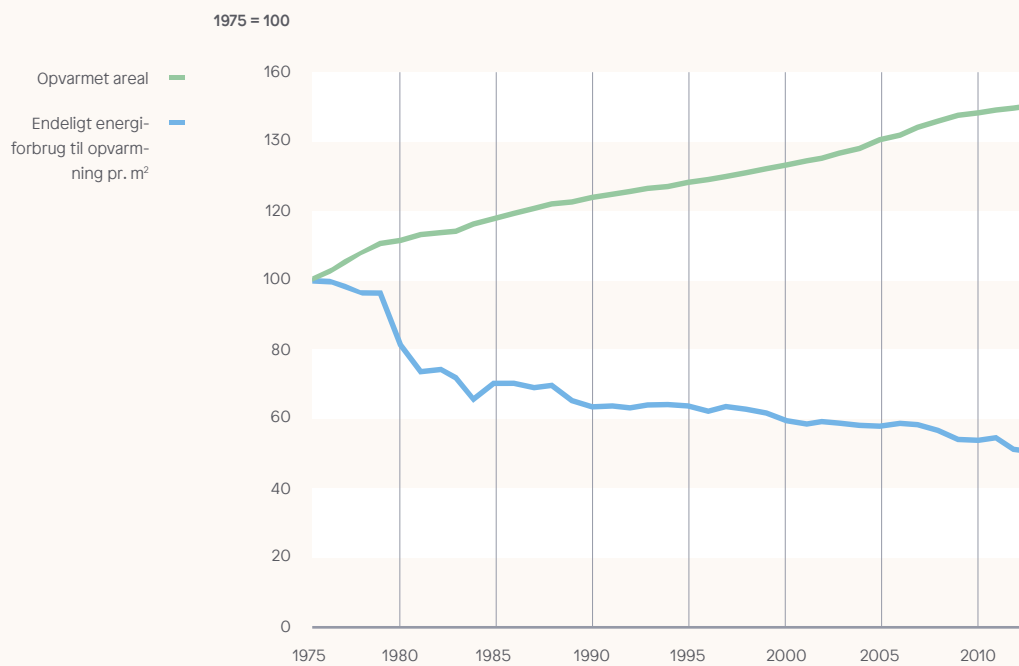
Kilde: Energistyrelsen, *Energiscenarier frem mod 2020, 2035 og 2050*, 2014.

ger, målrettede kampagner og rådgivning. Derudover kan der være velfærdstab ved mindsket forbrug af energitjenester, men også gevinster hvis energirenoveringerne medfører en forbedret bygningsstand. Det vil derfor være nødvendigt at foretage en afvejning af omkostningerne ved energieffektivisering over for omkostningerne ved en øget udbygning af vedvarende energi for at vurdere det hensigtsmæssige niveau for energieffektivisering. I sådanne afvejninger skal der tages højde for, på den ene side hvor mange energibesparelser det overhovedet er realistisk at opnå, og på den anden side mulighederne for yderligere vedvarende energiproduktion.

En analyse af, hvor stor en rolle energieffektiviseringer skal spille i omstillingen frem mod 2050, vil kunne danne baggrund for det videre arbejde med konkrete virkemidler til at fremme energieffektiviseringer og give mulighed for at prioritere indsatsen. Klimarådet vil derfor se på, hvordan en sådan analyse hensigtsmæssigt kan udformes.

#### Potentialet for energibesparelser i bygninger skal afdækkes

Energiforbruget i bygninger er faldet i de seneste 40 år. Siden midten af 1970'erne er der sket omkring en halvering i det endelige energiforbrug til opvarmning pr. m<sup>2</sup>, jf. figur 4.15. Her ses en stigning i det samlede opvarmede beboelsesareal, mens den endelige opvarmning pr. m<sup>2</sup> er faldet. Faldet skyldes blandt andet en stor indsats for energibesparelser efter oliekrisen i 1970'erne drevet af øgede energikrav i bygningsreglementet og høje energifgifter og -priser.



Figur 4.15

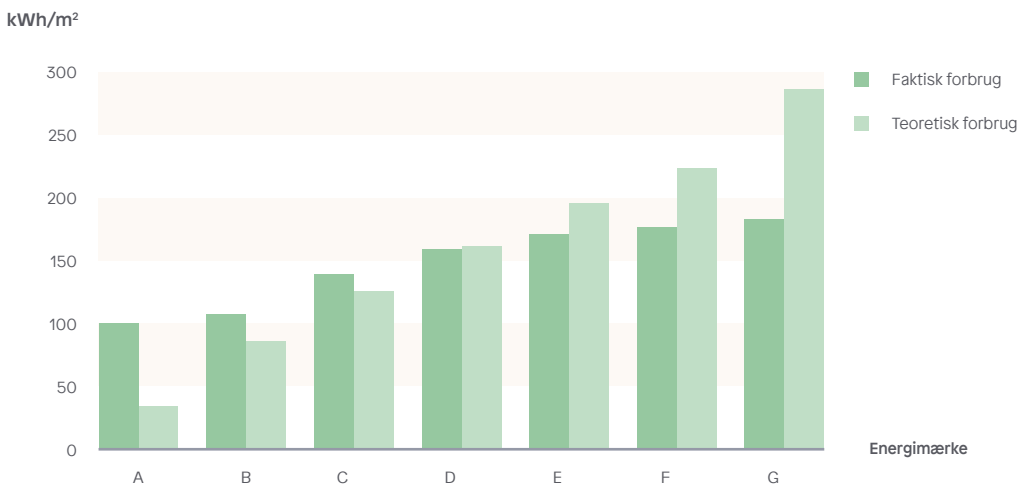
Udvikling i opvarmet bygningsareal og energiforbruget til opvarmning pr. m<sup>2</sup> fra 1975 til i dag.

Kilde: Energistyrelsen.

Trods den historiske reduktion vurderes det i regeringens strategi for energirenovering af bygninger, at der fortsat er et væsentligt potentiale for yderligere besparelser i energiforbruget i bygninger.<sup>2</sup> Traditionelt har opgørelser over potentialet for energibesparelser i private boliger taget udgangspunkt i det teoretiske potentiale på baggrund af oplysninger fra energimærkningen. Energimærket tager udgangspunkt i et teoretisk energiforbrug for de enkelte energiklasser, hvilket fører til en markant forskel mellem det bedste energimærke A++ og det dårligste G.

Forskellen angiver et betydeligt potentiale for energibesparelser i huse med de lavere energimærker, da energiforbruget antages at være meget højt i disse huse. Der er dog studier, der peger på, at dette ikke nødvendigvis afspejler de reelle forhold. Flere analyser, herunder et stort hollandsk studie baseret på ca. 200.000 bygninger, sammenligner det faktiske energiforbrug med energiforbruget ifølge energimærket. Studierne finder, at brugere af bygninger med de dårligste energimærker bruger markant mindre energi end antaget ud fra husets energimærke. Modsat har brugere af de bedste bygninger i praksis et højere energiforbrug end antaget ud fra energimærket.<sup>3</sup>

Forskere fra Statens Byggeforskningsinstitut ved Aalborg Universitet har foretaget en tilsvarende undersøgelse på 230.000 danske parcelhuse, og analysen viser, at det samme billede gælder for Danmark.<sup>4</sup> Som det fremgår af figur 4.16, svinger det teoretiske forbrug for de forskellige energimærker mellem ca. 40 og 280 kWh/m<sup>2</sup>, mens det reelle forbrug kun svinger mellem ca. 100 og 175 kWh/m<sup>2</sup>. Det kan betyde, at potentialet for energirenoveringer i boliger er lavere end hidtil antaget, hvilket igen kan få betydning for den fremtidige indsats for energibesparelser i bygninger.



Figur 4.16

Reelt og teoretisk energiforbrug til opvarmning pr. m<sup>2</sup> for danske parcelhuse fordelt på energimærke.

Anm.: Endnu ikke offentliggjort studie.

Kilde: Statens Byggeforskningsinstitut.



### **Energibesparelser i bygninger skal gennemføres omkostningseffektivt**

Når niveauet for energieffektivisering og potentialet for energibesparelser er klarlagt, bliver den næste udfordring at sikre, at samfundsøkonomisk rentable energibesparelser også er privatøkonomisk rentable og rent faktisk bliver gennemført på en omkostningseffektiv måde.

Omkring 40 pct. af det danske energiforbrug finder sted i bygninger, og reduktion af energiforbruget i bygninger er derfor et væsentligt indsatsområde i forhold til energieffektivisering. Energiforbruget i bygninger omfatter både elforbrug til fx belysning og drift af husholdningsartikler og energi til opvarmning. I de private husstande udgjorde varmemeforbruget således 82 pct. af energiforbruget i 2013, mens elektriske apparater, lys mv. stod for de resterende 18 pct.<sup>5</sup>

En reduktion af elforbruget sker blandt andet gennem løbende stramninger af de europæiske krav til elartikler, mens varmemeforbruget i højere grad reduceres gennem fx energirenoveringer eller adfædsændringer. Selvom der er regler for de materialer, der benyttes til energirenoveringer, er der ikke regulering, der sikrer, at folk rent faktisk vælger at energirenovere, når det er samfundsøkonomisk fordelagtigt. De gældende energiafgifter giver dog et privatøkonomisk incitament til at gennemføre energibesparelser, men som nærmere forklaret nedenfor kan dette blive modvirket af en række barrierer for energirenovering. Det vil kræve en nærmere analyse at afgøre, om der er behov for at supplere energiafgifterne med yderligere tiltag for at opnå en reduktion af varmemeforbruget i både erhverv og private hjem.

De danske bygninger står i mange år, og det årlige nybyggeri udgør kun ca. 1 pct. af bygningsmassen i Danmark. Hvis man skal opnå yderligere energibesparelser ved at nedbringe energiforbruget i bygninger, skal der derfor ikke mindst fokuseres på renovering af den eksisterende bygningsmasse.

En stor del af den danske bygningsmasse er opført før 1979, hvor der første gang blev indført krav i bygningsreglementet til bygningers energiforbrug. Der ligger et væsentligt potentiale for energirenoveringer i disse ældre bygninger, og mange af dem står i de kommende år over for større renoveringer i forbindelse med almindeligt vedligehold. De gennemgribende energirenoveringer skal helst gennemføres i forbindelse med andre store renoveringer at fx facade og tag, hvis de skal realiseres billigst muligt. Da sådanne renoveringer ofte kun skal foretages med 20-30 års mellemrum, er det vigtigt at sikre, at der rent faktisk foretages energirenoveringer i samme omgang. Ellers kan der gå mange år, før muligheden for større energirenoveringer opstår igen. Der kan derfor være behov for at sikre, at de rette incitamenter til energirenovering er til stede, når der alligevel skal gennemføres andre store renoveringer.

### **Energirenoveringer i private boliger har endnu ikke taget fart**

Trods stigende interesse for energirenoveringer hos borgerne er omfanget af større renoveringer stadig begrænset. Det tyder på, at der fortsat er barrierer for renoveringen. Hvis der skal realiseres flere energibesparelser i private hjem, er det nødvendigt at få afdækket disse barrierer og finde metoder til at overvinde dem.

Bolius Boligejeranalyse fra 2015 viser, at over 70 pct. af boligejerne i 2015 viste interesse eller megen interesse for energiforbedringer af boligen, mens 42 pct. rent faktisk har foretaget tiltag til energiforbedringer – størsteparten i form af udskiftning af vinduer og døre.



I Bolius Boligejeranalyse fra 2015 angav 60 pct. af de adspurgte boligejere, at økonomi kunne motivere til energirenovering, mens 54 pct. angav bedre komfort og indeklima som en motivationsfaktor. Det er en stigning i betydningen af komfort og indeklima fra 2014. Her angav 67 pct. økonomi som motivationsfaktor, mens 47 pct. pegede på komfort og indeklima.

ESCO står for Energy Service Company. Betegnelsen bruges om et forretningskoncept, hvor en ESCO-virksomhed tjener penge på at gennemføre energitjenester for en kunde. Energijtjenesten omfatter leverance af en aftalt ydelse, og hvis konceptet fungerer efter hensigten, opnår både ESCO-virksomheden og kunden en gevinst. Kunden får en ydelse til samme pris som hidtil (eller billigere), men får også et ekstra udbytte i form af fx forbedret indeklima. ESCO-virksomheden får en andel af den økonomiske gevinst ved at nedbringe energiforbruget. Hvis ESCO-virksomheden ikke kan realisere den aftalte besparelse på fx varmeregningen, skal ESCO-selskabet betale differencen tilbage til kunden i den periode, hvor aftalen løber. Konceptet giver således tryghed for de realiserede besparelser, ligesom ESCO-firmaet i tilrettelæggelsen af projektet har et incitament til at fastsætte besparelserne på et realistisk niveau. Sådanne ordninger har således et potentiale til at skabe sikkerhed om den besparelse, der opnås ved energirenoveringer.

Når man sammenligner andelen af besparelser i de forskellige sektorer og deres andel af energiforbruget, er det endnu mere tydeligt, at der realiseres flere besparelser inden for produktionserhverv i forhold til de andre sektorer.

Nogle af de barrierer, der ofte bliver nævnt, er manglende viden om mulighederne for energibesparelser, usikkerhed om tilbagebetalingstiden, da de opnåede energibesparelser afhænger af brugernes adfærd, besvær forbundet med håndværkerarbejde, samt at boligejere ofte har en meget kort tidshorisont for tilbagebetaling, hvilket gør det svært at gennemføre rentable renoveringer med reel effekt. Derudover har boligejere forskellige motiver til at renovere. Økonomien er vigtig for nogle, mens øget komfort i form af fx mindre træk eller bedre indeklima betyder mere for andre.<sup>6</sup>

Der arbejdes med flere metoder til at nedbryde disse barrierer som fx Bedre-Boligordningen, der sigter på at give private boligejere en samlet vurdering af potentialet for energibesparelser og deres tilbagebetalingstid, eller de såkaldte ESCO-ordninger i den offentlige og almennyttige sektor.

Klimarådets fremtidige anbefalinger om virkemidler til at fremme energirenoveringer i private hjem vil derfor blandt andet tage udgangspunkt i analyser af barriererne for energirenoveringer og af, hvad der kan give borgerne incitament til at igangsætte samfundsøkonomisk rentable renoveringer.

### **Der er et betydeligt potentiale for energibesparelser hos små og mellemstore virksomheder**

Der har i de seneste år været stort fokus på energibesparelser i erhvervene. Selvom der af samme grund allerede er realiseret en del besparelser, er der fortsat et betydeligt potentiale for rentable energibesparelser i bygninger med erhvervsfunktion.

Der er muligheder for energibesparelser i alle dele af erhvervssektoren, men hvor de energitunge virksomheder i Danmark bruger betydeligt mindre energi end for bare 15 år siden, er energiforbruget steget i gruppen af handels- og serviceerhverv som fx hoteller og butikker.<sup>7</sup> Denne gruppe omfatter primært små og mellemstore virksomheder, og meget tyder på, at der netop hos denne type virksomheder inden for handel og service er store uudnyttede potentialer for energibesparelser. Analyser viser, at det største potentiale inden for alle tilbagebetalingshorisonter findes inden for handel og service, hvor der vurderes at være mulighed for besparelser på 9 pct. af det samlede energiforbrug, ligesom potentialet for tiltag med korte tilbagebetalingstider er større i handel og service end i de øvrige brancher.<sup>8</sup>

Indsatsen for energibesparelser inden for produktionserhvervene er i høj grad drevet af net- og distributionselskabernes forpligtelse til at sikre energibesparelser i slutforbruget. Denne forpligtelse omtales som energiselskabernes spareindsats. Over halvdelen af besparelserne under denne ordning i 2014 skete i erhverv, heraf 47 pct. i produktionserhverv og 11 pct. i handel og service, mens besparelser i husholdningerne stod for 26 pct.<sup>9</sup> At indsatsen har fokuseret på produktionserhverv kan blandt andet forklares med, at besparelspotentialerne for de enkelte tiltag ofte er større end i fx husholdningerne eller i de mindre virksomheder.

Små og mellemstore virksomheder er en meget sammensat gruppe, der dækker over mange typer virksomheder med en størrelse på alt fra 2 til 250 ansatte.

En indsats over for denne type virksomheder bør derfor deles op i segmenter – både i forhold til størrelse og type af virksomhed. Dermed kan der skabes de rette incitamenter til de forskellige virksomhedsgrupper.

Incitamenterne til at realisere energibesparelser ser generelt anderledes ud for erhvervene end for private. Det skyldes blandt andet, at dele af erhvervene ikke er pålagt energiafgifter i samme omfang som private, og der derfor ikke er samme privatøkonomiske incitament til at gennemføre energibesparelser. Samtidig viser undersøgelser, at op mod 75 pct. af virksomhederne netop angiver økonomi som væsentligt for en beslutning om at gennemføre energibesparelser.<sup>10</sup> Ud over de økonomiske incitamenter er der også en barriere i form af manglende viden om mulighederne for fx energireoveringer og de deraf følgende økonomiske fordele.

Klimarådets kommende analyser af potentialet for energibesparelser i virksomheder vil bygge på det arbejde, der allerede sker i Energisparerådet, Energistyrelsens Energisparesekretariat og andre fora. Klimarådet vil løbende følge dette arbejde og vurdere behovet for eventuel yderligere indsats på området.

### **Bygninger bliver en integreret del af fremtidens energisystem**

Bygninger vil i stigende grad ikke alene spille en rolle i forbruget af energi, men også i produktionen af vedvarende energi. Med den teknologiske udvikling inden for lokal produktion af vedvarende energi og energilagring kan samspillet mellem energisektoren og bygningsmassen ændre sig i de kommende årtier. Traditionelt har energisektoren produceret og leveret energi til bygningerne, men fremover vil vedvarende energi i højere grad være integreret i bygningerne i form af fx solceller og solvarme med evt. tilkoblede muligheder for lagring af energi i batterier eller udveksling til det centrale forsyningsnet.

En drivkraft i denne udvikling er de meget høje krav i bygningsreglementet til energirammen for nye bygninger. For bygninger, der fx ikke har optimalt lysindfald, kan kravet stort set kun opfyldes, hvis der sker en produktion af vedvarende energi i relation til bygningen, som kan trækkes fra bygningens reelle energiforbrug.

Bygningsreglementets bestemmelser om, at produktion af husstandsrelateret vedvarende energi kan trækkes fra i det samlede energiregnskab, stammer fra EU's bygningsdirektiv. Direktivets bestemmelser er udformet, så det udgør en drivkraft for udbredelse af vedvarende energi i lande, hvor der ikke er sket en større udbygning med vedvarende energi i det centrale net. I Danmark, hvor omstillingen til vedvarende energi i høj grad sker gennem det centrale forsyningsnet, er denne bestemmelse dog ikke nødvendigvis fremmende for den mest omkostningseffektive udvikling af produktionen af vedvarende energi. Der arbejdes derfor fra dansk side for større fleksibilitet i dette krav, så det ikke medfører en u hensigtsmæssig udvikling i den danske bygningsmasse.

Hvordan udviklingen i husstandsrelateret produktion af vedvarende energi kommer til at se ud fremover, står ikke klart endnu. Der vil derfor i de kommende år være behov for at se på, hvordan den mest omkostningseffektive udvikling ser ud frem mod et lavemissionssamfund. Der vil blandt andet være behov for

Energirammen dækker over bygningens samlede behov for tilført energi til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand pr. m<sup>2</sup> opvarmet etageareal. Kravet til nye bygninger er et energiforbrug på højst 52,5 kWh/m<sup>2</sup> pr. år tillagt 1.650 kWh pr. år divideret med det opvarmede etageareal.

analyser af, om en øget mængde energiproduktion fra mindre husstands anlæg er hensigtsmæssig samfundsøkonomisk set, eller om produktionen af vedvarende energi kan leveres mere omkostningseffektivt gennem det overordnede energisystem. I forlængelse heraf bør det analyseres nærmere, hvordan reguleringen bedst indrettes for at understøtte den mest hensigtsmæssige udvikling. Endelig er der behov for at se på, hvordan den lokalt producerede energi kan udnyttes bedst muligt, og om den i højere grad bør kunne indgå i den centrale energiforsyning gennem udveksling med forsyningsnettet. Klimarådet vil bidrage til sådanne analyser og på den baggrund komme med anbefalinger til den mest hensigtsmæssige regulering.

### **Bygninger kan levere fleksibelt forbrug**

Bygninger har potentiale til at bidrage til en fleksibel udnyttelse af energien i et fremtidigt energisystem med en større mængde fluktuerende energi. Det kunne eksempelvis være gennem regulering af varmen eller udskydelse af forbrug til perioder med billig el. Det vil derfor være relevant med yderligere analyser af det reelle potentiale for fleksibelt forbrug i bygninger for på den baggrund at kunne vurdere behovet for at fremme incitamenter til fleksibelt forbrug. I Klimarådets kommende arbejde vil der indgå en generel vurdering af potentialet i forskellige muligheder for fleksibelt forbrug.

Der mangler på nuværende tidspunkt incitamenter til fleksibelt forbrug, idet prisforskellen ved fx timeafregning af el og fjernvarme ikke giver en tilstrækkelig tilskyndelse til at indrette forbrug efter udbuddet. I fjernvarmeområder udgør faste gebyrer en meget stor andel af den samlede varmeregning, hvorfor en forbrugsbesparelse sjældent vil have tilstrækkelig betydning for varmeregningens størrelse til at fremkalde en ændring i de nuværende forbrugsmønstre.

Såfremt fleksibelt forbrug i bygninger viser sig at have et reelt potentiale for bedre udnyttelse af fluktuerende vedvarende energi i fremtiden, er der behov for at få udviklet forretningsmodeller, der effektivt kan fremme fleksibilitet. I nye bygninger med en høj grad af teknisk styring af særligt varmen eller i husstande med varmforsyning via varmepumper kunne en mulighed på længere sigt være, at boligejerne kan give centrale aktører som fx netselskaberne mulighed for at tænde og slukke for opvarmningen afhængig af, om der er meget vind- eller solproduceret varme i systemet eller ej. Det vil dog kræve, at borgerne får incitament til at tillade en sådan styring.

Hvis der kan skabes modeller for fleksibelt forbrug i bygninger, der både er samfundsøkonomisk og privatøkonomisk rentable, vil det være et ikke ubetydeligt skridt i retning af et lavemissionssamfund. Det er derfor et område, som Klimarådet vil følge fremover for at vurdere behovet for yderligere indsatser.

## 4.6 Affaldsområdet

Affald er både et restprodukt fra erhverv og husholdninger, der skal håndteres, og en ressource, der har potentiale til at fortrænge brug af fossile brændsler. Historisk har affaldet spillet en vigtig rolle i energisektoren, hvor en stor del forbrændes til kraftvarmeformål. I dag er der et stigende fokus på genanvendelse og alternativ anvendelse af affald.

Affaldsområdet står selv for en vis mængde drivhusgasudledninger, men affaldet har samtidig flere anvendelsesmuligheder, både på energiområdet og til genanvendelsesformål. Klimarådet peger på to overordnede langsigtede udfordringer for affaldshåndteringen:

1. Overkapaciteten på de danske forbrændingsanlæg resulterer i import af affald til forbrænding, hvilket på længere sigt kan føre til en større fossil andel i det forbrændte affald.
2. Mangel på national konsensus om sortering af affald i husholdninger og erhverv hindrer anvendelsen af de mest optimale sorteringsmetoder.

### Affaldssektorens udledninger konteres afhængigt af anvendelse

Drivhusgasudledningerne fra affaldssektoren konteres, hvor affaldet anvendes. Det betyder, at drivhusgasudledningerne fra forbrændingsanlæg siden 2013 er konteret i den kvotebelagte el- og varmesektor. Udledninger i forbindelse med genanvendelse af affald konteres i forbindelse med de industrielle processer. En stor del af genanvendelsen sker på udenlandsk grund. Plastik sendes fx til Tyskland. Derfor indgår hoveddelen af udledningen fra anvendelsen af dansk affald reelt ikke i det danske udledningsregnskab under sektoren affald.

Det er udelukkende drivhusgasudledningen fra den deponerede andel af affaldet – primært fra gamle lossepladser – der indgår direkte i opgørelsen af affaldssek-

1.000 ton CO <sub>2</sub> e	1990	2000	2010	2013	Forskel, 1990-2013
Deponi	1.774	1.276	931	844	-52 pct.
Spildevand	200	194	184	187	-7 pct.
Kompostering mv.	67	255	173	267	301 pct.
<b>I alt</b>	<b>2.041</b>	<b>1.725</b>	<b>1.288</b>	<b>1.298</b>	<b>-36 pct.</b>

Tabel 4.4

Drivhusgasudledninger fra affaldssektoren fordelt på kilder opgjort i 1.000 ton CO<sub>2</sub>e. Forskellen mellem 1990 og 2013 viser en halvering af udledningen fra deponering, der skyldes dels en mindre mængde deponeret affald på grund af større anvendelse af affald til energiformål, dels at udledningen pr. ton deponeret affald er faldende over tid.

Kilde: DCE, *National Inventory*, 2014.

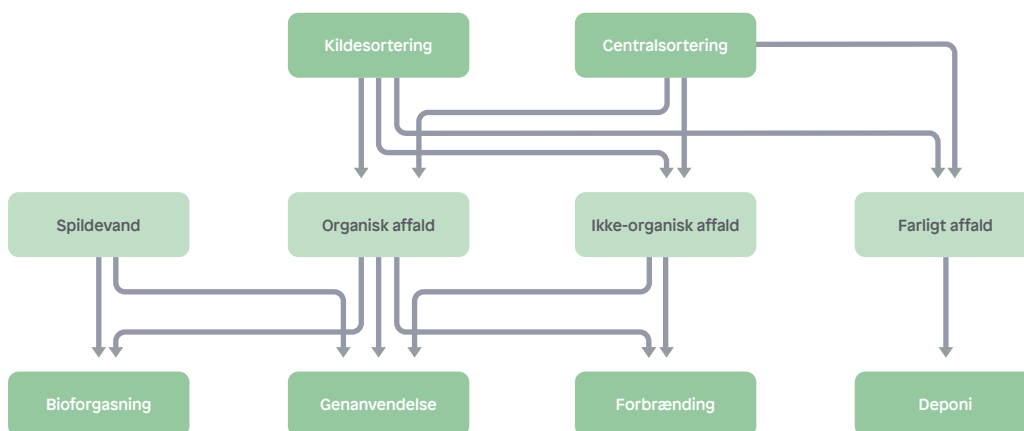
tores drivhusgasudledninger. Udledningerne består primært af metan og lattergas, der omregnes til CO<sub>2</sub>e. Affaldssektorens udledninger fremgår af tabel 4.4.

### Affaldet har flere anvendelsesmuligheder

Affaldet har tre overordnede anvendelsesmuligheder: genanvendelse, udnyttelse til energiformål og deponering. Affaldsstrømmen fra sortering til endelig anvendelse er illustreret i figur 4.17. I figuren er affald opdelt i organisk affald, der består af frasorteret bionedbrydeligt affald, ikke-organisk affald og farligt affald. Der sondres endvidere mellem kildesortering og centralsortering af affaldet.

Kildesortering er sortering af affald, der foregår ved kilden, enten husholdningerne eller virksomhederne. Centralsortering er sortering af affald, der foregår på affaldsanlæggene.

Genanvendelse af affald dækker i dag i høj grad over byggeaffald, ligesom det danske pantsystem bidrager til genanvendelse af emballage af glas og plastik. Ressourcestrategien *Danmark uden affald*<sup>1</sup> sætter mål for genanvendelse på tværs af sektorerne, og det er eksempelvis målsat, at 50 pct. af den organiske andel af husholdningsaffald skal genanvendes som vist i tabel 4.5.



Figur 4.17  
Affaldsstrømmen fra kilde til endelig anvendelse.

For at mindske udledningen af drivhusgasser kan det være gavnligt at genanvende ressourcerne, idet genanvendelsen mindsker udledning fra forbrænding og deponering og samtidig begrænser resourceforbrug og fortrænger eventuel fossil udledning fra produktion af nye materialer. Genanvendelsen er dog kun optimal, hvis den samfundsøkonomiske værdi af genanvendelsen overstiger værdien af den alternative anvendelse i form af energiudnyttelse. Denne problemstilling angår særligt plastik, der er billigt at producere af fossile kilder, men bekostelig at genanvende.

Energiudnyttelse kan ske i form af forbrænding eller ved bioforgasning af den organiske del af affaldet. Energiudnyttelsen består i dag primært af forbrænding af både den organiske og den ikke-organiske del af affaldet. Forbrændingen bidrager til såvel el- som fjernvarmeproduktionen. 45 pct. af det forbrændte affald betragtes i dag som fossilt.<sup>2</sup> Den fossile andel afhænger især af mængden

Pct.	Organisk affald		Papir, pap, glas, plast, metal		Elektronik	Batterier	Haveaffald til energi	Fosfor i spildevand	Træ
	2018	2022	2018	2022	2018	2018	2018	2018	2022
Husholdninger		50		50	75				50
Service	60		70						
Alle					65	55	25	80	

Tabel 4.5

Målsætninger for genanvendelse opdelt på affaldstyper.

Anm.: Målsætningerne er minimumsmålsætninger.

Kilde: Regeringen, *Danmark uden affald. Genanvend mere – forbrænd mindre*, 2013.

af plastik, der forbrændes. Forbrænding af affald fortrænger fossile brændsler i energisystemet og blev i 2013 underlagt EU's kvotesystem.

Organisk affald kan energiudnyttes til bioforgasning på samme vis som restprodukter fra landbruget og derigennem danne brændstof. For at opnå en optimal anvendelse af det forgassede affald kan næringsstoffer som fx fosfor tilbageføres til gødningsformål på landbrugsjorden. Tilbageførelse af næringsstofferne stiller krav til renheden af den organiske del af affaldet, som må holdes fri af det ikke-organiske affald. Derfor er det kun muligt at tilbageføre næringsstoffer fra kildesorteret organisk affald. Dette sker dog ikke i dag på grund af krav om, at næringsstofferne skal kunne spores tilbage til deres oprindelse. En undersøgelse tyder på, at kravene ikke er hensigtsmæssige, og at de med fordel kan erstattes af krav til synligheden af urenheder i den genanvendelige del.<sup>3</sup>

Det affald, som hverken kan genanvendes eller energiudnyttes, må deponeres eller på anden vis afhændes som farligt affald. På lossepladserne resulterer nedbrydningen over tid i en udledning af drivhusgasser, særligt af metan og lattergas. Udledningen kan begrænses ved brug af et såkaldt biocover.

Affaldets anvendelse fordeler sig som vist i tabel 4.6. Den største andel går til genanvendelse, efterfulgt af forbrænding.

Mejeribranchen stiller krav til sporbarhed for bioforgasset gylle, der genanvendes på marken. Kravet udelukker anvendelse af spildevandsslam, der indgår i bioforgasningsanlæg for at øge genanvendelsen af fosfor.

Metanudledningen fra deponeret affald kan reduceres ved at overdække affaldet med et biologisk aktivt materiale. Dette kaldes et biocover. Et biocover reducerer metanudledningen fra affaldet og omdanner metanen til CO<sub>2</sub>.

	Genanvendelse	Forbrænding	Deponering	Midlertidig oplagring	Særlig behandling	Total
Ton	6.543.284	3.063.584	597.162	64.952	146.515	10.415.497
Pct.	62,8	29,4	5,7	0,6	1,4	100,0

Tabel 4.6

Affaldets genanvendelse i 2012 i pct. og ton affald.

Kilde: Miljøstyrelsen, *Affaldsstatistik 2012*.



### **Der er overkapacitet på de danske forbrændingsanlæg**

Når et forbrændingsanlæg har en større forbrændingsevne, end der er råmaterier til, taler man om overkapacitet. I takt med at andelen af affald til genanvendelse stiger, vil den forbrændingseggede andel til energiformål falde. Dette er en udfordring for store forbrændingsanlæg, der har foretaget store langsigtede anlægsinvesteringer. Allerede i dag er der overkapacitet på de danske forbrændingsanlæg – en overkapacitet som forventes at vokse i årene fremover. Overkapaciteten har ført til import af affald fra andre EU-lande. Dette kan være problematisk fra et nationalt klimapolitisk synspunkt, da det importerede affald indeholder en væsentlig mængde plastik, hvilket øger den fossile andel i det forbrændte affald og derved øger de nationale udledninger. I lyset af at forbrænding af affald i dag fortrænger afbrænding af andre fossile brændsler, og at affaldsforbrænding er omfattet af EU's kvotesystem, modarbejder import af affald til energiformål dog ikke nødvendigvis de danske eller internationale klimamålsætninger på kort sigt. Men i takt med at andet fossilt brændsel udfases, er det tvivlsomt, hvorvidt affaldsimport er en samfundsøkonomisk god løsning på langt sigt.

### **Ønskeligt med en national konsensus om affaldshåndteringen**

En omkostningseffektiv strategi for øget genanvendelse forudsætter en forbedret affaldssortering. Affaldssortering hjælper til at sikre potentialet for genanvendelse og en høj kvalitet af det genanvendelige affald. Der er som nævnt to former for sortering: central- og kildesortering. De to former for sortering har en væsentlig indflydelse på den endelige anvendelse af affaldsressourcen. Særligt den organiske del af affaldet spiller en stor rolle – både for den optimale anvendelse af det organiske affald selv og for genanvendelsen af den resterende del af affaldet.

Kompleksiteten af plastikaffald vanskeliggør en effektiv kildesortering af den ikke-organiske del af affaldet. Særligt plastik til emballageformål kombinerer ofte flere forskellige plasttyper. Effektiv genanvendelse kræver, at hver plasttype udskilles. Det kan næppe forventes, at forbrugerne kan kildesortere de enkelte plastiktyper til den nødvendige detaljegrad, hvorfor genanvendelse af plastik kræver anlæg til centralsortering i tillæg til eventuel kildesortering. Samtidig er forbehandling og omsmeltning af plastikken både energi- og ressourcekrævende sammenlignet med produktion af ny plastik fra råolie. Blandt andet derfor er det kun rentabelt at genanvende dele af plastikken og ofte kun til plastikanvendelser af lavere værdi end den oprindelige brug. Dette kan fx være genbrug af fødevareremballage til havemøbler.

Hvis plastiktyper til genanvendelse i højere grad kan adskilles eller fra producenterne side standardiseres til direkte genanvendelse, kan dette potentielt medvirke til en øget samfundsmæssig værdi af genanvendelsen. Dette er netop tilfældet med det danske pantsystem, hvor emballage af plast og glas effektivt genanvendes til samme brug, som de oprindeligt er produceret til.

Potentialet for genanvendelse af plastik og andet ikke-organisk affald kan ligeledes øges, hvis det organiske affald frasorteres ved kilden. Dette stiller store krav til kildesortering hos husholdningerne, der i dag sker på frivillig basis. Kildesortering kræver troværdighed og gennemsigthed for forbrugeren. Der er i dag

metodefrihed for kommunerne med hensyn til valg af sorteringsmåde, og hvilke typer affald der sorteres, og begge dele varierer ofte på tværs af kommuner. Dette både mindsker gennemskueligheden og besværliggør nationalt samarbejde om genanvendelse. Husholdninger og virksomheder i den enkelte kommune frembringer typisk kun en relativt lille mængde affald til genanvendelse. Derfor er der ikke et umiddelbart lokalt incitament til at anvende en genanvendelsesteknologi, der udnytter stordriftsfordele og den mest avancerede teknologi på området, og det er dermed hverken drifts- eller samfundsøkonomisk optimalt at genanvende fx plast uden øget nationalt samarbejde.

## 4.7 Konklusioner og anbefalinger

Analyserne i dette kapitel har haft til formål at give et overblik over, i hvilken retning de forskellige sektorer i det danske samfund skal udvikle sig, hvis målet om et lavemissionssamfund i 2050 skal nås, og hvilke barrierer der kan være for at nå målet. Konklusionerne fra kapitlets dele er:

### Samspil mellem sektorerne

- Opfyldelse af målet om et lavemissionssamfund i 2050 kræver en udfasning af fossile brændsler i energisystemet. En sådan omstilling skal ske på tværs af husholdninger, industri og øvrige erhverv og forudsætter et tættere samspil mellem el- og varmesektoren, transportsektoren, landbruget, bygningsmassen og affaldshåndteringen.

### El- og varmesektoren

- Det er afgørende at få omstillet el- og varmesektoren, hvis målet om et lavemissionssamfund skal nås. Danmark har allerede reduceret CO<sub>2</sub>-udledningen fra sektoren betydeligt de seneste årtier, men det er nødvendigt at øge tempoet, hvis sektoren skal være uafhængig af fossile brændsler i 2050. Med de teknologier, der forventes at være til rådighed, vil fossil uafhængighed kræve, at el bliver den dominerende energibærer. Der skal derfor ske en omfattende elektrificering af varmeforsyningen og transporten.
- En el- og varmesektor uafhængig af fossile brændsler vil med al sandsynlighed skulle baseres på vind, sol og biomasse. Det er dog vigtigt, at reguleringen af sektoren så vidt muligt er neutral over for modne teknologier, så de samfundsøkonomisk mest effektive energiteknologier kan vinde frem, herunder også eventuelle nye teknologier, som ikke kendes i dag. Nye og umodne teknologier kan støttes i en periode.
- Et elsystem, der i stort omfang er baseret på fluktuerende vind- og solenergi, gør det vigtigt at prioritere fleksibelt elforbrug, lagring af energi og kabelforbindelser til udlandet.
- EU's kvotesystem kan blive en vigtig drivkraft bag en omkostningseffektiv omstilling af el- og varmesektoren. Det forudsætter dog, at kvoteudbuddet indskrænkes og reguleres, så kvoteprisen kommer op på et væsentligt højere og mere stabilt niveau end det, der hidtil har været gældende. Så længe dette ikke sker, kan der fortsat være behov for supplerende offentlig støtte til vedvarende energi for at sikre, at omstillingen ikke går i stå.

## Transportsektoren

- Transportsektoren er overvejende baseret på fossile brændstoffer og står for en fjerdedel af de samlede drivhusgasudledninger. Den må derfor bidrage markant til reduktion af udledningerne. Selvom sektorens udledning har været faldende, siden finanskrisen indtraf, er de stadig noget over niveauet i 1990. På kortere sigt kan en væsentlig reduktion først og fremmest ske gennem en mere energieffektiv udnyttelse af fossile brændstoffer, men på længere sigt vil det være nødvendigt at erstatte de fossile brændstoffer med drivmidler baseret på vedvarende energi.
- Det er vigtigt, at afgiftssystemet sikrer en målrettet og retvisende prissætning af de skadelige afledte effekter på klima og miljø på tværs af de teknologier, der anvendes.
- Elbiler og plug-in hybridbiler vil med stor sandsynlighed være den første form for elektrificering af vejtransporten, der for alvor vil gøre sig gældende. En udbredelse af elbiler vil muliggøre en mere effektiv udnyttelse af den vedvarende energi, og der kan være positive netværkseffekter ved at udbygge ladeinfrastrukturen for elbiler, især i en introduktionsfase. Dette kan begrunde, at man i en periode begunstiger elbilerne afgiftsmæssigt og sikrer tilstrækkelig ladeinfrastrukturudbygning.
- Biomasse får i fremtiden en større rolle at spille i transportsektoren som grundlag for fremstilling af syntetiske brændstoffer, formentlig især til brug i den tunge landtransport og i skibs- og luftfarten. Der kan være behov for at understøtte udvikling af CO<sub>2</sub>-neutrale brændstoffer med fokus på biomasse fra restprodukter frem for afgrøder.

## Landbrug, skovbrug og arealanvendelse

- Landbrugets udledninger af drivhusgasser består primært af metan og lattergas fra en række forskellige kilder. Udledningerne har været faldende gennem en årrække, men uden særlige klimapolitiske reduktionstiltag vil der ifølge fremskrivningerne ikke ske yderligere reduktioner i sektorens udledninger. Da erhvervets udledninger udgør omkring en femtedel af de samlede danske udledninger, må landbruget nødvendigvis bidrage med væsentlige udledningsreduktioner, hvis målet om et lavemissionssamfund skal opfyldes.
- I øjeblikket opgør man ikke udledningerne fra de enkelte landbrug. Udledningerne kan derfor ikke prissættes gennem afgifter eller tilskud. Dermed mangler der en tilskyndelse for den enkelte bedrift til at nedbringe udledningen. Tiltag til udledningsreduktioner må derfor i den aktuelle situation basere sig på krav om anvendelse af bestemte teknologier og dyrkningsmetoder eller afgifter på/tilskud hertil. Sådanne virkemidler sikrer dog ikke nødvendigvis en omkostningseffektiv reduktionsindsats. Der er behov for at få afdækket, om det er praktisk muligt at gennemføre en mere omkostningseffektiv regulering af landbrugets udledninger gennem en opgørelse af udledningerne fra den enkelte bedrift.

- Der er samfundsøkonomiske gevinster ved at tænke opfyldelse af målsætninger på klima- og miljøområdet sammen. Herved kan der opnås væsentlige synergieffekter. Tiltag, der reducerer udledningen i landbruget, kan samtidig have miljøforbedrende effekter. Desuden kan landbruget gennem biomasseproduktion bidrage til fortrængning af fossile brændsler i den sektor, hvor biomassen anvendes til energiformål.
- Skovrejsning medfører binding af CO<sub>2</sub> og kan dermed bidrage til at reducere udledningerne over en længere periode.

### **Bygninger**

- En meget stor del af energiforbruget sker i bygninger. Som led i omstillingen til et lavemissionssamfund er det derfor vigtigt at sikre en omkostningseffektiv balance mellem energibesparelser i bygningsmassen og fortsat udbygning med vedvarende energi.
- Der er behov for at sikre de rette incitamenter, så borgere og virksomheder netop gennemfører de energibesparelser i bygninger, der vurderes at være omkostningseffektive for samfundet.
- I fremtiden vil bygninger komme til at indgå i et tættere samspil med energiproduktionen, både som producenter af vedvarende energi og gennem muligheder for fleksibelt energiforbrug i bygninger i et energisystem med en høj andel fluktuerende energi. Der skal derfor sikres en omkostningseffektiv balance mellem udbygningen af husstandsrelateret produktion af vedvarende energi og udbygningen i de centrale forsyningsnet.

### **Affaldsområdet**

- Affald er en vigtig ressource til blandt andet energiformål, da en væsentlig andel udnyttes til forbrænding til el- og fjernvarmeproduktion. En stor del af affaldet er ikke-fossilt, og affaldsforbrænding kan dermed bidrage til at nedbringe CO<sub>2</sub>-udledningerne i det omfang, den fortrænger fossile brændsler i el- og varmesektoren.
- Affaldssektoren står over for krav om øget genanvendelse af affaldet. De enkelte kommuner frembringer dog typisk ikke tilstrækkelige mængder affald til, at anvendelse af de mest effektive teknologier til affaldshåndtering er rentable for dem. Der kan derfor være behov for et øget samarbejde om affaldshåndtering på tværs af kommuner, blandt andet for at sikre en hensigtsmæssig balance mellem genanvendelse og anvendelse af affaldet til energiformål.
- Der er en stigende overkapacitet på de danske forbrændingsanlæg. Det har ført til en øget import af ikke-organisk affald, som kan betyde, at den fossile andel af det energiudnyttede materiale stiger. Dette kan resultere i en stigende udledning fra dansk grund, og det er tvivlsomt, om import af affald er en samfundsøkonomisk god løsning i takt med, at fossile brændsler udfases i resten af energisystemet, og affaldet derfor ikke længere erstatter fossile brændsler.

I forlængelse af dette kapitel fremlægger Klimarådet to anbefalinger specifikt for transportsektoren. Kapitlets øvrige konklusioner udgør en del af grundlaget for de anbefalinger, der fremlægges i kapitel 5.

Omstillingen af transporten til vedvarende energi er en nødvendig og vigtig del af den langsigtede omstillingsproces. I øjeblikket er transport baseret på vedvarende energi i form af el-drevne biler eller CO<sub>2</sub>-neutrale brændstoffer imidlertid samfundsøkonomisk dyr. Teknologien for de alternative drivmidler er dog i hastig udvikling, og det kan medvirke stærkt til at drive omstillingen inden for en overskuelig årrække. Det er vigtigt, at der ikke er barrierer, som forhindrer omstillingen til vedvarende energi i transportsektoren, så snart samfundsøkonomien tilsiger det.

For at forberede omstillingen af transportsektoren anbefaler Klimarådet, at

- der sikres en gradvis udbygning af forsyningsinfrastrukturen til at understøtte omstillingen til nye drivmidler i transporten, fx ladestandere til at lette en udrulning af elbiler,
- det undersøges, om afgiftssystemet med fordel kan omlægges med henblik på at understøtte den store omstilling, som transporten står over for.

Klimarådet vil i kommende rapporter fremlægge nærmere analyser af disse og andre klimapolitiske problemstillinger i transportsektoren.





10 Koblenz Rathausplatz



5

Påtrængende problemstillinger  
i dansk klimapolitik

Det danske energisystem er i hastig forandring. Nogle af disse forandringer skaber udfordringer i forhold til Danmarks langsigtede klimamålsætning. Der er særligt fire områder, hvor der er behov for at sætte ind snarest, hvis retningen mod et lavemissionssamfund skal fastholdes.

Der har i de seneste år været et hastigt voksende forbrug af biomasse i energisystemet, hvoraf en stor del er importeret. Biomasse får en vigtig rolle i fremtidens energisystem både i produktionen af el og varme, når vinden ikke blæser, og solen ikke skinner, og som input i produktionen af biobrændstoffer. Den nuværende udvikling afspejler dog en skævhed i afgiftssystemet, der favoriserer biomasse gennem afgiftsfritagelse. Derudover kan der stilles spørgsmålstegn ved biomassens CO<sub>2</sub>-neutralitet. Biomasse antages i de nuværende drivhusgasregnskaber at være CO<sub>2</sub>-neutral, men i praksis afhænger CO<sub>2</sub>-neutraliteten af biomassetype, alternativ anvendelse og genplantning. Hvis favoriseringen af omlægning til biomasse fortsætter, kan konsekvensen blive, at Danmark fastlåser en stor del af el- og varmforsyningen på en enkelt teknologi, der kan vise sig at blive knap og dyr.

Uanset sammensætningen af teknologier vil et lavemissionssamfund i 2050 kræve en produktion af el og fjernvarme baseret på vedvarende energi. En sådan omstilling er en stor opgave og kræver investeringer allerede i dag. I perioden fra 2020 og frem til 2050 er der behov for en udbygning af vedvarende elproduktion, der er væsentligt større, end den har været hidtil. Det stiller krav til indholdet af en kommende energiaftale for 2020-2030.

El vil komme til at spille en primær rolle i et lavemissions-samfund. Det skyldes to ting. For det første er opvarmings- og transportteknologier baseret på el billige, når der sammenlignes med teknologier baseret på biomasse, biogas, brint mv. For det andet leverer både vind og sol – ligesom øvrige nordiske landes vand- og atomkraft – deres energi i form af el. I takt med udbygningen med vedvarende energi er der derfor behov for også at omstille vores forbrug, så det spiller sammen med et energisystem, hvor den primære energibærer er el.

Udbygningen med vedvarende energi udfordrer den danske kraftvarmemodel. Den danske kraftvarme er unik og har med stor succes bidraget til en effektivisering af det danske energiforbrug fra 1970'erne og frem. Kraftvarmen bliver dog i stigende grad udfordret af lave elpriser, og fordi elproduktionen i stigende grad base-res på vind og sol, vil behovet for elproduktion på kraftvarmeværker falde markant. Konsekvensen er stigende fjernvarmepriser – en effekt, der vil forøges yderligere, når støtten til decentral kraftvarme i form af grundbe-løbet bortfalder med udgangen af 2018. Spørgsmålet er derfor, hvilken rolle kraftvarme skal spille frem mod 2050.

Omdrejningspunktet for alle fire udfordringer er, i hvilken retning det danske energisystem skal udvikle sig i de kommende år, og hvilken rolle de forskellige energi-afgifter og -tilskud skal spille.





## 5.1 Biomassens rolle i energisystemet

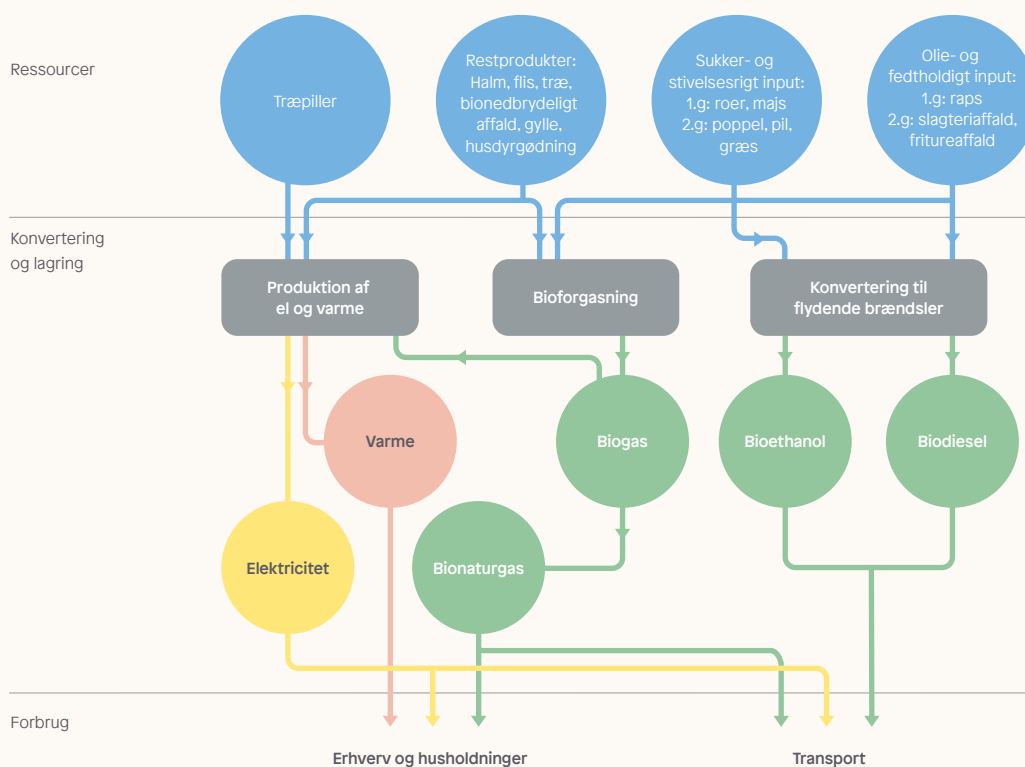
Danmark bruger mere og mere biomasse til energiformål. Bare fra 2000 til 2013 blev forbruget af biomasse til produktion af el og fjernvarme tredoblet. Heraf var halvdelen importeret. En fremtidig energiforsyning uafhængig af fossile brændsler må nødvendigvis indeholde en vis mængde energi baseret på biomasse, men øget brug af biomasse rejser alligevel nogle problemstillinger. For det første er ikke al biomasse CO<sub>2</sub>-neutral, i modsætning til hvad det nuværende drivhusgasregnskab antager. For det andet er biomasse en begrænset ressource, som må forventes at stige i pris de kommende år. For det tredje er den igangværende omstilling til biomasse i høj grad drevet af, at biomasse er afgiftsfritaget, hvorved den bliver privatøkonomisk fordelagtig at anvende, selvom der findes samfundsøkonomisk billigere alternativer. Den nuværende udvikling medfører derfor, at dele af energisystemet i en periode fastlåses i en teknologi, der ikke er samfundsøkonomisk hensigtsmæssig. Disse forhold taler for at indrette reguleringen, så den afspejler biomassens reelle klimabelastning, og så biomasse ikke favoriseres af afgiftssystemet.

Biomasse som input til energiformål spiller en væsentlig rolle i den danske klima- og energipolitik. Den kan anvendes både til transportformål og i energisektoren til el, gas og varme, hvor den alle steder kan erstatte fossile brændsler. Biomasse er dog en begrænset ressource, og derfor er en optimal udnyttelse af biomasseressourcerne væsentlig for omstillingen til et fremtidigt lavemissions-samfund. I disse år bruger Danmark mere og mere især importeret biomasse. Det rejser nogle problemstillinger, som dette afsnit ser nærmere på.

### Biomasse til energiformål dækker over mange ting

I energisammenhæng er biomasse en fællesbetegnelse for fornybart organisk stof, som anvendes til forskellige energiformål. Det omfatter blandt andet råt og ubehandlet træ, energiafgrøder som fx energipil og kløvergræs, forskellige restprodukter fra landbrug og skovbrug såsom gylle og træflis samt biologisk madaffald. Tabel 5.1 giver en oversigt over forskellige former for biomasse og deres anvendelse til energiformål.

De forskellige biomassetyper har adskillige anvendelsespotentialer inden for både energi og transport. Nogle af teknologierne til udnyttelse af biomassens energipotentialer er veletablerede, mens andre er under udvikling. Figur 5.1 viser nogle af de nuværende anvendelsesmuligheder.



Figur 5.1

Illustration af anvendelse af biomasse i transport og til energiformål ved brug af nuværende teknologier.

Anm.: Produktion af varme kan både foregå på et varmeværk og hos den enkelte husstand med fx et træpillefyr eller en varmepumpe.



Biomassetype	Bestanddele
<b>Husdyrgødning</b>	Gylle, aje og dybstrøelse fra landbrugsproduktionen.
<b>Halm</b>	Tørret og forarbejdet eller ubehandlet.
<b>Flis</b>	Rensede og tørrede restprodukter fra træproduktion, flis fra energipil, skovflis fra udtyndingstræ og trærester, rodflis fra skovrødder og haveparkflis.
<b>Træpiller</b>	Træ og trærester fra produktion af ubehandlet rå træ eller træ fra skovplantager (særligt nåletræer) kan tørres og presses sammen under tryk til små brændbare piller.
<b>Energiafgrøder</b>	Etårige energiafgrøder er fx sukeroer, raps og majs, mens flerårige energiafgrøder fx er kløvergræs, elefantgræs og energipil.
<b>Affald</b>	Bionedbrydeligt affald.
<b>1.g biobrændsler</b>	Første generations biobrændsler er baseret på afgrøder på landbrugsjord, der kunne have været anvendt til andre formål som fødevarer- eller skovproduktion.
<b>2.g biobrændsler</b>	Anden generations biobrændsler er baseret på restprodukter fra landbrug og skovbrug samt organisk affald.

Tabel 5.1

Beskrivelse af forskellige former for biomasse i både rå og forarbejdet form.

### Danmark bruger mere og mere biomasse

Anvendelsen af biomasse til produktion af el og fjernvarme har været stigende de seneste år. Særligt brugen af skovflis og træpiller har været i vækst. Denne tendens er i stor udstrækning drevet af en begunstiggelse i afgiftssystemet, hvor biomasse er fritaget for energiafgift og heller ikke pålægges CO<sub>2</sub>-afgift eller omfattes af EU's kvotesystem. Tendensen ses i fjernvarmesektoren, hvor varme i stigende grad produceres på biomassefyrede varmekedler og i husstandene, hvor træpiller forbrændes i træpillefyr. Udviklingen fremgår af figur 5.2, der viser en næsten tredobling af forbruget af biomasse siden 2000.

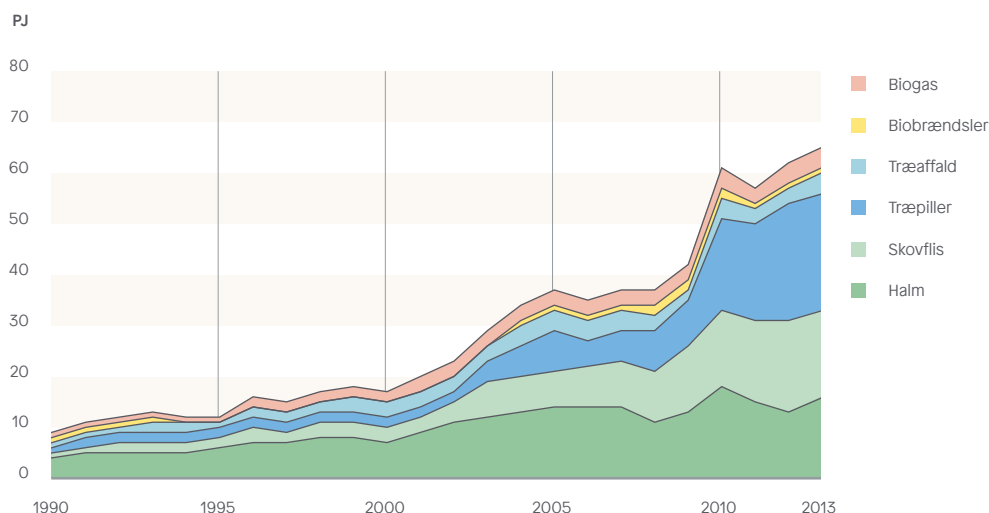
Tabel 5.2 viser den indenlandske produktion samt import og eksport af biomasse, biobrændsler og biogas i 2013. Produktionen og nettoimporten giver tilsammen det indenlandske forbrug.

PJ	Produktion	Import	Eksport	Forbrug
- Halm	20,6	0	0	20,6
- Skovflis	11,7	6,1	0	17,8
- Brænde	18,9	3,1	0	22,0
- Træpiller	1,8	32,3	0	34,1
- Træaffald	9,1	0	0	9,1
Biomasse i alt	62,1	41,5	0	103,6
Biobrændsler	4,2	6,5	0,9	9,8
Biogas	4,6	0	0	4,6

Tabel 5.2

Dansk produktion samt import og eksport af biomasse til energiformål i 2013. Produktionen inklusiv import fratrukket eksport giver forbruget.

Kilde: *Energi Statistik 2013*.



Figur 5.2

Forbrug af biomasse til el- og fjernvarmeproduktion, 1990-2013, fordelt på typen af biomasse. Forbruget er steget markant, særligt af træpiller og skovflis.

Kilde: *Energistatistik 2013*.

Lidt under halvdelen af forbruget af biomasse blev i 2013 importeret – særligt træpiller fra Rusland, Baltikum, Polen, Sverige og andre europæiske lande. Importen af biomasse er ikke problematisk, hvis biomassen er produceret i lande, der i deres drivhusgasregnskab tager højde for biomasseproduktionens indflydelse på optag og udslip af CO<sub>2</sub> i skovbruget, det vil sige, at de indregner LULUCF i deres drivhusgasregnskab og i deres reduktionsforpligtelser.

#### Brugen af biomasse til energiformål er ikke altid CO<sub>2</sub>-neutral

Det er omdiskuteret, hvorvidt biomasse anvendt til energiformål bør anses for at være CO<sub>2</sub>-neutralt. Ifølge IPCC's regler for kontering af biomasseanvendelse i LULUCF-sektoren anses en biomassetype for at være CO<sub>2</sub>-neutral, når den CO<sub>2</sub>, der bliver udledt ved afbrænding, er optaget ved opvæksten. Reelt afhænger biomassens CO<sub>2</sub>-neutralitet af den fremtidige genoptagning af CO<sub>2</sub>, der sker over tid – ikke af den CO<sub>2</sub>, der i fortiden er blevet optaget i den biomasse, som forbrændes. Hvis der fx fældes træer med henblik på forbrænding, vil CO<sub>2</sub>-koncentrationen i atmosfæren stige, med mindre der plantes et passende antal nye træer, der i vækstperioden kan optage en mængde CO<sub>2</sub> svarende til den, der er udledt ved forbrændingen.

Når biomassens CO<sub>2</sub>-neutralitet diskuteres, skyldes det netop, at tidshorisonten er en afgørende faktor for klimapåvirkningen af anvendelse af biomasse til energiformål. Opbygningen af kulstoffet i planter sker gennem planternes vækst over en længere periode. Dette betegnes som genakkumuleringstiden. Genakkumuleringstiden varierer biomassetyperne imellem, da de har forskellige vækstperioder. For etårige afgrøder og restprodukter er genakkumuleringstiden af CO<sub>2</sub> kort, hvorimod den for træ fra skov nemt kan være op til 100-200 år. Det betyder, at

Et brændsel er CO<sub>2</sub>-neutralt, når netto-udledningen af CO<sub>2</sub> ved forbrænding er nul. Det vil sige, at mængden af CO<sub>2</sub>, der udledes ved forbrænding, skal modsvares af CO<sub>2</sub>-optag ved genplantning.

udledningen ved forbrænding først vil være udlignet af plantevæksten efter mange år for skov, mens udligningen sker efter meget kort tid for etårige afgrøder.

Desuden spiller den mulige alternative anvendelse af biomassen en væsentlig rolle. Hvis der er tale om restprodukter uden anden alternativ anvendelse end forrådnelse i skoven eller på marken, er der en umiddelbar gevinst ved at anvende dem til energiformål, da de alligevel ville udlede en vis mængde CO<sub>2</sub>. I andre situationer kan det være problematisk at anvende biomasse i energisektoren, fx hvis biomassen består af træ, der alternativt kunne anvendes i byggeriet i stedet for energiintensive produkter som stål og cement. Der kan også være situationer, hvor biomasseproduktionen fortrænger fødevarerproduktion, som så skal foregå et andet sted, hvor det kræver skovrydning at fremskaffe det fornødne landbrugsareal.

	Restprodukter	Dyrkede afgrøder	Skov
Input	Halm, der ikke nedmuldes, husdyrgødning, træaffald, bionedbrydeligt affald	Energipil, roer, majs	Træer (herunder træpiller)
CO <sub>2</sub> genakkumulerings- tid	Op til 1 år	Flerårige afgrøder op til 5 år	Op til 200 år

Tabel 5.3

Genakkumulerings- og genplantningstid for forskellige typer af biomasse. Genakkumulerings- og genplantningstiden angiver, hvornår udledningen fra forbrænding er modsvaret af optag i genplantning – altså hvor lang tid der går, før biomassen kan opfattes som CO<sub>2</sub>-neutral.

” Når biomassens CO<sub>2</sub>-neutralitet diskuteres, skyldes det netop, at tids-horisonten er en afgørende faktor for klimapåvirkningen af anvendelse af biomasse til energiformål.

Der er i Danmark indgået en brancheaftale om den såkaldte bæredygtige andel af biomasse til fjernvarmeproduktion. Samtidig har Dansk Energi, Københavns Universitet m.fl. fremlagt en erklæring om, at det er konkurrenceforvridende at have forskellige bæredygtighedskriterier i Europa. Erklæringens hensigt er, at der skal arbejdes for korrekt kontering gennem bæredygtighedskriterier for fast biomasse på europæisk niveau.

Hvis klimabelastningen fra anvendelsen af biomasse til energiformål ikke er afspejlet i drivhusgasregnskaberne og i den klimapolitiske regulering, vil det tilskynde til brug af biomasse ud over, hvad der kan forsvares ud fra et klimaperspektiv. Der er derfor behov for fælles internationale regler for inddragelse af biomasse i klimaregnskaberne, der afspejler den enkelte biomassetypes faktiske klimabelastning.

### **Biomasse er en begrænset ressource, som kan blive dyrere i fremtiden**

Biomasse betragtes som en vedvarende energikilde, da den er baseret på fornybare ressourcer. Der er dog en væsentlig forskel på biomasse og andre vedvarende energikilder som sol og vind. Udnyttelse af sol og vind i dag forhindrer ikke udnyttelse af en tilsvarende mængde energi fra disse kilder i morgen. Muligheden for anvendelse af disse energikilder begrænses alene af, hvor meget det blæser, og hvor meget solen skinner. Brug af biomasse kræver derimod genplantning af biomassen og en vækstperiode, inden den er tilgængelig igen. Samtidig konkurrerer biomasseproduktion med fødevarerproduktion, skovbrug, naturbeskyttelse, byudvikling mv. om anvendelsen af jorden. Desuden er det tilgængelige areal til dyrkningsformål begrænset, og udbyttet er begrænset af den mængde næringsstoffer, der er til rådighed i jorden.<sup>1</sup> Biomasse må derfor ses som en begrænset ressource, selvom den er fornybar.

Man kan betragte to fremtidige og forenklede energiforsyningsscenarier for at illustrere begrænsningerne ved biomasse som energikilde. Biomasse ses i scenarierne i et globalt perspektiv.

I det første scenarie antages det internationale samfund at fastholde den nuværende konteringsmetode, hvor biomasse uanset type betragtes som CO<sub>2</sub>-neutral. Danmark kan dermed fortsætte med at øge anvendelsen af alle typer biomasse, uden at det svækker muligheden for at opfylde vores klimamål. En fortsat blåstempling af al biomasse som CO<sub>2</sub>-neutral vil højst sandsynligt betyde, at andre lande tilsvarende øger forbruget af biomasse til energiformål med stigende global efterspørgsel til følge. Den øgede brug af biomasse vil komme fra øget anvendelse af affald, restprodukter fra land- og skovbrugsproduktionen, energiafgrøder på landbrugsjorden og fra både ny og eksisterende skov.

Samtidig med at verden øger energiafgrødeproduktionen, er der behov for en større fødevarerproduktion til verdens stigende befolkning. Den øgede efterspørgsel efter fødevarer vil i høj grad rette sig mod kødprodukter, som kræver store arealer til foderproduktion, hvilket medfører, at nye arealer vil blive omlagt til landbrugsformål. Omlægning til landbrugsformål vil ofte ske på skovjord, da der samtidig er behov for et stigende beboelsesareal til den voksende befolkning. Dette kan føre til en omfattende rydning af skovarealer, der i dag fungerer som kulstoflagre.

Afskovningen kan i en periode bidrage til at tilfredsstille en øget efterspørgsel efter biomasse til energiformål, men vil samtidigt føre til udledning af drivhusgasser. Alt i alt må man i dette scenarie antage, at da anvendelse af jorden til fremstilling af biomasse konkurrerer med anvendelse af jorden til andre formål, vil biomassen på langt sigt blive en stadigt knappere og dermed dyrere ressource.

Udledningen fra skovrydning udgør i dag 10 pct. af de samlede globale udledninger.<sup>2</sup>

I det andet scenarie indføres globale kriterier for indregning af biomasseforbrug i drivhusgasregnskaberne baseret på den enkelte type biomasses faktiske CO<sub>2</sub>-udledning, og landenes klimaregnskaber belastes med biomassens CO<sub>2</sub>-udledning ved opgørelsen af deres internationale klimaforpligtelser. Dette vil medføre, at den tilgængelige CO<sub>2</sub>-neutrale biomasse – ligesom i det første scenarie – bliver en knappere og dyrere ressource.

Begge scenarier fører altså til den konklusion, at biomasse er en begrænset ressource, der på langt sigt bliver mere knap og formentlig væsentligt dyrere end i dag, selvom der umiddelbart på kort sigt vil være en større mængde til rådighed.

### **Biomasse spiller en central rolle i den langsigtede energiforsyning**

Biomasse spiller i dag en væsentlig rolle i el- og fjernvarmesektoren. Biomasse i el- og fjernvarmesektoren er desuden relevant som overgangsteknologi. I den langsigtede energiforsyning vil biomassen spille en vigtig rolle som backupforsyningskilde, når produktionen fra vindmøller og solceller er lav, og som input i produktionen af biobrændstoffer.

Den aktuelle tendens til stærkt stigende forbrug af biomasse er dog problematisk, da forbruget i stort omfang er drevet af, at biomasse er afgiftsfritaget. På længere sigt er det næppe hensigtsmæssigt at fastlåse en stor del af el- og varmforsyningen på en teknologi baseret på en ressource, der med tiden bliver knappere og dyrere. Denne betragtning, og generelle principper for omkostningseffektivitet, taler for, at afgifts- og tilskudssystemet ikke bør favorisere biomasse frem for andre alternative energikilder. En afgifts- og tilskudsstruktur, som kun differentierer afgifter og tilskud i det omfang, det kan begrundes med reelle forskelle i energieffektivitet og CO<sub>2</sub>-forurening, kan forebygge, at biomasse bliver anvendt i et større omfang end det, der er samfundsøkonomisk hensigtsmæssigt og forsvarligt ud fra et klimaperspektiv. Ved at indføre en ikke-diskriminerende klimapolitisk regulering vil Danmark næppe blive nettoimportør af biomasse i stor stil. Dermed mindskes risikoen for, at vi kommer til at lide et mærkbart internationalt bytteforholdstab som følge af stigende relative priser på biomasse i takt med, at denne energikilde bliver mere knap på globalt plan.

Et lands internationale bytteforhold er forholdet mellem priserne på de varer og tjenester, landet eksporterer, og de varer og tjenester, det importerer. Når importpriserne stiger i forhold til eksportpriserne, medfører det et bytteforholdstab, som gør landet fattigere. Hvis Danmark er nettoimportør af biomasse, og biomassepriserne stiger i forhold til priserne på andre varer, vil vi opleve et bytteforholdstab.

## 5.2 Behov for at fastholde tempoet i omstilling af el- og fjernvarmesektoren

Omstillingen til et lavemissionssamfund i 2050 vil kræve, at produktionen af el og fjernvarme baseres på vedvarende energi i 2050. Det kræver store investeringer allerede i dag, og hvis målet skal nås, er der behov for at fastholde og på nogle områder øge omstillingshastigheden i en ny energiaftale for perioden efter 2020. For at opnå et lavemissionssamfund i 2050 må den årlige udbygning med vedvarende energi næsten fordobles i perioden fra 2023 til 2050 i forhold til perioden fra 2012 til 2022. Den kommende energiaftale er derfor helt afgørende for at sætte den rigtige retning i denne omfattende omstilling.

Hvis Danmark skal nå de langsigtede mål i 2050 for energisystemet i almindelighed og el- og varmesektoren i særdeleshed, er det vigtigt allerede i dag at sætte den rigtige retning og hastighed. Ellers kan vi risikere, at omstillingen bliver dyrere end nødvendigt.

### Fossile brændsler udgør i dag ryggraden i det danske energisystem

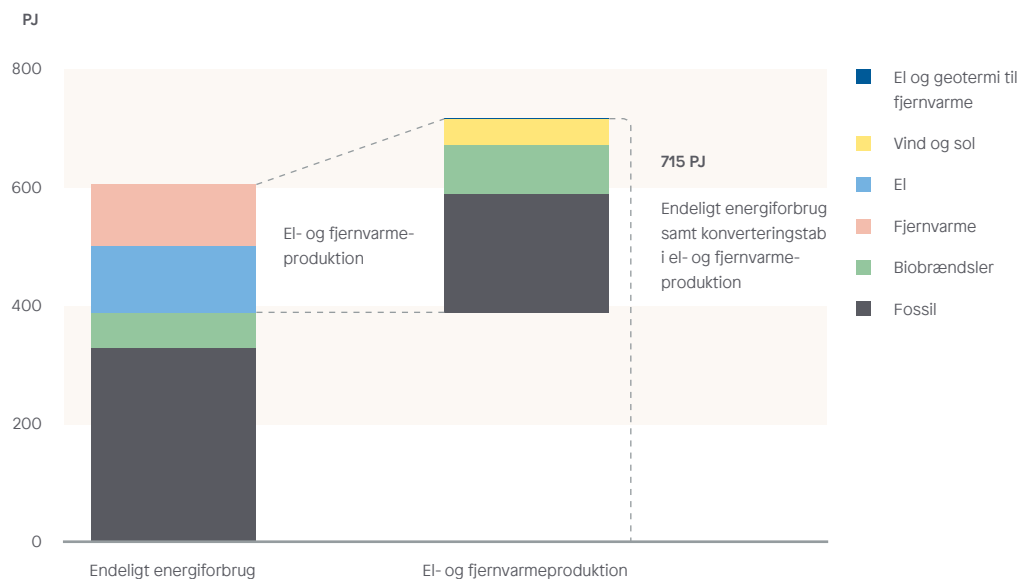
Det danske samfund er stadig i vid udstrækning drevet af fossil energi. Fossile brændsler udgjorde i 2013 tre fjerdedele af det faktiske energiforbrug, som omfatter al dansk energiforbrug.<sup>1</sup> Forbruget af energi hos kunderne kaldes det endelige energiforbrug og består af energiforbruget i erhverv, husholdninger og transport, men er fraregnet konverteringstab i fx el- og fjernvarmeproduktionen. Figur 5.3 viser det endelige forbrug, samt hvordan den forbrugte el og fjernvarme er produceret. Energiforbruget til denne produktion overstiger det endelige forbrug på grund af energitab i konverteringen.

Et lavemissionssamfund vil kræve, at alle sektorer bidrager med betydelige reduktioner i drivhusgasudledningerne frem mod 2050. Konkret kræver et lavemissionssamfund, at el- og fjernvarmeproduktionen i praksis baseres på 100 pct. vedvarende energi som beskrevet i kapitel 4.2. Det er også nødvendigt, at husholdningernes og erhvervenes energiforbrug omlægges til vedvarende energi, ligesom det må forventes, at transporten primært skal baseres på vedvarende energi.

Der er, som beskrevet i kapitel 4, kun tre kendte, primære kilder, som Danmark kan udnytte til vedvarende energiproduktion, nemlig biomasse, vind og sol. Det primære energiinput til samfundet vil stadigvæk skulle komme fra en eller flere af disse kilder, selv hvis der kommer nye og billige teknologier til lagring af el eller produktion af syntetiske brændsler.

I 2013 indgik 328 PJ fossile brændsler i det endelige energiforbrug. Derudover blev benyttet 201 PJ fossile brændsler til produktion af el og fjernvarme. Samlet set skal der altså udfases 529 PJ fossile brændsler for at gøre Danmark til et

Energistyrelsen opgør energiforbruget på forskellige måder. Det faktiske energiforbrug angiver det registrerede energiforbrug i et kalenderår. Korrigeres for brændselsforbruget til produktion af nettoeksport af el, fås bruttoenergiforbruget. Fratrækkes konverteringstab i el- og fjernvarmeproduktion og på raffinaderier fra det faktiske energiforbrug, fås det endelige energiforbrug. Den internationale transport i form af fly og skibe er ikke med i nogen af opgørelserne.



Figur 5.3

Endeligt dansk energiforbrug i 2013 opdelt på fossile brændsler, biobrændsler, el og fjernvarme. El og fjernvarme produceres med fossile brændsler, biobrændsler, vind og sol. Energiforbruget til produktion af el og fjernvarme overstiger det endelige forbrug, da kun en del af energien i brændslerne kan udnyttes.

Anm.: Biobrændsler omfatter i figuren biomasse, biogas, bionedbrydeligt affald mv.

Kilde: *Energistatistik 2013*.

lavemissionssamfund, såfremt begrebet dækker over et fossilfrit energisystem. Heraf forventer Energistyrelsen, at ca. 100 PJ kan hentes fra energieffektiviseringer.<sup>2</sup> Det betyder, at den vedvarende energi skal erstatte ca. 430 PJ fossile brændsler med vedvarende energi. Klimarådet er af den opfattelse, at det vil være uhensigtsmæssigt at basere så meget ekstra vedvarende energiproduktion på biomasse, jf. kapitel 5.1. Årsagen er blandt andet, at Danmark i så fald vil skulle basere sig på betydelige mængder importeret biomasse, hvor der er mindre sikkerhed for CO<sub>2</sub>-neutralitet. Samtidig er det næppe samfundsøkonomisk hensigtsmæssigt at fastlåse en større del af el- og varmforsyningen på en enkelt ressource, der kan vise sig at blive knap og dyr.

#### Der er ikke rum for, at udbygningen af vedvarende energi går ned i tempo

Vind og sol vil med al sandsynlighed komme til at spille en central rolle i den primære energiproduktion, mens den relative fordeling af de to teknologier vil afhænge af teknologiuudviklingen. Vindkraft leverer energiproduktionen som elektricitet, og sol leverer energiproduktionen som elektricitet og varme.

Energistyrelsen har i rapporten *Energiscenarier frem mod 2020, 2035 og 2050* fremlagt et scenarie, der viser, at der er brug for 17.500 MW installeret vindkraft i Danmark i 2050, hvis Danmark ikke skal blive afhængig af importeret biomasse. Dette kapacitetsbehov forudsætter, at der frem mod 2050 realiseres betydelige energibesparelser. Hvis det ikke sker, vil kapacitetsbehovet være

Solvarme har allerede i dag en betydelig rolle i fjernvarmeproduktionen. Godt 60 solvarmeanlæg er i dag i drift hos fjernvarmeselskaberne og producerer varme til, hvad der svarer til ca. 16.500 husstande.



endnu større end 17.500 MW. Til sammenligning er der installeret ca. 5.000 MW vind i dag. Det massive udbygningsbehov stiller krav til udviklingen, hvis Danmark skal nå målet om et lavemissionssamfund i 2050. I el- og varmesektoren vil der skulle planlægges langsigtet, hvis al el og fjernvarme skal produceres med vedvarende energi i 2050.

En bil holder 10-15 år, et fyr til opvarmning af en privat bolig 20-25 år, vindmøller i ca. 25 år, investeringer i el- og fjernvarmenettet op imod 35 år og kraftværker op imod 45-50 år. Energifahtalen fra 2012 løber til 2020, og havvindmølleparken Krigers Flak på 600 MW, som er det sidste tiltag i aftalen, skal være i drift i 2022. Kraftværker, der investeres i i dag, vil også kunne være i drift i 2050. Vindmøller, som opstilles fra år 2025 og frem, vil ligeledes kunne være i drift i 2050.

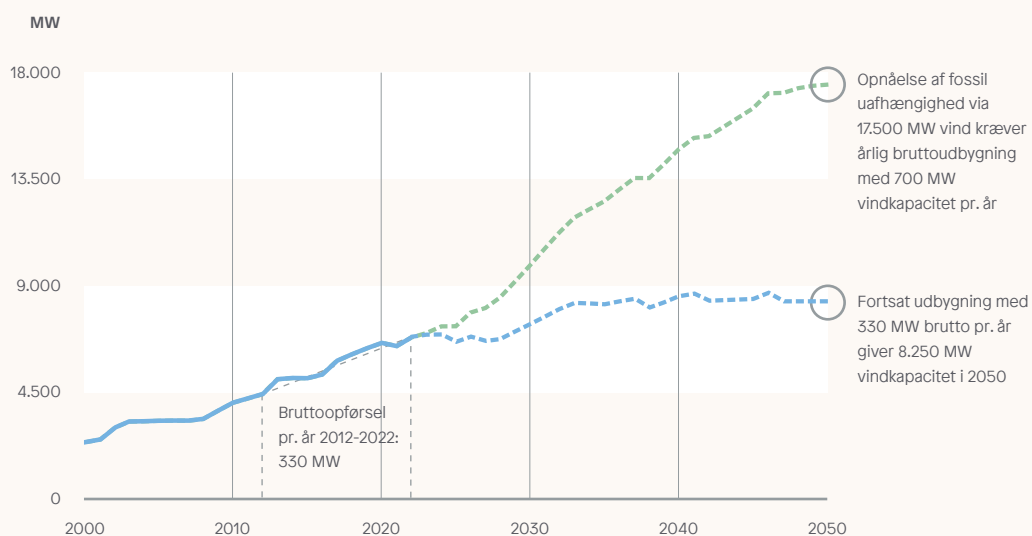
Investeringer i energiteknologi er langsigtede. Det, der aftales i en ny energiaftale, vil derfor være helt afgørende for, hvordan energisystemet tager sig ud i 2050. Hvis man forestiller sig, at omstillingen til vedvarende energi i el- og fjernvarmesektoren bremses op imellem 2020 og 2030, vil det betyde, at der efter 2030 skal investeres i et langt højere tempo end hidtidigt set. Det vil også betyde, at der frem mod 2030 risikerer at blive foretaget investeringer i fossilt fyrede anlæg, som det vil være nødvendigt at udfase, før den økonomiske levetid er fuldt udnyttet. Det kan gøre omstillingen unødigt dyr.

Problemstillingen vedrørende udbygningshastighed kan belyses ved at betragte et regneeksempel for udbygning af vindkraft. Med Energifahtalen fra 2012 vil der i perioden fra 2012 til 2022 gennemsnitligt blive installeret vindmøller med en bruttokapacitet på 330 MW pr. år. Hvis man tager udgangspunkt i Energi styrelsens vindscenarie, er der som nævnt behov for en vindkraftkapacitet på 17.500 MW i 2050. Det vil kræve, at der fra 2025 og frem til 2050 sker en bruttoudbygning med gennemsnitligt 700 MW vindkraft pr. år. Da en vindmølle i gennemsnit har en levetid på 25 år, vil der også årligt i perioden efter 2050 blive udtjent 700 MW  $17.500 / 25$ . Det betyder, at der også i perioden efter 2050 skal bruttoudbygges med 700 MW vindkraft pr. år alene til erstatning af den vindkraftkapacitet, som udtjenes.

En fortsat bruttoudbygning med de nuværende 330 MW pr. år vil derimod kun give en vindkraftkapacitet på ca. 8.250 MW i 2050, det vil sige mindre end halvdelen af den kapacitet, der skønnes at være behov for. En sænkning af den nuværende udbygningstakt i det kommende årti må derfor modsvares af en stærkt forceret udbygning i de sidste to årtier frem mod 2050. Det kan skabe tvivl om troværdigheden af 2050-målsætningen. En langsom omstilling til vedvarende energi på kortere sigt efterfulgt af en stærkt stigende omstillingshastighed vil formentlig også give større samlede omstillingsomkostninger end en mere jævn udbygningstakt. Figur 5.4 viser de to udviklingsstier mod 2050 med henholdsvis 700 MW og 330 MW årlig bruttoudbygning. Det skal dog nævnes, at en parallel og kraftig udbygning med solceller vil mindske behovet for udbygning med vindkraft.

### **Det kommende energiforlig skal sætte retningen for omstillingen til et lavemissionssamfund**

Omstilling til et lavemissionssamfund i 2050 kræver, at der sker en løbende, og for de næste 30 år accelereret, udbygning med vedvarende energi. En kommende energiaftale for perioden fra 2020 til 2030 må tage højde for dette. Der er behov for en væsentlig elektrificering af energiforbruget, men udbygningen med vedvarende energi vil blive unødigt forceret og kan blive væsentligt fordyret, hvis den kommende energiaftale ikke også indeholder en betydelig udbygning med vedvarende energi i perioden 2020 til 2030.



Figur: 5.4

Udvikling i historisk og allerede planlagt vindkapacitet fra 2000 til 2022. Fra 2022 til 2050 viser figuren eksempler på to fremskrivninger. Fremskrivningerne er lavet med en årlig bruttoudbygning på henholdsvis 700 MW årligt (grøn stiplede linje) og 330 MW årligt (blå stiplede linje). De 700 MW følger af Energistyrelsens vindscenarie, mens de 330 MW er en fortsættelse af den planlagte årlige udbygning fra 2012 til 2022.

Anm.: Det er antaget, at en vindmølle har en levetid på 25 år.

Kilde: For perioden 2000-2014 er udbygning og kapacitet baseret på Energistyrelsens stamdataregister for vindmøller. Fra 2015 til 2022 er udbygningen baseret på de tiltag, som følger af energiaftalen fra 2012.

### 5.3 Barrierer for elektrificering af energiforbruget

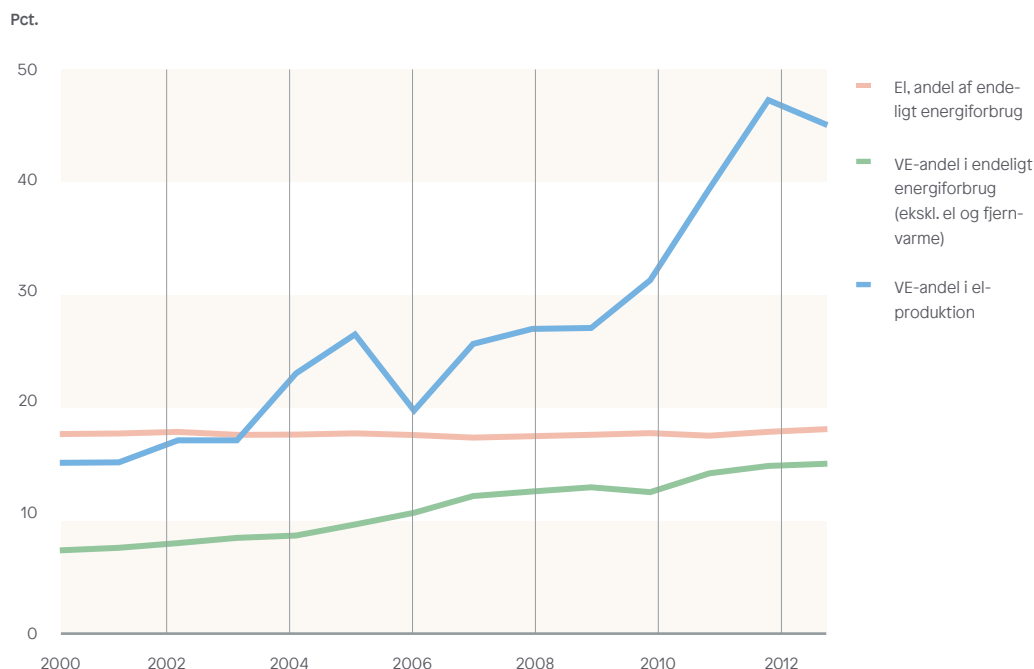
El vil komme til at spille en primær rolle i et lavemissions-samfund. Det skyldes flere forhold. Dels er el produceret på sol eller vind en billig energikilde sammenlignet med øvrige vedvarende energikilder, særligt til opvarmning og transportformål. Dels leverer de primære vedvarende energikilder i Danmark og Norden deres energi-produktion i form af el fra vind, sol, vand og atomkraft. For at nå målet om et lavemissionssamfund i 2050 er der behov for en stabil og hurtig udbygning med vedvarende elproduktion. Det vil derfor være omkostnings-effektivt at udnytte denne elproduktion ved at tage elbaserede teknologier i brug i takt med, at de bliver samfundsøkonomisk rentable. Der er derfor behov for at indrette energiafgifterne, så de ikke står i vejen for en sådan elektrificering.

Elektricitet vil komme til at spille en væsentligt større rolle i det samlede energiforbrug, end den gør i dag. Dette omtales normalt som en elektrificering af energiforbruget. I den klimapolitiske debat fremføres ofte, at elektrificeringen er nødvendig for at sikre god økonomi i vindmølleinvesteringerne. Det grundlæggende argument er dog, at elektrificeringen skal ske, fordi elektricitet skal være den primære energibærer i et omkostningseffektivt energisystem uafhængigt af fossile brændsler. El baseret på vindkraft er allerede nu en billig vedvarende energiressource, som samtidig øger den generelle energieffektivitet i energisystemet. Og solkraft kan fremover få en lignende rolle.

Andelen af elektricitet i det danske, endelige energiforbrug har i de seneste ti år været næsten konstant omkring 18 pct., som det fremgår af figur 5.5. Der er altså ikke sket en øget elektrificering. Andelen af vedvarende energi i elproduktionen har i samme periode været væsentligt højere end andelen af vedvarende energi i det øvrige energiforbrug, og førstnævnte andel er steget betydeligt.

#### **Der findes allerede konkurrencedygtige teknologier, der kan fremme elektrificering**

For at opnå en omkostningseffektiv omstilling til fossil uafhængighed igennem elektrificering må nye teknologiske løsninger tages i brug i takt med, at de bliver samfundsøkonomisk konkurrencedygtige. Varmepumper er i dag fuldt ud samfundsøkonomisk konkurrencedygtige i forhold til andre energiformer inden for opvarmning. Det vil derfor være omkostningseffektivt at udbrede anvendelsen af varmepumper til opvarmning, samtidig med at dette vil være et skridt i retning mod øget elektrificering. Varmepumper er den samfundsøkonomisk billigste opvarmningsform ved de nuværende elpriser, når der ikke indregnes afgifter og tilskud. Selv hvis el til varmepumpen produceres på el fra vindmøller uden støtte, og elektriciteten dermed bliver dyrere for forbrugerne, så er var-



Figur 5.5

Udvikling fra 2000 til 2013 i elektricitetens andel af det endelige energiforbrug samt vedvarende energis andel af henholdsvis elproduktionen og det endelige forbrug ekskl. el og fjernvarme.

Kilde: *Energistatistik 2013*.

mepumpen stadigvæk billigere end andre fossilfri opvarmningsformer. Dette gælder både for individuelle husstande og i fjernvarmen.

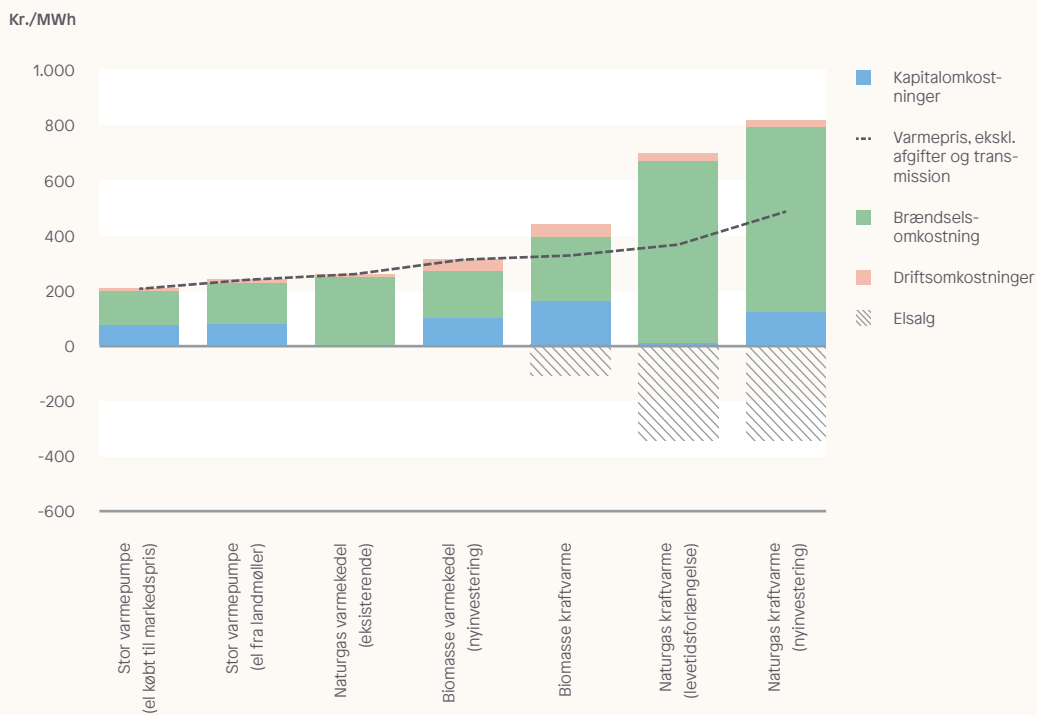
Figur 5.6 viser de samfundsøkonomiske omkostninger målt pr. MWh varme ved investering og drift af decentrale varmeanlæg afhængigt af teknologi og brændsel. Da der på kraftvarmeanlæg samtidigt produceres el, fraregnes indtægten fra el i de samlede omkostninger. Dette er i overensstemmelse med hvile-i-sig-selvprincippet, som betyder, at fjernvarmeselskaberne skal sætte prisen på fjernvarmen, så deres omkostninger, fratrukket indtægter fra salg af el, dækkes ind.

#### Afgiftssystemet står i vejen for en omkostningseffektiv elektrificering

Elektrificeringen hæmmes af det nuværende afgiftssystem. Det betyder, at elektrificeringen af opvarmningen halter, selvom den vil udgøre et omkostningseffektivt skridt frem mod et lavemissionssamfund i 2050. Særligt står de relativt høje elafgifter i kombination med PSO-afgiften i vejen for elektrificeringen. Afgifterne udgør en væsentlig barriere for elektrificeringen af opvarmningen og modarbejder de investeringer i varmepumper, som logisk kunne udgøre første trin på vej mod et energisystem, der er uafhængigt af fossile brændsler. I den decentrale fjernvarme er varmepumper i dag den samfundsøkonomisk mest fordelagtige løsning frem for både naturgas og biomasse, uanset om der produceres ren varme eller kraftvarme. I figur 5.6 kan det ses, at varmeprisen ekskl. afgifter er omtrent 250 kr./MWh for en varmepumpe og 320 kr./MWh for en biomassekedel.

Central kraftvarme dækker over store anlæg til varmeforsyning i de større byer og offentlige net. Centrale kraftvarmeværker er alene underlagt elforsyningsloven. Disse anlæg har typisk en elproduktionskapacitet på over 200 MW. Decentrale anlæg leverer varme til mindre og mellemstore byer, og de har typisk en elproduktionskapacitet på under 100 MW. Decentrale anlæg over 25 MW er både underlagt elforsynings- og varmeforsyningsloven, mens anlæg under 25 MW kun er underlagt varmeforsyningsloven.

”Varmepumper er i dag fuldt ud samfundsøkonomisk konkurrencedygtige i forhold til andre energiformer inden for opvarmning. Det vil derfor være omkostningseffektivt at udbrede anvendelsen af varmepumper til opvarmning, samtidig med at dette vil være et skridt i retningen mod en øget elektrificering.



Figur 5.6

Forventede omkostninger ekskl. afgifter ved decentral fjernvarmeproduktion i 2020 på forskellige typer anlæg. Salg af el fra kraftvarme udgør en negativ omkostning. Den sorte linje viser den resulterende varmepris uden afgifter og omkostninger til transmission. Denne pris afspejler de samfundsøkonomiske omkostninger ved varmeproduktionen. Varmepumper – uanset om den forbrugte elektricitet købes til markedspris fra det almindelige elnet eller kommer fra nyopstillede landvindmøller – giver den laveste varmepris.

Anm.: Der er antaget en elpris på 25 øre/kWh og langsigtede omkostninger for landvind på 35 øre/kWh.

Kilde: Egne beregninger baseret på Energistyrelsens teknologikatalog og Energistyrelsens samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger.

Grundbeløbet er indført som en støtteordning til decentrale kraftvarmeverker. Grundbeløbet udbetales af Energinet.dk og afhænger af elprisen. Omkostningen til grundbeløbet finansieres via PSO-afgiften på elforbrug. Grundbeløbet er i dag produktionsuafhængigt og giver altså støtte til fjernvarmeproduktion igennem finansiering over elregningen, hvad enten værkerne producerer el eller ej.

Effektiviteten udtrykker, hvor meget energi der kommer ud af varmeanlægget målt i procent af den mængde energi, der går ind i varmeanlægget. Når varmepumpen har en energieffektivitet på 350 pct., betyder det altså, at for hver 1 GJ el, der går ind i varmepumpen, leveres der 3,5 GJ energi som varme. En kedel på eksempelvis naturgas eller biomasse har en effektivitet lige omkring 100 pct., da al den energi, der skabes ved forbrænding, omdannes til varme. Når en varmepumpe kan have en energieffektivitet over 100 pct., skyldes det, at varmepumpen udnytter den energi, der i forvejen er i den omkringliggende luft, grundvandet eller lignende, som varmepumpen bruger som input i kombination med el.

Effektiviteten kan sammenlignes med en bils brændstoføkonomi. En bil, som kører langt på literen, ender med at betale mindre i afgift pr. kørt km., da den bruger mindre brændstof og betaler det samme i afgift pr. liter brændstof som en mindre effektiv bil. Dette tilskynder folk til at købe den brændstoføkonomiske bil. For varmepumper betyder den høje afgift på el, at varmepumperne med en effektivitet omkring 350 pct. betaler det samme i afgift pr. mængde varme på trods af varmepumpenes høje effektivitet sammenlignet med naturgas, hvor effektiviteten er omtrent 100 pct. Dette svarer til, at en bil, som kører langt på literen, skulle betale en højere afgift pr. liter brændstof, hvilket er u hensigtsmæssigt.

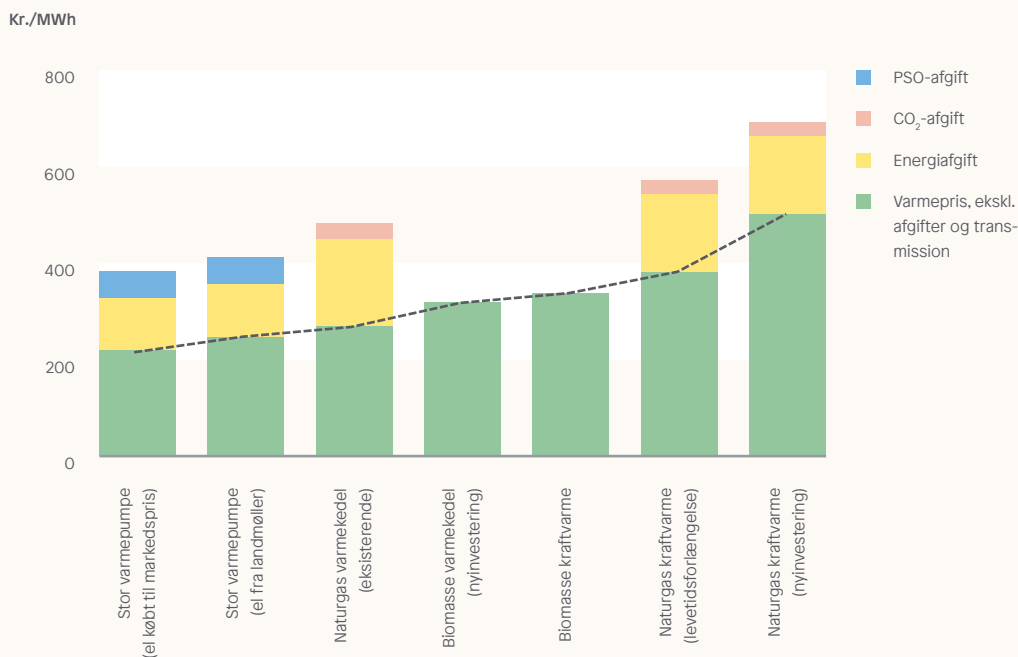
Men på grund af de høje afgifter på el og afgiftsfritagelsen på biomasse kan varmeselskaberne opnå en lavere varmepriis til forbrugerne ved at omlægge til biomasse frem for varmepumper, hvilket delvist forklarer de seneste års biomassekonvertering i fjernvarmesektoren. Som det fremgår af figur 5.7, har fjernvarmeverkerne økonomisk incitament til at erstatte naturgas med biomasse, når grundbeløbet bortfalder i 2019, da der kan laves billigere fjernvarme på biomasse, når der tages højde for afgifter. I øjeblikket støttes den decentrale naturgaskraftvarme med ca. 200-250 kr./MWh via grundbeløbet, uanset om der produceres el sammen med varmen, eller om varmeproduktionen foregår ved ren kedeldrift uden elproduktion. Da grundbeløbet udløber med udgangen af 2018, er det ikke indregnet i varmepriisen for 2020 i figur 5.7.

Energiafgiften på el er knap dobbelt så høj som på naturgas målt som afgift på energiinputtet, når der ikke medregnes PSO. Medregnes PSO som en afgift, er den samlede elafgift 2,3 gange så høj som energiafgiften på naturgas. Dette ses i figur 5.8. Heri er ikke indregnet CO<sub>2</sub>-beskatningen, som for naturgas betales via en direkte afgift, mens den for el betales indirekte via elprisen, som inkluderer prisen på CO<sub>2</sub>-kvoter.

Selvom varmepumperne har en meget høj effektivitet (ca. 350 pct.), betyder den høje afgift på el, at varmepumperne ender med at betale næsten samme afgift som naturgas pr. leveret MWh varme. Dette fremgår af figur 5.7. Når der er uens afgifter på energiinputtet, skaber det en forvridding i valget af opvarmningsform. Det kan forhindres ved at ensrette afgifterne på input af energi. Hvis der betales det samme beløb pr. energienhed, der forbruges som input, så vil det sikre, at teknologier med høj energieffektivitet ikke straffes via afgifterne. En sænkning af energiafgiften på el til opvarmning med varmepumper er et af de foreslåede virkemidler i Klimarådets pakke til at nå 40-procentsmålsætningen for 2020, jf. kapitel 3.3. Nedsættelse af afgiften på el til opvarmning er nærmere diskuteret i boks 5.1.

I tillæg til de høje energiafgifter på el skal varmepumperne under de nuværende regler også betale PSO-afgift for den el, de bruger. PSO-afgiften bruges til at finansiere PSO-omkostningerne til støtte for vedvarende energi, men også til at finansiere forskning og udvikling samt støtten til fjernvarme via grundbeløbet. Et øget elforbrug vil på langt sigt øge behovet for flere vindmøller og dermed øge PSO-omkostningen. Derimod er PSO-omkostningen på kortere sigt uafhængig af elforbruget, da vindmøllers og solcellers produktion er uafhængig af elforbruget time for time. PSO-afgiften betyder altså, at forbrugerne skal betale mere for el, end det koster at producere den i den enkelte time. Dette fører til, at samfundet ikke får en tilstrækkelig værdi af strømmen. Derudover har EU-Kommissionen stillet spørgsmålstejn ved, om den danske PSO-afgift i kombination med støtten til vedvarende energi diskriminerer udenlandske elproducenter, der leverer el til Danmark. Regeringen arbejder på en ændring, der kan løse dette problem.

Klimarådet vil i en kommende rapport se nærmere på, hvilke omlægnings af PSO-afgiften og de øvrige energiafgifter der vil kunne fremme en omkostnings-effektiv omstilling til vedvarende energi.

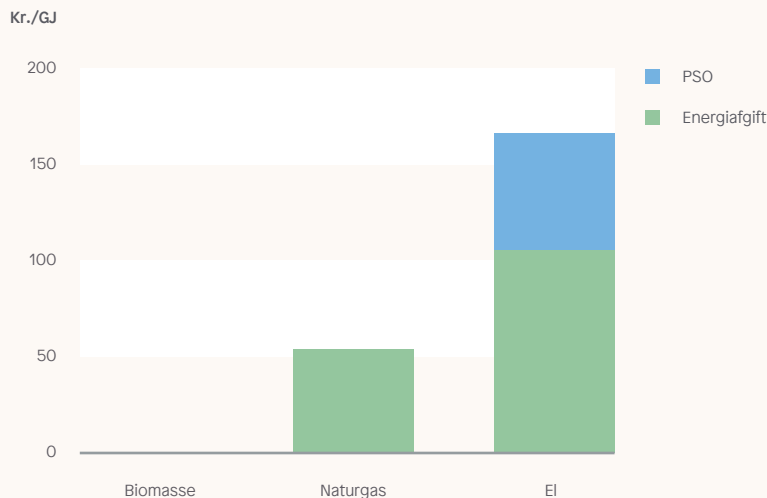


Figur 5.7

Forventede varmepreiser i decentral, ikke-kvoteomfattet fjernvarme i 2020 inkl. afgifter og PSO-betaling på forskellige typer anlæg. Den sorte linje, som er identisk med linjen fra figur 5.6, viser den samfundsøkonomiske omkostning ved produktionen. Dertil skal lægges energiavgift, CO<sub>2</sub>-avgift og PSO-avgift for at få den reelle varmepriis. Med afgifter bliver varmepumper dyrere end biomasse.

Anm.: I varmepriisen er ikke medregnet udgifter til drift af og tab i fjernvarmenettet – de vil være ens for alle typer anlæg. Mindre kraftvarmeanlæg er ikke kvoteomfattede. Derfor skal udgiften til CO<sub>2</sub>-kvoter ikke regnes med. Kvoteprisen indgår dog i den elpris, som varmepumperne betaler.

Kilde: Egne beregninger, baseret på Energistyrelsens teknologikatalog og Energistyrelsens beregningsforudsætninger.



Figur 5.8

Afgifter lagt på energiinputtet målt pr. GJ til decentral fjernvarme for biomasse, naturgas og el.

Kilde: Skatteministeriet – Satser og beløbsgrænser samt Energinet.dk.





## Boks 5.1 Nedsættelse af afgiften på el til opvarmning

En reform af elafgiften kan laves i forskellige skalaer. For at minimere statens tab af provenu kan man nøjes med at reducere afgiften på el til opvarmning. Der er meget få substitutionsmuligheder inden for det traditionelle elforbrug såsom lys, hvidevarer, elektronik, ventilation mv. Ved kun at reducere afgiften på el til opvarmning kan man minimere forvriddningerne af valget af opvarmningsform, hvor der netop er store substitutionsmuligheder.

Der betales allerede i dag reduceret afgift på el til opvarmning. Denne afgift er dog stadigvæk væsentligt højere end afgiften på øvrige brændsler til opvarmning. Afgiften på el til opvarmning er i dag 38 øre/kWh svarende til 105,50 kr./GJ, hvorimod energiafgiften på naturgas til opvarmning er 54,55 kr./GJ.

En sænkning af afgiften på el til opvarmning vil give en umiddelbar reduktion af statens provenu fra energifgifterne. Denne effekt vil dog være begrænset, da antallet af installerede varmepumper og elforbruget fra disse i dag udgør en relativt lille andel af elforbruget. Dertil vil der komme et provenutab fra de nuværende olie- og naturgasopvarmede husstande, som vil skifte til varmepumper, der pr. leveret mængde varme betaler mindre i afgift på grund af deres høje effektivitet. Omvendt kan der komme betydelige, positive provenuvirkninger for staten på længere sigt ved at sænke energifgiften på el til opvarmning med varmepumper. Det skyldes, at afgiftsstrukturen i dag giver incitament til at skifte til træpiller og træflis, som er afgiftsfritaget. Dermed mister staten provenu, hver gang der skiftes fra naturgas til biomasse. Ved at reducere energifgiften på el til opvarmning med varmepumper får forbrugerne og fjernvarmeverkerne incitament til at skifte fra den nuværende opvarmning til afgiftsbelagte varmepumper i stedet for at skifte til afgiftsfritaget biomasse.

## 5.4 Kraftvarme i fremtidens energisystem

Den danske kraftvarmemodel er unik og har bidraget til en succesfuld effektivisering af det danske energiforbrug fra 1970'erne og frem. Kraftvarmeværkerne bliver dog i stigende grad udfordret af lave afregningspriser for elproduktionen og af, at vedvarende elproduktion fra vind og sol mindsker behovet for elproduktion fra disse værker. I en fremtid med endnu større mængder vind- og solkraft i energisystemet vil behovet for elproduktion fra kraftvarmeværker mindskes yderligere. Kraftvarmen er tænkt i en tid, hvor varme var et restprodukt fra elproduktionen, men i en fremtid, hvor vedvarende el kan produceres uden overskudsvarme, bortfalder en del af argumentet for kraftvarme.

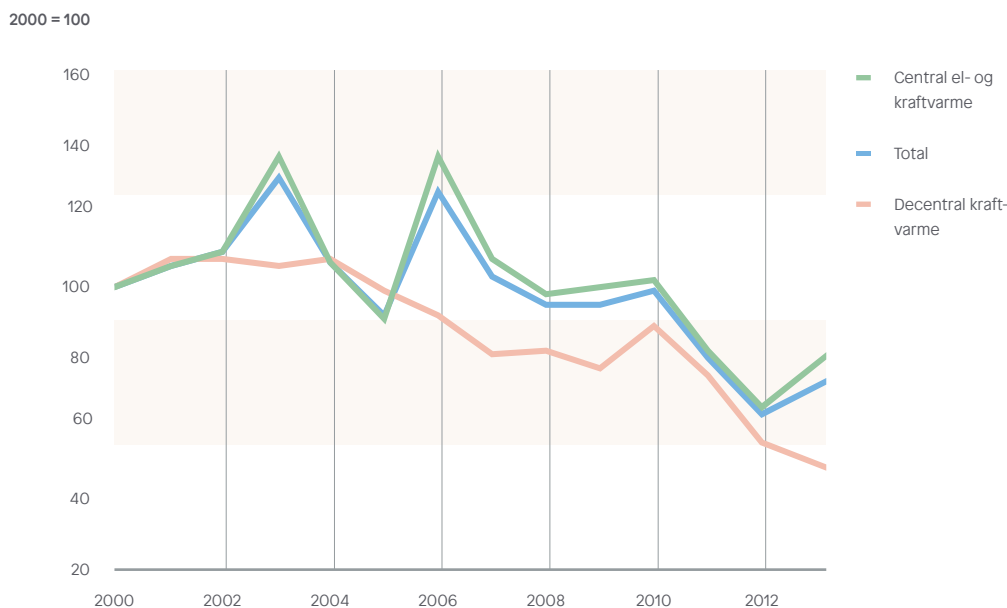
Danmark har siden midten af 1970'erne opnået betydelige energibesparelser i produktionen af el og fjernvarme gennem en effektiv kraftvarmeproduktion. Ved at udnytte overskudsvarmen fra den termiske elproduktion til fjernvarme har de danske kraftværker kunnet opnå en væsentligt højere effektivitet, end hvis varmen blot var ledt ud ad skorstenen eller ud med kølevandet. Kraftvarmen udnytter, at varme er et restprodukt fra produktion af el, når el produceres via termiske processer. Vindmøller og solceller har i modsætning til termiske kraftværker ikke nogen restproduktion af varme fra elproduktionen. Det ændrer kraftvarmens rolle i et energisystem under hastig forandring.

Termiske processer omfatter forbrænding af fossile brændsler og biomasse til produktion af el. Forsimpet foregår termisk elproduktion ved, at varmen fra forbrændingen bruges til at danne vanddamp, som ledes igennem en turbine, der driver en generator. Trykket i vanddampen er bestemt af temperaturforskellen henover turbinen, hvor der er højtryk fra den varme damp på den ene side af generatoren. På den anden side af generatoren køles vanddampen af, hvorfor trykket er lavere på denne side. Afkølingen foregår ved at lede dampen igennem en varmeveksler. Kølevandet fra varmeveksleren varmes dermed op og sendes videre ud til forbrugerne i form af fjernvarme.

### Behovet for elproduktion fra kraftvarmeværker bliver mindre og mindre

Den stigende andel af elproduktion fra vindmøller og solceller betyder, at der er mindre behov for elproduktion fra de termiske værker. Fra 2000 til 2013 er elproduktionen på de decentrale kraftvarmeværker faldet med godt 50 pct., og i samme periode er elproduktionen fra centrale kraftvarmeværker faldet med 10 pct. Samlet set er elproduktionen fra kraftvarme faldet med 20 pct., som det ses i figur 5.9.

Når elproduktionen bliver mindre på de termiske værker, bliver kraftvarmeværkerne i højere grad nødt til at køre som rene varmeværker for at kunne imødekomme efterspørgslen efter fjernvarme. Dermed reduceres en del af den kraftvarmefordel, som Danmark har nydt godt af siden 1970'erne. Dette er ikke i sig selv et problem, da det blot skyldes, at el i dag kan produceres uden samtidig at producere varme som restprodukt. Men det stiller spørgsmålet, hvordan varmen i fremtiden kan produceres mest omkostningseffektivt, og om kraftvarmeværker er en velegnet teknologi til backupkapacitet i et vind- og solbaseret elsystem, når vinden ikke blæser, og solen ikke skinner. Dette spørgsmål vil Klimarådet tage op til nærmere analyse i senere rapporter.



Figur 5.9

Elproduktion fra danske kraftvarmeværker fra 2000 til 2013. Figuren viser den totale produktion og produktionen fra henholdsvis centrale og decentrale værker.

Anm.: Den decentrale elproduktion er ekskl. produktionen fra private producenter.

Kilde: *Energistatistik 2013*.

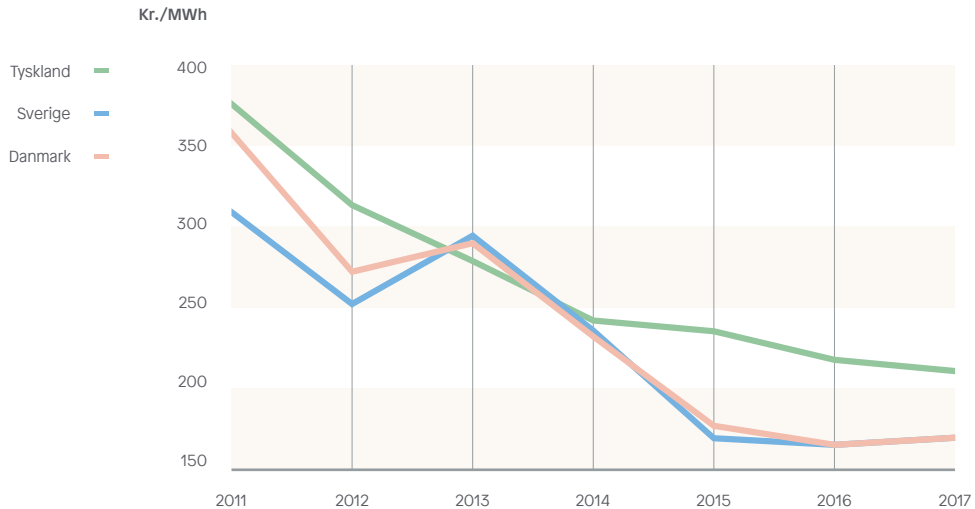
### Kraftvarmeværkerens økonomi er udfordret, og udfordringen bliver større i fremtiden

Den lave elpris og det mindre behov for elproduktion udfordrer kraftvarmeværkerens økonomi, og økonomien må forventes at blive yderligere presset i fremtiden. Det skyldes det omtalte lavere behov for elproduktion fra disse værker samt to yderligere forhold: Lave elpriser og bortfald af grundbeløbet.

For det første betyder de lave elpriser, at indtjeningen fra kraftvarmeværkerens tilbageværende elproduktion er faldet tilsvarende. Dermed bliver der en mindre indtægt fra kraftvarmeværkerens salg af el, hvilket betyder, at en forholdsmæssigt større andel af værkerens omkostninger skal dækkes via varmeregningen. Elprisen har været faldende siden 2011 og forventes også at holde sig på et lavt niveau i alt fald frem mod udgangen af 2017, som figur 5.10 viser. Baggrunden for den lave elpris er forklaret nærmere i boks 5.2. De lave elpriser er særligt problematiske for de naturgasfyrede decentrale kraftvarmeværker, da disse værkeres pris på naturgas ikke har fulgt faldet i kulprisen. Dermed er de decentrale kraftvarmeværkeres omkostninger ikke faldet i samme grad som elprisen. Figur 5.11 viser, at et fald i elprisen fra 30 til 15 øre/kWh betyder en stigning i varmeprisen på 200 kr./MWh for et eksisterende decentralt naturgasfyret kraftvarmeværk.

Fjernvarmen er underlagt et "hvile-i-sig-selv-princip". Det betyder, at selskaberne over tid ikke må skabe profit af deres produktion. Som følge heraf skal varmeprisen sættes, så indtægten fra salg af fjernvarme dækker omkostningerne fratrukket indtægten fra salg af el.

For det andet bortfalder det såkaldte grundbeløb i 2019. I år 2015 forventes de decentrale kraftvarmeværker at modtage omtrent 2 mia. kr. i støtte fra grundbeløbet. Støtten fra grundbeløbet til de decentrale kraftvarmeværkeres varmepro-



Figur 5.10

Årlige gennemsnitspriser på el i Danmark og vores nabolande. For 2016 og 2017 er priserne baseret på forwardmarkedet. Her handles el i dag til levering på et senere tidspunkt via finansielle kontrakter. Forwardpriserne er derfor et udtryk for markedsparternes forventning til den fremtidige elpris.

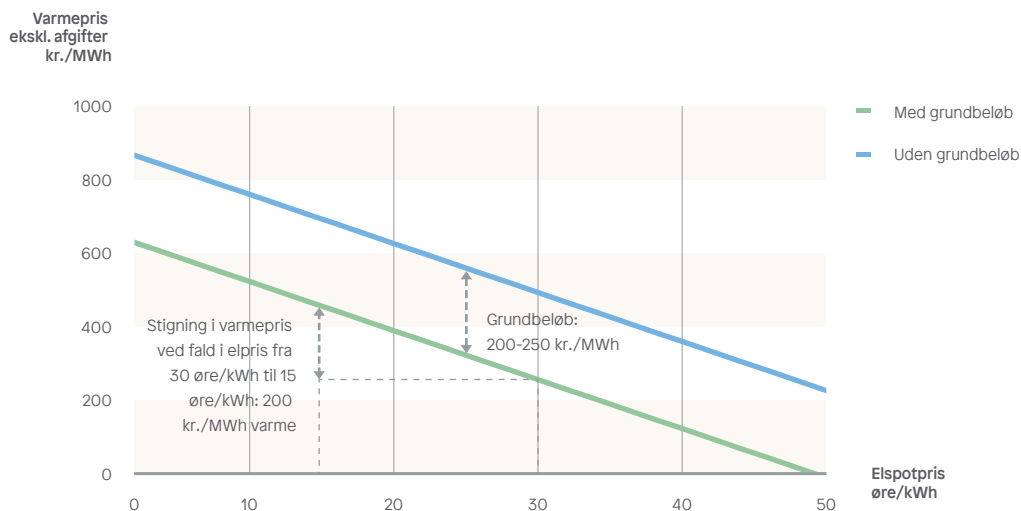
Anm.: Den danske pris er et gennemsnit af priserne i Øst- og Vestdanmark (DK1 og DK2). Den svenske pris er for det sydlige Sverige (prisområdet SE4).

Kilde: Energinet.dk og NASDAQ OMX.

duktion finansieres af el-forbrugerne via PSO-afgiften. Støtten fra grundbeløbet svarer til omtrent 27 pct. af den forventede PSO-omkostning, mens støtten til vindmøller til sammenligning udgør ca. 48 pct. af den forventede PSO-omkostning. Bortfaldet af grundbeløbet forventes alt andet lige at medføre en stigning i varmeregningen for de berørte fjernvarmekunder på op mod 4.000 kr. pr. år for et gennemsnitligt årligt varmeforbrug på 18 MWh. Bortfald af grundbeløbet diskuteres nærmere i boks 5.3.

Samlet betyder de ovennævnte forhold, at økonomien i de eksisterende kraftvarmeværker udhules efter 2018. Den nuværende afgiftsstruktur giver kraftvarmeværkerne et økonomisk incitament til at omlægge til biomassefyrede kedler, det vil sige varmeproduktion uden samtidig elproduktion, for at holde varmeprisen nede. Ses der bort fra afgifterne, kan den billigste varmepris imidlertid opnås ved at omlægge til store varmepumper i fjernvarmeværkerne.

Kraftvarmeværkernes driftsøkonomi og også samfundsøkonomiske værdi må forventes at blive yderligere presset efter 2020, efterhånden som vedvarende energi fra vind og sol kommer til at fylde en endnu større andel af elproduktionen. Kraftvarme er tænkt i en tid, hvor varme var et restprodukt fra elproduktionen. Når elproduktionen fra termiske kraftværker falder til et minimum frem mod år 2050, bliver argumentet for kraftvarme vendt om forstået på den måde, at elproduktion på et kraftvarmeværk bliver et restprodukt fra varmeproduktionen.



Figur 5.11

Varmepriser med og uden grundbeløb på et eksisterende decentralt naturgasfyret kraftvarmeværk, der er levetidsforlænget. Varmeprisen er vist på den lodrette akse som funktion af den gennemsnitlige afregningspris for el på den vandrette akse. Jo lavere pris kraftvarmeværket får for sin el, jo højere varmepris må værket kræve af sine kunder. Bortfaldet af grundbeløbet betyder ligeledes en højere varmepris.

Anm.: Beregningerne bag figuren er behæftet med usikkerhed, da de præcise økonomiske konsekvenser for de enkelte værker er ukendte. Beregningerne er derfor baseret på en støtte fra grundbeløbet fordelt på omtrent 8 mio. MWh varmeproduktion fra værker, der støttes igennem grundbeløbet, herunder private producenter.

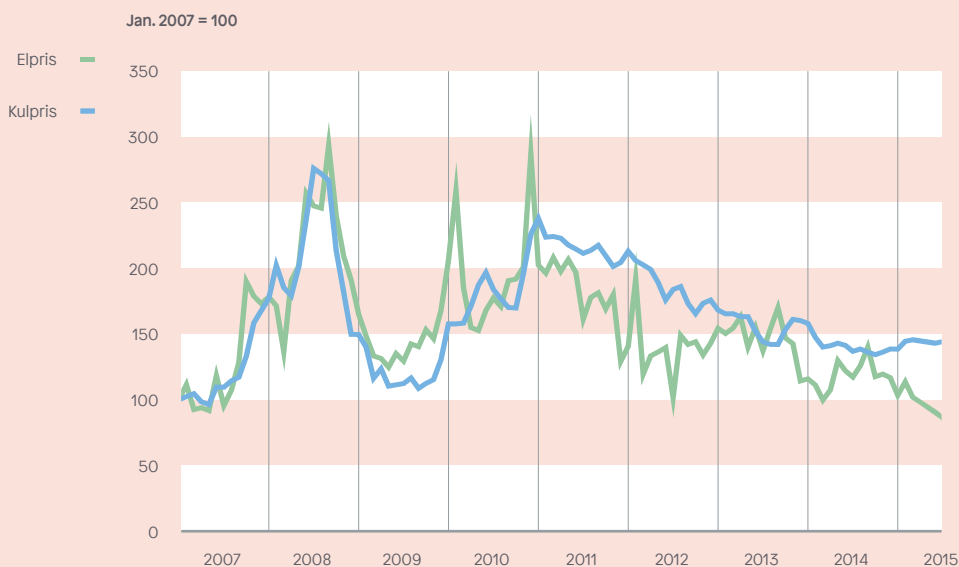
Kilde: Egne beregninger baseret på *Energistatistik 2013*.

### Kraftvarmeværker i fremtidens energisystem skal kunne spille sammen med vind og sol

Omkostningen ved at holde specielt de eksisterende naturgasfyrede decentrale kraftvarmeværker driftsklare er lav, hvilket betyder, at de kan fungere som backupkapacitet til elproduktion. På længere sigt, når de eksisterende kraftvarmeværker er udtjente, eller den konventionelle naturgas er udfaset af energisystemet, vil det være nødvendigt at gentænke, hvad der skal investeres i. Givet at elproduktionen i høj grad baseres på vind og sol, vil behovet for termisk elproduktion falde drastisk. Samtidig kan fjernvarmeproduktionen allerede i dag med samfundsøkonomisk fordel ske ved hjælp af varmepumper. Når der bliver behov for termisk elproduktion i kun få timer, vil det være samfundsøkonomisk fordelagtigt, at den nødvendige termiske elproduktion foregår på anlæg med de lavest mulige faste kapitalomkostninger, uagtet at energieffektiviteten er lav på disse anlæg.

## Boks 5.2 Baggrunden for det historiske fald i elprisen

Den danske elpris er faldet de seneste år. Faldet i elprisen skyldes flere forhold. Siden 2007 har udviklingen i elprisen været tæt forbundet med udviklingen i kulprisen, da det i stigende grad er kul, som har sat elprisen. Det skyldes, at den øgede mængde vedvarende energiproduktion i Nordvesteuropa og et elforbrug, der har været lavere end forventet, har medført, at der er færre timer, hvor der er behov for den dyrere elproduktion på naturgas til at sætte prisen. Dette har presset elprisen ned. Dernæst er prisen på kul faldet blandt andet på grund af den rigelige og billige skifergas i USA, som har ført til et overskud af kul på verdensmarkedet, hvilket har presset elprisen yderligere. Som det ses i nedenstående figur, har der fra 2007 og frem været en tæt sammenhæng imellem elprisen og kulprisen. Endelig har elprisen i 2015 været særligt lav. Det skyldes især, at der har været meget store mængder vand i norske vandreservoirer som følge af store mængder nedbør i Norge. Dette er dog en midlertidig effekt, som ikke nødvendigvis er til stede de kommende år.



Kilde: Energistyrelsen og Energinet.dk.

## Boks 5.3 Økonomiske hensyn for fjernvarmekunder ved grundbeløbets bortfald

Fjernvarmekunder, som er tilsluttet fjernvarmeanlæg, der modtager grundbeløb, modtager i dag et betydeligt tilskud til varmeregningen igennem grundbeløbet. Når grundbeløbet bortfalder, kan fjernvarmeprisen for disse kunder stige betragteligt. På grund af tilslutningspligten med store faste betalinger til fjernvarmeselskabet kan den enkelte husstand reelt ikke vælge en anden, individuel varmeløsning, selv om denne måtte være billigere. For at løse dette problem kunne reguleringen ændres, så det bliver lettere at fravælge fjernvarme til fordel for en individuel opvarmningsløsning.

Fjernvarmeselskabernes økonomiske forhold taler dog imod dette. Fjernvarmeselskaber har foretaget store investeringer i fjernvarmenettene og har dermed en stor andel af faste omkostninger. Dækningen af disse faste omkostninger er sikret gennem tilslutningspligten og "hvile-i-sig-selv-princippet", der betyder, at fjernvarmeselskabernes indtægter netop skal dække omkostningerne. Konsekvensen af "hvile-i-sig-selv-princippet" er, at hvis en eksisterende fjernvarmekunde får mulighed for at fravælge fjernvarmen, vil de resterende kunder skulle betale en højere pris for at dække de faste omkostninger. På den måde kan de husstande, som af forskellige årsager ikke kan fravælge fjernvarmen, risikere at blive ramt endnu hårdere økonomisk.

Ved bortfaldet af grundbeløbet kan der være behov for at foretage en særskilt analyse af dette problem, herunder hvilke instrumenter der kan tages i brug for at løse det, og hvordan der kan skabes bedre konkurrence imellem fjernvarme og individuelle varmeløsninger under hensyntagen til de allerede foretagne investeringer i fjernvarmenettet.

Klimarådet peger i denne rapport på en sænkning af elafgiften til opvarmning som et muligt instrument til at løse dette problem, da det giver fjernvarmeselskaberne mulighed for og tilskyndelse til at omlægge til varmepumper. Det vil reducere den stigning i varmeregningen, som fjernvarmekunderne vil få, når grundbeløbet udløber.







## 5.5 Konklusioner og anbefalinger

Kapitlet har diskuteret biomassens fremtidige rolle i energisystemet, behovet for at fastholde et højt tempo i udbygningen med vedvarende energi, behovet for at omlægge afgiftssystemet, så det ikke bremser elektrificeringen af energiforbruget, og de særlige udfordringer, som den decentrale kraftvarme står over for.

Kapitlets analyser har afdækket følgende vigtige klimapolitiske problemstillinger for Danmark, som trænger sig på:

- Biomasse vil spille en vigtig rolle i fremtidens energisystem som back-up forsyningskilde, når produktionen fra vindmøller og solceller er lav, og som input i produktionen af biobrændstoffer til fx transport- og procesformål. Den aktuelle tendens til et stærkt voksende forbrug af biomasse er dog problematisk, da den afspejler en skævhed i afgiftssystemet, der gør det privatøkonomisk fordelagtigt at benytte biomasse til energiformål, selvom der findes samfundsøkonomisk billigere alternativer.
- Biomassens CO<sub>2</sub>-neutralitet afhænger af biomassetype, alternativanvendelse og genplantning. De enkelte biomassetypers reelle klimabelastning er ikke afspejlet i de nuværende drivhusgasregnskaber. Den gældende klimapolitiske regulering i EU antager, at al biomasse er CO<sub>2</sub>-neutral, selvom det ikke altid er tilfældet i praksis. Det kan medføre et overforbrug af biomasse, der vil være problematisk i et klimaperspektiv.
- På kortere sigt spiller biomassen en rolle som overgangsteknologi i el- og varmforsyningen. På langt sigt er det dog næppe hensigtsmæssigt at fastlåse en stor del af el- og varmforsyningen på en teknologi, der kræver massivt forbrug af biomasse, da biomasse må ventes at blive stadigt mere knap på globalt plan.
- Som led i den grønne omstilling er det nødvendigt, at en stor del af energiforbruget i fremtiden omlægges til el gennem en omfattende elektrificering af blandt andet opvarmning og transport. Det forudsætter, at der sker en massiv udbygning af kapaciteten til elproduktion baseret på vedvarende energi. I perioden fra 2020 og frem til 2050 er der behov for en udbygning med vedvarende elproduktionskapacitet, som i gennemsnit er væsentligt højere end set i perioden for 2012-2020, som den nuværende energiaftale dækker. En pause i udbygningen med vedvarende energi kan derfor gøre det vanskeligere og dyrere at opfylde den klimapolitiske målsætning for 2050.
- Der er behov for en nærmere analyse af en passende udbygningstakt med vedvarende energi, der tager højde for forventninger til økonomisk vækst, energiforbrug og teknologi- og brændselspriser samt de gældende energi- og klimapolitiske målsætninger.

- Energiafgifterne står i vejen for at få gang i den elektrificering, der kan sikre en samfundsøkonomisk fordelagtig integration af den vedvarende energi i det samlede energisystem. Der betales over tre gange så meget i afgift på el som på øvrige brændsler. Selv den reducerede afgift på el til rumopvarmning er næsten dobbelt så høj som energiafgiften på fyringsolie og naturgas. Det hæmmer elektrificeringen af både den individuelle opvarmning og fjernvarmen, hvor varmepumper er en både energieffektiv og samfundsøkonomisk effektiv teknologi. Skævhederne i afgiftssystemet betyder, at opvarmningen i stedet enten fastholdes på olie og naturgas eller omstilles til flis- og træpil-lefyr baseret på afgiftsfritaget biomasse.
- De decentrale kraftvarmeværker står over for store økonomiske udfordringer de kommende år som følge af lave elpriser, stigende konkurrence fra vindmøllestrøm og udsigten til bortfald af grundbeløbet. De lave elpriser betyder, at decentrale kraftvarmeværker får en uholdbart lav indtægt fra elproduktionen, hvilket igen betyder, at fjernvarmekunderne står over for stigende fjernvarmepriser. De lave elpriser betyder ligeledes, at mange decentrale kraftvarmeværker i en stor del af tiden producerer varme uden samtidig elproduktion. Den decentrale kraftvarme støttes i dag igennem grundbeløbet, som bortfalder med udgangen af 2018. Det vil føre til yderligere stigninger i fjernvarmepriserne. Hvis afgiften på el til opvarmning sænkes, får fjernvarmeselskaberne mulighed for at reducere prisstigningen ved at omstille til opvarmning fra store varmepumper.
- Der er behov for at analysere, hvordan der skabes mere effektiv konkurrence imellem fjernvarme og individuel opvarmning, for at undgå at enkelte husstande eller områder bliver stavnsbundet til fjernvarme med meget høje priser. Dette skal ske under hensyntagen til de allerede foretagne investeringer i fjernvarmenettet.



På baggrund af kapitlets konklusioner anbefaler Klimarådet, at

- der sker en afklaring af de enkelte biomassetypers reelle klimabelastning, og at Danmark i internationale sammenhænge arbejder for, at denne afspejles i drivhusgasregnskabet,
- afgifts- og tilskudssystemet ophører med at favorisere biomasse, og energi-afgifterne omlægges, så de så vidt muligt ikke forvrider valget imellem energiformer. En sænkning af afgiften på el til opvarmning er særligt vigtig, da mulighederne for at erstatte én form for opvarmning med en anden gør det særligt forvridende, at afgiften på el til opvarmning er højere end afgiften på andre opvarmningsformer,
- PSO-afgiften omlægges, så den ikke forvrider elforbruget. Det skal undersøges, hvordan en sådan omlægning kan gennemføres, og hvilke fordele og ulemper omlægningen kan have sammenlignet med alternative muligheder for at finansiere de udgifter, der i dag dækkes af PSO-afgiften,

- grundbeløbet til fjernvarme finansieret over PSO-afgiften afvikles som planlagt med udgangen af 2018. Eventuelle tiltag til imødegåelse af bratte udgiftsstigninger for fjernvarmekunderne udformes, så de ikke modvirker, men gerne fremmer en større grad af elektrificering af varme-forbruget,
- udbygningstakten for vedvarende energi i el- og fjernvarmesektoren fastholdes eller øges i en kommende energiaftale for 2020 til 2030 samtidig med, at der arbejdes for en bedre udnyttelse af den vedvarende energi gennem elektrificering og udbygning af kabelforbindelserne til udlandet.

## Noter

### 2 Grundlag og principper for Klimarådets arbejde

- 1 UNFCCC, *Synthesis report on the aggregate effect of the intended nationally determined contributions*, 30. oktober, 2015.

### 3 Danmarks klimamålsætninger og udledninger af drivhusgasser

#### 3.1 Drivhusgasudledning i Danmark

- 1 Centre for Economic and Business Research, Copenhagen Business School, *Measuring Denmark's CO<sub>2</sub> Emissions 1996-2009*, 2014.

#### 3.2 Klimamålsætninger

- 1 Energistyrelsen, *Danmarks Energifremskrivning*, 2012.
- 2 Den belgiske regerings høringsvar til EU-Kommissionen, *Consultation on the preparation of a legaskatue proposal on the effort of Member States to reduce their greenhouse gas emissions to meet the EU's GHG emission reduction commitment in a 2030 perspective*, juni 2015.

#### Boks 3.1 Resten af verden rykker på klimaet

- 1 UNFCCC, *Synthesis report on the aggregate effect of the intended nationally determined contributions*, 30. oktober, 2015.
- 2 UNFCCC, <http://newsroom.unfccc.int/unfccc-newsroom/indc-synthesis-report-press-release/>

#### 3.3 Opfyldelse af 40-procentsmålsætningen i 2020

- 1 Regeringen, *Virkemiddelkatalog – potentialer og omkostninger for klimatiltag*, 2013.
- 2 Folketingssspørgsmål: MIU Alm. del foreløbigt svar på spørgsmål 100, 23. januar 2015.
- 3 DCE, *Projection of greenhouse gasses 2013-2035*, 2014.
- 4 Energistyrelsen, *Danmarks Energi- og Klimafremskrivning 2014*.

#### 3.4 Den danske klimaindsats i internationalt perspektiv

- 1 Beregninger på baggrund af markedsdata fra Energinet.dk og Energistyrelsens foreløbige energistatistik for 2014.
- 2 Tal for 2013, jf. Energistyrelsen, *Energistatistik 2013*, 2014.
- 3 Se kapitel 1 i Produktivitetskommissionens slutrapport, *Det handler om velstand og velfærd*, marts 2014.
- 4 Danmarks Statistik, *Grønne varer og tjenester*.
- 5 Eurostat, tabel env\_ac\_egss2.

## 4 Langsigtede udfordringer i dansk klimapolitik

### 4.1 Samspil mellem sektorerne

- 1 Energistyrelsen, *Energiscenarier frem mod 2020, 2035 og 2050*, 2014.

### 4.2 El- og varmesektoren

- 1 Energistyrelsen, *Energistatistik 2013*, 2014.
- 2 Beslutningsforslag nr. B 103 vedtaget af Folketinget 29. marts 1985.
- 3 Tal for 2013. Energistyrelsen, *Energistatistik 2013*.
- 4 12. oktober 2015 var spotprisen på den tyske energibørs, EEX, 8,29 euro pr. ton.
- 5 Stern og Dietz, *Endogenous growth, convexity of damages and climate risk: how Nordhaus' framework supports deep cuts in carbon emissions*, Centre for Climate Change Economics and Policy, Working Paper No. 180, 2014.

### 4.3 Transportsektoren

- 1 Energistyrelsen, *Energistatistik 2013*, 2014.
- 2 IMO, *Third IMO GHG Study*, 2014.
- 3 Danmarks Statistik, *Miljøøkonomisk Regnskab*.
- 4 Energistyrelsen, *Danmarks Energi- og Klimafremskrivning 2014*.
- 5 Regeringen, *Konvergensprogram Danmark 2015*, 2015
- 6 DTU Transport, *Landstrafikmodellen*.
- 7 Egne beregninger på baggrund af tal fra Danmarks Statistik, Energistyrelsen og DTU Transport.
- 8 Danmarks Statistik.
- 9 Energifonden, *Grønt Roadmap*, 2015.
- 10 International Council on Clean Transportation, *From Laboratory to Road: A 2015 update*, 2015.
- 11 Energistyrelsen, *Energistatistik 2013*, 2014.
- 12 Klimakommissionen, *Grøn Energi – vejen mod et dansk energisystem uden fossile brændstoffer*, 2011
- 13 Nykvist og Nilsson, *Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles*, *Nature Climate Change* 5, 329–332, 2015.
- 14 Rasmus Ehlers, Søren Jacobsen, Jakob Møldrup Petersen, Lise Drewes Nielsen og Per Homann Jespersen, *Fordi min hund bedre kan li' lædersæder*, RUC, 2007. Antropologierne.com og E-trans, *Data Report – Anthropological field study in connection with the etrans project*, Kolding Designskole, 2009
- 15 Trængselskommissionen, *Mobilitet og fremkommelighed i hovedstaden*, 2013.



#### 4.4 Landbrug, skovbrug og arealanvendelse

- 1 Bekendtgørelse af lov om skove.
- 2 Energistyrelsen, *Danmarks Energi- og Klimafremskrivning*, 2014.
- 3 ARLA's klimatjek for mælkeproducenter.
- 4 DCA, Kvæg og klima – *Udledning af klimagasser fra kvægbedriften med fokus på metanemissionen*, 2011.
- 5 Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, *Analyse af omkostningseffektiviteten ved drivhusgasregulerende tiltag i relation til landbruget*, 2013.

#### 4.5 Bygninger

- 1 Energistyrelsen, *Energiscenarier frem mod 2020, 2035 og 2050*, 2014.
- 2 Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, *Strategi for energireovering af bygninger*, 2014
- 3 D. Majcen, L.C.M. Itard, H. Visscher, *Theoretical vs. actual energy consumption of labelled dwellings in the Netherlands: Discrepancies and policy implications*, *Energy Policy* 54, pp. 125–136, 2013.
- 4 K. Gram-Hanssen, *Hverdag i det topisolerede hus*, *Råstof – Magasinet for Vedvarende Energi og Miljø*, pp. 11-13, 2015.
- 5 Dansk Byggeri, *Byggeriets Energianalyse*, 2015.
- 6 TNS Gallup, *Bolius Boligejeranalyse 2015*, 2014.
- 7 Viegand & Maagøe for Energistyrelsen, *Kortlægning af energiforbruget i virksomheder*, 2015.
- 8 Cowi for Energistyrelsen, *Kortlægning af energisparepotentialet i erhvervslivet*, 2015.
- 9 Energistyrelsen, *Status for energiselskabernes energispareindsats 2014*, 2015.
- 10 Userneeds for Energistyrelsen, *Barrierer i energieffektiviseringen i erhvervslivet*, 2015.

#### 4.6 Affaldsområdet

- 1 Regeringen, *Danmark uden affald. Genanvend mere – forbrænd mindre*, 2013.
- 2 DCE.
- 3 Det Økologiske Råd, *Anvendelse af organisk affald i biogasanlæg*, 2015.

### 5 Påtrængende problemstillinger i dansk klimapolitik

#### 5.1 Biomassens rolle i energisystemet

- 1 Se blandt andet Steven W. Running, *Global bioenergy limits need local solutions*, 2015.
- 2 Verdens skove.

#### 5.2 Behov for at fastholde tempoet i omstilling af el- og fjernvarmesektoren

- 1 Energistyrelsen, *Energistatistik 2013*, 2014.
- 2 Energistyrelsen, *Energiscenarier frem mod 2020, 2035 og 2050*, 2014



” Klimarådet er ifølge loven et uafhængigt organ, der skal bidrage med anbefalinger om virkemidler i omstillingen til et lavemissionssamfund og overvåge, om de klimapolitiske mål, som regeringen og Folketinget har opstillet, bliver realiseret.

