

Klimarådet.

Maj 2018

Biomassens betydning for grøn omstilling

Klimaperspektiver og anbefalinger til regulering af
fast biomasse til energiformål

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

Biomassens betydning for grøn omstilling

Klimaperspektiver og anbefalinger til regulering af
fast biomasse til energiformål

• • • • • •

• • • • • •

• • • • • •

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

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

• • • • • • • • • • • •

• • • • • • • • • • • •

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

Biomassens betydning for grøn omstilling

Klimaperspektiver og anbefalinger til regulering af fast biomasse til energiformål

Udgivet i maj 2018 af

Klimarådet

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

ISBN 978-87-998744-7-7

Design B14

Tryk GP-Tryk A/S



5041 0661 Svanemærket tryksag GP-Tryk A/S

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



Indhold

	Forord	6
1	Hovedkonklusioner og anbefalinger	8
	Klimarådets anbefalinger i hovedrapport 2018	16
2	Skovenes betydning for klimaet	28
2.1	Skovenes optag af CO ₂ fra atmosfæren	34
2.2	Biomasse som begrænset ressource	41
2.3	CO ₂ -aftryk fra afbrænding af biomasse til energiformål	46
2.4	Konklusioner	56
3	Inddragelse af skovene i klimamålene	58
3.1	Opgørelse af ændringer i skovenes kulstofpuljer	64
3.2	Inddragelse af LULUCF i landenes klimamål	67
3.3	Principper for inddragelsen af LULUCF i EU's klimamål	73
3.4	Ofte medregnes CO ₂ -udledning fra bioenergi ikke i klimamålene	79
3.5	Konklusioner og anbefalinger	86
4	Bæredygtighedskriterier for biomasse	88
4.1	Nuværende bæredygtighedskriterier for fast biomasse	94
4.2	Kommende bæredygtighedskriterier på EU-niveau	102
4.3	Bedre inddragelse af klimaeffekterne ved biomasse	108
4.4	Konklusioner og anbefalinger	120

5	Biomasse i det danske energisystem	122
5.1	Biomasseforbrug og -anvendelser i dag	128
5.2	Forventninger til fremtidigt biomasseforbrug	136
5.3	Konklusioner	143
6	Rammevilkår for biomasse	144
6.1	Biomasse i det nuværende afgifts- og tilskudssystem	150
6.2	Et forbedret afgifts- og tilskudssystem	153
6.3	Nuværende regler for biomasse i varmeforsyningen	167
6.4	Forbedret regulering af varmeforsyningen	174
6.5	Konklusioner og anbefalinger	178
	Noter	180

Forord

Biomasse har i mange tusinde år været menneskets dominerende energiform. Overalt på kloden har mennesker benyttet træ, halm og andre former for biomasse til fx opvarmning og tilberedning af mad. Men med industrialiseringen i løbet af 1800-tallet skete der i store dele af verden en markant overgang til en ny energiform. Fossile brændsler – hovedsageligt i form af kul, olie og gas – blev de bærende energikilder i den nye tidsepoke, der skabte massive teknologiske og kulturelle omvæltninger samtidig med, at en betydelig befolkningsvækst fandt sted.

Sammenhængen mellem udledningen af drivhusgasser fra afbrænding af fossile brændsler og forandringer i det globale klima er velkendt. Netop derfor har en stor del af verdens lande i de seneste årtier bestræbt sig på at erstatte fossile energikilder med vedvarende energi fra fx vindmøller og solceller. Bestræbelserne på at finde erstatninger for kul og olie i vores varme- og elproduktion har samtidig medført øget anvendelse af biomasse. Dette er ikke uproblematisk. Biomasse optager CO₂ fra atmosfæren under tilvækst, men udleder samtidig CO₂ i forbindelse med afbrænding, og derfor er balancen mellem de to dimensioner afgørende.

Med hovedrapporten for 2018 om *Biomassens betydning for grøn omstilling – Klimaperspektiver og anbefalinger til regulering af fast biomasse til energiformål* tager Klimarådet fat på et emne, som i stigende grad giver anledning til debat. Diskussionen om biomasse er særlig markant her i landet, fordi en stor del af Danmarks grønne omstilling har været drevet af biomasse. Som det ser ud nu, er der ikke noget, der tyder på, at dette vil ændre sig i den nærmeste fremtid. Det skyldes blandt andet, at biomassen i Danmark har specielt fordelagtige rammevilkår i form af tilskud og fritagelse for afgifter samtidig med, at konkurrerende teknologier hæmmes af reguleringen.

Spørgsmålet er, om det ud fra et klimaperspektiv er på tide at ændre kurs og dermed også justere på de fordelagtige rammevilkår, som biomassen er underlagt. Fortalere ser biomasse som en omkostningseffektiv måde at erstatte fossil energi med et vedvarende alternativ. Modstandere peger derimod ofte på, at biomasse også udleder CO₂ fra skorstenen, at biomassen langt fra altid genplanter, og at selv hvis den gør, kan det tage mange år, før al den udledte CO₂ igen er ude af atmosfæren.

Danmarks forbrug af biomasse er i høj grad et internationalt anliggende. Det skyldes, at en stor del af vores biomasse importeres fra udlandet. Et afgørende spørgsmål er, om vi kan være sikre på, at den biomasse, vi anvender, produceres på en måde, som er bæredygtig for klimaet. I princippet burde Parisaftalen og de internationale regler for opgørelse af kulstofpuljen i klodens skove sikre, at man som forbruger af biomasse automatisk kan gå ud fra, at biomassen ikke belaster klimaet. Men dette er i praksis langt fra altid tilfældet. Det taler for, at Danmark på egen hånd sørger for, at den biomasse vi anvender, ikke skader klimaet, hvilket kan ske ved at indføre bæredygtighedskriterier, der har et målrettet fokus på klima. Det gælder især, hvis vi ønsker, at vores model for grøn omstilling skal være et forbillede for andre.

På anbefalingssiden har Klimarådet i denne rapport særligt fokus på de danske rammevilkår for biomasse. Her er det vigtigt for rådet, at rammevilkår som afgifter, tilskud og øvrige regler ligestiller de forskellige vedvarende energikilder. Biomasse vil også have en rolle at spille i fremtidens energisystem, men det skal ske på vilkår, der tager hensyn til biomassens samfundsøkonomi og klimaaftryk.

Det bør præciseres, at biobaseret energi er mange ting, og at denne rapport primært har fokus på den faste biomasse fra skovdrift såsom træpiller, træflis, brænde og forskellige former for affaldstræ. På anvendelsessiden fokuserer rapporten på biomasse anvendt til produktion af el og varme og i industrien, hvorimod biobrændsler i transporten kun behandles perifert.

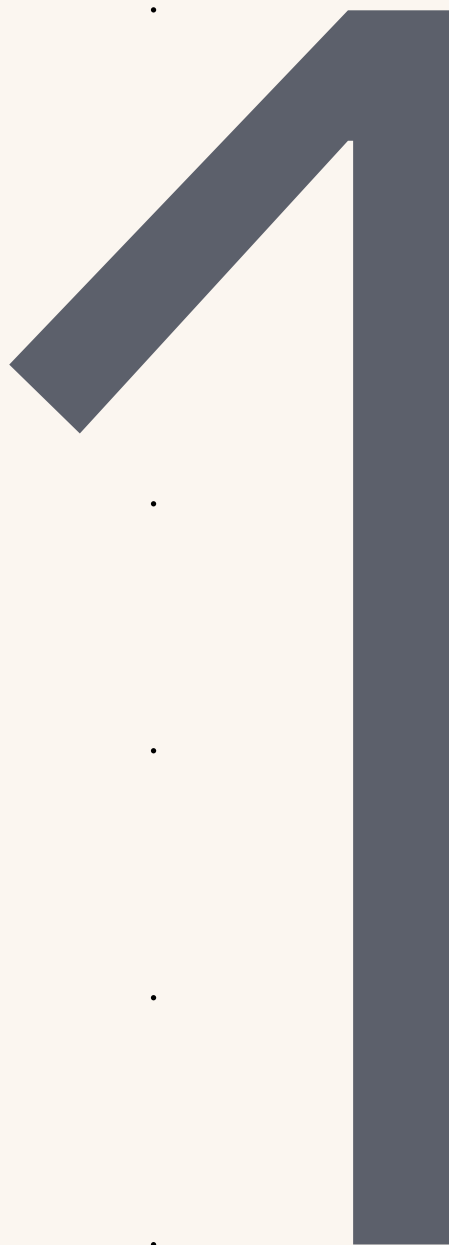
Klimarådet er nedsat i medfør af Klimaloven, der blev vedtaget af Folketinget i 2014 og har til formål at etablere en overordnet strategisk ramme for Danmarks klimapolitik med henblik på at overgå til et lavemissionssamfund i 2050. Udover at give anbefalinger af mulige omstillingsveje til regeringen i form af årlige hovedrapporter og enkeltstående analyser af udvalgte klimapolitiske problemstillinger er Klimarådet også nedsat for at vurdere status for Danmarks opfyldelse af nationale klimamålsætninger og internationale klimaforpligtelser.

I tidligere hovedrapporter har Klimarådet analyseret status og fremgang i opfyldelsen af de danske klimamål i et særskilt kapitel. Fra og med i år vil denne status i stedet fremgå af en selvstændig publikation, der offentliggøres på Klimarådets hjemmeside, når de officielle fremskrivninger fra Energistyrelsen foreligger, og Klimarådet har haft lejlighed til at kigge nærmere på de udviklingstendenser, tallene beskriver.

København, maj 2018

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, transportforsker og forskningsleder ved Transportøkonomisk Institutt i Oslo
- Poul Erik Morthorst, professor i energiøkonomi og afdelingsleder ved DTU Management Engineering
- Katherine Richardson, professor i biologisk oceanografi og leder af Sustainability Science Centre ved Københavns Universitet.



• • • • •

• • •

Hovedkonklusioner og
anbefalinger

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

Fossile brændsler som kul, olie og naturgas skal udfases. Det er nødvendigt, hvis verden skal indfri Parisaftalens mål om at holde den globale temperaturstigning under 2 grader, og hvis Danmark skal nå målsætningen om at blive et lavemissionssamfund i 2050. Biomasse er ét af flere vedvarende alternativer til de fossile energikilder.

I hovedrapporten for 2018 om *Biomassens betydning for grøn omstilling – Klimaperspektiver og anbefalinger til regulering af fast biomasse til energiformål* ser Klimarådet nærmere på biomassens egenskaber i forhold til udfordringerne med global opvarmning. Der er to afgørende grunde til at kigge nærmere på dette emne:

1. Der stilles fra mange sider spørgsmålstejn ved, om biomasse har så lavt et CO₂-aftryk, som vi normalt går ud fra.
2. Danmark har et relativt stort forbrug af fast biomasse til energiformål, som ventes at stige yderligere fremover.

Biomasse til energiformål er mange ting. Det kan være alt fra træ, halm og gylle til bionedbrydeligt affald og alger, og biomassen kan komme fra forskellige steder som skovbrug, landbrug, affaldsindsamling og havene. Denne rapport fokuserer særligt på den træbaserede biomasse fra skovene. Det skyldes for det første, at det i høj grad er træ, der i dag brændes af i danske biomasseseanlæg, og for det andet, at skovene spiller en vigtig rolle i klimasystemet som kulstoflager, som det har taget lang tid at bygge op.

Biomasse udleder CO₂, når det brændes af. Godt nok optages der CO₂ igen, hvis biomassen genplantes, men det sker ikke altid, og selvom der genplantes, kan der gå mange år mellem udledning og optag, hvilket kan påvirke klimaet negativt. Af den grund bør Danmark regulere afbrændingen af biomasse, så vi er sikre på, at den ikke udgør et problem for klimaet.

Over halvdelen af det danske endelige forbrug af vedvarende energi kommer fra fast biomasse i form af træpiller, flis, brænde og halm. Dermed dækkes 16 pct. af det samlede danske energiforbrug af fast biomasse, og det er den femte højeste andel blandt EU's 28 medlemslande. Men hvor de andre lande i toppen af listen især brænder biomasse fra egne skove af, er Danmark unik ved, at hele 43 pct. af vores biomasseforbrug er importeret.

Det store forbrug og den store import gør det essentielt at vurdere, hvilke rammevilkår der fremover kan sikre, at biomassen kommer til at bidrage til den grønne omstilling på en måde, der er så klimavenlig og så omkostningseffektiv som muligt.

I denne rapport forsøger Klimarådet at give velunderbyggede svar på en række af de spørgsmål, der diskuteres på biomasseområdet.

Hvordan bør vi ændre biomassens nuværende rammevilkår i Danmark?

Den hastigt voksende anvendelse af biomasse i Danmark skyldes i høj grad begunstigelser i afgifts- og tilskudssystemet, men også reglerne i varmforsyningen. Biomasse bør ikke gives særlige fordele, men i stedet ligestilles med andre former for vedvarende energi i det omfang, biomassen er klimavenlig. Klimarådet foreslår, at afgifter og tilskud på energiområdet målrettes CO₂-reduktioner, så afgifterne lægges på de energikilder, der øger indholdet af CO₂ i atmosfæren. Dermed vil den andel af biomassen, der kan siges at være klimavenlig, fortsat være fritaget for afgift. Omvendt bør biomasse afgiftsbelægges, hvis det ikke kan dokumenteres, at den pågældende biomasse er klimavenlig. Endvidere lægger Klimarådet op til, at reglerne for den danske varmforsyning lempes, så fx eldrevne varmepumper kan konkurrere på lige vilkår med biomassen om at levere klimavenlig varme.

Hvordan kan danske forbrugere af biomasse få sikkerhed for, at deres biomasse er klimavenlig?

Hvis Danmarks omfattende biomasseforbrug ikke skal skade klimaet, kan vi kun benytte klimavenlig biomasse. Fordi Danmark i høj grad er et importland, er det ikke tilstrækkeligt blot at stille krav til vores egen skovdrift. Vi må også sikre os, at vi kun køber biomasse, som er produceret med et lille klimaaftryk, når vi køber biomasse fra andre lande. Til dette formål har den danske energibranche på eget initiativ allerede udarbejdet

bæredygtighedskriterier, og EU er på vej med regler på området. Det er en god start, men Klimarådet vurderer, at der er behov for at styrke kriterierne på klimaområdet med henblik på, at de skal indgå i den danske regulering af biomasse.

Hvornår er biomasse klimavenlig?

Afbrænding af biomasse udleder CO₂, og derfor er biomasse i Klimarådets optik ikke CO₂-neutral på linje med sol- og vindenergi. Det udelukker dog ikke, at brug af biomasse som alternativ til fossile brændsler kan gavne klimaet. Er der tale om dedikeret hugst til bioenergi, er det først og fremmest afgørende, at skoven genplanter. Dernæst er det vigtigt at prioritere biomasse med hurtig genvoksningstid, da brugen af biomasse midlertidigt øger indholdet af CO₂ i atmosfæren, indtil de nye træer har optaget en mængde CO₂ fra atmosfæren svarende til den, som blev udledt ved biomasseafbrændingen. Alternativt skal der bruges restprodukter fra skovdrift og træindustri. Endelig kan produktion af biomasse gavne klimaet, hvis det fx sker i forbindelse med rejsning af ny skov, som binder CO₂ fra atmosfæren.

Hvorfor sikrer de internationale klimamål og -opgørelser ikke, at Danmark reelt kan anse biomassen for CO₂-neutral?

Afbrænding af biomasse regnes for CO₂-neutralt ved opgørelsen af de danske drivhusgasudledninger. Det kan synes paradoksalt, når nu der kommer CO₂ ud af skorstenen, når biomassen brændes af. Men årsagen

er, at udledningen ifølge de internationale regler skal konteres i det land, der udtager biomassen fra sine skove. Udtager et land biomasse, så kulstofpuljen i dets skove reduceres, skal det ifølge de internationale regler tælles med som en udledning i landets klimaopgørelse. På den måde tilskyndes landet til at bevare eller øge kulstofpuljen i skovene eller alternativt sænke CO₂-udledningen i andre sektorer, forudsat at landet har et tilstrækkeligt stramt klimamål. Problemet med dette konteringsprincip er dog især, at mange landes klimamål reelt er så slappe, at hugst i deres skove kan ske uden at komme i konflikt med deres målopfyldelse, og uden at de dermed behøver at skærpe klimaindsatsen andetsteds i samfundet. Samtidig er det ikke al udtag af biomasse, der i sidste ende regnes med i klimamålene. Danmark kan derfor ikke automatisk gå ud fra, at vores udledning af CO₂ fra importeret biomasse modsvarer af CO₂-optag i skov eller anden klimaindsats i det land, hvor biomassen kommer fra.

Er der grænser for forbruget af biomasse i et globalt perspektiv?

Skovenes optag og lagring af CO₂ er afgørende for at bremse de globale klimaforandringer. Skal temperaturstigningen i henhold til Parisaftalen holdes under 2 grader, spiller skovene en vigtig rolle som kulstoflager. Det sætter grænser for, hvor meget biomasse der kan udnyttes til energiformål, og Danmark bruger allerede langt mere biomasse pr. indbygger, end hvad der formentlig kan udnyttes bæredygtigt på globalt plan. Dermed kan Danmark ikke blive et foregangsland for resten af verden.

” Biomasse bør ikke gives særlige fordele, men i stedet ligestilles med andre former for vedvarende energi i det omfang, biomassen er klimavenlig.

Klimarådets anbefalinger i hovedrapport 2018

På baggrund af denne rapports analyser af **biomassens rammevilkår** anbefaler Klimarådet følgende tiltag:

- Med udgangspunkt i forslaget fra Klimarådets analyse *Fremtidens grønne afgifter på energiområdet* bør der gennemføres en reform af afgifts- og tilskudssystemet på energiområdet, hvor biomasse ikke gives særlige undtagelser. Afgifter og tilskud bør udformes primært med henblik på at reducere CO₂-udledningen.
- Biomasse bør reguleres med udgangspunkt i bæredygtighedskriterier. Biomasse, der dokumenteret lever op til de krav i kriterierne, der vedrører klima, bør reguleringsmæssigt regnes som CO₂-neutral. Biomasse, der ikke lever op til kravene, bør regnes som et fossilt brændsel, der pålægges CO₂-afgift ud fra et administrativt fastsat CO₂-indhold og ikke kan modtage tilskud.
- I forlængelse af afgiftsreformen, der blandt andet eliminerer biomassens afgiftsfavorisering, bør reguleringen af fjernvarmeforsyningen ændres, så de vedvarende energiteknologier får lige indbyrdes konkurrenceforhold. Det omfatter:
 - Udfasning af kraftvarmekravet.
 - Udfasning af brændselsbindingerne.
 - Opblødning af hvile-i-sig-selv-princippet, så varmeproducenterne kan få gevinst af at investere i varmepumper, ligesom det i dag er muligt ved konvertering til biomasse via nettofordelsmodellen.
 - Justering af eltarifferne, så de i højere grad svarer til strukturen i de omkostninger, som netselskaberne har, og dermed ikke udgør en barriere for varmepumper.

De foreslåede rammevilkår er baseret på **bæredygtighedskriterier** for biomasse, om hvilke Klimarådet anbefaler:

- Regeringen bør igangsætte et arbejde med at udvikle retvisende og dokumenterbare indikatorer, som kan indgå i de eksisterende bæredygtighedskriterier for biomasse. De nye indikatorer skal være målrettet effekterne på kulstofkredsløbet og kulstoflagring i skove, når der anvendes biomasse til energi. Indikatorerne bør adressere aspekter som blandt andet tidsperspektivet i genoptaget af CO₂, producentlandenes klimamål og -regulering samt indirekte effekter på arealanvendelsen. Relevante aktører med ekspertise på området kan med fordel inddrages i arbejdet, fx energibranchen, skovbranchen, grønne organisationer samt uafhængige forskere med ekspertise i blandt andet Jordens kulstofkredsløb.
- Danmark bør implementere bæredygtighedskriterier for fast biomasse i den nationale regulering. Disse bæredygtighedskriterier skal indeholde de målrettede kriterier og indikatorer vedrørende effekter på kulstofkredsløbet og kulstoflagringen. Hvis EU's kommende regelsæt ikke tillader, at medlemslande fastsætter yderligere nationale bæredygtighedskriterier, bør regeringen opfordre energibranchen til at indarbejde de målrettede kriterier og indikatorer i en frivillig aftale.
- Danmark bør arbejde for, at der også i EU's bæredygtighedskriterier kommer til at være retvisende kriterier og indikatorer, som er rettet mod effekterne på kulstofkredsløbet og kulstoflagringen i skove, når der anvendes biomasse til energi.

I et bredere **internationalt perspektiv** er reguleringen af skov og biomasse afgørende. Her anbefaler Klimarådet følgende:

- Skal verden nå Parisaftalens mål om at begrænse den globale temperaturstigning, er det nødvendigt med øget optag af kulstof særligt i skov. Danmark bør derfor i EU og FN – når aftalens lande skal forhandle om at øge deres klimamål – arbejde for, at klimamål og klimaregulering udformes på en måde, som tilskynder landene til at øge skovenes kulstofpuljer udover, hvad der ville være sket uden klimatiltag. Det er derfor vigtigt, at klimamålenes størrelse fastsættes med udgangspunkt i de bogføringsregler, der skal gælde for LULUCF-sektoren for at sikre, at den potentielle mængde af LULUCF-kreditter ikke udhuler klimamålene.

I det følgende opsummeres rapportens kapitler ét for ét, og de vigtigste konklusioner trækkes frem. Introduktionen til dette kapitel fokuserer på biomassens rolle i en dansk kontekst, men i selve rapporten og opsummeringen nedenfor lægges der ud med en analyse af biomassens rolle i et globalt perspektiv, hvorefter fokus snævres ind til Danmark og til Klimarådets anbefalinger om ændrede danske rammevilkår.

Skovenes betydning for klimaet

Rapporten indleder med en beskrivelse af det globale klimasystem, hvordan klodens skove indgår, og hvordan forbrug af biomasse påvirker atmosfæren. Det er et vigtigt fundament for at forstå, hvor stor en rolle biomasse kan spille, når verden skal indfri Parisaftalens klimamål.

CO₂-optag i blandt andet klodens skove skal mindske klimaforandringerne

Jord, skov og andre planter udøver et nettooptag af CO₂ fra atmosfæren svarende til omkring en femtedel af den samlede, årlige udledning af CO₂ på verdensplan. Skovenes og den øvrige plantevæksts voksende kulstofpuljer bidrager dermed til at begrænse den globale opvarmning. Uden dette optag ville de globale klimaforandringer som følge af afbrændingen af fossile brændsler være betydeligt større.

Planter i almindelighed og skovene i særdeleshed har stor betydning for det CO₂-budget, der er til rådighed, hvis vi skal begrænse temperaturstigningen til 2 grader. Budgettet regner med et fortsat stort fremtidigt nettooptag af CO₂ i jorde, skove og andre planter. Der vil sandsynligvis blive behov for negative udledninger af CO₂ fra omkring 2075, hvilket vil sige, at der skal fjernes mere CO₂ fra atmosfæren, end der udledes. Det kan fx ske ved forøgelse af eksisterende skoves kulstofpuljer, ved ny skovrejsning eller ved BECCS, hvor biomasse brændes af til energiformål, mens den resulterende CO₂ indsamles og nedpumpes i undergrunden. BECCS-teknologien er dog endnu ikke en realistisk mulighed og bliver det måske aldrig.

Biomasse bør ses som en begrænset ressource

Jorden har meget store mængder biomasse til rådighed. Men på grund af skovenes rolle som lager for CO₂, er der grænser for, hvor store dele af denne biomasse, der kan udnyttes, hvis udnyttelsen skal være bæredygtig i et klimaperspektiv. Lige nu tyder de grundigste studier på, at der er et bæredygtigt biomassepotentiale på omkring 100 EJ til rådighed årligt, hvilket ikke er meget mere end det nuværende globale forbrug på 63 EJ om året, når man tager den globale befolkningstilvækst i betragtning. De 63 EJ kan omregnes til et gennemsnitligt forbrug pr. indbygger på kloden i dag på ca. 8 GJ, som skal sammenlignes med et bæredygtigt skønnet potentiale på ca. 10 GJ pr. indbygger i 2050.

Det begrænsede biomassepotentiale står i modsætning til behovet for at erstatte fossile brændsler med vedvarende energi som fx biomasse. Det viser, at brugen af biomasse bør overvejes nøje i fremtidens globale energisystem.

Vi bør prioritere biomasse med lille CO₂-aftryk

Afbrænding af biomasse udleder CO₂, og derfor kan praktisk taget intet biomasse karakteriseres som CO₂-neutralt på linje med udledningsfrie energikilder som vind og sol. Det, som adskiller biomasse fra de fossile brændsler, er, at den udledte CO₂ fra afbrænding af biomasse optages igen over tid, hvis ellers træerne genplanter. Uden tilstrækkelig genplantning giver biomasse ikke klimavinster sammenlignet med fossile brændsler.

Selv hvis der bruges biomasse fra træer, der genplantes, eller fra restprodukter fra skovdrift eller træindustri, forøges atmosfærens CO₂-koncentration midlertidigt. Jo længere tid, træerne er om at vokse op igen efter at være blevet fældet, eller jo længere tid restprodukterne alternativt ville være om at forrådnede, jo større vil dette CO₂-aftryk være. Aftrykket varierer betydeligt på tværs af biomassetyper, og det er fra et klimaperspektiv vigtigt at prioritere typer med mindst muligt CO₂-aftryk.

→ Læs mere om skovenes betydning for klimaet i kapitel 2.

Inddragelse af skovene i klimamålene

Da skovene spiller en essentiel rolle for klodens klima – både som lager af kulstof og som leverandør af biomasse – er det afgørende, at verdenssamfundet inddrager skov i den internationale klimaregulering. Det er netop hensigten i Parisaftalen, men inddragelse af skov i landenes klimamål er i praksis vanskelig.

Det er yderst vanskeligt at opgøre skovenes kulstofpuljer

En ændring i skovenes kulstofpuljer modsvarer i det store hele af en ændring i atmosfærens indhold af CO₂. Derfor er det fra et reguleringssynspunkt vigtigt at kunne opgøre ændringer i kulstofpuljerne.

Det er dog yderst vanskeligt at opgøre disse ændringer med præcision. Det skyldes, at de årlige ændringer i kulstofpuljerne er små sammenlignet med størrelsen af puljerne. Dermed vil en lille usikkerhed i opgørelsen af kulstofpuljens størrelse resultere i stor usikkerhed i opgørelsen af den årlige ændring.

Hertil kommer, at det er vanskeligt at adskille de ændringer, der skyldes naturlige forhold, fra ændringer, der er menneskeskabte. Denne adskillelse er vigtig, da det er sidstnævnte, som klimareguleringen søger at påvirke.

Inddragelsen af skove og LULUCF risikerer at udvande mange landes klimamål

Med Parisaftalen skal landene inddrage den såkaldte LULUCF-sektor i deres klimamål. LULUCF omfatter arealudnyttelse som fx skovbrug, og hvis et land reducerer kulstofpuljen i dets skove, skal det opgøres som en LULUCF-udledning. Parisaftalen giver dog stor valgfrihed til, hvordan LULUCF mere præcist inddrages, herunder hvordan ændringer i skovens kulstofpuljer opgøres. Det giver anledning til tre problemer. For det første tyder meget på, at mange lande vælger en tilgang, der giver dem flest mulige LULUCF-kreditter, som kan bruges til at mindske klimaindsatsen andre steder i økonomien. Det risikerer at udvande disse landes klimamål betragteligt. For det andet kan mange landes klimamål vise sig så slappe, at de kan nås uden ekstra indsats, og dermed vil landene ikke have et incitament til at fastholde og øge deres skoves kulstofpuljer. For det tredje kan inddragelsen af LULUCF gøre drivhusgasopgørelser og klimamål så uigennemsigtige, at det svækker kontrollen med, at landene overholder deres klimaløfter. På den baggrund anbefaler Klimarådet, at Danmark i internationale fora arbejder for, at reglerne for at inddrage LULUCF i klimamålene strammes op, så inddragelsen sker på en transparent måde, der ikke udvander landenes klimamål.

EU forsøger at skabe gennemsigtige retningslinjer for, hvordan medlemslandene skal opgøre LULUCF i deres drivhusgasopgørelser. Det skal efter hensigten sikre, at der ikke skabes for mange LULUCF-kreditter, og det skal tilskynde medlemslandene til at bruge øget kulstoflagring i skove som et muligt klimavirkemiddel. Det er dog endnu for tidligt at vurdere, om retningslinjerne vil virke i praksis, da de hidtidige erfaringer med at opstille de referenceniveauer, som skovenes kulstofpuljer skal måles ud fra, ikke har været gode.

Det er usikkert, om udledninger fra bioenergi reflekteres i producentlandet

CO₂ fra afbrænding af biomasse tælles ikke med i drivhusgasopgørelsen i det land, der står for udledningen. I stedet skal udledningen konteres som en LULUCF-udledning i det land, der producerer biomassen. Det er dog som nævnt særdeles usikkert, om de nuværende regler sikrer, at producentlandene i tilstrækkelig grad opgør udledningerne i deres LULUCF-regnskab, og om ændringer i dette regnskab vil påvirke landenes klimainsats. Bundlinjen er, at en forbruger af biomasse, fx Danmark, ikke automatisk kan gå ud fra, at udledningen af CO₂ fra skorstenen opvejes af optag af kulstof i producentlandets skove eller CO₂-reduktioner i andre dele af producentlandets økonomi.

→ Læs mere om inddragelse af skovene i klimamålene i kapitel 3.

Bæredygtighedskriterier for biomasse

Huller i det internationale regelværk og de ikke ubetydelige forskelle i CO₂-aftryk på tværs af forskellige typer biomasse gør det nødvendigt, at Danmark på egen hånd yder en indsats for at kontrollere, om den biomasse, vi benytter, gør skade på klimaet eller ej. Her peger Klimarådet på bæredygtighedskriterier som en praktisk anvendelig ramme til dette formål.

Der findes i dag bæredygtighedskriterier for biomasse i Danmark og andre lande

Danmark har allerede bæredygtighedskriterier for biomasse. De findes i regi af en frivillig brancheaftale, hvor energiselskaberne forpligter sig til at leve op til otte kriterier for bæredygtig biomasse, som udover klima også adresserer hensyn som biodiversitet og nærmiljø. Brancheaftalen er udviklet i 2014 af organisationerne Dansk Energi og Dansk Fjernvarme på opfordring fra den daværende regering.

Der findes også bæredygtighedskriterier i Storbritannien, Holland og Belgien, men i modsætning til de danske er disse en del af den nationale regulering og dermed ikke frivillige. Der er en række lighedspunkter mellem bæredygtighedskriterierne landene imellem, hvilket især ses i kriterierne for bæredygtig skovdrift samt i kravet om reduktion af drivhusgasser fra biomassens forsyningskæde. Der er dog også forskelle, som især gælder kravene til effekter på kulstofkredsløbet og skovenes kulstofpuljer.

I EU forhandles i skrivende stund om fælleseuropæiske bæredygtighedskriterier for biomasse. Planen er, at de skal træde i kraft fra 2021. Det er endnu uvist, om EU vil kræve fuld harmonisering på området, eller om medlemslandene kan gå videre og indføre egne, skærpede krav til biomassens bæredygtighed.

De nuværende bæredygtighedskriterier bør have øget fokus på klimaet

Den danske brancheaftale tager i et vist omfang hensyn til klimaet. Det samme gør sig gældende for EU-kommissionens forslag til europæiske bæredygtighedskriterier. Men hverken de danske eller de europæiske kriterier tager tilstrækkeligt hensyn til, i hvilken grad biomassen fører til reduktion i skovenes kulstofpuljer. Bæredygtighedskriterierne indeholder ikke tilstrækkeligt operationelle indikatorer for, om biomassen påvirker skovenes kulstofpuljer negativt, og biomassens CO₂-aftryk skal ikke dokumenteres.

Der findes forskellige muligheder for at tage højde for klimaaspektet i bæredygtighedskriterier. Klimarådet peger på den såkaldte risikobaserede tilgang som en fornuftig og praktisk anvendelig model. Her identificeres risici for klimaet ved at benytte biomasse fra et bestemt område, og biomassen betragtes kun som bæredygtig, hvis risiciene er små. Modellen kræver dog udvikling af mere operationelle og retvisende indikatorer for klimateffekterne ved forskellige typer biomasse, herunder især effekterne på kulstofkredsløb og kulstoflagring i skovene.

Danmark bør gå forrest i arbejdet med bedre bæredygtighedskriterier

Danmark har som væsentlig forbruger og importør af biomasse en interesse i at udvikle bæredygtighedskriterier, der tager bedre hånd om biomassens klimapåvirkning. Derfor anbefaler Klimarådet, at den danske regering i samarbejde med relevante interessenter tager initiativ til at udvikle nye målrettede klima-indikatorer, der kan indgå i bæredygtighedskriterierne. Indikatorerne bør adressere effekter på kulstofkredsløbet og kulstoflagringen i skovene, herunder aspekter som blandt andet genplantning, tidsperspektivet i genoptaget af CO₂, producentlandenes klimamål og -regulering samt indirekte effekter på arealanvendelsen.

Efterfølgende bør bæredygtighedskriterier for fast biomasse, som indeholder de nye målrettede indikatorer, implementeres i dansk regulering. Hvis EU's kommende regelsæt ikke tillader, at medlemslande fastsætter egne, strammere nationale bæredygtighedskriterier, bør regeringen i stedet opfordre energibranchen til at medtage de nye indikatorer i en frivillig aftale. Samtidig bør Danmark i EU arbejde for, at de fælleseuropæiske bæredygtighedskriterier får tilstrækkeligt fokus på biomassens klimarelaterede effekter på kulstofkredsløb og kulstoflagring.

→ Læs mere om bæredygtighedskriterier for biomasse i kapitel 4.

Biomasse i det danske energisystem

Bæredygtighedskriterierne skal danne grundlag for en hensigtsmæssig indretning af rammevilkårene for brugen af biomasse i Danmark. Som baggrund for en diskussion af disse vilkår giver rapporten et overblik over, hvilken rolle biomassen spiller i det danske energisystem både i dag og i fremtiden.

Fast biomasse står for over halvdelen af den vedvarende energi i Danmark

Danmark har de seneste år omstillet en stor del af energiforbruget til vedvarende energi. Vindmøller på land og til havs ses ofte som billedet på denne omstilling, men faktisk er det øget brug af biomasse, der har stået for den største del af omstillingen til vedvarende energi. I 2016 udgjorde vedvarende energi 31

pct. af det endelige energiforbrug i Danmark, og heraf stod den faste biomasse for de 16 pct.-point – de resterende 15 pct.-point udgjordes især af vind- og solenergi og affaldsforbrænding. Biomasseforbruget forventes at stige endnu mere de kommende år, idet der fx er planer om yderligere konvertering af flere centrale kraftvarmeværker til biomasse.

Biomassen bruges hovedsageligt til el- og fjernvarmeproduktion og til opvarmning i de individuelle husstande. I el- og fjernvarmeforsyningen bruges i stigende grad træpiller og træflis, mens det private forbrug udgøres af træpiller og især brænde. Mens brændet kommer fra danske skove, er træpillerne næsten udelukkende importerede.

Danmark er exceptionel i EU med et stort forbrug af importeret biomasse

Danmark bruger sammen med en håndfuld andre lande ganske meget fast biomasse til energiformål. Ud af EU's 28 medlemslande ligger Danmark på femtepladsen målt på biomassens andel af det samlede energiforbrug. Men hvor de øvrige lande i toppen af listen er skovlande, skiller Danmark sig ud ved at importere store dele af biomassen. Hele 43 pct. af det danske biomasseforbrug kommer fra udlandet. Det stiller Danmark over for en speciel udfordring i forhold til at sikre biomassens klimavenlighed.

Set i et globalt perspektiv er det danske forbrug af bioenergi målt pr. indbygger væsentligt over det globale gennemsnit. Det danske forbrug er næsten tre gange så stort pr. indbygger som potentialet for, hvor meget biomasse kloden kan levere på bæredygtig vis. Dette indikerer, at vi kan være sårbare, såfremt den internationale efterspørgsel og pris på biomasse stiger i fremtiden. Samtidig kan Danmark vanskeligt fungere som et foregangsland på dette område.

Rammevilkår bliver vigtige for den fremtidige udbredelse af biomasse

Regeringen har et mål om, at vedvarende energi i 2030 skal udgøre mindst 50 pct. af Danmarks energiforbrug. I 2016 var tallet som nævnt 31 pct. Biomasse kan potentielt spille en stor rolle i at nå dette mål, hvilket blandt andet skal ses i lyset af, at flere kraftvarmeværker, der i dag fyrer med kul, inden 2030 skal finde klimavenlige alternativer.

Men der findes vedvarende alternativer til biomasse. Her tænkes især på elektricitet fra vindmøller og solceller, der hele tiden falder i pris, og som ved hjælp af en varmepumpe kan omdannes til varme. Klimarådet dokumenterer på baggrund af kørsler i en model af det danske energisystem, at de elektriske alternativer vil vinde betydelig indpas på bekostning af biomasse, hvis rammevilkårene tilpasses i retning af lige vilkår i valget mellem de vedvarende energikilder. Der findes således andre muligheder end biomasse i el- og varmeforsyningen, og det kan blive aktuelt i fremtiden, når den begrænsede mængde biomasse i højere grad skal bruges andre steder, fx til at lave brændstof til transport.

→ Læs mere om biomasse i det danske energisystem i kapitel 5.

Rammevilkår for biomasse

Udbredelsen af biomasse i Danmark har i høj grad været drevet af favorable rammevilkår. Biomasse bør indgå som en del af fremtidens energisystem, men det skal ske i lige konkurrence med andre grønne energikilder, og kun i det omfang, at biomassen kan siges at være klimavenlig. Rapportens sidste kapitel fremlægger forslag til, hvordan rammevilkårene bedst kan sikre dette.

Biomasse reguleres af afgifter, tilskud, krav og regler

Forbrug af energi er som hovedregel afgiftsbelagt i Danmark. Det gælder i dag kul, olieprodukter, naturgas og elektricitet, men ikke biomasse. Afgiftsfritagelsen gælder uanset, om der er tale om biomasse brugt i kraftvarmeværker, virksomheder eller private husholdninger.

Biomasse regnes for vedvarende energi uanset oprindelse. Det betyder, at biomassebaseret elproduktion modtager tilskud, som det også er tilfældet for el fra fx vindmøller og solceller. Biomassebaseret varmeproduktion modtager derimod ikke direkte støtte, men støttes indirekte gennem fritagelsen fra afgifter.

Endelig er biomasse i fjernvarme underlagt den generelle regulering, der gælder her. Det gælder fx kraftvarmekravet, der i visse tilfælde forhindrer ren varmeproduktion, brændselsbindingen, der fastholder naturgas som brændsel i nogle fjernvarmeområder, og nettofordelsmodellen, der giver centrale værker, som konverterer til biomasse, mulighed for at tjene penge udover, hvad det såkaldte hvile-i-sig-selv-princip tillader.

Rammevilkårene bør tage udgangspunkt i bæredygtighedskriterier

Der er store forskelle på biomasse. Nogle typer vil have et lille CO₂-aftryk, mens andre vil have et stort. Det afhænger af forhold som trætype, oprindelsesland, skovdrift, og om der er tale om restprodukter eller ej. Som kapitel 4 beskriver, kan bæredygtighedskriterier bruges til at identificere biomasse, der med rimelig sikkerhed har et lille CO₂-aftryk.

Klimarådet foreslår, at de danske rammevilkår tager udgangspunkt i bæredygtighedskriterier. Biomasse, der kan dokumenteres at leve op til disse kriteriers krav på klimaområdet – her kaldet klimabæredygtig biomasse – vil fortsat blive opfattet som CO₂-neutral vedvarende energi, selv om det skal understreges, at biomassen sjældent i praksis vil være fuldt CO₂-neutral. Dermed får klimabæredygtig biomasse de samme fordele i rammevilkårene som andre former for vedvarende energi. Den resterende biomasse bør omvendt behandles som fossil energi på baggrund af et gennemsnitligt CO₂-indhold til brug for udregning af afgifter. Skønnet for CO₂-indholdet skal i princippet tage højde for forhold som skovforvaltning og klimaregulering i oprindelseslandet, men i praksis må det administrativt fastsættes ensartet for alle typer biomasse, der ikke kan dokumenteres at være klimabæredygtige, da det næppe er muligt at skelne mellem de enkelte typer.

Det vil være naturligt at indføre bagatelgrænser i reguleringen. De skal fx sikre, at private, som henter træ fra egne haver og skove, og som de ikke sælger videre, undtages fra at skulle dokumentere, at træet lever op til bæredygtighedskriterierne.

Et reformeret afgiftssystem kan fjerne biomassens nuværende favorisering

Biomasse har en ubegrundet fortrinsstilling i det nuværende afgifts- og tilskudssystem på energiområdet. Det ses fx ved, at afgiftsbesparselsen, ved at udskifte kul med biomasse i fjernvarmen målt pr. fortrængt ton CO₂, er større end den gevinst i form af tilskud og sparet CO₂-kvotepris, man opnår ved at udskifte kul med vedvarende energi i elproduktionen. Et andet eksempel er, at hvor biomassevarme er helt afgiftsfritaget, betaler en varmepumpe i dag en elafgift, der overstiger det tilskud, som produktionen af den forbrugte el modtager, hvis den er baseret på vedvarende energikilder.

De to eksempler viser, at der er behov for at reformere afgifts- og tilskudssystemet, så biomasse ikke opnår ubegrundede fordele. Et reformeret system bør fokusere på at tilskynde til CO₂-reduktion gennem en ensartet afgift på CO₂-udledning og – hvor der er forhold, der gør en høj afgift uhensigtsmæssig – et tilskud, der giver en ensartet tilskyndelse til CO₂-reduktion. Sådanne forhold er til stede, hvis en høj dansk afgift betyder, at udledningerne i stedet flyttes til udlandet, og ønsket om at reducere CO₂-udledningerne ikke blot omfatter udledninger fra dansk jord.

Klimarådets forslag til et forbedret afgifts- og tilskudssystem, som første gang præsenteredes i analysen *Fremtidens grønne afgifter på energiområdet* fra april 2018, samler den nuværende energi- og CO₂-afgift i én samlet CO₂-afgift, hvis størrelse udtrykker det politiske ambitionsniveau for CO₂-reduktion. Dansk elproduktion får et nedslag i CO₂-afgiften, der afspejler CO₂-indholdet i importeret el, så import af el fra fossile kilder ikke fremmes unødigt. Til gengæld pålægges alt indenlandsk elforbrug en afgift svarende til afgiftsnedslaget i elproduktionen, så danskproduceret og importeret el beskattes helt ensartet i forhold til deres fossilindhold. Elproduktion baseret på vedvarende energi får et tilskud, der svarer til afgiften på elforbruget, så nettoafgiften på grøn strøm bliver nul.

Kun biomasse, der ikke er klimabæredygtigt, skal pålægges CO₂-afgift

Klimabæredygtig biomasse bør fortsat være undtaget CO₂-afgift. Ligeledes bør el produceret med brug af denne type biomasse kunne opnå elproduktionstilskud på linje med el fra andre vedvarende kilder. Derimod skal biomasse, der ikke lever op til bæredygtighedskriterierne på klimaområdet, behandles på samme måde som et fossilt brændsel. Det betyder, at denne type biomasse ikke er berettiget til tilskud og skal betale CO₂-afgift svarende til det administrativt fastsatte CO₂-indhold.

Afgifter kan også bruges til at fremme virksomhedernes og forbrugernes energi-effektiviseringsindsats. En sådan energieffektiviseringsafgift bør principielt lægges på alle energikilder, herunder også klimabæredygtig biomasse. Det bør dog undersøges nærmere, om afgifter er det rette instrument til at sikre en effektiv energispareindsats, eller om andre politiske virkemidler er mere effektfulde.

Den øvrige regulering bør sikre, at alle vedvarende energiteknologier stilles lige

Reguleringen bør grundlæggende stræbe efter at sikre en omkostningseffektiv grøn omstilling. Det gøres blandet andet ved at stille alle vedvarende energiteknologier lige, så man fx undgår overinvestering i biomasse. Det kræver, at dele af den nuværende regulering på fjernvarmeområdet blødes op.

Der foreligger allerede i dag en del forslag om deregulering af fjernvarmen. Klimarådet foreslår i det lys, at kraftvarmekravet gradvist udfases, så varmepumper ikke hæmmes i konkurrencen med brændselsbaserede teknologier som biomasse-kraftvarme, ligesom også brændselsbindingerne med fordel kan udfases for at skabe lige vilkår for alle vedvarende energiteknologier. Yderligere bør principperne i nettofordelsmodellen udvides til også at omfatte andre vedvarende energikilder end kun biomasse. Endelig bør eltarifferne revideres, så varmepumper ikke bremses af et for højt tarifniveau.

→ Læs mere om biomassens rammevilkår i kapitel 6.

” Vindmøller på land og til havs ses ofte som billedet på den grønne omstilling, men faktisk er det øget brug af biomasse, der har stået for den største del af omstillingen til vedvarende energi.

2

• • • • •

• • •

Skovenes betydning
for klimaet

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

Skove udgør en vigtig brik i Jordens kulstofcyklus, da de optager CO₂ fra atmosfæren og dermed bidrager til at begrænse den globale opvarmning. Den optagne CO₂ bliver lagret i skovenes kulstofpuljer. Imidlertid spiller skovene også en anden vigtig rolle i forhold til klimaindsatsen mod den menneskeskabte, globale opvarmning. Skovene er nemlig leverandør af træprodukter, som kan erstatte byggematerialer som stål, mursten og beton, hvis fremstilling er forbundet med store udledninger af CO₂, og af biomasse, som kan erstatte fossile brændsler i energisektoren. Derved undgår man, at yderligere fossilt kulstof udledes til atmosfæren ved afbrænding af kul, olie og naturgas. Denne dobbeltrolle udgør en potentiel konflikt, og derfor bør brugen af biomasse overvejes nøje i fremtidens globale energisystem.

Mange af de scenarier, der beskriver den mulige udvikling i det globale energisystem i fremtiden, forudser, at bioenergi fra biomasse globalt vil komme til at spille en større rolle fremover. Bioenergi kan erstatte brug af fossile brændsler i energisektoren, i tung transport og i procesindustri og på den måde være med til at reducere udledningen af CO₂ fra afbrændingen af fossile brændsler i disse sektorer.

For at nå Parisaftalens mål om at begrænse den globale temperaturstigning skal det globale samfund i anden halvdel af dette århundrede opnå en nettoudledning af CO₂ på nul. Det betyder, at man ikke vil kunne udlede mere CO₂, end der optages. Da det gælder alle områder – ikke kun energi – må det forventes, at der vil opstå en stigende efterspørgsel efter biomasse til erstatning af produkter som fx plastik, stål og cement. Der er dog et loft for, hvor meget man kan øge forbruget af biomasse fra skovene, uden at det går ud over skovens vigtige rolle som kulstoflager i Jordens naturlige kulstofkredsløb. Med andre ord er mængden af biomasse, der på bæredygtig vis kan anvendes i indsatsen mod menneskeskabte klimaforandringer, i sidste ende begrænset.

Afbrænding af biomasse til energiformål afgiver CO₂ ligesom afbrænding af fossile brændsler. I modsætning til afbrænding af fossile brændsler kan tilvækst af nye træer og andre planter dog kompensere for og modsvare den CO₂, der udledes, når biomasse afbrændes. Blandt andet derfor er brug af biomasse meget interessant i et fremtidigt energisystem. Man er dog nødt til at holde sig for øje, at der findes forskellige typer af skove og forskellige måder at drive dem på.

Hovedparten af Danmarks og EU's skove er forvaltede, og de er i fokus i dette kapitel. I disse skove efterfølges fældning af genetablering af skoven, og det tilstræbes, at hugsten ikke overstiger den årlige tilvækst. Sådanne skove kan i mange tilfælde levere biomasse, der kan anses for klimamæssigt bæredygtigt med et begrænset CO₂-aftryk, og som kan anvendes til energi og andre formål. Der vil dog altid være et tidsrum, inden de nyplantede træer har optaget den samme mængde CO₂, som blev udledt ved hugst og efterfølgende afbrænding af træerne. Træernes vækstrate er afgørende for længden af det tidsrum og dermed biomassens CO₂-aftryk.

Der er i dag øget global efterspørgsel på biomasse. Efterspørgslen kan dækkes gennem skovrejsning, intensivering af eksisterende drift og også gennem øget hugst i eksisterende skove. Sidstnævnte giver den hurtigste mulighed for at reagere på den øgede efterspørgsel, men som dette kapitel demonstrerer, giver det anledning til betydelige udfordringer for klimaet.



2.1 Skovenes optag af CO₂ fra atmosfæren

I det seneste årti har jord, skov og planter årligt optaget omkring en femtedel af den samlede årlige globale menneskeskabte udledning af CO₂. Skovene, som er et hovedfokus i denne rapport, er dermed medvirkende til at afbøde klimaeffekten ved udledning af CO₂ fra fossile brændsler. Hvis Parisaftalens målsætning om at holde den globale temperaturstigning under 2 grader skal overholdes, må verdens lande kraftigt reducere brugen af fossile brændsler i de kommende årtier, og netto-udledningen af CO₂ fra alle sektorer skal ned på nul i anden halvdel af dette århundrede. Desuden kan der på længere sigt blive behov for negative udledninger, hvor CO₂ fjernes fra atmosfæren. Her kan skovene potentielt spille en vigtig rolle i kraft af deres kulstoflagring.

Forøgelse af skovenes kulstofpuljer er vigtigt for klimaet

På globalt plan er meget store puljer af kulstof lagret i fossile energireserver som kul, olie og gas. Disse fossile kulstoflagre er dannet gennem millioner af år, og de udledes til atmosfæren i form af CO₂ primært som følge af menneskelige aktiviteter, når de fossile brændsler brændes af til energiformål. Så længe den udledte CO₂ befinder sig i atmosfæren, bidrager den til den globale opvarmning.

Store mængder CO₂ er gennem tiden blevet optaget i oceanerne. Her skønnes kulstoflageret at svare til ca. 139.000 mia. ton CO₂. I landplanterne, herunder skove, og i de øvre jordlag er lagret kulstof svarende til ca. 15.000 mia. ton CO₂.¹ Der foregår konstant en udveksling af kulstof frem og tilbage mellem atmosfæren, oceanerne, jorde og planter.

Træer i skove og alle andre planter optager CO₂, når de vokser, ligesom der udledes CO₂, når den biomasse, der ophobes i træer og planter, afbrændes eller går i forrådnelse. Gennem årtusinder er ca. halvdelen af det globale skovareal blevet fældet for blandt andet at skaffe landbrugsjord, og det kulstof, der var bundet i skovenes levende biomasse og skovjord, er blevet udledt til atmosfæren.²

Man kan sætte afskovningens omfang i perspektiv ved at forestille sig, at man kunne fordoble jordens skovareal og dermed gendanne al den skov, der gennem årtusinder er blevet ryddet af mennesker. Så ville man kunne fjerne i størrelsesordenen 400 mia. ton CO₂ fra atmosfæren, hvilket er knap en femtedel af den udledning, der har fundet sted siden industrialiseringen.³

Siden industrialiseringen omkring år 1870 er mennesket i stor stil begyndt at afbrænde fossile brændsler som kul, olie og gas til energiformål, og de årlige CO₂-udledninger er steget kraftigt. Samtidig sker der fortsat afskovning, blandt andet som led i at skaffe landbrugsjord.⁴ Ifølge *Global Carbon Project* er der siden 1870 udledt ca. 2.100 mia. ton CO₂ til atmosfæren fra afbrænding af fossile brændsler, fra industrielle processer ved især cementfremstilling, fra

arealanvendelse i form af fx dyrkning af landbrugsjord og træhugst samt fra ændret arealanvendelse. Sidstnævnte kommer primært fra afskovning, når skov afbrændes og omlægges til landbrugsjord. Ca. 860 mia. af de 2.100 mia. ton CO₂ befinder sig i atmosfæren. Det er denne CO₂, som bidrager til den menneskeskabte globale opvarmning. Den resterende mængde er absorberet i oceaner, jord, skov og andre planter.

Figur 2.1 illustrerer *Global Carbon Projects* estimater af de årlige CO₂-udledninger til atmosfæren og de årlige optag af CO₂ fordelt på oceaner samt jord, skov og andre planter siden 1959. Figuren viser, at de årlige, menneskeskabte udledninger fra fossile brændsler, cementproduktion, arealanvendelse og ændret arealanvendelse i form af primært afskovning, samlet set er steget fra ca. 14 mia. ton i 1959 til ca. 41 mia. ton i 2015. Figuren viser også, at der er meget store årlige udsving i de estimerede CO₂-optag i jord, skov og planter. Udsvingene kan blandt andet forklares med klimavariationer fra år til år, blandt andet forårsaget af klimafænomenet El Nino, en tilbagevendende ændring af havstrømme, som blandt andet forårsager perioder med ændringer i nedbørsmønstre.

Der er dog meget stor usikkerhed forbundet med opgørelsen af det globale kulstofkredsløb. Hvor mængden af CO₂ i atmosfæren kan måles direkte, må havenes årlige CO₂-optag estimeres ud fra en kombination af målinger og beregningsantagelser. Herefter kan optaget i jord, skov og planter udregnes som de samlede udledninger fratrasket stigningen i atmosfærens CO₂-indhold og optaget i havene. Det årlige bruttooptag i jord, skov og planter benævnes derfor 'the residual sink', altså det resterende CO₂-optag. Men uanset usikkerhederne forbundet med at estimere det præcise årlige optag af CO₂ i klodens forskellige kulstoflagre viser figur 2.1, at lagring af CO₂ i jord, skov og planter har en størrelsesorden, der gør lagringen vigtig for at afbøde klimaeffekten ved udledning af CO₂ fra fossile brændsler. Da skove udgør en stor procentdel af det samlede landbaserede plantemateriale, følger det, at skove spiller en vigtig rolle i denne afbødning.

I det seneste årti har det årlige bruttooptag i jord, skov og planter, som vises i figur 2.1, været omkring 11,5 mia. ton CO₂ i gennemsnit. I samme periode har de menneskeskabte udledninger fra arealanvendelse på fx landbrugsjord og ændret arealanvendelse primært i form af afskovning ligget på ca. 3,5 mia. ton CO₂ årligt, således at nettooptaget i jord, skov og planter samlet set har været ca. 8 mia. ton CO₂ årligt. Jord, skov og planter optager dermed netto omkring en femtedel af den samlede årlige globale udledning af CO₂. En del af nettooptaget skyldes, at skovenes kulstofpuljer øges på globalt plan og særligt på den nordlige halvkugle.⁵ Uden nettooptaget ville de globale klimaforandringer som følge af udledningen af fossile brændsler være større.

Tilvæksten i skovenes kulstofpuljer skyldes en række faktorer såsom skovtilvækst i eksisterende skovområder og skovrejsning på arealer, hvor der ikke tidligere har været skov. Men som det ses af figur 2.1 medfører skovfældning i skovforvaltede områder og afskovning for at skaffe landbrugsjord omvendt en stor udledning.⁶ Der sker dog samtidig et endnu større optag i jord, skove og planter, hvoraf en stor del formentlig sker i uforvaltede skove uden menneskelig indgriben.⁷ Den accelererende tilvækst i eksisterende skovområders kulstofpul-

Ændret arealanvendelse

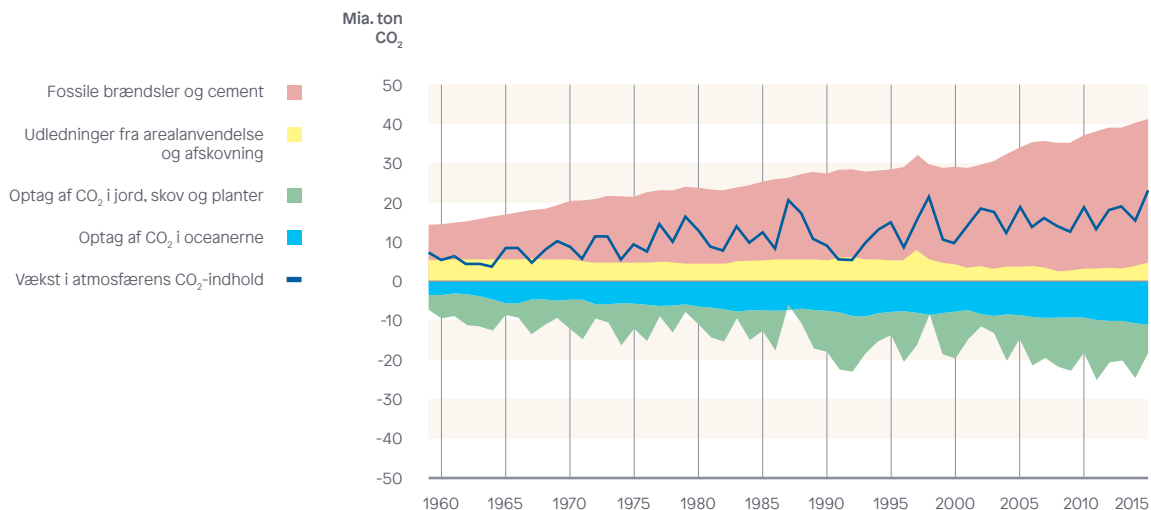
IPCC opererer med flere typer af ændret arealanvendelse, hvor én type omhandler fældning af skov, hvorefter arealet omlægges til en anden type arealanvendelse som fx landbrugsjord. Dette kaldes afskovning. Ved afskovning vil den fælede eller afbrændte skovs kulstofindhold blive udledt til atmosfæren. Det gælder både kulstof i den levende biomasse og noget af det kulstof, der er bundet i jorden i fx tørv. Dette sker ofte med det samme, fordi skoven afbrændes.

CO₂

Udledning af CO₂ er ikke den eneste klimaeffekt fra skove og forbrug af biomasse. Drivhusgassen metan udledes ved forrådnelse af træ, ligesom afbrænding af træ udleder sod, som også påvirker klimaet.

Nettooptag i jord, skov og planter

Dette optag kan beregnes som det residuale CO₂-optag i jord, skov og planter fratrasket estimatet for udledninger fra arealanvendelse og ændret arealanvendelse. Estimatet for nettoudledningerne fra ændret arealanvendelse er estimeret ud fra observationer og modelberegninger af globale ændringer i arealanvendelse primært i form af skovafbrænding, der fører til afskovning.



Figur 2.1 Globale, årlige udledninger og optag fordelt på kategori

Anm.: CO₂-udledning fra fossile brændsler, cement, arealanvendelse og afskovning samt den årlige forøgelse af atmosfærens CO₂-indhold er vist som positive værdier. Årlige forøgelser af kulstof-puljerne i henholdsvis oceaner samt jord og skov er vist som negative værdier.

Kilde: Le Quéré et al., *Global Carbon Budget 2016*, Earth System Science Data.

jer formodes blandt mange andre faktorer at være relateret til afbrændingen af fossile brændsler, som dels øger temperaturen, hvilket forøger plantetilvæksten, og samtidig medfører gødskning af skoven med CO₂ og NO_x.⁸

I tropene afbrændes store regnskovaer for at skaffe ekstra landbrugsareal, om end afskovning også ses i andre klimazoner. Afskovning er isoleret set en meget stor kilde til CO₂-udledning.⁹ En mindre del af afskovningen kan være forårsaget af, at man anvender landbrugsjord andetsteds på kloden til plantning af fx skov eller energiafgrøder, hvormed der kan opstå yderligere efterspørgsel efter landbrugsarealer. Sådanne indirekte inducerede ændringer i arealanvendelse kaldes for ILUC.¹⁰ På globalt plan ser man omvendt også eksempler på store skovrejsningsprojekter, som bidrager til at øge skovenes kulstoflager. Kina er et eksempel herpå.¹¹

ILUC

Denne engelske forkortelse står for *indirect land use change*, altså indirekte ændringer i arealanvendelsen.

Fx kan brug af landbrugsareal til energiafgrøder medføre øget efterspørgsel efter landbrugsareal og i sidste ende give afskovning andetsteds i verden. Effekten kan være vanskelig at dokumentere.

CO₂e

Det er en forkortelse for CO₂-ækvivalent, som er en omregningsfaktor til sammenligning af forskellige drivhusgassers indvirkning på drivhuseffekten. IPCC har således beregnet, hvor mange ton CO₂, der skal til for at skabe den samme effekt som ét ton af en anden gas. Dette tal er gassens CO₂-ækvivalent.

I EU er skovenes indhold af levende biomasse steget med gennemsnitligt 1,3 pct. om året siden 1990 ifølge den paneuropæiske politiske skovsamarbejdsorganisation, Forest Europe. Det skyldes, at træfældningen kun har udgjort ca. tre fjerdedele af den årlige biomassetilvækst, og man har således ladet ca. en fjerdedel af biomassetilvæksten forblive i skovene. EU's skove har dermed lagret ca. 10 mia. ton CO₂ siden 1990 svarende til ca. 400 mio. ton CO₂ årligt. Til sammenligning ligger EU's samlede årlige udledning af drivhusgasser på ca. 4,5 mia. ton CO₂e.¹² Med andre ord leverer EU's skove et nettooptag af CO₂, der modsvarer næsten 10 pct. af EU's samlede udledning.

Også i Danmark er skovarealet steget igennem en årrække, og der er gradvist opbygget et større kulstoflager i skoven. Siden 1990 er skovarealet vokset

med ca. 3.000 hektar årligt. I alt har skovene siden 1990 øget lageret af kulstof i træernes levende biomasse med 10 mio. tons, hvilket svarer til at fjerne 36 mio. tons CO₂ fra atmosfæren.¹³ Regeringen har for nylig sendt et udkast til et nyt skovprogram i høring, som skal sætte kursen for dansk skovforvaltning. Et langsigtet mål heri er, at arealer med skovlandskaber skal udvides og dække 20-25 pct. af Danmarks areal inden udgangen af dette århundrede, ligesom der er mere kortsigtede mål om at øge andelen af urørt skov og anden skov med høj biodiversitet.¹⁴ Biomasse vil ikke kunne høstes fra den del af skovarealet, der er udlagt til urørt skov.

En del af de globale skoves optag og udledninger foregår i uforvaltede skove, som ikke er påvirkede af menneskelige aktiviteter. Disse optag og udledninger kan være svære at ændre. Men en stor del af de globale skove forvaltes og her spiller ændringer i skovforvaltningen en rolle i forhold til, hvor meget kulstof der lagres i skovene. I fremtiden vil der forventeligt komme større fokus på, at verdens forvaltede skove fortsat skal levere kulstoflagring, da der, ifølge mange af de scenarier FN's klimapanel, IPCC, har refereret i panelets femte hovedrapport fra 2014, vil være behov for at fjerne CO₂ fra atmosfæren for at mindske den globale temperaturstigning som følge af udledningen af CO₂ fra afbrændingen af fossile brændsler.¹⁵ Et af FN's verdensmål er da også rettet mod at beskytte, genoprette og støtte bæredygtig udnyttelse af økosystemer og skove, bekæmpe ørkendannelse samt standse jordforringelser og tab af biodiversitet.¹⁶ Det understreger, at det langt fra er alle skove, der vil kunne bruges til at levere biomasse til energi.

Vi har et meget begrænset CO₂-budget til rådighed

IPCC har i sin femte hovedrapport regnet på det globale CO₂-budget. Rapporten estimerer, at de globale CO₂-udledninger til atmosfæren fra afbrændingen af fossile brændsler, cementproduktion, arealanvendelse og ændret arealanvendelse fremadrettet bør begrænses til i størrelsesordenen yderligere ca. 800 mia. ton, hvis temperaturstigningen med to tredjedele sandsynlighed skal holdes under 2 grader i forhold til det førindustrielle niveau.¹⁷ Hvis den globale CO₂-udledning fortsætter på 2016-niveauet på ca. 41 mia. ton CO₂, vil CO₂-budgettet være opbrugt allerede i 2037. Når vi har opbrugt budgettet, fordrer målet om at holde temperaturstigningen under 2 grader, at alle udledninger fra menneskelige aktiviteter modsvares af optag eller såkaldte negative udledninger, så man opnår en nettoudledning på nul. Boks 2.1 giver eksempler på negative udledninger.

Skovene har stor betydning for CO₂-budgettet. IPCC har i opstillingen af budgettet indregnet et stort fremtidigt, men gradvist faldende nettooptag af CO₂ i såvel oceaner som i jord, skov og planter. Det betyder, at hvis CO₂-optaget i fx skovene bliver større end indregnet, øges CO₂-indholdet i atmosfæren mindre ved den givne udledning. Omvendt, hvis optaget bliver mindre, øges CO₂-indholdet i atmosfæren mere.¹⁹ Optaget kan øges ved at stoppe afskovning, ved at øge kulstofpuljerne i de eksisterende skovområder og ved at gennemføre storstilet global skovrejsning på andre arealer under hensyntagen til arealernes potentielle anden anvendelse til fx produktion af foder og fødevarer.²⁰

Forvaltede skove

Disse skove forvaltes fx med henblik på at producere træprodukter, papir og bioenergi. Der benyttes forskellige definitioner ved inddeling af skove i kategorier. I lande som Canada, Rusland og Brasilien er store dele af skovarealerne klassificeret som uforvaltede, fordi de ikke antages at være påvirkede af menneskelige aktiviteter, fx fordi de ligger langt fra infrastruktur.

CO₂-budget

IPCC har opgjort det samlede CO₂-budget fra og med år 1870 til 3.670 mia. ton CO₂. Frem til 2016 er udledt 2.072 mia. ton CO₂ fra fossile brændsler og ændret arealanvendelse. IPCC reserverer desuden 770 mia. ton CO₂e til udledning af andre drivhusgasser end CO₂ såsom metan, lattergas og F-gasser. Det resterende CO₂-budget fra 2017 og frem er således 828 mia. ton.

Boks 2.1 Negative udledninger opnås ved at fjerne CO₂ fra atmosfæren

Ifølge en rapport fra EASAC, sammenslutningen af europæiske videnskabelige akademier,¹⁸ er der teoretisk set en række forskellige muligheder for at opnå negative CO₂-udledninger, altså fjernelse af CO₂ fra atmosfæren. Det drejer sig fx om følgende:

1. Forøgelse af eksisterende skoves kulstofpuljer og ny skovrejsning.
2. Forøgelse af jordenes kulstofpuljer fx ved øget tilplantering og tilsætning af gødning og kompost eller nedpløjning af trækul, såkaldt biochar.
3. Nedpumpning og permanent indfangning i undergrunden af CO₂-udledning fra afbrænding af bioenergi (BECCS), hvor den afbrændte biomasse erstattes af ny biomasse fx i form af genplantering af skovområder, skovrejsning osv.
4. Forøget optag af CO₂ i mineralske stoffer som kalk og silikat ved en kemisk reaktion.
5. Direkte opfangning af CO₂ fra luften og nedpumpning til permanent lagring i undergrunden.
6. Gødsning af oceanerne med fx jern. Det kan øge planktonvækstens optag af CO₂, og en del af det kulstof, der optages i plankton, kan ende med at synke ned i dybhavet og blive lagret der.

Bemærk, at skovrejsning i punkt 1 vil kunne bruges til at fjerne CO₂ fra atmosfæren. Ingen af de andre teoretiske muligheder for fjernelse af CO₂ fra atmosfæren i stor skala er blevet demonstreret i nævneværdig skala endnu. Derfor er potentialet for at fjerne CO₂ fra atmosfæren meget usikkert. Rapporten anbefaler derfor, at klimainsatsen først og fremmest bør rettes mod at reducere udledningen af CO₂ fra afbrændingen af fossile brændsler.

Figur 2.2 viser, hvad der skal til for at opnå Parisaftalens målsætning om at begrænse opvarmningen til under 2 grader. Figuren illustrerer det såkaldte RCP2.6-scenarie,²¹ som er gengivet i IPCC's femte hovedrapport,²² hvori opvarmningen begrænses til i størrelsesordenen 1,7 grader i 2100. Dette scenarie viser et fremtidsbillede, hvor den globale CO₂-udledning eksklusive udledningen fra arealanvendelse topper allerede i 2015, er halveret i 2040 og vendes til negative CO₂-udledninger fra omkring 2075. RCP2.6-scenariet opnår negative udledninger ved, at energisektoren eller industrien nedpumper CO₂ fra afbrænding af bioenergi i undergrunden, såkaldt BECCS, samtidig med at skove og øvrig afbrændt plantevækst genetableres og optager CO₂ fra atmosfæren, hvorved der samlet set fjernes CO₂ fra atmosfæren.

Figur 2.2 viser tillige, at RCP2.6-scenariet indregner gradvist faldende årlige nettooptag i oceanerne samt jord, skov og andre planter på land. Sidstnævnte bliver til en nettoudleder i slutningen af århundredet. Det skyldes en række faktorer, herunder at CO₂-indholdet i atmosfæren mindskes, hvorved der sker en mindre gødskning med CO₂. Dette vurderes at reducere de årlige optag af CO₂ i jord, skov og andre planter, hvorved der opstår en ny balance mellem CO₂-indholdet i atmosfæren og skovenes kulstofpuljer.

IPCC's femte hovedrapport gør opmærksom på, at der er meget stor variation i forskellige scenariers antagelser om det fremtidige optag.²³ Optaget i jord, skov og andre planter vil afhænge af en lang række faktorer såsom ændringer i det tilplantede areal, planternes, herunder skovenes, tilvækst- og hugstrater, diverse klimavariationer samt efterspørgslen efter landbrugsareal til fødevareproduktion og deraf følgende CO₂-udledninger fra arealanvendelsen. Fx indregner RCP2.6-scenariet en halvering af den årlige menneskeskabte netto-CO₂-udledning fra arealanvendelse og ændret arealanvendelse i form af fx afskovning i 2100 set i forhold til i dag.²⁴

I RCP2.6-scenariet indgår både store reduktioner af CO₂-udledningen og på langt sigt negative CO₂-udledninger fra energisektoren og industrien for at sænke atmosfærens CO₂-indhold. Figur 2.2 illustrerer således, at det er en uhyre stor udfordring at nå Parisaftalens målsætning om at begrænse temperaturstigningen til et stykke under 2 grader, og at der er behov for at igangsætte klimatiltag og udvikle teknologier, som nævnt i boks 2.1, der kan bidrage til at reducere udledningen og øge optaget suppleret med permanent lagring af CO₂.

IPCC vil i efteråret 2018 udgive en specialrapport, der skal vurdere muligheden for at begrænse temperaturstigningen til 1,5 grader, hvilket kan kræve større reduktioner af CO₂-udledningen, større optag af CO₂ eller større nedpumpning af CO₂-udledninger til permanent lagring end i det førnævnte RCP2.6-scenarie.

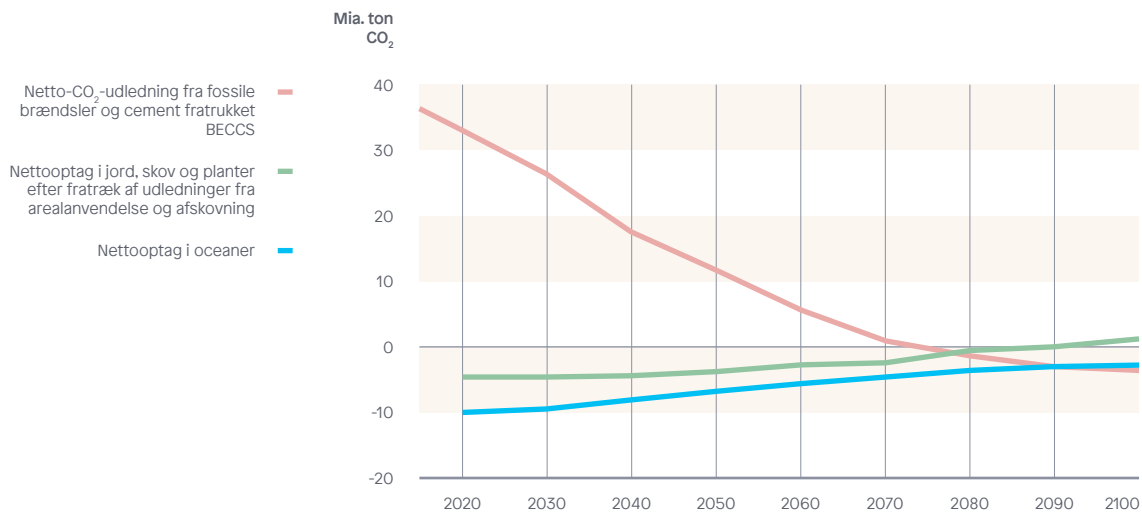
Kritikere påpeger, at det kan vise sig vanskeligt eller måske umuligt at lagre de store mængder CO₂, som mange scenarier forudsætter. Fx er BECCS-teknologien stadig dyr, umoden og meget lidt udbredt,²⁵ og ligeledes kan det være en udfordring at øge skovenes kulstoflagre betydeligt ved fx skovrejsning.²⁶ Disse kritikere peger derfor på, at klimaindsatsen først og fremmest bør rettes mod at reducere udledningen af CO₂ fra afbrændingen af fossile brændsler. Men stort set alle scenarier peger på, at der med stor sandsynlighed vil blive udledt for

RCP2.6-scenarie

I dette repræsentative scenarie topper ændringen i strålingspåvirkningen som følge af ændringen i drivhusgasser i atmosfæren på 2,6 W pr. m² og falder derefter. IPCC's femte hovedrapport refererer også til tre andre repræsentative scenarier, hvor strålingspåvirkningen stiger til henholdsvis 4,5 W, 6 W og 8,5 W pr. m² i 2100. I disse tre scenarier vurderer IPCC, at temperaturstigningen kan nå op på 3-5 grader.

BECCS

Denne engelske forkortelse står for *Bio Energy Carbon Capture and Storage*, hvilket vil sige bioenergi med nedpumpning og permanent indfangning af CO₂ i undergrunden. Teknologien kan fjerne CO₂ fra atmosfæren, forudsat at den afbrændte biomasse på et tidspunkt erstattes af ny biomasse fx i form af genplantning af skovområder, skovrejsning osv. Teknologien er dog energikrævende og indtil videre ikke økonomisk rentabel.



Figur 2.2 Illustration af RCP2.6-scenariet, hvor CO₂-udledningen reduceres hurtigt, og hvor de årlige nettooptag af CO₂ i oceaner samt jord, skov og andre planter reduceres gradvist

- Anm. 1: Tallet for netto-CO₂-udledning omfatter udledningen fra fossile brændsler og industriens procesudledninger fratrasket CO₂ fra afbrændingen af bioenergi, der nedpumpes til permanent lagring i undergrunden, såkaldt BECCS.
- Anm. 2: I tallet for netto-CO₂-optag i jord, skov og andre planter er indregnet en reduktion i blandt andet afskovning i forhold til i dag.
- Anm. 3: Figuren viser ikke udledningen af andre drivhusgasser end CO₂.
- Kilde: IPCC, *Fifth Assessment Report, Annex II: Climate System Scenario Tables*, 2013, tabel All.21.a og tabel All.31.a.

meget CO₂ fra fossile brændsler.²⁷ For at indfri Parisaftalens målsætning er der således behov for meget betydelige optag af CO₂ i jord, skov og øvrig plantevækst, og derfor er det vigtigt, at skovens kulstoflagre optræder i landenes klimamålsætninger eller klimaregulering. Kapitel 3 beskriver derfor, hvordan skovene inddrages i landenes klimamål.

2.2 Biomasse som begrænset ressource

Mange scenarier peger på, at forskellige former for biomasse vil spille en central rolle i fremtidens energisystem, både som erstatning for fossile brændsler og ved at CO₂ fra afbrænding af biomasse lagres permanent i undergrunden. Hertil kommer, at der vil blive behov for at anvende biobaserede produkter som erstatning for produkter som fx plastik, der i dag produceres af olie, og for byggematerialer som fx mursten, stål og beton, hvis produktion ofte er baseret på et stort fossilt energiforbrug. På den baggrund må der forventes at opstå større efterspørgsel efter alle typer af biomasse i fremtiden, end vi ser i dag. Men biomasse er en begrænset ressource, hvorfor anvendelsen af biomasse på længere sigt formentlig først og fremmest skal dedikeres til anvendelsesområder, hvor der ikke kan findes bedre og billigere alternativer til de fossile energikilder, såsom procesenergi til industrien og brændstof til luft- og skibsfart. Derudover ser særligt træbaseret biomasse ud til at kunne blive en begrænset ressource i fremtiden, blandt andet fordi skovene udover at levere træprodukter og bioenergi samtidig skal fungere som kulstoflager. Derfor er der grænser for, hvor meget træ der kan hugges i skovene.

Bioenergi udgør en mindre, men stigende del af den globale energiforsyning

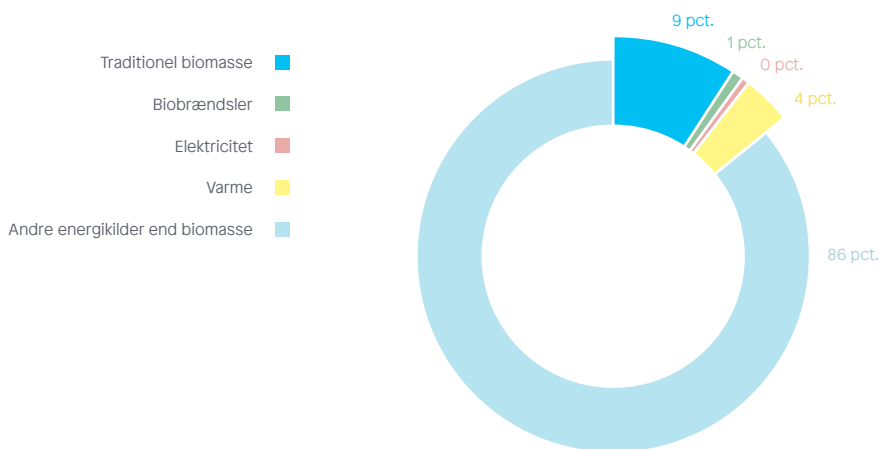
Der anvendes i dag ca. 63 EJ biomasse til energiformål om året på globalt plan ud af et samlet primært energiforbrug på ca. 600 EJ. Tallet omfatter al biomasse, der anvendes til energiformål, herunder træ, bionedbrydeligt affald samt restprodukter fra landbrugsproduktionen.²⁸ Træ i forskellige former udgør langt størstedelen af de 63 EJ, men tallene for forbruget af træbaseret bioenergi er meget usikre, da meget træ ikke handles.²⁹

EJ

EJ er en forkortelse for exajoule, som er et mål for energiforbrug. Det samlede globale årlige energiforbrug i form af fossile brændsler og vedvarende energi er på ca. 600 EJ, heraf ca. 0,7 EJ i Danmark. Danmarks bioenergianvendelse svarer til ca. 0,14 EJ årligt.

Figur 2.3 viser, at bioenergi leverer ca. 14 pct. af det globale endelige energiforbrug. I det endelige energiforbrug indgår ikke energitabet ved konvertering af det primære energiindhold i biomassen i forbindelse med produktionen af varme, elektricitet og flydende biobrændsler. Næsten to tredjedele af forbruget af bioenergi anvendes til boligopvarmning og madlavning ved simple komfurer og ovne, mens en tredjedel går til såkaldt moderne bioenergianvendelser. Tre fjerdedele af den moderne bioenergianvendelse anvendes til varmeproduktion, herunder i papirindustrien og en mindre del til fjernvarme, mens elektricitet og flydende biobrændsler udgør den sidste fjerdedel.³⁰

Lidt over halvdelen af det totale bioenergiforbrug sker i form af afbrænding af fast biomasse i udviklingslandene til madlavning og belysning, hvor 2,5 milliard-



Figur 2.3 Bioenergiens andel af det globale endelige energiforbrug i 2015

Kilde: Renewable Energy Policy for the 21st century, *Renewables 2017 Global Status Report*.

der mennesker ikke har adgang til elektricitet. Dette forbrug vil reduceres i det omfang, udviklingslandene i højere grad får udbygget infrastrukturen til elektricitet, og befolkningen begynder at anvende elkomfurer og elpærer.³¹

Den moderne bioenergianvendelse forventes at blive øget kraftigt i fremtiden, når verdens lande skal udfase brugen af fossile brændsler. Nogle scenarier for fremtidens globale energisystem forudsiger en mulig forøgelse af forbruget af moderne bioenergi helt op til ca. 200 EJ frem mod 2050, altså en mangedobling i forhold til det nuværende forbrug på 18 EJ.³² Til sammenligning udgør energiindholdet i det samlede menneskelige forbrug af fødevarer, træ og andre produkter fra land- og skovbrug i dag ca. 320 EJ, hvoraf ca. 100 EJ er restprodukter.³³

Biomasse er en begrænset ressource, og størrelsen af potentialet er usikkert

Der foregår i dag en debat om, hvor stort potentialet er for at øge den menneskelige anvendelse af biomasse ud fra ressource-, miljø- og bæredygtighedsbetragtninger. Det vil fra et klimaperspektiv være problematisk at lade biomasseanvendelsen gå ud over naturens evne til at optage og lagre CO₂ fra atmosfæren ved fx at anvende træ fra uforvaltede naturskove. Biomasse, der kan siges at være klimamæssigt bæredygtig, er kendetegnet ved ikke permanent at forringe jord og planters evne til at fastholde og fortsat optage og lagre CO₂. For skovenes vedkommende vil denne biomasse udgøres af restprodukter eller dedikeret hugst fulgt op af genplantning, der sikrer, at den udledte CO₂ bliver optaget i ny biomasse inden for en relevant tidshorisont, som beskrevet i afsnit 2.3.

Restprodukter er en afgørende kilde til klimavenlig bioenergi både i dag og i fremtiden, om end det kan være vanskeligt at definere præcist, hvad der er et restprodukt, hvilket boks 2.3 senere i kapitlet beskriver. Tilgængeligheden af restprodukter kan stige fremover, og fx kan der komme flere restprodukter fra træproduktionen, hvis efterspørgslen efter træprodukter stiger for at udskifte byggematerialer som fx stål og beton med træ. FAO, FN's organisation for

Boks 2.2 Forbruget af bioenergi stiger i EU

EU er langt fremme i forhold til indsatsen for at reducere udledningen fra fossile brændsler, og andelen af vedvarende energi i EU er nu oppe på 17 pct. af det endelige energiforbrug. Forbruget af bioenergi er steget til ca. 5,4 EJ i 2015, heraf ca. 3,6 EJ træ. Brugen af bioenergi er fordoblet siden 1990 og udgør ca. 61 pct. af EU's endelige forbrug af vedvarende energi. EU er nettoimportør af fast biomasse, herunder fx træpiller, men importen udgør indtil videre kun ca. 3 pct. af forbruget af fast biomasse i EU mod 43 pct. i Danmark som beskrevet i kapitel 5.

På linje med den globale trend forventes forbruget af bioenergi i EU også at stige fremover. Det skyldes blandt andet, at EU's medlemslande og Europa-Parlamentet aktuelt forhandler om, hvorvidt EU i 2030 skal øge andelen af vedvarende energi til 27 pct. eller 35 pct. En rapport bestilt af EU-Kommissionen vurderer, at anvendelsen af bioenergi i EU kan stige til ca. 8,2 EJ i 2030, heraf ca. 4,3 EJ træ.³⁴ Størstedelen af EU's potentiale for at øge forbruget med egne biomasseressourcer udgøres ifølge rapporten af restprodukter fra landbruget. Rapporten forventer tillige en tre- til seksdobling af EU's import af træ til bioenergianvendelse i 2030. Rapporten illustrerer dermed, at træbaseret bioenergi kan blive en mere knap ressource i EU i fremtiden.

Kaskadeanvendelse

Med dette begreb menes, at biomassen anvendes til et eller flere formål inden anvendelse til energiudnyttelse. Det kan fx være til byggematerialer, møbler eller emballage.

fødevarer og landbrug, forudser, at efterspørgslen efter træ- og tømmerprodukter kan blive tredoblet i 2050.³⁵ FAO forudser en kraftig vækst i anvendelsen af biomasse til fremstilling af fx byggematerialer, bioplast, kemikalier og kompositmaterialer. Dette kan øge de tilgængelige mængder af affald, som kan udnyttes til energiformål i afskaffelsesfasen. Men samtidig kan en øget efterspørgsel efter træ reducere skovenes kulstoflager eller tilvæksten i kulstoflageret, da det alt andet lige vil føre til øget hugst eller til hugst på et tidligere tidspunkt. Blandt andet derfor argumenterer en række studier for, at en stor del af biomassen bør anvendes flere gange, inden den brændes af til energiformål, såkaldt kaskadeanvendelse. Dog sker kaskadeanvendelse kun i ringe grad på globalt plan med de nuværende rammebetingelser.³⁶

Forskellige studier er kommet med vidt forskellige vurderinger af, hvor stort potentialet for bæredygtig bioenergi er globalt. Det skyldes blandt andet, at opfattelsen af, hvilke kriterier biomassen skal leve op til for at være bæredygtig, varierer fra studie til studie.³⁷ Det er på den baggrund vanskeligt ud fra eksisterende studier at konkludere entydigt, hvor stort potentialet er for at øge den bæredygtige anvendelse af biomasse til energi på globalt plan. Men der synes at være relativt stor enighed om, at den globale anvendelse af biomasse vil kunne øges fra det nuværende niveau på 63 EJ til mindst 100 EJ i 2050. Restprodukter fra træproduktionen vil ifølge de nævnte studier kun kunne levere op til 35 EJ, og derfor synes det nødvendigt i højere grad at udnytte restprodukter fra fx landbruget samt at øge de forvaltede skoves produktivitet, såfremt potentialet på 100 EJ skal udnyttes.³⁸

Potentialet for biomasseanvendelse i 2050 kan øges til over 100 EJ årligt, hvis der fx gennemføres mere intensiv skovdrift, eller hvis der afsættes arealer til energiafgrøder eller skovrejsning. Men beslaglæggelse af meget store arealer medfører risiko for ILUC, altså afskovning andetsteds i verden for at skaffe mere landbrugsareal. Potentialet for klimatiltag som skovrejsning og energiafgrøder er derfor reelt begrænset til jorder, der ikke er velegnede til fødevarerproduktion, medmindre det bliver muligt at beslaglægge landbrugsjord uden at skabe ILUC. Det kan for eksempel ske, hvis det lykkes at øge produktiviteten på landbrugsjorderne hurtigere, end den globale befolkning stiger, eller såfremt man globalt overgår til at spise mere plantebaseret kost fremfor kød, hvormed behovet for at producere dyrefoder falder.³⁹

Nettoudledning på nul

En nettoudledning af drivhusgasser til atmosfæren på nul opnås i IEA's scenarie ved permanent nedpumpning i undergrunden af over 9 mia. ton CO₂ årligt i 2060, heraf op til 5 mia. ton CO₂ fra BECCS fra anlæg, der producerer flydende biobrændsler og elektricitet, samt fra industriproduktion. Det betyder, at der fortsat udledes 5 mia. ton CO₂ årligt fra fossile brændsler til atmosfæren. I andre scenarier beskrevet af IEA indgår store mængder af CCS tidligere med op til 8 mia. ton CO₂ årligt allerede i 2040, heraf halvdelen fra BECCS.

De begrænsede biomasseressourcer har betydning for, hvordan klimamålene kan opfyldes. På baggrund af debatten om de begrænsede biomasseressourcer har IEA, Det Internationale Energiagentur, i de senere år i deres mange forskellige scenarier for fremtidens globale energiforbrug sat brugen af bioenergi til under 100 EJ eller tilføjet BECCS, hvis forbruget af biomasse til energiformål overstiger 100 EJ.⁴⁰ Fx udgav IEA i 2017 en teknologisk køreplan om bæredygtig bioenergi, hvor brugen af primær bioenergi øges til maksimalt 145 EJ i 2060. Det sker i et scenarie, der sigter mod at nedbringe nettoudledningen af CO₂ til nul i 2060 med henblik på at begrænse den globale temperaturstigning til et stykke under 2 grader.⁴¹ I scenariet indgår blandt andet en meget kraftig energioptimeringsindsats ved brug af mere effektive teknologier, som sikrer, at det totale primære energiforbrug kun stiger meget lidt i forhold til det nuværende forbrug på ca. 600 EJ trods en betydelig global befolkningstilvækst. Dermed

fordobles bioenergiens andel af det samlede globale energiforbrug i 2060, hvor bioenergien blandt andet anvendes til at producere flydende biobrændsler, som fx kan anvendes i tung transport som fly og skibe.

Alt i alt peger IEA's scenarier på en stigende global efterspørgsel efter biomasse til energiformål, når landene skal udfase brugen af fossile brændsler for at indfri Parisaftalens klimamålsætninger. Det vil derfor blive en stigende udfordring at fremskaffe bæredygtig biomasse til energiformål. En mindre forøgelse af den mængde biomasse, der kan afsættes til energiformål, vil dog kunne tilvejebringes ved i højere grad at udnytte restprodukter fra land- og skovbrug, ved at øge skovens areal og produktivitet samt ved plantning af energiafgrøder, hvis dette kan ske uden at reducere skovens kulstofpuljer og uden at skabe yderligere skovrydning i form af ILUC.

Behov for at finde den rette balance

Skovene spiller en vigtig rolle, hvis det skal lykkes at holde temperaturstigningen under 2 grader. På den ene side skal skovens kulstofpuljer øges ved at optage CO₂ fra atmosfæren. På den anden side skal skovene være med til at levere biomasse, der kan erstatte fossile brændsler. Men da biomasse og særligt restprodukter er en begrænset ressource, er der grænser for, hvor store mængder bioenergi skovene kan levere, uden at der gøres indhug i kulstofpuljerne. Det betyder, at brugen af biomasse bør overvejes nøje i fremtidens globale energisystem.

Biomasse spiller også en afgørende rolle, hvis det skal lykkes at opnå negative nettoudledninger i sidste halvdel af dette århundrede. Her er BECCS-teknologien essentiel, da den kan sikre øget fremtidigt optag i skovene samtidig med energiproduktion, der ikke medfører udledning af CO₂ fra skorstenen. Teknologien er dog meget energikrævende, hvilket vil øge brugen af biomasse, og den er stadig på udviklingsstadiet. Hvis ikke teknologien bliver modnet, billiggjort og derigennem udbredt, vil det sætte endnu større begrænsninger for, hvor meget bioenergi kan fylde i fremtiden.

Skovens vigtige rolle som kulstoflager betyder, at biomasse med et lavt CO₂-aftryk, der bedst muligt bevarer dette lager, skal prioriteres. Hvad dette vil sige, undersøger næste afsnit.

2.3 CO₂-aftryk fra afbrænding af biomasse til energiformål

Afbrænding af biomasse udleder CO₂ til atmosfæren og bidrager dermed til klimaforandringerne. Udledningen af CO₂ kan optages igen over årene, hvis skoven genetableres, og forbruget ophører. Den midlertidige ophobning af CO₂ i atmosfæren betyder, at afbrænding af biomasse ikke kan siges at være CO₂-neutral på linje med fx vindenergi. Dette gælder også restprodukter, hvor afbrænding frem for forrådnelse i skovbunden fremskynder udledningen af CO₂. Biomassens CO₂-aftryk varierer betydeligt på tværs af trætype, klimazone og skovforvaltningspraksis og afhænger i særlig grad af, om skoven genetableres eller ej. Uden genplantning giver biomasse ingen klimagevinst sammenlignet med fossile brændsler. Med genplantning vil CO₂-aftrykket typisk være mindre end fossile brændslers på tilstrækkelig langt sigt. Og inddrages skovrejsning i regnestykket, kan biomassens CO₂-aftryk ligefrem være negativt.

Skovenes dobbeltrolle som både lager af kulstof og leverandør af alternativer til fossile brændsler har ført til diskussion af, om brug af biomasse er godt eller skidt for klimaet. Spørgsmålet har fyldt meget i medierne og fremprovokerer ofte stærke følelser. Fortalere ser biomasse som en billig og fleksibel måde at komme af med de fossile brændsler på i en fart, mens kritikere påpeger, at afbrænding af biomasse nedbringer skovenes kulstoflager og sender CO₂ ud i atmosfæren, som det, selv hvis skoven genetableres, kan tage mange år at optage igen. Centralt i den diskussion er, hvad biomassens reelle CO₂-aftryk er, og det kaster dette afsnit lys over.

CO₂-aftryk

Dette er ikke et klart defineret begreb.

Her i kapitlet bruges det som et løst udtryk for graden af CO₂-belastning af atmosfæren ved biomasseforbrug.

Genplantning og tidsperspektiv er afgørende for klimavenlig biomasse

Afbrænding af biomasse udleder CO₂ fra skorstenen ligesom alle andre kulstof-baserede brændsler. I det lys kan det synes selvmodsigende, at biomasse de fleste steder opfattes som en CO₂-neutral energiform. Argumentet bag opfattelsen er todelt. For det første argumenteres det, at rigtig meget af den biomasse, der bruges i dag, er restprodukter, og derfor vil kulstoffet i disse produkter ende i atmosfæren, uanset om energien i træet udnyttes eller ej. For det andet vil fældning af træer til energiformål give mulighed for genplantning, hvorved de nye træer over tid vil genoptage den udledte CO₂. Set fra klimaets side er spørgsmålet om genplantning og tidsperspektivet altafgørende.

Hvis de træer, der fældes til energiformål, ikke genplanter, adskiller biomasse sig ikke synderligt fra kul. Faktisk vil biomasse i mange tilfælde udlede mere CO₂ pr. produceret energienhed end kul på grund af en lidt lavere virkningsgrad. Decideret afskovning er et stort problem særligt i mange ulande, men afskov-

ningen er typisk drevet af efterspørgsel efter landbrugsjord og ikke biomasse. Ønsket om udvidelse af landbrugsarealet vurderes at være årsag til ca. tre fjerdele af al afskovning.⁴² Og selv i tilfælde af genplantning, vil det i sig selv give anledning til udledning af CO₂, hvis en urørt skov overgår til forvaltet plantagedrift. Det skyldes, at en urørt skov i gennemsnit lagrer mere kulstof end en forvaltet skov. Ikke desto mindre er genplantning en helt afgørende nødvendig betingelse, hvis biomasse fra dedikeret hugst skal kunne siges at være et klimavenligt alternativ til fossile brændsler. Men genplantning er som nævnt ikke en tilstrækkelig betingelse, og her kommer også tidsperspektivet ind i billedet.

Genplantes det træ, den bevoksning eller den skov, som er fældet til energiformål, vil atmosfærens CO₂-indhold efter tilstrækkeligt lang tid være upåvirket. Optaget ved genplantningen vil kompensere for den udledning, som afbrænding af biomassen har givet anledning til. Men denne kompensation kan tage mange årtier, og i mellemtiden vil den ekstra CO₂ i atmosfæren bidrage til klimaforandringerne. Hvor stort dette CO₂-aftryk er, varierer på tværs af forskellige typer biomasse, og én af denne rapports konklusioner er netop, at man bør prioritere biomasse med lavt CO₂-aftryk.

Tankegangen ovenfor kan siges at beskrive et træ, der fældes, brændes af, og efterfølgende vokser op igen. I processen er atmosfæren blevet belastet med lidt ekstra CO₂ i en periode. Men hvis man i stedet tager udgangspunkt i den bare jord, hvor der plantes et træ, som efterfølgende fældes og brændes af, er der undervejs ikke udledt mere CO₂ end i udgangspunktet. I stedet har træet fungeret som et midlertidigt CO₂-lager, hvilket som afsnit 2.1 beskriver, er afgørende, hvis vi skal have en chance for at bremse klimaforandringerne. Eksemplet viser, at biomasse kan ses som både CO₂-positiv eller CO₂-negativ afhængigt af øjnene, der ser, hvilket blandt andet er én af grundene til den store diskussion på dette felt. Men skal biomassen kunne betegnes som CO₂-negativ er det afgørende, at den indledende skovrejsning netop er drevet af efterspørgsel efter biomasse, og det er nok tvivlsomt, i hvor høj grad de trods alt moderate, nuværende biomassepriser kan tilskynde til at anvende areal til skovdrift.

Endelig er det værd at huske, at restprodukter adskiller sig fra dedikeret hugst til biomasse. Her er genplantning ikke relevant, men det er tidsperspektivet til gengæld. Selv hvis biomasse i form af et restprodukt efterlades til forrådnelse i skovbunden, vil udnyttelse af biomassen til energi fremskynde udledningen af CO₂ – i nogle tilfælde ubetydeligt, men i andre tilfælde i mange år. Sidstnævnte situation giver derfor også øget koncentration af CO₂ i atmosfæren i en årrække. Derfor kan man ikke bare skære restprodukter over én kam som klimamæssigt uskadeligt. Dertil kommer, som afsnit 2.2 påpeger, at mængden af reelle restprodukter, som Jorden bæredygtigt kan producere, er begrænset. Derfor kan øget udnyttelse af restprodukter fra fx dansk side potentielt presse andre lande til at bruge mindre klimavenlige biomassekategorier.

Øget biomasseforbrug giver et pust af CO₂ til atmosfæren

Fokus på det enkelte træ er velegnet til at forstå behovet for genplantning, men det er ikke illustrativt for den måde, en forvaltet skov som oftest drives på, og som størstedelen af den danske biomasse kommer fra. En forvaltet skov er typisk opdelt i et antal parceller, som fældes i takt med, at træerne når en ønsket

Dedikeret hugst

Hermed forstås, at træerne fældes specifikt med henblik på udnyttelse til energi. Modsat taler man om restprodukter, hvor træerne fældes med henblik på udnyttelse til fx byggematerialer, og hvor træresterne udnyttes til energi. Der er dog, som boks 2.3 forklarer, en glidende overgang mellem de to kategorier.

CO₂-positiv eller CO₂-negativ

Biomasseforbrug er CO₂-positivt, hvis det midlertidigt eller permanent øger CO₂-indholdet i atmosfæren. Omvendt er det CO₂-negativt, hvis det tilskynder til skovrejsning, som midlertidigt eller permanent lagrer CO₂.

størrelse. Det betyder, at skovens parceller på et givet tidspunkt er i forskellige udviklingsstadier. Nogle vil være modne og klar til fældning, andre vil være nyfældede og klar til genplantning, mens endnu andre vil være i en intensiv vækstfase med et stort optag af CO_2 til følge. Dermed vil hugst og udledning fra én del af skoven ske samtidig med optag fra en anden del af skoven. Hvis udledninger og optag er lige store, siges skoven at være i balance.

De færreste skove er i balance hele tiden. I stedet vil skovens kulstofpulje i nogle perioder vokse og andre perioder skrumpes. Ikke desto mindre kan det være illustrativt at betragte en skov i balance som en analytisk ramme til at analysere CO_2 -effekterne ved biomasse fra dedikeret hugst. Dette sker på stiliseret vis i figur 2.4.

Figur 2.4 viser en forvaltet skov, hvor der løbende tages biomasse ud til energiformål gennem dedikeret hugst. De blå linjer angiver et referencescenarie, hvor skovens hugst og optag balancerer, mens de grønne linjer viser en situation, hvor forbruget af biomasse og dermed hugsten i skoven øges permanent. Som vist i figur (a) stiger udledningerne fra biomassekraftværkernes skorstene til et permanent højere niveau. Den øgede hugst i skoven giver over tid mulighed for, at skoven kan optage mere CO_2 , fordi skovens træer nu i gennemsnit er yngre, og da yngre træer i en periode vil have større vækst og dermed et større optag. Det er vist i figur (b). Trækkes optag fra udledninger, fås nettoudledningen i figur (c). Nettoudledningen er nul i referencescenariet og afspejler, at i en skov i ligevægt vil den biomasse, som tages ud og brændes af, blive optaget med det samme, hvis man betragter hele skovens areal. Der er altså ingen tidsmæssig forskydning mellem udledning og optag. Men øget hugst til energiformål giver derimod anledning til en umiddelbar positiv nettoudledning, der klinger af i takt med, at skovens kulstofoptag tiltager. Her er dermed en tidsmæssig forskydning, hvor udledninger i en periode kommer før optag. Nettoudledningen er et udtryk for en reduktion af skovens kulstofpulje, hvilket figur (d) viser. Denne pulje er konstant i referencen, hvor udledninger og optag balancerer. Med øget hugst stabiliseres kulstofpuljen over tid på et nyt og lavere ligevægtsniveau, hvor udledninger og optag igen balancerer. Figur (e) viser forskellen i kulstofpuljen mellem de to scenarier. Denne forskel udtrykker den akkumulerede merudledning ved den øgede hugst og dermed påvirkningen af atmosfærens CO_2 -koncentration. Figuren viser, at den akkumulerede merudledning vokser med aftagende hastighed for til sidst at nå et stabilt niveau.

Permanent øget hugst til energiformål øger således CO_2 -indholdet i atmosfæren, men forøgelsen klinger af og ophører på et tidspunkt. Man kan betegne effekten som et CO_2 -pust, idet et pust er midlertidigt i modsætning til den varige CO_2 -strøm, som permanent øget forbrug af fossile brændsler eller biomasse uden genplantning vil give. CO_2 -pustet er i figur (c) angivet med det stiplede areal, hvilket er identisk med den maksimale højde af kurven i figur (e).

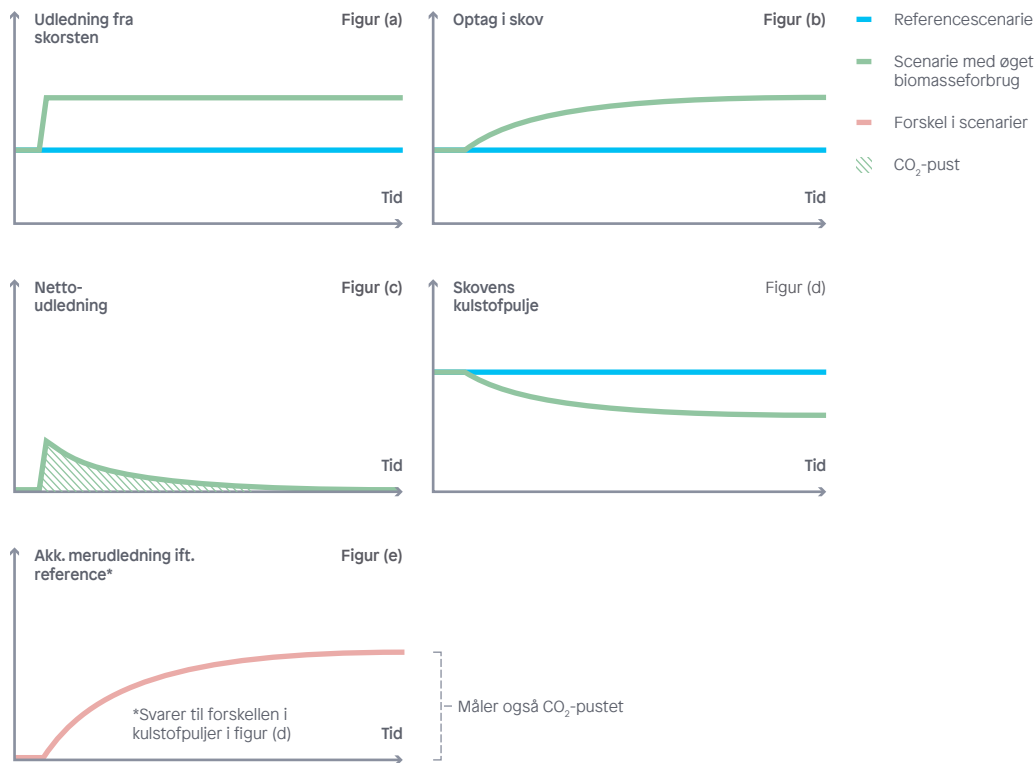
Undertiden argumenteres der for, at biomasse fra skove i vækst er klimamæssigt uproblematisk, blot noget af tilvæksten ikke fældes. Havde figur 2.4 vist en skov i vækst frem for en skov i balance, ville figur (e) ikke ændres. Igen ville budskabet være, at øget hugst vil reducere skovens kulstofpulje sammenlignet med en situation med uændret hugst. Den generelle pointe med figur 2.4 er derfor, at

Nettoudledning fra skov

En skovs nettoudledning defineres her som CO_2 -udledningen fra afbrænding af den biomasse, der tages ud af skoven, fratrasket skovens optag af kulstof, opgjort som CO_2 .

Skov i vækst

Visse analyser bruger skovens kulstofpulje i udgangsåret som reference. Så fremstår hugst fra skove i vækst CO_2 -mæssigt uproblematisk, hvis man blot lader noget af tilvæksten stå. Men denne tilgang tager ikke højde for, hvor meget skoven ville have vokset uden øget hugst.⁴⁵



Figur 2.4 Stiliseret illustration af effekten af øget biomasseforbrug sammenlignet med en referenceskov i ligevægt

Anm. 1: Figuren forudsætter dedikeret hugst til energiformål, hvilket vil sige, at hugsten afbrændes med det samme. Benyttes restprodukter i stedet for dedikeret hugst giver det samme kvalitative resultat, hvilket figur 2.5 nedenfor viser.

Anm. 2: Skalaerne på figurernes lodrette akser varierer af illustrative grunde.

Kilde: Klimarådet.

permanent øget hugst i eksisterende skove, med det formål at øge forbruget af biomasse, praktisk taget altid vil medføre et CO₂-pust. Dermed belastes klimaet også ved at øge hugsten fra en skov i vækst.

Skove eller hele landskaber i balance udleder samlet set ikke CO₂ til atmosfæren. Det kan i praksis være umuligt at afgøre, om en skov balancerer, men balance er en teoretisk ligevægtstilstand, man som skovejere kan efterstræbe. Dermed belaster udtag af biomasse fra skove i tilstræbt balance ikke atmosfæren i afgørende grad. Alligevel kan man dog ikke konkludere, at det er helt klimamæssigt uproblematisk at anvende biomasse fra en sådan balanceret skov. Det skyldes, at hvis man afstår fra hugst og udtag af biomasse, vil skovens kulstofpulje vokse til et højere niveau, og noget af det oprindelige CO₂-pust vil blive optaget igen. Det er dog en alt andet lige-betragtning, idet mindre biomasseefterspørgsel potentielt kan betyde, at skovens areal vil blive brugt til noget helt andet, som vil lagre mindre CO₂, end når arealet er beplantet med skov.

Udledningsfrie energikilder

Denne betegnelse omfatter blandt andet teknologier som vindmøller, solceller, geotermi, atomkraft og varmepumper. Betegnelsen inkluderer ikke eventuelle udledninger fra opførelsen af de forskellige energianlæg. På lignende vis fører fældning og transport af biomasse til udledninger, som heller ikke indgår i overvejelserne om CO₂-aftryk i dette kapitel.

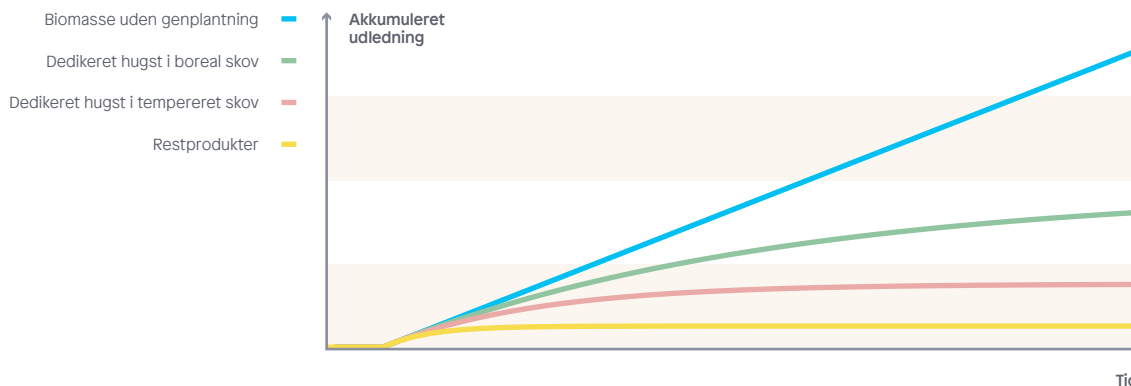
Figur 2.4 viser konsekvenserne, når biomassehugsten til energiformål øges permanent i en forvaltet skov. Er den øgede hugst kun midlertidig og ophører igen, vil CO₂-pustet blive opsøget igen af skovens genvækst. Derfor vil brug af biomassen kunne betragtes som værende CO₂-neutral på tilstrækkeligt langt sigt. Men indtil den udledte CO₂ er genoptaget, vil atmosfærens indhold af CO₂ alt andet lige være større som følge af biomasseafbrændingen. Og jo mere CO₂ i atmosfæren, jo varmere bliver kloden. Derfor vil biomasse aldrig kunne siges at være CO₂-neutral på linje med udledningsfrie energikilder som vindmøller og solceller, heller ikke selv om den kommer fra forvaltede skove, der genetableres.

Forskellige biomassefraktioner har forskellige CO₂-aftryk

Størrelsen af CO₂-pustet som vist i figur 2.4(c) og 2.4(e) er afgørende for CO₂-aftrykket ved biomasse. Pustet vil dog variere for forskellige biomassefraktioner alt afhængigt af faktorer som trætype, jordbundsforhold, klimazone, skovdriftspraksis herunder genplantning, og om der er tale om restprodukter eller ej. Størrelsen af CO₂-pustet er omtrentligt proportionalt med den tid, det tager for en fældet bevoksning at vokse til sin oprindelige størrelse, så jo hurtigere skoven vokser, jo mindre er CO₂-pustet.

Figur 2.5 er en udvidelse af figur 2.4(e) og illustrerer størrelsen af CO₂-pustet for forskellige biomassefraktioner. Er der tale om egentlige restprodukter uden anden anvendelse end til energi, vil CO₂-pustet være begrænset, og påvirkningen af atmosfæren skyldes kun, at restprodukters indhold af kulstof ender hurtigere i atmosfæren, når det brændes af, end når det alternativt fx får lov at rådne i skoven. Boks 2.3 uddyber begrebet restprodukter. I den anden ende af spektret findes forbrug af biomasse, hvor der ikke genplantes, altså afskovning. I det tilfælde er biomassen CO₂-mæssigt at regne for et fossilt brændsel, og CO₂-pustet er reelt uendeligt stort svarende til en CO₂-strøm. Figuren viser også eksempler på de akkumulerede udledninger fra dedikeret hugst til energiformål fra skov i henholdsvis tempererede og boreale områder. Forskellen på de to er hastigheden med hvilken, skoven vokser.

Boreale områder
Disse kaldes også subpolare områder og består af store skovområder i Rusland, Canada, Alaska og de nordiske lande.



Figur 2.5 Stiliseret illustration af udledningerne fra forskellige biomassefraktioner

Kilde: Klimarådet.

Boks 2.3 Hvad er et restprodukt?

Der findes ikke en klar og bredt accepteret definition af, hvilke typer af biomasse der kan betegnes som restprodukter. Det giver en risiko for, at visse typer biomasse klassificeres som restprodukter uden reelt at være det.

Tanken om restprodukter bygger på en skovdrift, der producerer gavntre til fx møbler og byggematerialer, mens grene og toppe kan bruges til energiformål. Førstnævnte produkt udgør i de fleste tilfælde skovdriftens mest værdifulde indtægtskilde og kan derfor betegnes som skovdriftens hovedprodukt, mens biomassen til energi så er biproduktet.

Set fra et økonomisk synspunkt er biproduktet et decideret restprodukt, hvis det ikke giver skovejeren en indtægt, altså hvis salgsprisen ikke overstiger omkostningerne ved at indsamle og eventuelt omdanne grene og toppe til flis. I dette tilfælde påvirker efterspørgslen efter biomasse ikke skovejerenes beslutning om, hvornår og hvor mange træer, der skal fældes, og derfor afhænger biomassens CO₂-aftryk kun af, hvor lang tid det alternativt ville tage for træet at rådne op. Hvis biomassen derimod bidrager med en indtægt til skovdriften, vil denne indtægt tilskynde skovejeren til at øge skovens produktion af både hoved- og biprodukt og fx fælde flere træer, end vedkommende ellers ville have gjort. Dermed kan biomassen ikke betegnes som et reelt restprodukt i økonomisk forstand.

Der er reelt tale om et spektrum fra det rene restprodukt, der slet ikke påvirker hovedproduktionen, til dedikeret biomassehugst, hvor træfældningen udelukkende er motiveret af salg til energiformål, og man har derfor i skovbruget heller ikke traditionelt haft en kraftig skelnen mellem hoved- og biprodukt.

Et eksempel på et muligt restprodukt er savspåner fra opskæring af tømmer på savværket, mens et andet er ovennævnte grene og toppe fra de træer, der fældes, og som efterlades i skoven. Sådanne rester vil ofte blive efterladt til forrådnelse eller blive afbrændt på stedet, hvis de ikke bliver indsamlet og anvendt til bioenergi. Døde træer i skoven, meget små tyndingstræer, der i en normal skovforvaltningspraksis efterlades til forrådnelse i skoven, eller levende træer af dårlig kvalitet, er meget tæt på at være rene restprodukter.⁴⁴

EU-Kommissionens forskningscenter har peget på, at resttræ fra skoven kan have andre anvendelsesmuligheder end energi.⁴⁵ Fx er der eksempler fra træva-reindustrien på, at træ, der anvendes til træflis, alternativt kunne have været anvendt til træplader. Hvis der er sådanne alternative anvendelser, er det mere sandsynligt, at prisen på resttræet er så høj, at det ikke længere kan karakteriseres som et restprodukt i økonomisk forstand. Den danske brancheaftale for bæredygtig biomasse sigter mod at udvikle metoder til at dokumentere, at de benyttede såkaldte restprodukter ikke har højværdianvendelser som alternativ til energi.⁴⁶

Tilbagebetalingstid

Begrebet tilbagebetalingstid defineres forskelligt i litteraturen. Definitionen brugt her svarer til, hvad der ofte betegnes *carbon sequestration parity time*.

I den faglige litteratur på området bruges ofte begrebet tilbagebetalingstid til at sætte tal på CO₂-aftrykket fra forskellige biomassefraktioner. Tilbagebetalings-tiden defineres som den tid, det tager, før de akkumulerede nettoudledninger ved biomasse – altså som vist i figur 2.4(e) – er lavere end de akkumulerede nettoudledninger fra et fossilt alternativ. I starten vil biomasseforbruget i mange tilfælde give anledning til en større belastning af atmosfæren, da biomasse er et mindre energitæt produkt end fx kul, men over tid vil det øgede optag i skoven gøre, at udledningerne fra det fossile alternativ bliver størst. Bemærk, at tilbagebetalingstiden i denne definition er et relativt begreb, mens CO₂-pustet som vist i figur 2.4 er et absolut begreb, idet der ikke skeles til, hvordan energien kunne være blevet produceret som alternativ til biomasse.

Beregningen af tilbagebetalingstider afhænger af den specifikke kontekst, herunder biomassefraktionens karakteristika og det fossile alternativ. Tabel 2.1 viser et eksempel på et studie, der angiver minimums- og maksimumsestimater for forskellige biomassefraktioner.

Tabel 2.1 udviser store spænd mellem minimums- og maksimumsestimaterne. Det understreger, at det i høj grad er kontekstspecifikt, hvad tilbagebetalingstiderne reelt er, idet detaljerne og beregningsmetoderne i det konkrete studie er af afgørende betydning.⁴⁷ Tabellen giver dog anledning til fire overordnede konklusioner. For det første er tilbagebetalingstiden ved restprodukter væsentligt lavere end ved dedikeret hugst til biomasse. For det andet kan tilbagebetalings-tiden ved restprodukter i visse tilfælde komme helt ned under ét år, når kul er alternativet. For det tredje er det muligt, at tilbagebetalingstiden ved dedikeret hugst kan være mere end 100 år selv med et fossilt alternativ. For det fjerde viser de store forskelle i tilbagebetalingstid, at det ikke er uvæsentligt for klimaet, at biomasse med lave tilbagebetalingstider og et lille CO₂-aftryk prioriteres.

Rådnetid

Et studie har estimeret forrådnelsen til 40 pct. om året for blade og nåle, 11,5 pct. om året for grene og 2 pct. om året for større træstykker.⁴⁸ Det betyder, at halvdelen af biomassen vil være rådnet efter henholdsvis knap 2 år, lidt over 6 år og næsten 35 år. 90 pct. er væk efter henholdsvis 6, 20 og 115 år.

Restprodukters CO₂-aftryk og tilbagebetalingstid er især givet ud fra, hvor hurtigt træet alternativt ville have rådnet i skovbunden eller et andet deponeringssted. Rådnetiden varierer meget alt afhængigt af typen af restprodukt, og for visse restfraktioner vil indsamling og afbrænding til energiformål medføre, at udledningerne til atmosfæren fremskyndes betydeligt, hvilket potentielt er skadeligt

Klimazone	Produkt	Fossilt alternativ	Minimum (år)	Maksimum (år)
Borealt	Restprodukt	Kul	0	16
Borealt	Restprodukt	Naturgas	4	44
Tempereret	Dedikeret hugst	Fossilt miks	35	50
Borealt	Dedikeret hugst	Kul	17	114
Borealt	Dedikeret hugst	Naturgas	300	400

Tabel 2.1 Tilbagebetalingstid for forskellige biomassefraktioner, alternativt fossilt brændsel og klimazone

Anm.: Tabellen er et uddrag af en tabel i nedenstående kilde.
Kilde: Lamers og Junginger, *The 'debt' is in the detail: A synthesis of recent temporal forest carbon analyses on woody biomass for energy, Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 2013.

for klimaet. Yderligere kan indsamling af restprodukter forhindre, at rødder og stubbe formuldes, hvorved kulstoffet ender i atmosfæren fremfor at blive optaget i jorden. Det kan også udpine skovbunden og dermed forhindre en bæredygtig skovdrift, ligesom det kan have skadelig virkning for skovens biodiversitet.

Efterspørgsel efter biomasse påvirker skovejernes adfærd

Dette afsnit har indtil videre anlagt en alt andet lige-tilgang til spørgsmålet om biomassens CO₂-aftryk. Det vil sige, at øget hugst i skoven eller øget indsamling af restprodukter til energiformål sammenlignes med en situation, hvor man lader de ekstra træer stå eller de ekstra restprodukter ligge, mens al anden adfærd antages uændret. Denne afgrænsede tilgang er hensigtsmæssig, når man vil undersøge de rent fysiske konsekvenser af biomasseforbrug, men tilgangen udelader en række afledte effekter, som også kan være relevante at tage i betragtning.

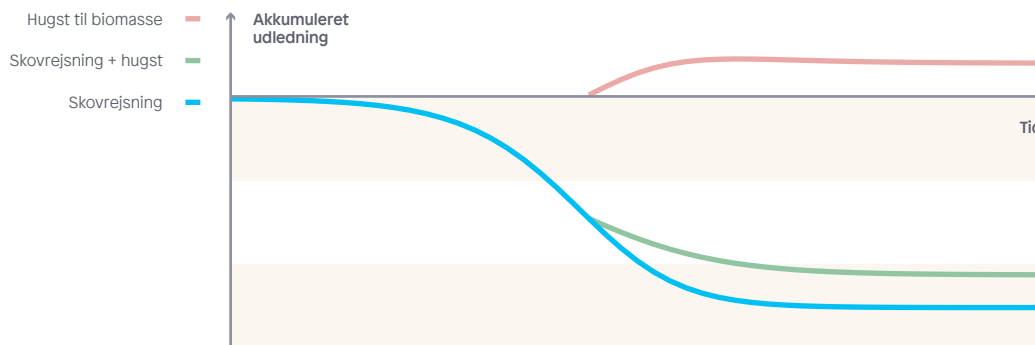
En forvaltet skovs kulstofpulje bestemmes i høj grad af, hvordan skovejeren driver skoven. Øget efterspørgsel efter biomasse vil hæve prisen på biomasse, og det kan tilskynde skovejeren til at ændre sin drift. Bedre økonomi i biomasseproduktion kan gøre det fordelagtigt for skovejeren at foretage investeringer, der øger skovens produktivitet, og disse investeringer kan potentielt kompensere for den øgede hugst, så skovens kulstofpulje faktisk øges.⁴⁹ Et eksempel herpå er brug af ammetræer. Hvis ammetræerne ikke kan give et afkast i sig selv, er det ofte et dyrt tiltag, men muligheden for at sælge dem til bioenergi kan gøre det rentabelt. Øget forbrug af biomasse baseret på ammetræer har stadig isoleret set et CO₂-aftryk, men ser man på produktionen som helhed, og inkluderer man tiltag som fx ammetræer, er CO₂-neutralitet eller sågar CO₂-negativitet en mulighed.

Ammetræer

Her er tale om hurtigvoksende træer, der plantes ved en bevoksnings begyndelse for at beskytte de små træer, og som fældes i takt med, at de blivende træer kan udnytte hele vækstrummet.

Skovrejsning udgør et lignende eksempel. Stigende biomassepriser kan tilskynde jordejere til at plante ny skov med henblik på biomasseproduktion, og selv om denne skov senere skulle blive helt eller delvist fældet, er der ikke på noget tidspunkt udledt mere CO₂ til atmosfæren end i en situation uden skovrejsning. I stedet er der over tid opbygget et midlertidigt eller permanent CO₂-lager. Dermed kan skovrejsning og hugst til biomasse i kombination anses som CO₂-neutralt eller sågar CO₂-negativt, som vist med den grønne linje i figur 2.6, der viser de akkumulerede udledninger på samme måde som figur 2.4(e). Skiller man skovrejsning og hugst ad, er skovrejsningen i sig selv CO₂-optagende, som vist med den blå linje, mens hugsten vist med rød giver anledning til et CO₂-pust. Selve afbrændingen af biomasse har altså isoleret set stadig et CO₂-aftryk, da man hypotetisk kunne have ladet den nyrejste skov stå i stedet for at hugge i den til energiformål. Men hvis hugsten er motivationen for, at skoven overhovedet bliver rejst, vil det ikke være tilfældet. For at vurdere CO₂-aftrykket er man derfor nødt til at se på, hvordan arealet alternativt ville være blevet anvendt.

Et tredje eksempel er udskiftning af træarter. Hvis priserne på bioenergi er høje som følge af øget efterspørgsel, vil det tilskynde skovejeren til at etablere bevoksninger med det ene formål at producere bioenergi, som fx kan være poppel under danske forhold. De vokser hurtigere end træarter, som traditionelt bruges til træ- og møbelindustri, og optager derfor hurtigere CO₂ fra atmosfæren. Til gengæld er der risiko for, at fx møblerne i stedet bliver produceret af andre materialer, som potentielt er mere udledningsintensive. Det er dog kun et



Figur 2.6 Stileret illustration af effekten på de akkumulerede udledninger af skovrejsning til biomasseproduktion

Anm. 1: Figuren viser de akkumulerede udledninger af, at en ny skov plantes, hvorefter der efter noget tid begyndes udtag af biomasse til energiformål. Udtaget genetableres.

Anm. 2: Negative udledninger svarer i figuren til et optag.

Kilde: Klimarådet.

klimatekst i det omfang, der ikke tages tilstrækkeligt hånd om disse udledninger i klimaopgørelser og klimamål. Yderligere kan der være andre hensyn til skovdriften som påvirkes herved – fx naturbeskyttelse og friluftsliv.

Øget efterspørgsel efter biomasse giver således helt generelt anledning til et væld af afledte effekter. Her kan også nævnes ILUC-effekten, hvor skovrejsning på landbrugsjord kan føre til afskovning andetsteds i verden for at skaffe mere landbrugsjord, så fødeproduktionen kan opretholdes. På den måde risikerer skovrejsning, som umiddelbart gavner klimaet, samlet set at øge indholdet af CO_2 i atmosfæren, hvis der er en afledt effekt i form af øget pres på arealer og derved afskovning andetsteds. Dette eksempel viser, at det ofte er detaljerne i det enkelte projekt, der afgør, om biomasse øger eller begrænser indholdet af CO_2 til atmosfæren.

CO_2 fra biomasse hæver (også) den globale temperatur

Afsnittet har hidtil fokuseret på biomassens CO_2 -aftryk. Det er dog de afledte konsekvenser af høj koncentration af CO_2 i atmosfæren, som betyder noget for Jordens indbyggere, og derfor er det relevant kort at perspektivere til, hvordan CO_2 fra biomasse påvirker klimaforandringerne udtrykt ved fx den globale temperatur.

Afsnittet har illustreret, at et større forbrug af biomasse giver et CO_2 -pust, som øger koncentrationen af CO_2 i atmosfæren, sammenlignet med en situation med uændret forbrug. Klimavidenskaben har med solid evidens slået fast, at det vil give anledning til højere global temperatur og andre skadelige klimaforandringer. Størrelsen af disse forandringer afhænger for dedikeret hugsts vedkommende især af, hvor hurtigt de fældede træer vokser op igen, og for restprodukters vedkommende af, hvor hurtigt biomassen kulstof vil ende i atmosfæren, hvis den ikke anvendes til energi.

Ophører forbruget, genoptages den udledte CO₂ over tid fra atmosfæren. Men temperatureffekten af den midlertidigt udledte CO₂ kan vare ved længe efter, at atmosfærens CO₂-indhold er bragt tilbage på det niveau, det ville have været uden det konkrete merforbrug af biomasse. Denne såkaldte persistens skyldes trægheder i klimasystemet og kan vare flere årtier. Det betyder, at CO₂ ikke blot anretter skade på klimaet, når den er i atmosfæren, men også længe efter.

Midlertidig ophobning af CO₂ som følge af biomasseafbrænding kan endda have endnu længerevarende effekter. Det skyldes, at Jordens klimasystem ikke er lineært, men indeholder såkaldte 'tipping points', som, hvis de overskrides, kan føre til irreversible klimaforandringer. Her er pointen helt generelt, at selv om udledning af CO₂ senere måtte blive opsuget, genoptaget eller på anden vis fjernet fra atmosfæren, risikerer fx Grønlands indlandsis at være smeltet i mellemtiden, og den fryser ikke til igen inden for overskuelige tid, selv om CO₂-koncentration og senere temperatur måtte vende tilbage til udgangspunktet. Der er bred enighed i forskerkredse om eksistensen og vigtigheden af 'tipping points', men det diskuteres ved hvilken CO₂-koncentration og temperatur, de befinder sig.⁵⁰

'Tipping points'

Eksempler på 'tipping points' er tab af havis i Arktis og omkring Antarktis, forandring af monsunvindene og optøning af permafrost med udledning af metan til følge.

2.4 Konklusioner

Dette kapitel diskuterer skovenes og biomassens betydning for klimaet og potentialet for et bæredygtigt forbrug af biomasse på globalt plan. På denne baggrund konkluderes følgende:

- Skovenes kulstofpuljer spiller en vigtig rolle for det globale kulstofkredsløb og bidrager til at begrænse den globale opvarmning ved at optage store mængder CO_2 fra atmosfæren. Samtidig er skove og andre plantekilder leverandør af biomasse. Dette er en potentiel konflikt, hvorfor brugen af biomasse bør overvejes nøje i fremtidens globale energisystem.
- Skovenes biomasse er en begrænset ressource. Der er grænser for, hvor meget træ der vil kunne anvendes til bioenergi uden at det medfører en reduktion af skovenes kulstofpuljer, evt. i form af permanent afskovning. Det er derfor vigtigt, at anvendelse af biomasse rettet mod at modvirke klimaforandringerne ikke mindsker skovenes evne til at optage og lagre CO_2 .
- Afbrænding af biomasse, herunder træ, udleder CO_2 til atmosfæren. Derfor kan biomasse ikke siges at være CO_2 -neutral på linje med udledningsfrie energikilder som fx vindmøller eller solceller. Men hvis biomassen fra fx skov genetableres, vil den udledte CO_2 over tid vende tilbage fra atmosfæren til skovens og planternes kulstofpulje, hvis biomasseforbruget reduceres igen. Det står i stærk kontrast til fossile brændsler og betyder, at et gennemtænkt forbrug af biomasse, i bestræbelserne på at gøre samfundet uafhængig af fossile brændsler, kan være et vigtigt redskab til at indfri Parisaftalen.
- Der er store forskelle på CO_2 -aftrykket fra forskellige typer af træbaseret biomasse brugt til energiformål. Fx har resttræ fra produktion af træprodukter et lille CO_2 -aftryk, mens fx biomasse fra skove, der overgår til anden arealanvendelse efter skovfældning, og hvor der derfor ikke genplanteres, har et stort CO_2 -aftryk. Biomasse fra tilplantede skove, som ikke var blevet plantet, hvis der ikke var efterspørgsel efter biomasse, eller fra intensivering af skovdriften kan ligefrem have et negativt CO_2 -aftryk. Disse forskelle gør det vigtigt at prioritere biomasse med et begrænset CO_2 -aftryk.

” Da biomasse og særligt restprodukter er en begrænset ressource, er der grænser for, hvor store mængder bioenergi skovene kan levere, uden at der gøres indhug i kulstofpuljerne.

5

Inddragelse af skovene i
klimamålene

Som beskrevet i kapitel 2 er en fortsat forøgelse af landenes kulstofpuljer i jord, skove og planter af stor betydning for klimaet. Da denne rapport fokuserer på brugen af træ primært fra skove til energiformål, zoomer dette kapitel ind på, hvordan landene mest hensigtsmæssigt kan inddrage udledninger og optag i relation til træbaseret biomasse i klimamålene, så landene tilskyndes til at øge skovenes optag af CO₂.

Skal verden nå Parisaftalens mål om at begrænse den globale temperaturstigning, er det blandt andet nødvendigt med øget optag af kulstof i skov. De fleste lande har hidtil ikke inkluderet skovene i deres klimamål, men dette ændres med Parisaftalen, ifølge hvilken landene skal gøre en indsats for at fastholde og øge kulstofpuljerne i jord, skove og planter.

Reguleringen bør derfor fremover udformes således, at landene gives incitamenter til at øge skovenes kulstofpuljer. Det er samtidig afgørende, at reguleringen af landenes kulstofpuljer ses i sammenhæng med landenes klimamål. De hidtil indmeldte klimamål er ikke tilstrækkeligt ambitiøse til at indfri Parisaftalens klimamålsætninger.

Skovenes kulstofpuljer vil fremover på forskellig vis blive inddraget i mange landes klimamål. Det er vigtigt, da biomasse fra skovene ser ud til at skulle spille en stadig større rolle i fremtidens energiforsyning.

Indtil nu har skovenes kulstofpuljer i de fleste tilfælde ikke været inkluderet i landenes klimamål. Det er problematisk, blandt andet fordi udledningen af CO₂ fra

afbrænding af træ ikke tælles med der, hvor træet brændes af, men efter reglerne skal bogføres i klimaregnskabet i det land, der producerer biomassen. Konsekvensen af dette er, at det er tvivlsomt, om CO₂-udledningen fra biomasse og den deraf følgende potentielle reduktion af skovenes kulstofpuljer får betydning for producentlandenes klimamål. Det betyder, at de lande der importerer og afbrænder biomassen, ikke nødvendigvis kan være sikre på, at brugen af biomasse medfører reelle gevinster for klimaet. Dette er endnu en årsag til, at det er vigtigt at inddrage skovenes kulstofpuljer i landenes klimamål.

Det er dog ikke uproblematisk at inddrage skovene i landenes klimamål, og i nogle tilfælde kan det have den modsatte effekt af hensigten. Der er flere årsager til problemerne:

1. Det er vanskeligt at opgøre udledninger og optag fra skovenes store kulstofpuljer med præcision.
2. Landenes forskelligheder vanskeliggør en fælles tilgang, og landene planlægger at benytte vidt forskellige metoder til at inddrage skovenes kulstofpuljer i klimamålene.
3. Det er usikkert, om inddragelsen af skovene i klimamålene vil ske på en måde, der tilskynder til at øge skovenes kulstofpuljer, og hvis reglerne udformes med henblik på at generere kreditter, kan de i værste fald svække landenes klimamål.

Ifølge Parisaftalen skal landene gøre en indsats for at bevare og øge kulstoflagrene i blandt andet skove, og det bliver derfor nødvendigt at finde en løsning på de ovennævnte problemer.

For at begrænse ophobningen af CO₂ i atmosfæren, bør landene udforme klimamål og klimaregulering på en måde, som tilskynder landene til at øge skovenes kulstofpuljer udover, hvad der ville være sket uden klimatiltag. Det er derfor vigtigt, at klimamålenes størrelse fastsættes med udgangspunkt i de bogføringsregler, der skal gælde for skovsektoren. Hvis reglerne for bogføring først fastlægges efter fastsættelsen af klimamålene, er der risiko for, at skovsektoren kan generere en stor mængde kreditter, som kan udhule klimamålene og gøre det sværere at indfri Parisaftalens målsætninger.

Desuden forventes skovene heller ikke altid inddraget i landenes klimamål på en måde, der tilskynder landene til at øge eller bevare skovenes kulstofpuljer. Det betyder, at producentlandenes klimamål ikke i sig selv sikrer, at Danmark kan regne med, at den biomasse der importeres har en gavnlig klimaeffekt. Der er derfor behov for at indarbejde klimakriterier i bæredygtighedskriterierne for fast biomasse, som kan sikre, at der anvendes biomasse med et lavt CO₂-aftryk.



3.1 Opgørelse af ændringer i skovenes kulstofpuljer

For at sikre en hensigtsmæssig regulering af CO₂-udledningerne med udgangspunkt i klimamålsætninger kræver det præcise opgørelser af udledningerne fra de forskellige sektorer. Det er vanskeligt at opgøre udledninger og optag fra skovenes kulstofpuljer med præcision, fordi de årlige ændringer er relativt små set i forhold til skovenes meget store kulstofpuljer. Hertil kommer, at det kan være vanskeligt at adskille naturlig udvikling fra menneskeskabte aktiviteter, idet landene kun er forpligtet til at rapportere om menneskeskabte ændringer i kulstofpuljerne. Derfor er det svært at opgøre skovenes samlede bidrag til klimaindsatsen.

UNFCCC

Forkortelse for *United Nations Framework Convention on Climate Change* - FN's rammekonvention om klimaændringer – som sigter mod at stabilisere atmosfærens indhold af drivhusgasser på et niveau, der forhindrer farlige menneskeskabte klimaændringer.

LULUCF

Forkortelsen står for *Land Use, Land Use Change and Forestry*. Landenes LULUCF-opgørelser skal estimere de årlige menneskeskabte ændringer i kulstoflagrene i jord, skove og planter som følge af arealanvendelse som fx dyrkning af jorden, ændret arealanvendelse som fx afskovning ved omlægning af arealer fra skov til landbrug og desuden ændringer i skovenes kulstofpuljer.

Ilandene har længe i medfør af Klimakonventionen og Kyotoprotokollen været forpligtet til årligt at rapportere menneskeskabte ændringer i kulstoflagrene i jord, skove og planter til UNFCCC. Udviklingslandene er først for nylig begyndt at rapportere hvert andet år. Indtil videre har landene således kun været forpligtet til at rapportere deres LULUCF-udledninger og -optag til FN, men LULUCF har med få undtagelser reelt ikke indgået i ret mange landes klimamål. Det skyldes blandt andet, at der er en række vanskeligheder forbundet med at opgøre ændringer i landenes kulstofpuljer. Nogle af årsagerne hertil beskrives i dette afsnit.

Skovenes kulstofpuljer er enorme og små udsving har stor betydning

Opgørelse af udledninger og optag fra jord, skov og planter er i mange lande behæftet med meget stor usikkerhed. Der er enorme mængder af kulstof bundet i jord, skove og planter, og det er svært at opgøre kulstofpuljerne med præcision. Det betyder, at selv i tilfælde hvor usikkerheden om den totale kulstofpulje ikke er stor, er usikkerheden i opgørelsen af selv små årlige ændringer betydelig.

Selvom ændringerne i kulstofpuljerne er relativt små, kan de være store set i forhold til den klimaindsats, der følger af landenes klimamål. Derfor kan det være en udfordring at planlægge klimaindsatsen, såfremt LULUCF-sektoren inkluderes i klimamålene. Desuden justeres estimaterne for de historiske udledninger og optag hyppigt, hvilket pludseligt kan ændre LULUCF-sektorens betydning for muligheden for at opfylde klimamålene betydeligt. Usikkerhederne er beskrevet nærmere i boks 3.1.

Ikke alle ændringer i kulstoflagrene skyldes menneskelige aktiviteter

Der sker hele tiden ændringer i kulstoflagrene, men landene skal ifølge Klimakonventionen kun rapportere menneskeskabte ændringer i skovenes kulstofpuljer. De fleste lande rapporterer derfor om forvaltede skovområder, mens uforvaltede skove ikke er omfattet, fordi de antages at være upåvirket af menneskelige aktiviteter, fx fordi de ligger langt væk fra infrastruktur.

Der er vanskeligheder forbundet med at adskille naturlige udviklinger i kulstof-puljerne fra menneskelige aktiviteter. Det er fx omdiskuteret, i hvor høj grad CO₂-optag i forvaltede skove er menneskeskabte eller ej. En del af skovenes tilvækst er direkte relateret til afbrændingen af fossile brændsler, som øger temperaturen og samtidig medfører en gødsning af skoven med CO₂ og NO_x, som udledes ved forbrændingsprocessen.¹ Nogle lande ønsker at kunne få kredit for hele skovtilvæksten uanset årsagerne til væksten. Denne kredit vil de anvende til at opfylde deres samlede klimamål og dermed reelt mindske klimamålets effekt på klimainsatsen i de øvrige sektorer. Andre lande forsøger at udforme klimamålene således, at de kun får kredit for såkaldte additionelle tiltag, som dog kan være svære at definere og måle.

LULUCF adskiller sig fra andre sektorer ved både at repræsentere udledninger og optag. Samtidig har optagene ikke nødvendigvis permanent karakter, da planternes, skovenes og jordens kulstof i mange tilfælde kan blive genudledt til atmosfæren. Et yderligere aspekt heraf er, at naturlige forstyrrelser i form af fx stormfald, skovbrande eller insektangreb kan dræbe træerne i store skovområder, hvorved kulstofpuljen på kort tid kan blive reduceret betydeligt. Dette ønsker mange lande at ekskludere fra opgørelserne med henvisning til, at sådanne naturlige forstyrrelser ikke er en følge af menneskelige aktiviteter og derfor ikke er omfattet af Klimakonventionens bestemmelser.

Der mangler viden om skovenes samlede bidrag til klimainsatsen

Det er vanskeligt at overvåge, i hvor høj grad de enkelte lande bidrager til det samlede globale optag af CO₂ i jord og skov.² Det skyldes, at det ikke er muligt at sammenligne landenes LULUCF-opgørelser med de opgørelser, IPCC refererer i sin femte hovedrapport, som fx *Global Carbon Projects* opgørelse af de estimerede globale optag af CO₂ i jord og skov. *Global Carbon Projects* opgørelser omfatter nemlig alle udledninger og optag og ikke blot de menneskeskabte.

Kapitel 2 beskriver *Global Carbon Projects* skøn for det residuale, årlige optag af CO₂ i jord og skove. Ifølge et nyere studie er dette residuale CO₂-optag mange gange større end det optag, der registreres i landenes LULUCF-opgørelser.³ Forskellene på *Global Carbon Budgets* og landenes opgørelser efterlader spørgsmålet om, hvorhenne i verden de store residuale CO₂-optag reelt finder sted. Studiet viser tillige, at CO₂-udledninger fra arealanvendelse og ændret arealanvendelse samlet set kan være mere end dobbelt så høje som landenes opgørelser. Et andet studie indikerer tilsvarende, at der kan være stor usikkerhed om verdens otte største skovlandes LULUCF-opgørelser.⁴ Satellitmålinger kan måske fremover bidrage til at øge præcisionen af opgørelserne af skovenes kulstofindhold, idet satellitbaserede studier har peget på, at skovenes levende biomasse kan indeholde mere kulstof end hidtil antaget.⁵ Alt i alt mangler der dog viden om de residuale optag af CO₂. Derfor kan der være behov for mere forskning i den globale kulstofcyklus, blandt andet af hvordan optag og udledninger af CO₂ fordeler sig hos forvaltede og uforvaltede skove samt fordelingen mellem optag i levende biomasse og i jord.

3 Inddragelse af skovene i klimamålene

Boks 3.1 Usikkerheder forbundet med forskellige måder at opgøre ændringer i kulstoflageret

Regler for landenes LULUCF-opgørelser fremgår af retningslinjer fra IPCC. Landene kan vælge forskellige metoder og grader af detaljering til at opgøre ændringerne i kulstofpuljerne i en lang række arealkategorier, herunder græsarealer, landbrugsjord, skovrejsning, skovrydning og forvaltede skovområder (eksisterende skov). Hver af disse kategorier er inddelt i underkategorier. Fx skal der for forvaltede skovområder estimeres ændringer i kulstofpuljerne i skovens levende biomasse, i dødt ved og i skovjorden. Der kan særligt være stor usikkerhed forbundet med at estimere skovjordenes kulstofpulje. Desuden skal CO₂-indholdet i træprodukter, der anvendes i producentlandet, først medregnes som udledninger efter en længere årrække. Dette gælder dog ikke eksporterede trævarer.

Nogle lande som fx Danmark har for skove valgt en metode, hvor kulstofpuljen i skovens biomasse beregnes på baggrund af stikprøveflader i skovene, hvor træerne tælles, træernes størrelse vurderes, og kulstofpuljen i levende ved opgøres på baggrund af antagelser om kulstofindholdet i forskellige trætyper. Herudover opgøres kulstofindholdet i skovjorde, dødt ved og biomasse ud fra forskellige målinger og beregningsantagelser. Denne metode kaldes *stock change*-metoden.

Andre lande anvender en anden metode, der kaldes *increment and harvest*. Denne metode er modelbaseret og ofte mere generaliseret. Metoden anvender statistik for og beregninger af skovens tilvækst- og fældningsrater.

Indtil videre synes der at være særligt stor usikkerhed om ulandenes LULUCF-opgørelser, blandt andet fordi disse lande først for nylig er begyndt at foretage jævnlige rapporteringer. Men der kan også i mange tilfælde være stor usikkerhed forbundet med ilandenes LULUCF-opgørelser.⁶

I Danmark opgøres ændringer i skovens kulstoflager af forskere fra Københavns Universitet. Gennem årene er estimerne blevet forbedret, siden man i 2002 startede med at foretage stikprøvebaserede trætællinger. Blandt andet har man fundet ud af, at kulstofindholdet pr. hektar er højere end tidligere antaget, ligesom satellitmålinger har vist, at skovarealet er større. Der er dog fortsat en estimeret usikkerhed på ca. 1,7 pct. i opgørelsen af kulstofpuljen i levende biomasse. Da der er tale om en stor kulstofpulje svarende til ca. 147 mio. ton CO₂, bliver usikkerheden omkring de årlige ændringer i kulstofpuljen meget høj. Dette er en af forklaringerne på de store udsving fra år til år i estimerne for de årlige ændringer. Usikkerheden kan reduceres ved at anvende data for en flerårig periode, hvilket man overgår til i EU fra 2021.⁷

3.2 Inddragelse af LULUCF i landenes klimamål

Parisaftalen giver mulighed for valgfrihed i forhold til, hvordan landene kan inddrage optag og udledninger af CO₂ fra skov og planter, arealanvendelse og ændret arealanvendelse (LULUCF) i deres klimamål. Effekten af klimamålene på reduktioner i udledningen af drivhusgasser bliver dermed sværere at fastslå, og det gør landenes klimamål vanskelige at sammenligne. Af den grund er det usikkert, om inddragelsen af LULUCF i klimamålene vil ske på en måde, der tilskynder til at øge eller blot fastholde skovenes kulstofpuljer. Inddragelsen af LULUCF kan i værste fald udvande landenes samlede klimainsats, hvis klimamålene og bogføringsmetoderne for LULUCF udformes med henblik på at generere LULUCF-kreditter i stedet for at tilskynde til øget kulstofoptag. Ideelt set bør landenes klimamål revideres på baggrund af de valgte LULUCF-bogføringsmetoder, hvilket der bør fokuseres på, når landene skal stramme deres klimamål under Parisaftalen i 2020.

Med Parisaftalen fra 2015 forpligtes alle lande til at opstille klimamål, og aftalen henviser specifikt til, at landene skal gøre en indsats for at fastholde og øge jordenes og skovenes kulstofpuljer. Inkludering af LULUCF i landenes klimamål har gennem årene været genstand for megen debat, idet det i praksis har vist sig umuligt at opnå politisk enighed om et fælles globalt regelsæt og fælles bogføringsregler. Nogle lande har relativt meget skov, mens andre landes skov kun udgør en beskeden del af deres landområde. I nogle lande vokser skovens kulstofpulje naturligt, mens kulstofpuljerne i andre lande reduceres enten som følge af naturlige forstyrrelser, eller fordi der foregår afskovning for at skaffe landbrugsjord. Medregning af LULUCF kan derfor have meget forskellig indvirkning i forhold til opfyldelsen af de enkelte landes klimamål, særligt hvis alle lande skulle inddrage LULUCF efter samme bogføringsmetode. Det har medført, at landene anvender meget forskellige bogføringsmetoder.

Uanset vanskelighederne forbundet med at opgøre LULUCF med præcision, er det væsentligt, at landene fastsætter klimamålsætninger og indretter klimareguleringen på en måde, som vil sikre, at skovenes kulstofpuljer fortsat øges. Det er som beskrevet i kapitel 2 nødvendigt for, at skovene fortsat kan bidrage til at dæmpe den stigning i mængden af CO₂ i atmosfæren, der opstår som følge af udledning af CO₂ ved afbrænding af fossile brændsler.

LULUCF-reglerne udformes ofte med henblik på at generere kreditter

I de fleste tilfælde har landene hidtil udformet deres klimamål på en måde, hvor LULUCF-sektorerne potentielt kan generere LULUCF-kreditter. Kreditter kan anvendes til at kompensere for udledning i øvrige sektorer og dermed øge

LULUCF-kreditter

Disse kreditter blev tilladt i Kyotoprotokollen. Kreditterne kan i begrænset omfang anvendes til at øge landenes udledningsret uden for LULUCF-sektoren som fx i transportsektoren. Ideen er, at landene kan få kredit for enten at øge optaget eller mindske udledningen fra LULUCF-sektorerne.

Debets

Debets er det modsatte af LULUCF-kreditter. Debets opstår, hvis landene ikke når de målsætninger, der stilles for LULUCF. Hvis målet eksempelvis er, at LULUCF-udledningen skal falde og udledningen i stedet stiger, opstår der debets.

den mængde af udledningsrettigheder for øvrige sektorer, der fastlægges med klimamålene. Derved udvandes effekten af klimamålene. Dog er adgangen til at anvende kreditter til at kompensere for udledninger i andre sektorer i mange tilfælde begrænset af lofter. Der har hidtil ikke været mange eksempler på lande, der samlet set har inddraget LULUCF-sektorerne på en måde, hvor reduktion af jordenes og skovenes kulstofpuljer medfører debets, altså fratræk af udledningsrettigheder i andre sektorer, hvilket ville kræve en større reduktionsindsats i øvrige sektorer for at indfri de opstillede drivhusgasreduktionsmål.

Tabel 3.1 giver et overblik over, hvordan landene planlægger at inddrage skovsektoren i klimamålene, og hvordan de planlægger at anvende forskellige bogføringsmetoder, når de inddrager LULUCF i klimamålene. Tabellen beskriver også, hvordan disse metoder kan virke, og oplister problemstillinger i forhold til, om man kan forvente en reel klimaeffekt som følge af inddragelsen af LULUCF i klimamålene. Tabellen viser, at man i nogle tilfælde nærmere kan forvente, at inddragelsen af LULUCF vil svække landenes klimamål.

Figur 3.1 illustrerer et teoretisk regneeksempel for den mulige effekt af to af bogføringsregler, som anvendes ved inddragelse af LULUCF i landenes klimamål. Regneeksemplet tager udgangspunkt i Rusland, som er verdens mest skovrige land og som har udtrykt ønske om at medregne flest mulige kreditter fra skovenes vækst i sit klimamål. Ruslands skoves kulstofpulje vokser, og såfremt skovenes kulstofpulje frem mod 2030 fortsætter med at vokse i samme takt som i dag, vil Rusland få et betydeligt antal LULUCF-kreditter ved anvendelse af både net-net- eller gross-net-metoden.

Den øvre del af figur 3.1 viser, at net-net-metoden i Ruslands tilfælde vil give flere kreditter end gross-net-metoden. Det skyldes, at Rusland havde en nettoudledning fra LULUCF i det valgte basisår 1990, som i 2030 forventes vendt til et nettooptag. Hvis Rusland vælger at gøre brug af disse LULUCF-kreditter, vil landet, som det ses i den nedre del af figuren, kunne øge udledningen af drivhusgasser fra andre sektorer med ca. 44-50 pct. i 2030 i forhold til udledningen i 2013. Dette skyldes for det første, at Ruslands klimamål er fastsat i relation til en meget højere udledning i 1990 inden det økonomiske sammenbrud i Østeuropa, hvorfor det reduktionsmål Rusland har fastsat, faktisk tillader udledningen at stige en lille smule, som det ses af den blå del af søjlen. For det andet skyldes det, at Rusland kan vælge at anvende LULUCF-kreditter til at øge udledningsretten i andre sektorer, og dermed vil LULUCF-kreditter anvendes til at kompensere for CO₂-udledning fra fossile brændsler.

Andre lande som, i modsætning til eksemplet med Rusland, rent faktisk har en nettoudledning fra LULUCF, fx som følge af dyrkning af landbrugsjord eller på grund af afskovning, vil ved anvendelse af gross-net metoden få debets. Hvis landene i stedet anvender net-net-metoden, vil landene kunne modtage kreditter, såfremt udledningen i målåret er lavere end i basisåret.

For lande som Canada, hvor skovenes årlige nettooptag er faldet, vil net-net-metoden give debets, mens gross-net-metoden kan give kreditter, så længe der fortsat er tale om nettooptag. For lande som USA og EU, der havde nettooptag i skove både i basisåret og målåret, vil net-net-metoden give betydeligt færre

Nr.	Metode	Hvordan virker det?	Eksempler på problemstillinger
1	Udledninger fra skovrydning pålægges ligesom andre sektorer et reduktionsmål	Skovens udledninger og optag af CO ₂ indregnes i den drivhusgasudledning, landet har fastsat reduktionsmål for. Dermed fastsættes fx et reduktionsmål for udledningen fra skovens kulstoflager som følge af afskovning. Hermed giver reduktioner kun kredit, hvis udledningen reduceres mere end det fastsatte reduktionsmål.	I praksis kan valg af basisår dog gøre, at reduktionsmålet ikke nødvendigvis får så stor en betydning for den fremtidige klimaindsats. Fx er CO ₂ -udledningen fra afskovning i Brasilien allerede reduceret meget betydeligt i forhold til det valgte basisår 2005. Brasiliens mål sikrer derfor ikke nødvendigvis en yderligere reduktion, men sikrer, at udledningen ikke stiger til 2005-niveauet.
2	Kreditmekanisme i forhold til reducerede udledninger fra ulandes afskovning, såkaldt REDD+-kreditmekanisme	Ulandene forpligter sig typisk til at opnå en vis reduktion af CO ₂ -udledningen fra afskovning i forhold til en basisfremskrivning. Yderligere reduktioner herudover kræver medfinansiering fra andre lande, sektorer eller selskaber. Donorerne modtager kreditter, som de evt. kan anvende til at kompensere egne udledninger.	Det er vanskeligt at sikre, at reduktionerne vil være permanente. Derudover er det vanskeligt at opgøre udledninger fra afskovning præcist. Endelig er det omdiskuteret, om basisscenarioet for fremtidige udledninger kan defineres på en måde, der sikrer, at landet reelt foretager en additionel indsats, som ikke ville være opstået af sig selv. Hvis dette er tilfældet, og donorlandene anvender kreditterne til at kompensere for egne udledninger, kan nettoudledningen derfor samlet set stige.
3	Mål for skovrejsning som integreret del af klimamålet	En række lande har opstillet mål for fx skovrejsning eller et vist minimumsniveau for skovens kulstofpuljer som en integreret del af deres klimamål, men i visse tilfælde uden planer om udstedelse af kreditter.	Det kan fx være uklart, hvor meget CO ₂ -optag skovrejsningen vil bidrage med, hvis fx målet er defineret som et vist areal, der skal tilplantes i løbet af en årrække.
4	Gross-net-kreditmekanisme	Det samlede årlige nettooptag af CO ₂ i skov medregnes fuldt ud i form af LULUCF-kreditter. Nettoudledninger medregnes som debets.	Rusland forventes at kunne medregne et stort antal LULUCF-kreditter, fordi skovens kulstoflager øges. Dermed kan Rusland øge den udledningsret, der følger af Ruslands 2025-klimamål betydeligt. Det vides endnu ikke, om Rusland vil anvende gross-net- eller net-net-metoden. EU anvender også gross-net-kreditmekanismen, men kun for skovrydning og -rejsning.
5	Net-net-kreditmekanisme	Meroptag i forhold til nettooptaget i et basisår medregnes som kreditter. Mindre optag i forhold til basisåret medregnes som debets. Til forskel fra gross-net-mekanismen kan lande med nettoudledninger fra kulstoflageret godt generere LULUCF-kreditter, blot udledningen er mindsket i forhold til basisåret.	USA forventes at øge den udledningsret, der følger af USA's 2025-klimamål ved at kreditere meroptag i skov i forhold til det valgte basisår 2005. Skift af basisåret fra 1990 til 2005 giver USA en fordel, fordi drivhusgasudledningen var meget højere i 2005, mens LULUCF-optaget samtidig var mindre end i dag. EU anvender også net-net-kreditmekanismen, men kun for ager- og græsjord.
6	Kreditmekanisme i forhold til basisfremskrivning eller referenceniveau	Meroptag eller merudledning i forhold til et referenceniveau for den forventede udvikling i skovens kulstofpulje medregnes som henholdsvis kreditter eller debets. Ideen er, at landet ikke kan få kredit, med mindre kulstofpuljen øges i forhold til en forventet referenceudvikling. Forskellen i forhold til gross-net-mekanismen er, at landet ikke får kredit for CO ₂ -optag, som forventes at ske under alle omstændigheder.	Anvendes fx af EU for forvaltede skovområder. Metoden er tiltænkt at give incitament til at fastholde eller forbedre skovens kulstofpulje og illustreres i figur 3.2. Men det kan være vanskeligt at fastsætte referenceniveauet for skovens fremtidige optag således, at det undgås, at der udstedes kreditter uden en additionel klimaindsats. Ligeledes diskuteres det, hvorvidt referenceniveauet bør medregne CO ₂ -udledningen ved træfældning til bioenergi, når CO ₂ -udledningen fra bioenergi ikke medregnes i drivhusgasopgørelsen.

Tabel 3.1 Forskellige metoder til at inddrage og bogføre optag og udledninger af CO₂ fra skov i landenes klimamål.

Kilde: Klimarådet.



Figur 3.1 Illustration af LULUCF-kreditmetoderne gross-net og net-net med Rusland som eksempel

Anm.: Figuren er et regneeksempel, som antager, at Ruslands årlige optag af CO₂ i LULUCF-sektoren forbliver på 2013-niveauet, hvilket ikke er sikkert.

Kilde: Klimarådet.

kreditter fra skovsektoren end gross-net-metoden. For EU's vedkommende, kan brug af den valgte kreditmekanisme i forhold til en basisfremskrivning eller et referenceniveau ende med at give debets, hvis EU opnår et mindre nettooptag i skovforvaltede områder end forventet.

Disse eksempler viser, at forskellige metoder til at inddrage LULUCF i landenes klimamål kan have vidt forskellige konsekvenser for landenes klimamål og klimainsats i øvrige sektorer. Herudover har det stor betydning, om landene fx har **punktmål**, der kun gælder for ét enkelt målar, eller om der er tale om årlige drivhusgasreduktionsmål, som øges gradvist, og om systemet udformes således, at overskydende LULUCF-kreditter kan opspares og anvendes i fremtidige målar. Herudover har det betydning, om landene fastsætter lofter for, hvor mange LULUCF-kreditter der maksimalt kan anvendes til at indfri deres reduktionsmål for den samlede drivhusgasudledning.

Punktmål

Hvis et land har sat sig et klimamål, der skal nås i et givent år ude i fremtiden, taler man om et punktmål. Alternativet er et mål, der sætter loft over udledningerne inden for fx en tiårig periode.

Inddragelsen af LULUCF risikerer at udhule landenes klimamål

Det meget store antal LULUCF-kreditter, som mange lande potentielt vil kunne generere, udgør et problem. Med kreditterne udvandes landenes klimamål, som i mange tilfælde er fastsat, før bogføringsmetoden for LULUCF i det enkelte land er bestemt. Ideelt set bør landenes klimamål revideres på baggrund af de valgte LULUCF-bogføringsmetoder, men det er uvist, om det vil komme til at ske. Samtidig er LULUCF-reglerne så komplicerede, at det bliver svært for verdenssamfundet at få en fornemmelse af, i hvilken grad de klimaløfter, som landene giver i FN reelt er noget værd, ligesom det er svært at overvåge, om løfterne holdes. Derfor er der som opfølgning på Parisaftalen brug for, at reglerne omkring LULUCF strammes, og at klimamål og LULUCF-regler tænkes sammen.

Man kan overveje indtil videre – i fravær af tilstrækkeligt stramme klimamål – at regulere LULUCF-sektorerne separat fra de øvrige sektorer i en såkaldt LULUCF-søjle. Det faktum, at der er stor usikkerhed knyttet til opgørelsen af LULUCF, og at der er tale om meget betydelige kulstoflagre, hvor de årlige ændringer kan være meget store set i forhold til de relativt beskedne reduktionsforpligtelser, taler for dette. Det kan man fx gøre ved at opstille reference-niveauer eller mål for forøgelse af skovenes kulstofpulje. Det er denne tilgang, som blandt andet EU har valgt, dog kombineret med en begrænset adgang til at anvende LULUCF-kreditter fra denne LULUCF-søjle til at reducere drivhusgasreduktionsmålsætningerne i de øvrige sektorer. EU's fremgangsmåde beskrives i afsnit 3.3.

Landenes klimamål bør strammes

UNFCCC's klimasekretariat har i en rapport fra 2016 sammenlignet alle de nationale klimamål, som hidtidigt er meldt ind til Parisaftalen, og konkluderer, at klimamålene er utilstrækkelige til at indfri Parisaftalens målsætninger, hvorfor de bør strammes.⁸

I Parisaftalen er der lagt op til en løbende dialog om, hvorvidt landene vil være villige til at øge klimamålene, således at Parisaftalens målsætninger kan indfris. I den forbindelse kan det blive en udfordring at finde en måde at udforme klimamålene eller fastsætte andre politikker, som i højere grad lægger op til, at

landene skal øge skovenes kulstofpuljer. Det kan fx ske ved skovrejsning, som kan bidrage til at øge skovenes CO₂-optag.

Samlet set er der risiko for, at landene hver især kan opstille deres klimamålsætninger på en sådan måde, at der genereres et potentielt meget stort antal LULUCF-kreditter, hvorved fx indregning af naturlige udviklinger i LULUCF-sektoren i nogle tilfælde kan udvande landenes klimamål, som det også er beskrevet i tabel 3.1. I nogle tilfælde vil der kunne stilles spørgsmålstejn ved, om landene foretager en egentlig klimaindsats, som bidrager til at øge kulstoflagrenes størrelse udover det niveau, man kunne forvente uden en klimaindsats.

3.3 Principper for inddragelsen af LULUCF i EU's klimamål

I forlængelse af Parisaftalen har EU besluttet en proces for inddragelse af LULUCF i EU's klimamål fra 2021. Systemet udformes på en måde, så skovene fremover skal levere et fortsat optag af CO₂, samtidig med at mængden af kreditter, der kan anvendes til at opfylde landenes reduktionsmålsætninger for de ikke-kvotebelagte sektorer, begrænses. Medlemslandene skal fastsætte referenceniveauer for, hvordan skovenes kulstofpuljer forventes at udvikle sig i perioden 2021-2030, hvorefter dette niveau skal opnås eller opretholdes. Der er en risiko for, at medlemslandenes referenceniveauer for skovenes fremtidige CO₂-optag samlet set fastsættes på et niveau, der vil medføre udstedelse af et betydeligt antal kreditter. Dertil kommer, at systemet udformes på en måde, der ikke nødvendigvis vil give landene incitament til at øge skovenes kulstofpuljer ved fx skovrejsning. Det er dog for tidligt at vurdere præcis, hvordan systemet vil virke i praksis.

Dette afsnit zoomer ind på, hvordan EU vil inkludere LULUCF i sit klimamål. Det er relevant for Danmark som medlem af EU, men også fordi størstedelen af den danske import af træpiller i dag kommer fra EU-lande som fx Estland og Letland. Endelig er der i visse EU-kredse et håb om, at den europæiske model kan tjene som eksempel for resten af verden.

EU skal fra 2021 sikre, at LULUCF-sektoren bidrager positivt til klimaindsatsen

LULUCF er i dag ikke omfattet af EU's klimamål, men omfattes fra 2021.⁹ EU har opsplittet sit klimamål i kvote- og ikke-kvotesektoren. Førstnævnte reguleres på EU-niveau, mens målet for ikke-kvotesektoren er fordelt ud på medlemslandene. EU har besluttet at oprette en særskilt LULUCF-søjle, idet landene dog kan anvende en mindre del af deres nettoposition i LULUCF-sektoren til at opfylde reduktionsmålet i ikke-kvotesektoren.

EU vil anvende forskellige bogføringsmetoder for forskellige kategorier af LULUCF. For forvaltede skovområder, som særligt er i fokus i denne rapport, har EU fravalgt at anvende gross-net- og net-net-metoderne. Dette er sket for at begrænse mængden af LULUCF-kreditter. I stedet har EU valgt en metode med et referenceniveau, således at der kun gives kredit, hvis skovens kulstofoptag vokser mere end forventet, hvorved det samtidig er intentionen at tilskynde til at øge CO₂-optaget i skovene. Men gross-net og net-net benyttes for andre LULUCF-kategorier som skovrejsning og -rydning samt ager- og græsgrunde, hvilket fremgår af tabel 3.2.

EU's nye LULUCF-lovgivning lægger op til, at medlemslandene hver især i perioden 2021-2030 skal bidrage til at sikre, at kulstofbalancen i jord og skov ikke forringes med forøgede udslip af drivhusgasser til atmosfæren til følge.¹⁰ Reglerne betyder i praksis, at hvis et lands samlede kulstofregnskab efter nærmere specificerede regneregler udvikler sig positivt, kan landet modregne et landespecifikt fastsat antal LULUCF-kreditter fra kategorierne skovforvaltning, skovrejsning, skovrydning, landbrugsjord og græsarealer i deres målopfyldelse i ikke-kvotesektoren. Disse LULUCF-kreditter kan enten anvendes til at indfri en del af landenes reduktionsmål i de ikke-kvotebelagte sektorer eller sælges til andre lande, som kan dække debets i deres LULUCF-sektorer.

Det enkelte medlemsland har dog kun mulighed for at anvende LULUCF-kreditter i de ikke-kvotebelagte sektorer, såfremt landets eget individuelle kulstofregnskab for alle LULUCF-sektorerne samlet set er positivt. Det er den såkaldte *no-debit-regel*. Tabel 3.2 giver et overblik over EU's kommende LULUCF-regneregler.

LULUCF-kategori	Regneregler	Konsekvens
Ager- og græsjord	Net-net i forhold til 2005-2009.	Hvis udledningen – som det forventes – reduceres i forhold til 2005-2009, udstedes kreditter. Hvis udledningen derimod skulle blive højere, medfører det debets.
Skovrydning	Gross-net.	Reduktionen af skovens kulstofpulje indgår i LULUCF-regnskabet som debets.
Skovrejsning	Gross-net i 20-årig (eller evt. 30-årig) periode, men fratrukket kulstofindholdet i den vegetation, der var på arealet inden skovplantningen.	Forøgelsen af skovens kulstofpulje indgår i LULUCF-regnskabet som kreditter.
Skovforvaltning	Sammenligning med fastsat fremtidigt referenceniveau, hvilket beskrives i figur 3.2.	Hvis nettooptaget i forvaltede skovområder bliver højere end det fastsatte referenceniveau, giver det kreditter. Bliver nettooptaget lavere end forventet, giver det debets.
Samlet LULUCF-regnskab	Kreditter fra ovennævnte kategorier fratrækkes debets.	Hvis der samlet set genereres kreditter, er LULUCF-regnskabet positivt. I så fald kan landet anvende en begrænset landespecifikt fastsat mængde til at opfylde reduktionsmålet i de ikke-kvotebelagte sektorer. Er regnskabet negativt, kan primært lande med et stort skovareal få andre landes LULUCF-kreditter via en kompensationsmekanisme, mens ikke-skovrige lande primært skal købe andre landes eventuelle overskydende udledningsrettigheder samt LULUCF-kreditter eller øge reduktionsindsatsen i ikke-kvotebelagte sektorer.

Tabel 3.2 EU's nye LULUCF-regneregler for, om medlemslandene efterlever 'no-debit-reglen' i perioden 2021-2030

- Anm. 1: Kulstofindholdet i træprodukter fra landets skove, der anvendes inden for landets grænser, skal betragtes som lagret i en længere årrække.
- Anm. 2: Udledninger fra ikke-kontrollerbare naturlige forstyrrelser i form af fx skovbrande, skadedyrinvasion eller ekstreme vejrbegivenheder kan ekskluderes fra opgørelsen af kulstofbalancen.
- Kilde: EU-Kommissionens forslag til EU's nye LULUCF-forordning, www.ec.europa.eu/clima/policies/effort/proposal_en.

EU's samlede LULUCF-kreditanvendelse i de ikke-kvotebelagte sektorer begrænses til maksimalt 28 mio. LULUCF-kreditter årligt i perioden 2021-2030. Inden for dette loft kan kreditter anvendes til at øge udledningsretten i de ikke-kvotebelagte sektorer. Til sammenligning svarer EU's samlede årlige netto-kulstofoptag i jorde og skove til et optag af ca. 310 mio. ton CO₂.¹¹ EU-Kommissionen begrundet denne begrænsning som et forsøg på at mindske LULUCF-krediternes potentiale for at udvande EU's klimamål ved at tillade anvendelse af LULUCF-kreditterne til at kompensere for udledninger i de ikke-kvotebelagte sektorer, som beskrevet i afsnit 3.2. Rettigheden på de i alt 280 mio. kreditter over den tiårige periode er fordelt på EU's medlemslande, og Danmark kan fx bruge op til 14,6 mio. kreditter.

EU's samlede årlige netto-kulstofoptag
Dette optag i LULUCF-sektorerne er opgjort som summen af udledninger fra ager- og græslande samt skovrydning fratrasket optag ved skovrejsning og i forvaltede skovområder.

Begrænsningen kan dog også have den uheldige effekt, at medlemslandene ikke får incitament til at øge kulstofoptaget i skove eller mindske CO₂-udledningen fra de dyrkede jorde. Det kan ske, hvis landene genererer flere kreditter end de fastsatte lofter. I det tilfælde vil der være kreditter i overskud, som kan sælges til andre lande, som skal dække LULUCF-debets. Hvis der opstår kreditoverskud på europæisk plan, må kreditterne formodes at blive gratis. Dermed vil der ikke for noget medlemsland være en fordel ved at forbedre sit kulstofoptag, idet de ekstra kreditter hverken kan bruges i ikke-kvotesektoren eller sælges til andre lande med fortjeneste. På samme måde vil det være uden omkostninger – i forhold til målopfyldelse eller salg af kreditter – at forværre kulstofoptaget en smule.

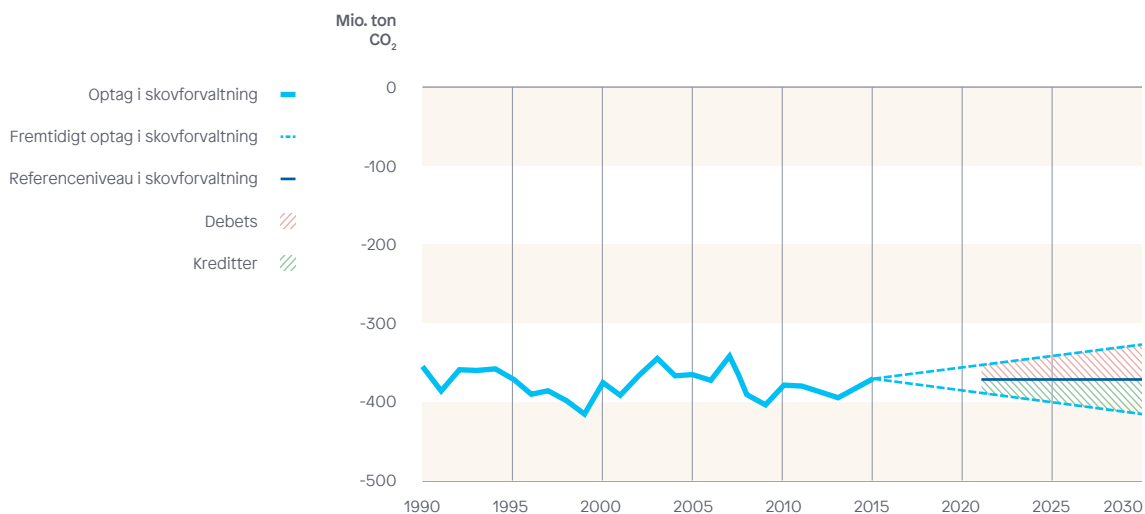
EU inddrager skovsektoren i klimamålet via referenceniveauer

Medlemslandenes individuelle mål for skovsektoren skal fastsættes i 2018 og igen i 2023 i form af referenceniveauer. Disse niveauer angiver, hvor meget CO₂ der som minimum skal optages årligt i skovene i femårsperioderne 2021-2025 og 2026-30. Principperne beskrives i tabel 3.2. Metoden, som er beskrevet i tabel 3.1, gør, at der kun udstedes kreditter, hvis CO₂-optaget i skovens kulstofpulje i fremtiden forbedres i forhold til en referencefremskrivning for skovens kulstofpuljes forventede årlige tilvækst.

Figur 3.2 illustrerer referenceniveaumetoden, som EU vil benytte. Det skal bemærkes, at selve referenceniveauet endnu ikke er fastsat, hvorfor der i figuren anvendes et teoretisk eksempel, hvor referenceniveauet for årene 2021-2030 fastsættes på niveau med det gennemsnitlige årlige optag i perioden 2000-2009.

Figur 3.2 viser, at hvis EU-landenes forvaltede skovområder i perioden 2021-2030 årligt optager præcis den mængde CO₂, der er forudsat ved fastsættelsen af medlemslandenes referenceniveauer, vil landene hverken få udstedt kreditter eller debets. Hvis optaget bliver større end referenceniveauet, udstedes kreditter, og hvis optaget bliver mindre, medfører det debets. Det afgørende element er, hvilket niveau referencen fastsættes på, idet referenceniveauet faktisk kan siges at svare til at fastsætte en målsætning for, hvor meget CO₂ der som minimum skal optages og lagres i kulstofpuljen i EU's forvaltede skovområder i perioden 2021-2030.

De hidtidige erfaringer med at fastsætte referenceniveauer for skovens fremtidige CO₂-optag er ikke gode. Medlemslandene fastlagde i 2011 deres referenceniveauer for det forventede årlige CO₂-optag i perioden 2013-2020 på et meget lavt



Figur 3.2 Illustration af EU's LULUCF-kreditmetode med en referencefremskrivning for skovforvaltning

- Anm. 1: Der er tale om et regneeksempel, hvor referenceniveauet i perioden 2021-30 fastsættes på niveau med det gennemsnitlige CO₂-optag i perioden 2000-2009 på arealer, der i dag er kategoriseret som skovforvaltede områder.
- Anm. 2: Optaget i forvaltede skovarealer på ca. 372 mio. ton CO₂ i 2015 suppleres af binding af CO₂ i træprodukter, der produceres og anvendes i producentlandene på ca. 29 mio. ton CO₂. Herudover udledes der ca. 40 mio. ton CO₂ fra arealer, hvor der sker afskovning, og der optages ca. 53 mio. ton CO₂ i nye skovarealer rejst efter 1990. Fra 2021 skal skovrejsningsarealer, der er ældre end 20 år, overgå til kategorien skovforvaltning. Det er uklart, hvor meget det vil øge optaget i de skovforvaltede arealer og samtidig reducere optaget i skovrejsningskategorien.
- Anm. 3: Når det samlede LULUCF-regnskab gøres op, skal reduktionen i udledningerne fra ager- og græsland indregnes som kreditter. Denne udledning var i 2015 på EU-niveau reduceret til 65 mio. ton CO₂e, en reduktion på ca. 20 mio. ton CO₂e årligt set i forhold til basisårsperioden 2005-09, hvor udledningen gennemsnitligt lå på 85 mio. ton CO₂e årligt.
- Kilde: Historisk CO₂-optag og -udledning er fra European Environment Agency's GHG Data Viewer. CO₂-udledningen fra skovrydning er oplyst af European Environment Agency.

optagsniveau svarende til 261 mio. ton CO₂,¹² hvilket ifølge EU-Kommissionen blandt andet skyldtes, at landene overestimerede den fremtidige skovfældning.¹³ Det har sidenhen vist sig, at skovens CO₂-optag er forblevet på nogenlunde samme niveau, som det har været tilfældet historisk, svarende til ca. 372 mio. ton CO₂ i 2015. Det ville altså potentielt have givet EU-landene adgang til at anvende i størrelsesordenen 100 mio. kreditter årligt fra kategorien skovforvaltning, såfremt LULUCF havde været en del af EU's klimamål i perioden 2013-2020, hvilket i givet fald ville have medført en alvorlig svækkelse af EU's klimamål.

I perioden 2021-2030 ændres reglerne derfor, så skovreferenceniveauet skal reflektere en business-as-usual-udvikling i skovens kulstofoptag. Det gøres ved at antage, at skovhugsten pr. træart og aldersklasse i perioden 2021-2030 vil svare til forvaltningspraksis i perioden 2000-2009. Grunden til, at basisårsperioden slutter i 2009, er, at EU i 2009 vedtog EU's mål om at øge andelen af vedvarende energi til 20 pct. i 2020. Ved at tage udgangspunkt i perioden før

2009 tilstræber man at undgå, at medlemslandene på forhånd indregner øget hugst til bioenergi i referencefremskrivningen. Hvis denne metode viser sig at virke efter hensigten, kan man sige, at EU har fundet en god måde at inkludere LULUCF i klimamålet, hvor en del af CO₂-udledningen fra bioenergi medregnes i klimamålene, såfremt øget træhugst fører til udstedelse af debets, som følge af et lavere CO₂-optag end forventet.

Da de konkrete referenceniveauer for skovens CO₂-optag først skal fastlægges i 2018 og igen i 2023, er det et åbent spørgsmål, hvor stramme referenceniveauerne vil blive i perioden 2021-2030. Det er også uvist, om et eventuelt merudtag af biomasse til bioenergi rent faktisk vil medføre et lavere CO₂-optag i skovene end forventet og dermed debets i klimaregnskabet. Hvis referenceniveauet bliver fastsat tilstrækkeligt stramt, kan CO₂-udledninger fra merudtag af biomasse til bioenergi i EU dermed give incitament til at øge optaget i skov ved fx skovrejsning eller alternativt få direkte indflydelse på opfyldelsen af medlemslandenes reduktionsforpligtelser uden for kvotesektoren.

Dog kan der være mange usikkerheder forbundet med at fastsætte referenceniveauet. Studier af erfaringer fra USA viser fx, at man i USA's skovfremskrivninger i årtier konsekvent har undervurderet skovenes fremtidige produktivitet.¹⁴ Hvis man på forhånd undervurderer tilvæksten, fx hvis modellerne ikke indregner ændret vækst på grund af stigende temperatur og CO₂-gødsning, vil referenceniveauet blive fastsat på et lavere optagniveau end det niveau, vi rent faktisk vil komme til at se. Hertil kommer, at fastsættelse af referenceniveauet kan blive influeret af politiske ønsker, og at det måske kan være vanskeligt for EU-Kommissionen at sikre, at medlemslandene fastsætter retvisende referenceniveauer, og at optag og udledninger fra skovene opgøres korrekt.

En endelig vurdering af konceptet må afvente fastsættelsen af medlemslandenes referenceniveauer i 2018 samt udviklingen i skovenes tilvækst i de kommende år. Det er derfor endnu for tidligt at vurdere, hvordan systemet vil virke i praksis. Men der er en risiko for, at medlemslandenes referenceniveauer for skovenes fremtidige optag samlet set fastsættes på et niveau, der vil medføre udstedelse af kreditter. Dette er søgt imødegået ved at sætte et loft over, hvor mange kreditter, der kan bruges i andre sektorer, men konsekvensen er, at systemet så ikke nødvendigvis tilskynder landene til at øge skovenes kulstofpuljer ved fx at foretage mindre fældning eller ny skovrejsning.

Såfremt EU's nye LULUCF-regulering kommer til at virke efter hensigten, øges til gengæld incitamentet til at importere biomasse til energiformål fra lande uden for EU, såfremt disse lande ikke indfører tilsvarende LULUCF-reguleringer.

Europa-Parlamentet og medlemslandene efterspørger 2050-reduktionsmål i EU

Parisaftalen lægger op til fortsat international dialog om villigheden til at øge landenes klimamål. Europa-Parlamentet har efterspurgt en analyse fra EU-Kommissionen om, hvordan EU kan blive netto-kulstofneutral i 2050.¹⁵ Også Det Europæiske Råd har i marts 2018 inviteret Kommissionen til at præsentere en langsigtet drivhusgasreduktionsstrategi, som lever op til Parisaftalen.¹⁶ Denne vil formentlig indeholde overvejelser om, hvordan fx kulstofoptag i skove, fx i kombination med BECCS, vil kunne bidrage til at kompensere for

Netto-kulstofneutral

Hermed menes formentlig, at nettoudledningen af samtlige drivhusgasser reduceres til nul. Det kan fx ske ved at reducere de årlige drivhusgasudledninger meget kraftigt og samtidig hvert år lagre en mængde af CO₂ i fx jord og skov, der modsvarer den resterende udledning.

drivhusgasudledninger fra sektorer, hvor der fortsat vil være en vis drivhusgasudledning, selv hvis det lykkes at udfase fossile brændsler.

Som omtalt i Klimarådets hovedrapport fra 2017 må det forventes, at EU på et tidspunkt vil hæve sit ambitionsniveau på klimaområdet. Det vil formentlig ske som led i de øgede reduktionsbidrag fra verdens lande, der vurderes at være nødvendige, ifølge rapporten *The Emissions Gap Report 2017* fra FN's miljøprogram, for at indfri Parisaftalens målsætning om at holde den globale temperaturstigning i forhold til det førindustrielle niveau 'et stykke' under 2 grader med sigte på at begrænse stigningen til 1,5 grader. Det er således sandsynligt, at der i de kommende år vil komme en ny debat om, hvorvidt EU's klimamålsætninger skal skærpes, samt hvordan LULUCF-sektoren kan bidrage til at indfri de langsigtede mål. I den forbindelse bør det overvejes, om der vil være behov for at fortsætte med den LULUCF-bogføringsmetode, der er vedtaget for perioden 2021-2030, eller om EU eventuelt skal overgå til at anvende en anden slags opgørelse som fx gross-net-metoden. Denne metode vil sikre det rette incitament ved at alle udledninger og optag tælles fuldt ud med i klimamålet, men metoden kræver fastsættelse af et meget højt reduktionsmål på grund af det store antal LULUCF-kreditter, EU potentielt kan generere med denne bogføringsmetode.

3.4 Ofte medregnes CO₂-udledning fra bioenergi ikke i klimamålene

I nogle tilfælde har de lande, som anvender eller sælger biomasse fra skove, ikke tilstrækkeligt stramme klimamål til, at fældning af træer og den deraf følgende reduktion af skovens kulstoflager har reel indflydelse på disse landes klimaindsats i andre sektorer. Dette gælder fx for lande som Rusland og USA, som indtil videre ikke kan siges at medregne skovenes kulstofpuljer i klimamålene. Det betyder, at de lande, der importerer og afbrænder biomassen, ikke nødvendigvis kan være sikre på, at brugen af biomasse medfører reelle gevinster for klimaet. Det er derfor vigtigt, at klimamål og klimaregulering fremover udformes på en måde, så producentlandene medregner effekten på skovenes kulstofpulje, når de fælder træer med henblik på at fremskaffe biomasse til energiformål. Men så længe dette ikke er tilfældet, bør der fastsættes bæredygtighedskriterier for biomasse, som sikrer, at tilvæksten i skovenes kulstoflagre i producentlandene ikke reduceres unødigt som følge af brugen af bioenergi. Bæredygtighedskriterier beskrives i kapitel 4.

Ifølge IPCC's regler skal CO₂-udledninger fra bioenergi ikke medregnes der, hvor biomassen afbrændes. Det skyldes, at udledningerne skal medregnes i producentlandenes LULUCF-regnskaber. Men som beskrevet i afsnit 3.2 er LULUCF-sektoren på nuværende tidspunkt reelt ikke inddraget i landenes klimamål, og selv om sektoren skal inddrages i alle lande frem mod 2030, er der meget stor forskel på, hvordan LULUCF kan og vil blive inddraget i landenes klimamål. Den forskelligartede og i mange tilfælde tvivlsomme medregning af LULUCF i landenes klimamål rejser spørgsmålet, hvorvidt et eventuelt lavere CO₂-optag i skovenes kulstofpuljer og øgede CO₂-udledninger fra bioenergi vil blive bogført nogetsteds. Den manglende bogføring er problematisk, særligt fordi de direkte CO₂-udledninger fra afbrænding bioenergi i EU er steget kraftigt i de seneste årtier, som illustreret i boks 3.2.

CO₂-udledningen fra bioenergi medregnes ikke altid i landenes klimamål

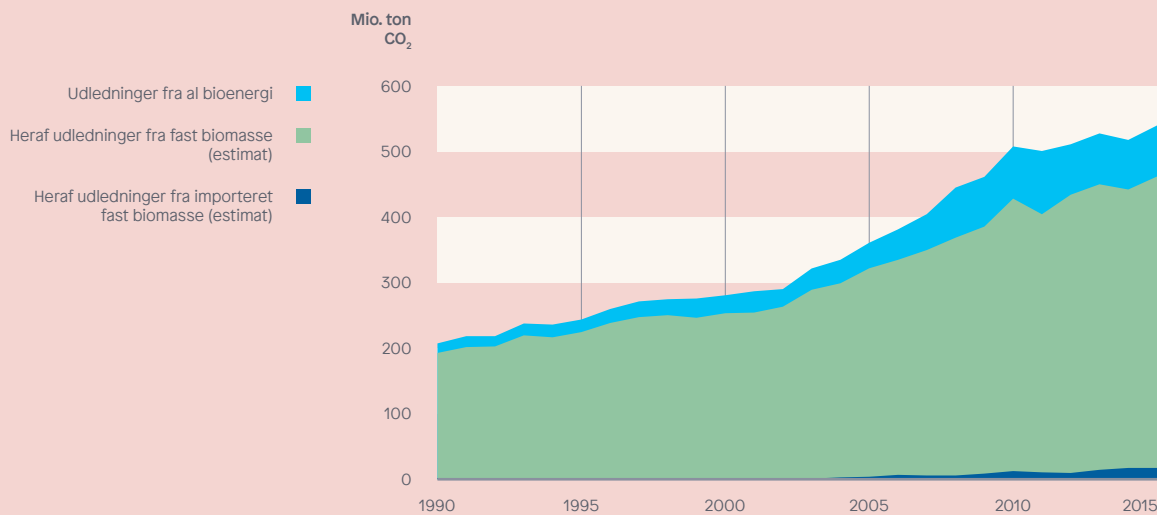
Skovenes kulstofpuljer øges løbende i mange af de lande, hvor der produceres biomasse til energiformål, med Canada som en mulig undtagelse i nær fremtid. De internationale regneregler tager for givet, at CO₂-udledninger fra biomasse til energiformål bogføres i landenes LULUCF-regnskaber som et mindre optag, end der ellers kunne have været. Men måden LULUCF inddrages i klimamålene kan have betydning for, om CO₂-udledningen relateret til træpiller og træflis, der importeres til blandt andet Danmark, kan siges at blive medregnet i producentlandenes klimamål.¹⁷ Det kan skyldes fire faktorer:

Boks 3.2 CO₂-udledningen fra bioenergi i EU er stigende

Den årlige CO₂-udledning fra anvendelsen af bioenergi i EU var i 2015 steget til ca. 534 mio. ton CO₂. Det er en stigning i de årlige udledninger på ca. 331 mio. ton CO₂ i forhold til 1990. Til sammenligning er EU's samlede årlige CO₂-udledning fra anvendelsen af fossile brændsler samt procesudledninger fra industrien på ca. 3.641 mio. ton. Der er altså tale om en betydelig CO₂-udledning fra bioenergi.

Den årlige udledning af CO₂ fra afbrændingen af fast biomasse i EU, som er vist med det grønne areal i figuren nedenfor, er skønsmæssigt steget med ca. 68 mio. ton CO₂ siden 2009, hvor EU vedtog målet om at øge andelen af vedvarende energi til 20 pct. i 2020. Heraf skyldes ca. 9 mio. ton CO₂ en stigning i importen af fast biomasse fra lande uden for EU.

Den del af CO₂-udledningen, der relaterer sig til brug af biomasse produceret i EU, skal medregnes i EU's LULUCF-regnskab. Regnskabet viser, at det årlige optag af CO₂ i forvaltede skove i 2015 var ca. 34 mio. ton lavere end i 2009, hvor EU vedtog målet om at øge andelen af vedvarende energi til 20 pct. i 2020. Det er dog vanskeligt at vurdere, om en del af dette fald kan være relateret til den stigende anvendelse af træ til bioenergi.



Udvikling i CO₂-udledningen fra afbrænding af bioenergi i EU

Anm.: De samlede udledninger fra bioenergi fremgår af Det Europæiske Miljøagenturs opgørelser, mens udledninger fra fast biomasse er beregnet ud fra Eurostats opgørelse af bioenergiforbruget.

Kilde: European Environment Agency, GHG Data Viewer og Eurostat, Supply, transformation and consumption of renewable energies - annual data.

1. Fordi producentlandet ikke på tilstrækkelig vis medregner det ekstra udtag af bioenergi i deres LULUCF-opgørelse.
2. Fordi LULUCF ikke medregnes i det udledningstal, som producentlandet har sat mål for, men inddrages på en måde, der kan give kreditter.
3. Fordi producentlandets mål er for slapt (ikke-bindende), så et forringet LULUCF-kulstofregnskab ikke behøver lede til en forbedret klimainsats andre steder.
4. Fordi der er fastsat lofter for landenes anvendelse af LULUCF-kreditter, som gør, at det ikke har betydning for landene, hvor meget skovens CO₂-optag overstiger loftet.

Første punkt kan gælde for de fleste lande. Men selv hvis det er muligt at opgøre ændringer i kulstoflageret præcist, og hvis LULUCF samtidig inkluderes i klimamålet, kan man ikke nødvendigvis være sikker på, at en reduktion af skovenes kulstoflager, som følge af eksport af bioenergi, betyder noget for producentlandenes klimainsats. Dette kan illustreres ved følgende tre eksempler:

- Rusland har verdens største skovareal og forventes frem mod 2030 at medregne LULUCF-kreditter svarende til den årlige nettotilvækst i skovenes kulstofpulje i opfyldelsen af landets klimamål. Rusland forventes at benytte enten gross-net- eller net-net-metoden. I øjeblikket ligger nettooptaget ifølge Ruslands LULUCF-opgørelser på ca. 0,5 mia. ton CO₂ årligt, idet der dog er stor usikkerhed forbundet med opgørelsen. Samtidig er Ruslands klimamål, som det illustreres i figur 3.1, ikke blandt de mest ambitiøse, idet klimamålet tillader udledningen fra øvrige sektorer at stige frem mod 2030, og landet har derfor formentlig ikke behov for at udstede 0,5 mia. LULUCF-kreditter årligt. Hvis man køber biomasse i Rusland, betyder en potentiel reduktion i tilvæksten i Ruslands skoves kulstofpulje, som følge af skovfældning til bioenergi, derfor reelt ikke noget for Ruslands klimainsats, simpelthen fordi LULUCF-optaget er meget stort set i forhold til den drivhusgasreduktionsindsats, som Ruslands klimamål lægger op til.
- USA har verdens fjerdestørste skovareal, og kulstofpuljen vokser. Men da USA har annonceret, at landet vil trække sig ud af Parisaftalen, og der dermed er usikkerhed om, hvorvidt USA har et internationalt klimamål, vil biomasse fra USA med det forventede kommende nye EU-regelsæt for bæredygtighedskriterier for fast biomasse, som beskrives i kapitel 4, formentlig fra 2021 ikke kunne medregnes som vedvarende energi i fx Danmark.
- EU-landene har fra 2021 fået tildelt lofter for, hvor mange LULUCF-kreditter de maksimalt vil kunne anvende. Konsekvensen er, at hvis et land øger skovens CO₂-optag udover det fastsatte referenceniveau og dermed genererer flere LULUCF-kreditter end loftet, vil mindre ændringer i skovenes kulstofpulje ikke have betydning for, om landet får lettere eller sværere ved at opfylde sit klimamål. I det tilfælde vil klimareguleringen ikke give producentlandet af biomasse noget incitament til at øge skovens kulstofpulje yderligere. Det betyder, at udledningslandet ikke automatisk kan gå ud fra, at ekstra skovhugst til biomasseproduktion vil få betydning for producentlandets klimainsats. Det kan fx have betydning i forhold til Danmarks import af biomasse fra de baltiske lande.



500
FEM HUNDREDE
KRONER

500

932478K

FEM HUNDREDE
KRONER

Handwritten signature
12. 8. 2012



DANMARKS NATIONALBANK

A411



Derudover kan det nævnes, at Canada, som har verdens tredjestørste skovareal, endnu ikke har besluttet, hvilken metode man vil anvende, når LULUCF skal indregnes i Canadas klimamål.

Disse eksempler fra markante eksportører af biomasse er ikke enestående, og det betyder, at der er generel usikkerhed om, hvorvidt CO₂-udledningen fra biomasse, der importeres til fx Danmark, reelt vil blive modregnet i producentlandenes klimamål og dermed få betydning for producentlandenes fremtidige klimaindsats.

Import af biomasse fra problematiske lande nødvendiggør bæredygtighedskriterier

I 2015 udledte EU ca. 18 mio. ton CO₂ ved afbrænding af importeret fast biomasse, som figuren i boks 3.2 viser. En del heraf kom fra USA og Rusland. Danmark importerede i 2016 ca. 17 pct. af sin samlede import af træpiller fra Rusland og USA svarende til ca. 400.000 ton med en relateret CO₂-udledning på ca. 0,8 mio. ton.¹⁸ CO₂-udledningen fra disse importerede træpiller er ikke umiddelbart omfattet af producentlandenes klimamål, men indgår indtil videre blot i en rapporteringsforpligtelse. Hertil kommer, at Danmark importerer biomasse fra de baltiske lande og en række andre lande, hvor vores import heller ikke nødvendigvis vil få indflydelse på disse landes klimaindsats. For de baltiske lande vil det blandt andet afhænge af, om referenceniveauerne for skovenes forventede fremtidige optag fra 2021 fastsættes retvisende, samt om disse lande ved det fastsatte referenceniveau vil generere flere LULUCF-kreditter, end de har behov for for at opfylde deres klimamål i de ikke-kvotebelagte sektorer.

Selvom udledningen fra importeret bioenergi ikke får betydning for producentlandenes klimaindsats, kan det godt være fornuftigt at benytte denne biomasse til bioenergi. Det kræver dog, at der fastsættes bæredygtighedskriterier for biomasse, som sikrer, at tilvæksten i skovenes kulstoflagre i producentlandene ikke reduceres unødigt som følge af brugen af bioenergi, hvilket beskrives nærmere i kapitel 2. Behovet for bæredygtighedskriterier beskrives i kapitel 4.

” Der er generel usikkerhed om, hvorvidt CO₂-udledningen fra biomasse, der importeres til fx Danmark, reelt vil blive modregnet i producentlandenes klimamål og dermed få betydning for producentlandenes fremtidige klimaindsats.

3.5 Konklusioner og anbefalinger

Dette kapitel har redegjort for de internationale bogføringsregler for LULUCF og manglerne heri. Kapitlets konklusioner er som følger:

- Der er stor metodefrihed i forhold til, hvordan LULUCF inddrages i klimamålene af landene under Parisaftalen. Det giver en risiko for, at landene hver især inddrager LULUCF-sektoren på en måde, hvor der genereres store mængder af LULUCF-kreditter. Disse kreditter kan potentielt udhule de klimamål, parterne har fastsat, hvorved det kan blive vanskeligt at indfri Parisaftalens mål.
- LULUCF inddrages ikke altid i landenes klimamål på en måde, der tilskynder landene til at øge eller bevare skovenes kulstofpuljer. Hvis ikke denne tilskyndelse er til stede, er det tvivlsomt, om CO₂-udledningen fra biomasse og den deraf følgende potentielle reduktion af skovenes kulstofpuljer har betydning for landenes klimamål. Dette kan have betydning i forhold til biomasse, der importeres fra andre EU-lande eller fra lande uden for EU. Fx er der tvivl om, hvordan skovenes kulstofpuljer vil indgå i USA's, Canadas og Ruslands klimamål. Det betyder, at de lande, der importerer og afbrænder biomasse fra disse lande, ikke nødvendigvis kan være sikre på, at brugen af biomasse medfører reelle gevinster for klimaet.
- EU's inddragelse af skovenes kulstofpuljer i klimalovgivningen fra 2021 kræver, at der skal fastsættes referenceniveauer for, hvor meget CO₂ EU-landenes skove som minimum skal optage i perioden 2021-2030. I princippet kan det betyde, at potentiel ekstra skovfældning til bioenergi i perioden vil blive indregnet i landenes drivhusgasreduktionsmål. Men det er endnu for tidligt at vurdere, hvordan systemet vil virke i praksis, blandt andet fordi det kan være vanskeligt at fastsætte retvisende referenceniveauer, og fordi systemet ikke nødvendigvis vil tilskynde til reduceret skovfældning eller ny skovrejsning. Det betyder, at der heller ikke er vished om, hvorvidt de nye EU-regler vil sikre, at den biomasse, Danmark importerer fra andre EU-lande, vil medføre reelle gevinster for klimaet.

På den baggrund anbefaler Klimarådet:

- Skal verden nå Parisaftalens mål om at begrænse den globale temperaturstigning, er det nødvendigt med øget optag af kulstof særligt i skov. Danmark bør derfor i EU og FN – når aftalens lande skal forhandle om at øge deres klimamål – arbejde for, at klimamål og klimaregulering udformes på en måde, som tilskynder landene til at øge skovenes kulstofpuljer udover, hvad der ville være sket uden klimatiltag. Det er derfor vigtigt, at klimamålenes størrelse fastsættes med hensyntagen til de bogføringsregler, landene vil anvende for LULUCF-sektoren for at sikre, at den potentielle mængde af LULUCF-kreditter ikke udhuler landenes klimamål.

4

• • • • •

• • •

Bæredygtighedskriterier for
biomasse

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

• • • • •

Klima- og energimålsætningerne i EU har ført til, at en række medlemslande, herunder Danmark, har øget anvendelsen af fast biomasse til produktion af el og varme. Med den tiltagende internationale handel med biomassebrændsler er der kommet fokus på behovet for at kunne dokumentere, at biomassen produceres og anvendes miljø- og klimamæssigt bæredygtigt. Bæredygtighedskriterier skaber en ramme for dokumentation af, at den anvendte biomasse produceres lovligt og efter principper for bæredygtig skovdrift, samt at udledningen af drivhusgasser reduceres sammenlignet med anvendelse af fossile brændsler.

Som beskrevet i tidligere kapitler spiller en forøgelse af kulstofpuljerne i verdens skove en vigtig rolle i forhold til at bremse ophobningen af CO₂ i atmosfæren. Brugen af biomasse til energi kan potentielt medføre en nettoudledning af CO₂ til atmosfæren, som i mange tilfælde ikke tælles med i landenes nationale drivhusgasregnskaber. Ved at indføre bæredygtighedskriterier for biomasse kan det sikres, at den biomasse, der anvendes i energisektoren, har et lavt CO₂-aftryk, men det gør det nødvendigt at inddrage alle relevante klimaeffekter, herunder effekter på kulstofkredsløbet og kulstoflagringen i skove.

I Danmark er der udviklet bæredygtighedskriterier for træpiller og træflis, som indgår i en frivillig brancheaftale. I Holland, Storbritannien og Belgien er der etableret national lovgivning på området. Der er en række lighedspunkter mellem de bæredygtighedskriterier, som findes i Danmark, Holland og Storbritannien, især hvad angår kriterierne for bæredygtig skovdrift og kravet om reduktion af drivhusgasser fra biomassens forsynings-

kæde. Der er dog også forskelle, som især går på krav i forhold til effekter på kulstofkredsløbet og skovenes kulstofpuljer.

Inspireret af de nationale bæredygtighedskriterier har EU-Kommissionen fremsat forslag til nye EU-regler, som skal gælde efter 2020. Forslaget forhandles i skrivende stund mellem EU's ministerråd, Europa-Parlamentet og EU-Kommissionen. Hvis forslaget vedtages, skal der indføres bæredygtighedskriterier på EU-niveau for alle typer af bioenergi. Et centralt punkt i forhandlingerne er, om der skal være fuldt harmoniserede EU-regler, eller om medlemslandene skal have ret til at fastsætte yderligere bæredygtighedskriterier på nationalt niveau for fast biomasse, der kommer fra skove.

Det er Klimarådets vurdering, at såvel de frivillige danske bæredygtighedskriterier som udkastet til det kommende EU-regelsæt udgør et fornuftigt udgangspunkt for regulering, men at der findes betydelige mangler i forhold til at tage højde for potentielle klimaeffekter ved afbrænding af biomasse, herunder reduktion af skovenes kulstofpuljer. Derfor er der behov for at udvikle mere målrettede indikatorer for, om der er lav risiko for, at den anvendte biomasse medfører forøgelse af atmosfærens indhold af CO₂.

Klimarådet anbefaler at stramme bæredygtighedskriterierne i Danmark samt at omsætte dem til lov. Der skal igangsættes en proces med udvikling af operationelle og retvisende indikatorer, der er målrettet mod at minimere biomassens effekter på kulstoflagringen. Det kan fx ske i forbindelse med den planlagte evaluering af den danske brancheaftale om bæredygtig biomasse i 2018. Udviklingen af nye indikatorer kan ske på baggrund af eksisterende studier, som peger på, hvordan forskellige biomassefraktioner kan inddeles i risikogrupper afhængig af produktions- og markedsforhold i den region, hvor biomassen kommer fra.

Formålet med at udvikle nye målrettede bæredygtighedskriterier og indikatorer er at anvende dem som udgangspunkt for regulering. Dette behandles i kapitel 6 om rammevilkår.



4.1 Nuværende bæredygtighedskriterier for fast biomasse

Fire medlemslande i EU har indført nationale bæredygtighedskriterier for fast biomasse, der anvendes til produktion af el og varme. Ét af dem er Danmark, hvor energibranchen har lavet en frivillig aftale, som dækker forbruget af træpiller og træflis på større kraftvarmeverker. I Storbritannien, Holland og Belgien er bæredygtighedskriterierne fastsat ved lov. I dette afsnit sammenlignes bæredygtighedskriterierne i den danske brancheaftale med reguleringen i de andre lande. De fire lande inddrager klimaeffekterne ved biomasse i forskelligt omfang i deres bæredygtighedskriterier.

Spørgsmålet om biomassens bæredygtighed er blevet et helt centralt tema i debatten om brugen af biomasse i energisektoren. Det gælder både i Danmark og på EU-niveau, hvor der i en årrække har været en diskussion af, hvilke forudsætninger, der skal opfyldes, for at anvendelsen af biomasse til energi bidrager med klimagevinster og bevarer skovenes biodiversitet. I EU's nuværende direktiv om fremme af vedvarende energi, det såkaldte VE-direktiv,¹ indgår ikke bæredygtighedskriterier for fast biomasse til el og varme, og derfor har en række medlemslande med stort biomasseforbrug valgt at indføre nationale initiativer på området.

Overordnet set findes tre forskellige kategorier af drivhusgasudledninger, som kan være relevante i relation til bæredygtighedskriterier for biomasse. Den første kategori er udledninger skabt ved afbrænding af biomasse samt genoptaget af CO₂ i ny biomasse. Klimaeffekten heraf kan kaldes for effekten på kulstoflagringen i skoven. Den anden kategori er udledninger forbundet med tilvejebringelse af biomasse, det vil sige plantning, høst, forarbejdning, transport og energikonvertering. Dette kaldes også for udledninger fra biomassens forsyningskæde.

Den tredje kategori er udledninger forbundet med indirekte effekter, fx ILUC (indirect land use changes) og IWUC (indirect wood use changes).

Indirekte effekter

Indirekte effekter beskriver ændringer i fx markedet for træprodukter eller i arealanvendelsen, som skyldes øget efterspørgsel på biomasse til energi. Indirekte effekter kan medføre CO₂-udledninger, hvis der fx sker øget biomassehugst.

Et yderligere klimamæssigt relevant aspekt handler om opgørelse af udledninger fra biomasse i LULUCF-sektoren, når der importeres biomasse fra andre lande. Hvis ikke klimareguleringen i producentlandene giver tilskyndelse til at bevare skovenes kulstofpuljer, kan det potentielt betyde, at CO₂-udledningerne fra anvendelse af biomasse ikke får betydning for disse landes klimamål. Dette står nærmere beskrevet i kapitel 3.

I Danmark indgår bæredygtighedskriterierne i en frivillig brancheaftale

Den frivillige danske brancheaftale er udviklet med henblik på at sikre, at der anvendes biomasse til energiproduktion i Danmark, som lever op til en række bæredygtighedskrav. Brancheaftalen er indgået i 2014 af organisationerne Dansk Energi og Dansk Fjernvarme på opfordring fra den daværende regering. Afsættet

var en analyse fra Energistyrelsen om anvendelsen af bioenergi i Danmark,² som blandt andet konkluderede, at en stigende anvendelse af biomasse til energi vil øge behovet for at sikre biomassens miljø- og klimamæssige bæredygtighed.

Brancheaftalen indeholder otte konkrete bæredygtighedskriterier, som alle har underliggende kvalitative eller kvantitative indikatorer. Brancheaftalens krav omfatter kun træpiller og træflis, så anvendelse af halm, bioaffald og energipil er ikke med. Ifølge aftalen er alle biomasseværker i Danmark principielt underlagt bæredygtighedskriterierne, men det er alene større værker over 20 MW indfyret effekt, som skal dokumentere, at deres forbrug af biomasse lever op til kriterierne. Selve dokumentationen sker i årlige rapporter, som skal offentliggøres på selskabernes hjemmesider. Fra 2016 til 2019 skal en gradvist stigende andel af den anvendte biomasse leve op til alle bæredygtighedskriterierne. Efterlevelse af bæredygtighedskriterierne er ikke underlagt kontrol fra myndighederne, og brancheaftalen bygger derfor på tillid til, at energiselskaberne fremlægger troværdig og fyldestgørende dokumentation. I brancheaftalen er der ikke lagt op til, at der skal være sanktioner for energiselskaber, som måtte vælge ikke at opfylde bæredygtighedskriterierne.

Indikatorer

Bæredygtighedskriterier har typisk kvantitative eller kvalitative indikatorer, som kan anvendes til at vurdere, om der leves op til det pågældende kriterium. En kvantitativ indikator kan fx være, at reduktion af CO₂-udledning fra biomassens forsyningskæde skal opfylde en fastsat minimumsværdi. En kvalitativ indikator kan fx være, at medarbejderne skal have ret til at organisere sig.

Boks 4.1 opsummerer brancheaftalens otte bæredygtighedskriterier, der gælder for biomasse fra skove anvendt til el- og fjernvarmeproduktion. Som det ses, er der et bredt fokus på mange forskellige aspekter af bæredygtighed, og i nogle tilfælde kan der være delvist overlap mellem de forskellige indikatorer. Indikatorerne spiller en central rolle, da de anvendes til at operationalisere de mere generelle kriterier. Indikatorerne spiller en central rolle, da de anvendes til at operationalisere de mere generelle kriterier, og en god indikator skal sikre, at det er muligt at måle eller verificere, om det pågældende kriterium opfyldes. Når der anvendes certificering til at eftervise bæredygtigheden af den anvendte biomasse, skal indikatorerne i certificeringsordningen overlappe med indikatorerne i brancheaftalen.

Brancheaftalens bæredygtighedskriterier og indikatorer skal kunne anvendes i forskellige sammenhænge lige fra produktion af træflis i Danmark til produktion af træpiller i det sydøstlige USA. Nogle indikatorer er derfor formuleret relativt bredt, og det betyder, at det i enkelte tilfælde kan være svært at bestemme, om de helt er opfyldt eller ej. Det gælder fx indikatoren i kriterium 2 om planlægning i forhold til at sikre minimal påvirkning af økosystem og biodiversitet samt indikatoren i kriterium 8 om at undgå påvirkning af kvaliteten og kvantiteten af skovens ressourcer på mellemlang og lang sigt. Det kan siges at være en svaghed, at det ikke i alle tilfælde kan bekræftes med sikkerhed, om kriterierne er opfyldt, herunder om der er iværksat tilstrækkeligt effektive tiltag for at sikre, at den producerede biomasse opfylder en given indikator. Der kan dog være gode grunde til at inkludere kvalitative indikatorer, hvis de er relevante og retvisende, men i så fald er det vigtigt, at der er høj gennemsigtighed i den dokumentation, som fremlægges for offentligheden.

Brancheaftalen flugter med international bæredygtighedscertificering

Bæredygtighedskriterierne i den danske brancheaftale, som oplistes i boks 4.1, ligger i forlængelse af en række nationale og internationale initiativer på biomasseområdet, som også har til formål at identificere træ og træprodukter fra bæredygtig skovdrift. Det kan blandt andet ses ved, at kriterium 1 om lovlighed

Boks 4.1 Resumé af bæredygtighedskriterierne i den danske brancheaftale

Brancheaftalen indeholder otte bæredygtighedskriterier med underliggende indikatorer, som her er gengivet i forkortet version:

Kriterium 1

Legalitet af skovforvaltningen:

- Skovning skal ske i lovligt udpegede områder.
- Relevante skatter og afgifter relateret til skovsektoren skal betales.
- Skovning skal overholde miljø- og skovlovgivning.
- Oprindelige folks rettigheder skal respekteres.
- Handel og toldlovgivning skal overholdes.

Kriterium 2

Beskyttelse af skovenes økosystemer:

- Miljøpåvirkning ved udtag af træmateriale skal vurderes.
- Konsekvensvurdering af forvaltningens betydning for økosystem og biodiversitet.
- Planlægning skal sikre minimal negativ påvirkning af økosystem og biodiversitet.

Kriterium 3

Skovenes produktivitet og bidrag til den globale kulstofcyklus opretholdes:

- Fastholdelse af skovenes evne til at producere træ.
- Afbalancering af hugst og tilvækstrater.
- Etablering af et målesystem for skovenes produktivitet.
- Uddannelse og træning af producenter og underleverandører.
- Undlade at anvende af træ fra skove, der ikke genplanter eller forynges.
- Undlade at konvertere arealer væk fra skovstatus.
- Undlade at konvertere skove med højt kulstofindhold.

Kriterium 4

Forvaltningen skal sikre sunde og velfungerende skove:

- Fastholdelse og forbedring af skovenes sundhed.
- Forvaltning skal minimere skovbrande, skadedyr og sygdomme.
- Beskyttelse mod ulovlig hugst og minedrift.

Kriterium 5

Beskyttelse af biodiversitet samt sensitive og bevaringsværdige områder:

- Identifikation af udsatte eller bevaringsværdige områder.
- Beskyttelse af udpegede områder via forvaltning.

Kriterium 6

Sociale og arbejdsrelaterede rettigheder skal respekteres:

- Identifikation og dokumentation af oprindelige folks rettigheder.
- Etablering af klagemekanismer vedrørende brugs- og arbejdsrelaterede rettigheder.
- Medarbejdere skal have ret til at organisere sig.
- Værn mod børnearbejde, tvunget arbejde samt diskrimination.

Kriterium 7

Reduktion af CO₂-udledningen fra biomassens forsyningskæde skal leve op til minimumsværdier, som skærpes over tid:

- Der anvendes kun biomasse, hvor udledningen af CO₂ fra forsyningskæden ikke overstiger de fastsatte grænseværdier sammenlignet med fossile brændsler.

Kriterium 8

Yderligere krav målrettet kulstofkredsløb, herunder fastholdelse af skovens kulstoflager samt indirekte effekter, som skal tilstræbes, men ikke dokumenteres:

- Undgå at anvende biomasse med alternativ regional efterspørgsel.
- Undgå biomasse fra skove, der er konverteret fra frugtbar landbrugsjord.
- Undgå biomasse, der er skyld i afskovning.
- Undgå påvirkning af kvaliteten og kvantiteten af skovens ressourcer på mellemlang og lang sigt.

Forest Europe

Det er et frivilligt samarbejde om skovpolitikker i Europa, hvor der er udviklet retningslinjer, kriterier og indikatorer for bæredygtig skovdrift, som er bredt anerkendte.

kan genfindes i EU's tømmerregulativ, som handler om international handel med trævarer, herunder import fra lande uden for EU. Samtidig er kriterierne 2 til 6 om bæredygtig skovdrift helt eller delvist baseret på retningslinjer og principper, der er udviklet i regi af Forest Europe, og som også danner grundlag for anden bæredygtighedsregulering, fx det danske cirkulære om bæredygtigt indkøb af træ i statens aftaler om vareindkøb.

På verdensplan findes flere certificeringsordninger, som kan anvendes til at dokumentere, at biomassen kommer fra skove, der lever op til krav om bæredygtig skovdrift. Nogle af de mest kendte certificeringsordninger på skovområdet er *Forest Stewardship Council* (FSC) og *Programme for the Endorsement of Forest Certification* (PEFC), der har en relativt stor udbredelse i visse europæiske lande. Skovcertificeringsordningerne har i en årrække været den mest anvendte metode til at dokumentere, at træmaterialer og træprodukter lever op til principperne for bæredygtig skovdrift, og ordningerne anvendes også på energiområdet til at certificere træbaserede brændsler. En mangel i flere af de traditionelle skovcertificeringsordninger er dog, at de ikke har målrettet fokus på klimaeffekterne, når biomassen anvendes til energiformål.

Risikobaseret tilgang

Den risikobaserede tilgang er i denne sammenhæng en metode til at dokumentere bæredygtig skovdrift. Den anvendes til at evaluere eksisterende love og håndhævelsen af regler i forhold til skovforvaltning i et område, herunder om der er risiko for, at der ikke leves op til kriterier og indikatorer for bæredygtig skovdrift.

Der gøres i stigende grad brug af en såkaldt risikobaseret tilgang, når biomassens bæredygtighed skal vurderes. Det gælder især certificeringsprogrammet *Sustainable Biomass Program* (SBP) som er oprettet af en række danske og europæiske energiselskaber, hvor der i modsætning til de traditionelle certificeringsordninger for skove ikke anvendes en arealbaseret udpegning af skove, der drives bæredygtigt, men i stedet evalueres risici forbundet med at anvende biomasse fra en specifik geografisk region. I den risikobaserede certificering screenes love, regler og praksis, og det danner baggrund for en klassificering af, om biomasse fra forskellige produktionssystemer har enten lav, medium eller høj risiko for, at de relevante bæredygtighedskriterier og indikatorer ikke opfyldes. Hvis risikoen er medium eller høj, betyder det, at der er behov for at iværksætte yderligere tiltag, som fjerner den identificerede risiko, eller alternativt helt at undlade at anvende den pågældende biomassefraktion, hvis den kommer fra en given region. Foruden risikovurderingen har SBP udviklet en metode til at bestemme drivhusgasudledninger, som skabes ved produktion, hugst, forarbejdning og lagring af biomassebrændslerne. På baggrund af disse data er det muligt for energiselskaberne at beregne biomassens drivhusgasudledninger fra en given forsyningskæde. Effekterne på kulstoflagring og kulstofkredsløbet er dog ikke med i denne beregning.

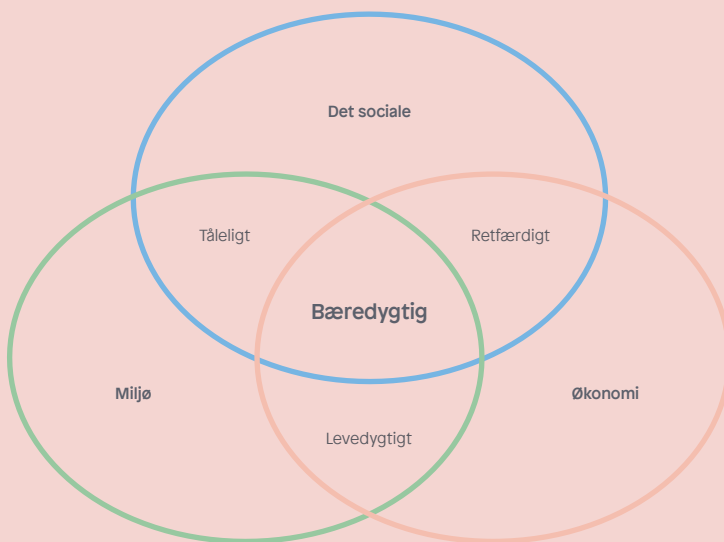
Andre lande har indført bæredygtighedskriterier for fast biomasse ved lov

Sammenlignet med andre lande adskiller den danske brancheaftale sig i den forstand, at den er frivillig. De nationale bæredygtighedskriterier for fast biomasse i Holland, Storbritannien og Belgien er alle indført i den nationale lovgivning. Det betyder blandt andet, at det er myndighederne, som står for at kontrollere, om selskaberne opfylder bæredygtighedskriterierne. Både i Holland, Storbritannien og Belgien er bæredygtighedskriterierne knyttet til udbetalingen af støtte til elproduktion med fast biomasse. Selskaberne kan vælge at anvende biomasse, der ikke lever op til bæredygtighedskriterierne, men de vil i så fald ikke kunne modtage fuldt tilskud til den producerede elektricitet.

Boks 4.2 Hvor kommer bæredygtighedsbegrebet fra?

Begrebet bæredygtighed udspringer af FN-rapporten *Vores fælles fremtid*, også kaldet Brundtlandrapporten³ fra 1987, hvor idéen om bæredygtig udvikling for første gang blev lanceret i en FN-kontekst. Rapporten satte fokus på, at udvikling ikke alene skulle måles ud fra økonomiske parametre, men også ud fra miljømæssige og sociale parametre. Bæredygtig udvikling blev defineret som en proces, hvor menneskeheden skal sikre, at også fremtidige generationer kan få opfyldt deres behov. I rapporten tales ikke om en endegyldig tilstand, men om en løbende ændringsproces, hvor udnyttelse af ressourcer, retningen for den teknologiske udvikling og institutionelle ændringer balancerer nutidige såvel som fremtidige behov.

Bæredygtighed operationaliseres oftest i afbalanceringen mellem tre dimensioner: miljø, det sociale og økonomi. Senest er bæredygtighed og bæredygtig udvikling yderligere formaliseret i FN's 17 Bæredygtighedsmål,⁴ som blev vedtaget i Rio de Janeiro i 2015. Disse er også kendt som *Sustainable Development Goals* eller SDGs.



⁴ Bæredygtighedskriterier for biomasse

Der er flere lighedspunkter mellem de bæredygtighedskriterier for skovbiomasse, som findes i landene. I Danmark, Storbritannien og Holland skal det dokumenteres, at biomassen er lovligt produceret og kommer fra skove, der forvaltes efter internationale principper for bæredygtig skovdrift, mens alle de fire lande stiller krav rettet mod de CO₂-udledninger, der er forbundet med produktion, hugst, transport og energikonvertering af biomassen. Disse kaldes samlet set for CO₂-udledninger fra biomassens forsyningskæde, og de beregnes efter en metode, som fremgår af EU's VE-direktiv. Det er samme beregningsmetode, der anvendes til at fastsætte CO₂-udledninger fra anvendelsen af flydende biobrændstoffer. De væsentligste forskelle mellem landene er, hvordan og i hvilket omfang bæredygtighedskriterierne inddrager effekterne på kulstofkredsløbet og kulstoflagring.

Inddragelse af effekter på kulstofkredsløbet er forskellig i de fire lande

De væsentligste forskelle på bæredygtighedskriterierne i Danmark, Holland og Storbritannien er, hvordan effekterne på kulstofkredsløbet og kulstoflagringen i skove indgår. I Belgien er der slet ikke stillet krav på dette område.

I den danske brancheaftale indgår et kriterium, som er rettet mod effekter på kulstofkredsløbet, samt risikoen for indirekte effekter som ILUC og IWUC. Dette kriterium er nr. 8 i boks 4.1. Overordnet har brancheaftalen nogle mere vidtgående krav sammenlignet med de andre lande. Dog stilles der ikke krav om dokumentation for, hvordan de opstillede krav efterleves, og derfor er det alene kriterier, som energiselskaberne skal tilstræbe at efterleve, når de køber biomasse, uden at de skal redegøre for, hvordan de gør det. Klimarådet finder, at det er en mangel ved brancheaftalen, at der ikke stilles krav om dokumentation af noget så vigtigt som effekter på kulstofkredsløbet. Dette beskrives nærmere i afsnit 4.3.

I bæredygtighedskriterierne i Storbritannien indgår der ikke et målrettet kriterium, der har fokus på effekterne på kulstofkredsløbet. Der er dog en omfattende klassificering af biomassebrændsler, som har til formål at sondre mellem primær biomasse, biprodukter og restprodukter. De biomassefraktioner, som falder i kategorien restprodukt, er generelt undtaget fra at skulle leve op til bæredygtighedskriterierne, da risikoen for, at biomassen har et højt CO₂-aftryk, generelt anses for at være lille. Biomassefraktioner, som ikke anses for at være restprodukter, skal leve op til alle de fastsatte bæredygtighedskriterier, som også i Storbritannien bygger på en risikobaseret tilgang.

Biomassefraktioner

Hermed menes inddeling af biomassen i grupper baseret på karakteristika. Det kan være en sondring mellem fx grene, toppe, bark, rødder og stammer samt træsort, geografisk oprindelse, skovforvaltning og om der på anvendelsessiden er tale om et restprodukt eller ej.

Holland har som det eneste land valgt at indføre målrettede kriterier for effekter på kulstofkredsløbet for biomasse underlagt et dokumentationskrav. Kriterierne gælder for biomasse anvendt til elproduktion ved samfyring med kul på store anlæg over 100 MW samt for træpiller anvendt til varmeproduktion på anlæg over 5 MW. Efterlevelse af disse kulstofkriterier skal dokumenteres af energiselskaberne sammen med de øvrige krav og har fokus på at minimere risikoen for, at biomassebruken medfører opbygning af en langvarig kulstofgæld samt negative ILUC-effekter. Hovedtrækkene i de hollandske kulstofkriterier er gengivet i det følgende.

Kriteriet vedrørende risiko for langvarig kulstofgæld har følgende indikatorer:

- Kulstoflageret i skovene, i det område biomassen kommer fra, skal være enten stabilt eller stigende, og der kan ikke anvendes træstubbe, som ellers ikke ville have været fjernet fra det pågældende område.
- Højst halvdelen af høsten af hele stammer fra et skovområde må anvendes direkte til bioenergi. Dog er tyndingstræ og biomasse fra skove med en rotationstid under 40 år undtaget.

Tyndingstræ

Tyndingstræ er træer, der udtages i en ung alder for at skabe plads til produktion af tømmer og gavntre fra træer, der opnår fuld størrelse.

Kriteriet vedrørende ILUC-risiko:

- Biomasse fra produktionssystemer, som er etableret efter 2008, skal demonstrere lav risiko for indirekte forskydninger i arealanvendelsen (ILUC). Dog er biomasse fra forvaltningsenheder på mindre end 500 hektar undtaget.

I de hollandske bæredygtighedskriterier er der henvisninger til blandt andet regneværktøjer og databaser, som kan anvendes til at understøtte den nødvendige dokumentation af kriterierne for kulstofgæld og ILUC. Der er igangsat en proces i Holland, som skal skabe et grundlag for at opfylde kriterierne på baggrund af en risikobaseret tilgang i regi af det ovenfor omtalte *Sustainable Biomass Program*.

Tabel 4.1 nedenfor opsummerer de væsentligste elementer i de nationale bæredygtighedskriterier for fast biomasse i de fire lande med vægt på de forhold, som skal dokumenteres. Det ses, at der er forskellige tilgange i de fire lande i forhold til, hvordan og i hvilket omfang klimaeffekterne ved brug af biomasse til energi inddrages i de nationale bæredygtighedskriterier. De fire lande har alle inddraget drivhusgasser fra biomassens forsyningskæde. Det er dog kun Holland, som har indført kriterier for kulstofgæld og ILUC, som er bindende i den forstand, at de skal dokumenteres. I Danmark er der indført nogle retningslinjer i brancheaftalen, som energiselskaberne skal tilstræbe at efterleve, når de indkøber biomasse, men opfyldelsen af kravene skal ikke dokumenteres.

Bæredygtighedskriterier	Danmark	Holland	Storbritannien	Belgien
Lovlighed	Ja	Ja	Ja	Nej
Bæredygtig skovforvaltning ²	Ja	Ja	Ja	Nej
Drivhusgasser fra forsyningskæde ³	Ja	Ja	Ja	Ja
Kulstoflagring	Nej	Ja (kulstofgæld)	Nej	Nej
Indirekte effekter	Nej	Ja (ILUC)	Nej	Nej
Myndighedskontrol	Nej	Ja	Ja	Ja
Ikrafttrædelse	2016	2016	2015	2001

Tabel 4.1 Opsummering af bæredygtighedskriterierne for fast biomasse i hhv. Danmark, Holland, Storbritannien og Belgien.

Anm. 1: Der vises kun kriterier, som er omfattet af et dokumentationskrav.

Anm. 2: Bæredygtig skovdrift dækker i denne sammenhæng over sikring af skovenes produktivitet, biodiversitet og beskyttelse af sårbare økosystemer mv.

Anm. 3: Reduktion af drivhusgasser fra forsyningskæden er baseret på metoden i VE-direktivet..

Kilde: Baseret på Mai-Moulin et al., 2017 samt egen analyse.

4.2 Kommende bæredygtighedskriterier på EU-niveau

Som en del af den såkaldte Vinterpakke fra 2016 kom EU-Kommissionen med forslag til et nyt VE-direktiv, der indeholder EU-bæredygtighedskriterier, som skal gælde for alle typer bioenergi efter 2020. Med forslaget lægges der op til, at de nuværende bæredygtighedskriterier for flydende biobrændstoffer, der primært har haft fokus på landbrugsbiomasse, skal udvides og suppleres med risikobaserede bæredygtighedskriterier for biomasse fra skove. Kommissionens forslag forhandles stadig, og derfor er rammerne fortsat uafklarede, herunder om det vil blive tilladt at have mere ambitiøse nationale bæredygtighedskrav for fast biomasse end de generelle EU-regler.

EU-Kommissionens forslag til nyt VE-direktiv lægger op til, at alle anvendelser af bioenergi efter 2020 skal omfattes af bæredygtighedskriterier.⁸ I dette afsnit beskrives indholdet i Kommissionens udspil, og forslaget til de nye EU-bæredygtighedskriterier vurderes i forhold til brancheaftalen, og om reglerne vil passe ind i en dansk kontekst. Der ses desuden på, hvordan forslaget håndterer klimaeffekterne ved biomasse, herunder om der er målrettede kriterier vedrørende effekter på kulstofkredsløbet.

EU-Kommissionens forslag til bæredygtighedskriterier for bioenergi bygger videre på de eksisterende regler for flydende biobrændstoffer. Boks 4.3 beskriver hovedelementerne i de bæredygtighedskriterier, som findes i det gældende VE-direktiv.

Kommissionen foreslår risikobaserede kriterier for skovbiomasse

Med forslaget til et nyt VE-direktiv er der lagt op til, at skovbiomasse fremover skal omfattes af risikobaserede bæredygtighedskriterier. Boks 4.4 nedenfor opsummerer de væsentligste nye elementer.

Der findes overordnet set to forskellige måder, hvorpå man kan påvise efterlevelse af EU-Kommissionens foreslåede bæredygtighedskriterier. I første omgang bør det vurderes, om der er nationale eller regionale love og regler, som automatisk vil sikre, at skovene forvaltes på en måde, så bæredygtighedskriterierne er opfyldt. Hvis det er tilfældet, vil et land kunne producere biomasse fra forvaltede skove og afsætte den uden yderligere tiltag, idet risikoen for at kravene ikke opfyldes, vil blive anset for at være lav. Den anden måde bliver aktuel, hvis ikke alle bæredygtighedskriterierne er dækket af reguleringsforhold i den eksisterende lovgivning. I så fald vil selskaberne, der anvender biomasse, have behov for at fremvise en anden type dokumentation. Det vil især være certificering af bæredygtig skovdrift, som dækker det skovområde, hvor biomassen kommer fra.

Boks 4.3 Bæredygtighedskriterier for flydende biobrændstoffer i det gældende VE-direktiv

EU's gældende direktiv for vedvarende energi indeholder obligatoriske bæredygtighedskriterier for flydende biobrændstoffer, der anvendes til transport. Disse kriterier omfatter desuden bioolie, der anvendes til el og varme.

Bæredygtighedskriterierne har til formål at sikre en minimering af negative effekter på klima, biodiversitet og miljø. Der er blandt andet tale om kvalitative kriterier, som har fokus på beskyttelse af biodiversitet og beskyttelse af kulstofpuljer, især tørvejorde og naturområder med højt kulstofindhold. Desuden er der fastsat en metode til beregning af drivhusgasreduktioner fra produktion, transport og anvendelse af biobrændstofferne. EU's bæredygtighedskriterier for flydende biobrændstoffer er fuldt harmoniserede, så medlemslandene hverken kan fastsætte mere restriktive eller mere lempelige bæredygtighedskrav på nationalt niveau. Hvis anvendelsen af biobrændstoffer skal kunne modtage støtte og tælle med i landenes mål for vedvarende energi, skal det dokumenteres, at de lever op til bæredygtighedskriterierne. Det kan ske ved at anvende certificeringsordninger, som er godkendt af EU-Kommissionen.

Boks 4.4 Opsummering af de nye elementer i Kommissionens forslag til EU-bæredygtighedskriterier, der skal gælde efter 2020

- Risikobaseret tilgang til skovbiomasse, som enten kan tage udgangspunkt i regler på lande- eller regionsniveau eller dokumentation på skovniveau.
- Krav om, at biomassen skal være lovligt fældet, at områder med høj biodiversitet skal beskyttes, samt at sensitive økosystemer skal beskyttes.
- Krav om genplantning af skovområder samt opretholdelse af skovenes langsigtede produktionskapacitet.
- Krav om drivhusgasreduktioner fra biomassens forsyningskæde, det vil sige fældning, forarbejdning, transport og energikonvertering. Kravet skal gælde biomasseanlæg, som sættes i drift efter 2021.
- Krav om, at anlæg skal have højeffektiv kraftvarmeproduktion med biomasse. Støtte til ren elproduktion er ikke længere muligt på nye anlæg efter 2023.
- Restbiomasse undtages generelt for bæredygtighedskriterier.
- Kun anlæg med indfyret effekt over 20 MW er omfattet af dokumentationskrav.
- Krav om, at der findes en national LULUCF-opgørelse i det land, hvor biomassen kommer fra, og at landet har et klimamål i henhold til Parisaftalen.
- Kun biomasse, der lever op til bæredygtighedskriterierne, kan bruges til at opfylde mål for vedvarende energi.

Kommissionen forventer at skulle lave yderligere gennemførelsesretsakter, det vil sige mere detaljerede regler og retningslinjer, som skal anvendes til at udmønte bæredygtighedskriterierne. Derfor er det endnu usikkert, hvordan samspillet mellem den nationale lovgivning og EU-bæredygtighedskriterierne kommer til at fungere i praksis. Det er muligt, at nogle biomasseeksporterende lande vil vælge at revidere deres nationale skovlovgivning, så det vil være nemmere at leve op til bæredygtighedskriterierne, uden at der skal laves yderligere dokumentation.

Bæredygtighedskriterierne i brancheaftalen kan blive udvandet af nye EU-regler

Forslaget til bæredygtighedskriterier i EU-regi vil på mange måder være et skridt i den rigtige retning, men kun hvis kriterierne er tilstrækkeligt retvisende og ambitiøse. Regulering på EU-niveau af biomassens bæredygtighed har flere fordele, blandt andet at der så vil gælde ens regler på tværs af lande, hvilket gør det mere gennemskueligt og mindre administrativt tungt at sikre dokumentation for biomassens bæredygtighed. Det skyldes ikke mindst, at producenterne i så fald kun vil have et enkelt regelsæt at forholde sig til, og at handel med biomasse på tværs af landegrænser derfor kan forventes at blive nemmere på grund af ens standarder for bæredygtighed.

Set i forhold til de danske bæredygtighedskriterier er de primære ulemper ved EU-forslaget, at de nuværende bæredygtighedskriterier i den danske brancheaftale bliver svækket, hvis de erstattes fuldt ud af nye EU-regler. Det gælder fx det forhold, at det kun er biomasseanlæg, som idriftsættes efter 2021, der skal påvise, at de lever op til grænseværdier for reduktion af CO₂-udledninger fra biomassens forsyningskæde. Dermed vil langt størstedelen af de danske anlæg være undtaget, da de allerede er idriftsat.

EU-forslaget lider desuden af den mangel, at effekterne på kulstoflagringen og kulstofkredsløbet kun er dækket meget overordnet – dels via sammenhængen til LULUCF-regulering og dels via krav om genplantning, og at skovenes produktivitet skal opretholdes. Det er tvivlsomt om sammenhængen til LULUCF-regulering vil have reel effekt, idet dette afhænger af, om eksportlandene har tilstrækkeligt bindende klimamål, som inddrager LULUCF-sektoren, jf. kapitel 3. Så længe der er usikkerhed om, hvorvidt producentlandenes klimamål sikrer incitamenter til at opretholde og øge skovenes kulstofpuljer, er der behov for bæredygtighedskriterier, som sikrer, at der anvendes klimavenlig biomasse.

Forslaget har ikke egentlige kriterier eller indikatorer, som målrettet skal sikre, at der er minimal og kortvarig effekt på kulstoflagringen og på kulstofkredsløbet, når der anvendes biomasse til energi. Dermed mangler Kommissionens forslag de elementer, der indgår i den danske brancheaftales kriterium 8 om kulstofkredsløb og fastholdelse af skovens kulstoflager, og som indgår i de hollandske bæredygtighedskriterier for kulstofgæld og ILUC. For at de kommende bæredygtighedskriterier fra EU reelt skal kunne anvendes til at sondre mellem klimavenlig og ikke-klimavenlig biomasse, vil der være behov for at indarbejde mere retvisende kriterier og indikatorer, som er målrettet effekter på kulstofkredsløbet og kulstoflagringen i skove, herunder tidsperspektivet for genoptag af CO₂ og indirekte effekter.

Forslaget til EU-bæredygtighedskriterier dækker ikke alle klimaeffekter

Kommissionens forslag til EU-bæredygtighedskriterier bygger fortsat på den præmis, at CO₂-udledninger fra biomasse er medregnet i producentlandenes LULUCF-opgørelser. Som beskrevet i kapitel 3, er antagelsen om, at udledninger fra biomasse medregnes i landenes klimamål, i mange tilfælde tvivlsom. Det gør det så meget desto vigtigere, at bæredygtighedskriterierne tager tilstrækkeligt hånd om klimaeffekterne ved biomasse.

Overordnet set er der tre forskellige kategorier af drivhusgasudledninger, som er relevante at tage i betragtning i relation til bæredygtighedskriterier:

1. *Udledninger fra afbrænding samt genoptag af CO₂ i ny biomasse:*
Samlet set kan dette betegnes som nettoeffekten på kulstoflagringen i de produktionssystemer, som biomassen kommer fra. Udledninger fra biomasse tælles ikke med i energisektoren, men opgøres ideelt set i LULUCF-sektoren. Den tidsmæssige forskydning mellem udledninger og optag af CO₂ giver anledning til tilbagebetalingstid og CO₂-pust, som beskrevet i kapitel 2. Dette forhold er primært relevant, fordi CO₂-udledningen fra bioenergi og den deraf reducerede kulstofpulje i skovene i mange tilfælde ikke bliver medregnet i landenes klimamål.
2. *Udledninger fra biomassens forsyningskæde:*
Disse udledninger stammer fra produktion, transport og energikonvertering af biomassen og beregnes efter metoden i VE-direktivet. I mange tilfælde er de dækket af eksisterende klimaregulering, det vil sige, at de opgøres og medregnes i de nationale klimaregnskaber. En undtagelse er udledningen fra international skibsfart, som er relevant for importeret biomasse, der transporteres med skibe. Udledninger fra biomassens forsyningskæde inddrager ikke effekter på kulstofkredsløbet, medmindre der sker afskovning.
3. *Udledninger forårsaget af indirekte effekter:*
Disse udledninger fra fx ILUC eller IWUC kan som udgangspunkt ikke observeres direkte, men kvantificeres i økonomiske modeller. Indirekte effekter kan ske, hvis øget efterspørgsel på biomasse til energi medfører substitution i markedet for træprodukter eller i arealanvendelsen. En indirekte effekt kan fx påvirke kulstofbalancen, hvis biomasseressourcerne i højere grad udnyttes til energi frem for til produkter, som kan erstatte energiintensive materialer som beton eller stål.

Kommissionens forslag til bæredygtighedskriterier sigter mod at stille krav til udledninger, der falder under punkterne 1 og 2 ovenfor. Punkt 3 er ikke forsøgt dækket.

Præmissen om, at afbrænding af biomasse til energi er CO₂-neutralt, hviler på den antagelse, at der sker opgørelse af ændringerne i skovenes kulstoflager i LULUCF-sektoren. Dette er langtfra altid tilfældet, og derfor er det relevant at sikre, at der sker et genoptag af den udledte CO₂, når der anvendes biomasse til energi, især hvis biomasse til energi støttes som et klimavirkemiddel. Et af formålene med EU-Kommissionens forslag er, at der skal ske genplantning, og at der på lang sigt sker en genskabelse af skovenes kulstoflagre. Dette er dog

på ingen måde tilstrækkeligt til at sikre, at den anvendte biomasse bidrager til CO₂-reduktioner, og i forslaget sondres der heller ikke mellem biomasse, som kan forventes at levere klimagevinster på henholdsvis kort og lang sigt.

Usikkert om EU's regler bliver harmoniserede

Der foregår i øjeblikket politiske forhandlinger om forslaget fra EU-Kommissionen, og derfor er det fortsat uafklaret, om det skal være muligt at fastsætte mere ambitiøse nationale kriterier. Europa-Parlamentet bakker op om en tilgang, hvor medlemslande kan gå længere end EU's minimumsregler, når det gælder krav til fast biomasse og biogas. Ministerrådets holdning forventes derimod at være, at der skal gælde ens regler i alle medlemslande. Spørgsmålet om, hvorvidt medlemsstaterne skal kunne fastsætte yderligere nationale bæredygtighedskrav, bliver sandsynligvis afgjort inden udgangen af 2018.

Hvis der ikke kommer fuldt harmoniserede EU-regler, vil det være muligt for et land som Holland at fastholde sine mere ambitiøse nationale bæredygtighedskriterier, og Danmark vil kunne fastholde dele af brancheaftalens bæredygtighedskriterier, når der skal laves lovgivning på området. Dermed kan det sikres, at ny EU-regulering ikke sænker ambitionsniveauet sammenlignet med de nuværende bæredygtighedskriterier, og det vil være muligt for lande som Danmark at gå foran og vise nye løsninger, fx i forhold til at inkludere mere retvisende kriterier og indikatorer for biomassens effekter på kulstofkredsløbet.

4.3 Bedre inddragelse af klimaeffekterne ved biomasse

Som beskrevet i de to foregående afsnit vil der være behov for at indarbejde mere retvisende indikatorer for effekter på kulstoflagring og kulstofkredsløbet i bæredygtighedskriterierne, hvis det skal kunne dokumenteres, at den anvendte biomasse leverer reelle CO₂-reduktioner. I dette afsnit anvises fire forskellige muligheder for, hvordan det kan sikres, at udledningen af drivhusgasser til atmosfæren reduceres, når der anvendes biomasse til energi sammenlignet med fossile brændsler. Klimarådet peger på, at kvalitative risikoindikatorer vil være den mest oplagte mulighed. Tilgangen kræver dog, at der igangsættes en proces med udvikling af de nye indikatorer for biomassens klimapåvirkning, herunder især effekterne på kulstofkredsløbet. Klimarådet anbefaler, at indikatorerne inddrages i dansk regulering, og at Danmark arbejder for, at de også indarbejdes i EU's regelsæt.

Der udledes CO₂, når der afbrændes biomasse til energiformål, men klima-effekten kan i de fleste tilfælde blive reduceret over tid i takt med, at nye træer genoptager CO₂'en og lagrer den i ny biomasse. Kulstofdynamikken i de skove, hvor biomassen kommer fra, spiller derfor en vigtig rolle i at sikre, at anvendelse af biomasse som erstatning for fossile brændsler bidrager til at reducere CO₂-indholdet i atmosfæren.

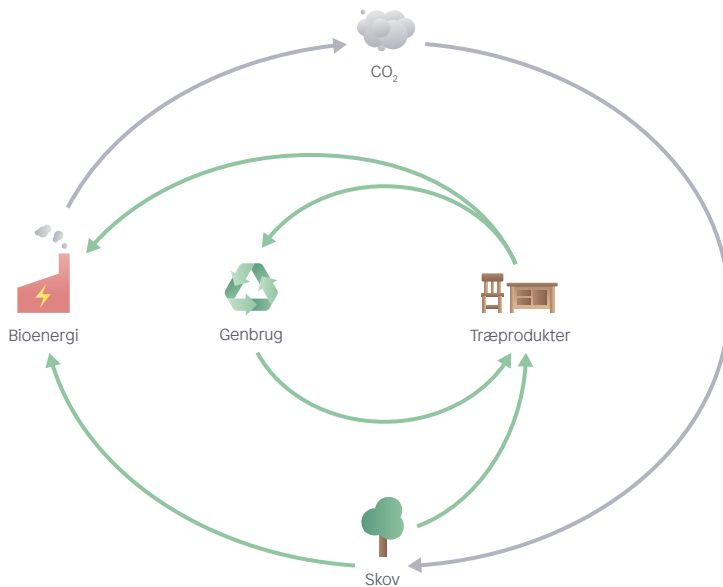
Der er således behov for, at bæredygtighedskriterierne for biomasse sikrer en hensigtsmæssig håndtering af effekterne på kulstoflagringen i skove og kulstofkredsløbet. I det følgende ses der nærmere på, hvordan disse kulstofeffekter kan inddrages i bæredygtighedskriterierne.

Tidsperspektivet og spørgsmålet om restprodukter er vigtige for klimavurdering

Den danske brancheaftale om bæredygtig biomasse indeholder på nuværende tidspunkt ikke dokumentationskrav for kriteriet om effekterne på kulstoflagringen i de skove, som biomassen stammer fra. Det er en væsentlig svaghed, da netop effekterne på kulstofbalancen og den tidsmæssige forskydning mellem udledning og optag af CO₂ har betydning for, om biomassen bidrager til klimainsatsen inden for en tidshorisont, som er relevant i en klimapolitisk sammenhæng. Som beskrevet i det foregående afsnit har Kommissionens forslag til EU-bæredygtighedskriterier heller ikke tilstrækkeligt målrettede krav i forhold til effekterne på kulstofkredsløbet og kulstoflagring.

Tidsperspektivet for udledning og genoptag af CO_2 spiller en central rolle i forbindelse med vurdering af klimaeffekten ved afbrænding af biomasse. Der findes dog også andre vigtige faktorer, som bør inddrages, når klimaeffekten skal vurderes. Det er fx vigtigt, om den pågældende biomasseressource er et restprodukt i den forstand, at der ikke findes en alternativ efterspørgsel eller anvendelse, som påvirkes markant. Hvis en øget efterspørgsel efter biomasse til energi medfører øget hugst, vil det som beskrevet i kapitel 2 ofte have konsekvenser for kulstofbalancen i form af en reduktion af skovens kulstofpulje. Effekten kan være en kortvarig, langvarig eller endda permanent reduktion af kulstoflagringen, hvilket især afhænger af skovtypen, forvaltningen samt klima- og jordbundsforhold.

Figur 4.1 viser en skitse af et skovsystem, der optager og lagrer CO_2 fra atmosfæren. Skoven leverer ressourcer, som kan anvendes til træprodukter og bioenergi. Nogle træprodukter kan genbruges, indtil de til sidst udnyttes til energiformål. Hvis hugsten af biomasse til energi øges, kan det have betydning for skovens kulstoflagring, og der kan desuden ske forskydninger mellem forskellig anvendelse af biomasseressourcerne. Skovejeren vil i nogle tilfælde ændre sin forvaltningspraksis for at tilpasse sig nye markeder, og det vil også have betydning for dynamikken i kulstofkredsløbet. Når biomassens klimaeffekter skal vurderes, er det vigtigt at se på, hvordan kulstoflagringen i skoven og kulstofkredsløbet påvirkes af, at anvendelsen af biomasse til energi øges. Dette kan med fordel ske i en specifik regional kontekst.



Figur 4.1 Illustration af kulstofkredsløb med en skov, der leverer ressourcer til træprodukter og bioenergi

Kilde: Egen illustration

Fire mulige modeller for inddragelse af klima- og kulstofeffekter

Dette underafsnit præsenterer fire modeller for bæredygtighedskriterier, der søger at tage hånd om biomassens klimapåvirkning. Den første model er en kvantitativ vurdering af biomassefraktionernes klimaeffekt, som kan ske ved en livscyklusvurdering. Her beregnes forskellige biomassefraktioners samlede CO₂-aftryk sammenlignet med en reference. Den anden model er en kvalitativ og risikobaseret vurdering, der baserer sig på en række indikatorer for effekterne på kulstoflagring og kulstofkredsløbet, som skal vurderes i en specifik geografisk kontekst. Den tredje er en mere simpel model, som består af en generel mængdebegrænsning for udvalgte biomassefraktioner med forventet højt CO₂-aftryk. Endelig er den fjerde og mest simple model en mængdebegrænsning af den samlede støtte til energi baseret på biomasse. Det kan være enten globalt, på EU-niveau eller landeniveau.

Model 1: Kvantitativ livscyklusvurdering

Denne mulighed for at styrke bæredygtighedskriterierne bygger på, at der skal ske en beregning af udledningen af drivhusgasser ved brug af en fuld konsekvensbaseret livscyklusvurdering. I denne type analyse skal alle relevante udledninger i forbindelse med brug af biomasse til energiformål principielt medtages, herunder også effekter på kulstoflagring og indirekte effekter på kulstofkredsløbet. På den måde kan forskellige biomassefraktioner rangeres og klassificeres efter, hvordan de bidrager til at reducere udledningen af drivhusgasser inden for en nærmere fastsat tidsperiode, hvis de anvendes til energiformål. Denne tilgang er veludviklet, og flere videnskabelige studier er gennemført, fx som grundlag for Energistyrelsens bioenergianalyse⁹ fra 2014 og for EU-Kommissionens konsekvensvurdering fra 2016 vedrørende forslaget til EU-bæredygtighedskriterier.¹⁰

Livscyklusvurderinger kan anvendes til at analysere de samlede klimaeffekter ved politiske tiltag, fx øget støtte til biomasse, der anvendes til energi. Flere af de anvendte modeller kan beskrive komplekse sammenhænge mellem kulstofpuljer samt produktionsøkonomiske og markedsmæssige forhold, herunder de såkaldte indirekte effekter, altså påvirkninger af priser og efterspørgsel på fx træprodukter eller landbrugsland, som er afledt af, at anvendelsen af biomasse til energiformål øges.

En væsentlig svaghed ved livscyklusanalyser er dog, at de er datatunge og beror på en række antagelser om fremtiden.¹¹ Der er fx behov for at opstille et detaljeret alternativt referencescenarie, hvor der gættes på, hvad der vil ske uden anvendelse af biomasse til energi. Når referencescenariet og politikscenariet opstilles, vil der være store usikkerheder forbundet med de bagvedliggende antagelser, og de antagelser kan i mange tilfælde have helt afgørende betydning for resultatet, især hvis der laves analyser med lang tidshorisont. Usikkerhederne i analysernes resultater kan i mange tilfælde være så store, at det ikke vil være retvisende at anvende beregningerne til at sondre meget detaljeret mellem forskellige fraktioner af biomasse. Denne svaghed ved livscyklusvurderinger betyder ikke, at analyserne ikke kan være relevante, men at man skal være varsom med at basere de politiske rammevilkår direkte på analysernes resultater.

Model 2: Indikatorer for direkte og indirekte effekter på kulstoflagring

En anden mulighed er at udvikle forbedrede kvalitative indikatorer, som er

målrettet effekterne på kulstoflagring i de skove, som biomassen kommer fra. Hensigten med at lave disse nye målrettede indikatorer er, at de eksisterende indikatorer i fx brancheaftalen og i forslaget til EU-regulering ikke er tilstrækkeligt operationelle og præcise til at vurdere, om anvendelsen af biomasse kan forventes at levere en nettoreduktion i udledningen af drivhusgasser til atmosfæren inden for en relevant tidshorisont. Rationalet for de nye indikatorer er, at der skal skabes en robust og retvisende analytisk ramme, som baserer sig på de erkendelser, der er skabt med livscyklusvurderinger af biomasse. Metoden skal dog være mere operationel, så den kan anvendes til reguleringsformål. Derfor skal der skabes balance mellem præcision og kompleksitet i forbindelse med udvikling af indikatorerne. På den ene side skal der kunne laves en simpel og transparent vurdering af de relevante biomassefraktioner, og på den anden side skal alle væsentlige parametre indgå.

Der findes allerede et studie fra Forest Research,¹² som indeholder et forslag til, hvordan der kan laves en risikoklassificering af biomassefraktioner baseret på, om der er tale om bark, grene, toppe eller stammer, samt hvilket skovsystem og hvilken forarbejdning træet eventuelt har gennemgået. Klassificering sker på baggrund af biomassens type og oprindelse, men også ud fra en række spørgsmål, som forholder sig til den specifikke kontekst, det vil sige skovforvaltningen og den forventede alternative arealanvendelse og brug af biomasseressourcerne. Studiet er foreløbigt, og der vil være behov for videreudvikling af metoden, hvis den skal anvendes i praksis, men hvis det sker, er der potentiale for at anvende tilgangen i forbindelse med risikovurderinger af biomassefraktioner, der produceres i forskellige regioner. På baggrund af klassificeringen af biomassefraktioner i risikogrupper vil det være muligt at sondre mellem effekterne på kulstofkredsløbet og tidsperspektivet i forhold til ændringer i skovens kulstoflagring.

Der er dog som nævnt behov for yderligere udvikling og konsolidering af tilgangen med kvalitativ risikoklassificering af biomasse. En styrke ved tilgangen er, at den vil kunne indgå i en risikobaseret vurdering af biomassebaserede brændsler, hvis den udformes målrettet med henblik på dette. Dermed vil den kunne implementeres som en del af en eksisterende fremgangsmåde, der anvendes af energiselskaberne, når de skal dokumentere andre bæredygtighedskriterier, som knytter sig til skovdriften.

Model 3: Mængdebegrænsning for udvalgte biomassefraktioner

En tredje mulig model er en mere simpel tilgang, hvor der indføres et forbud mod eller en begrænsning af mængderne af de typiske biomassefraktioner, der kan have et stort CO₂-aftryk, når de anvendes til energiformål. Mange studier peger på, at anvendelse af rødder og hele stammer, der kommer fra områder med langsom genvækst, fx boreale områder, kan have meget lang CO₂-tilbagebetalingstid.¹³ Denne model vil være en simpel måde at afskære nogle af de biomassefraktioner, der generelt set ikke leverer klimagevinster inden for en kort og mellemlang tidshorisont. Det vil formentligt være muligt at administrere modellen ved hjælp af fx certificering, som omfatter en klassifikation af biomassebrændsler. Modellen minder om fremgangsmåden i Holland.

Der er dog også betydelige svagheder ved tilgangen. Blandt andet fanges de indirekte effekter på kulstofkredsløbet ikke nødvendigvis af denne metode, og det

Model	Fordele	Ulemper
1: Kvantitativ livscyklusanalyse	Muliggør målrettet regulering baseret på kvantificering af forskellige biomassefraktioners CO ₂ -aftryk.	Stor usikkerhed forbundet med data og bagvedliggende antagelser, som har stor betydning for livscyklusanalysens resultat.
2: Nye kvalitative indikatorer inkluderes i risikovurdering	Muliggør at risikobaseret vurdering af biomasse indgår i bæredygtighedskriterierne. Energiselskaberne skal dokumentere, at der anvendes biomasse med forventet lavt CO ₂ -aftryk.	Kan være vanskeligt at udvikle præcise indikatorer, som muliggør vurdering af risici ved anvendelse af biomasse fra et specifikt geografisk område.
3: Mængdebegrænsning for udvalgte fraktioner af biomasse	Muliggør forbud mod nogle af de biomassefraktioner, der ikke leverer klimagevinster.	Metoden er ikke tilstrækkeligt målrettet mod biomassens CO ₂ -aftryk og sikrer ikke vurderinger af risici på det specifikke geografiske niveau.
4: Mængdebegrænsning for anvendelse af træ til bioenergi	Kræver en politisk fastsættelse af, hvor meget biomasse, der maksimalt skal kunne modtage støtte og tælle med som vedvarende energi. Kan kombineres med andre modeller.	Metoden er ikke målrettet og sikrer dermed ikke anvendelse af biomassefraktioner med lavt CO ₂ -aftryk.

Tabel 4.2 Opsummering af de fire løsningsmodeller

kan ikke med sikkerhed udelukkes, at der i flere tilfælde kan være gode grunde til at anvende hele stammer, hvis der ikke er andre anvendelsesmuligheder. Det kan fx være i tilfælde, hvor stammen er meget skæv, eller der er billeangreb, sygdom eller svamp i træet. Det kan også være, at hugsten af stammer er et forvaltnings-tiltag, hvor en skovplantage går fra ekstensiv drift til en mere intensivt forvaltet skov på grund af efterspørgsel på tømmer. Da klimagevinsten især afhænger af den fremtidige forvaltning af skoven, vil en meget simpel tilgang, som alene er baseret på mængdebegrænsning, ikke skabe grundlag for en præcis klassificering af biomassebrændsler, idet den ikke inddrager praksis for skovforvaltningen samt de kontekstspecifikke produktions- og markedsforhold, der findes.

Model 4: Overordnet mængdebegrænsning for støtte til bioenergi

En fjerde mulig model er at fastsætte en begrænsning for, hvor meget træbaseret biomasse, der kan støttes på EU- eller landeniveau. Det kunne svare til modellen for flydende biobrændsler, hvor der er lagt op til, at der fra 2021 fastsættes en maksimal grænse for mængden af førstegenerationsbiobrændsler, der kan medregnes i opfyldelsen af iblandingskravene i transportsektoren. Men denne meget simple tilgang tager ikke hensyn til de forskellige biomassefraktioners CO₂-aftryk. Begrænsningen på det samlede forbrug vil dog medføre en begrænsning i omfanget af indirekte effekter ved øget anvendelse af træbaseret biomasse.

Fordele og ulemper ved de fire løsningsmodeller opsummeres i tabel 4.2.

Det er Klimarådets vurdering, at model 1 principielt set vil være bedst, da denne tilgang er den mest målrettede metode til at vurdere CO₂-aftrykket fra forskellige biomassefraktioner. Dog findes der en række praktiske udfordringer med at gennemføre omfattende og tilstrækkeligt præcise livscyklusvurderinger. Det skyldes blandt andet, at livscyklusmetoden beror på usikre antagelser om fremtidige udviklingsscenarier, som har stor indflydelse på analyseresultaterne. Model 3 og 4 er omvendt for grove og upræcise til at sikre en retvisende sontring

mellem kulstofeffekterne ved forskellige biomassefraktioner. Derfor peger Klimarådet på model 2 som den mest lovende løsning, der bør videreudvikles, og som bør indarbejdes i fremtidige bæredygtighedskriterier for fast biomasse.

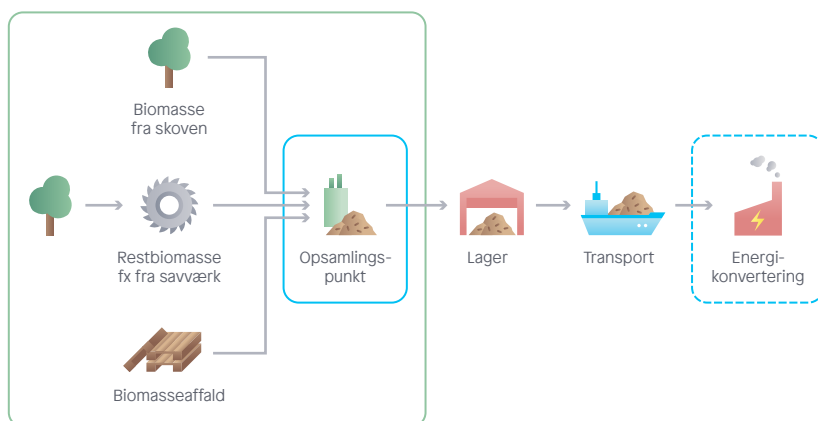
Nye kvalitative indikatorer for kulstoflagring kan indgå i en risikovurdering

Der findes allerede et vurderingssystem for biomassebrændsler i form af det tidligere omtalte certificeringssystem SBP,¹⁴ der bygger på en risikobaseret tilgang. I dette system er det producenten af biomassebrændslet, der er ansvarlig for at sikre, at der er troværdige oplysninger om bæredygtigheden af de biomasseressourcer, som anvendes til energiformål.

Den risikobaserede tilgang adskiller sig fra traditionel skovcertificering, hvor det er det enkelte skovområde, der certificeres. Traditionel skovcertificering kan ske med kendte ordninger som FSC og PEFC, som dog typisk kræver en mere konkret vurdering af et afgrænset skovområde. Derfor er der administrative fordele ved at anvende risikotilgangen, idet der i flere tilfælde vil være mindre administration forbundet med den løbende kontrol, hvis der allerede findes regler på området, som gør, at der kun er lav risiko for, at et bæredygtighedskriterium ikke bliver opfyldt.

Når energiselskaberne køber biomasse fra producenterne, vil de få adgang til oplysninger om blandt andet produktionsforhold, biomassens oprindelse og hvilken risikoklassificering, der er knyttet til brændslet. Oplysningerne anvendes som grundlag for den dokumentation, der leveres i dokumentationsrapporterne. Figur 4.2 skitserer den risikobaserede tilgang.

I SBP-systemet er det træpilleproducenten markeret med blå i figur 4.2, som er ansvarlig for at sikre dokumentation for opfyldelsen af bæredygtighedskriterierne. Det sker ved at lave en risikovurdering af de biomasseressourcer, som findes i det pågældende område markeret med grønt. Risikovurderingen baseres



Figur 4.2 Illustration af den risikobaserede tilgang

Kilde: Egen figur baseret på illustration fra SBP.

først og fremmest på de love, regler og forvaltningssystemer, som findes i området, og der laves en risiovrudering for hver indikator. Biomassefraktioner med lav risiko for ikke at opfylde bæredygtighedskriterierne kan uden videre anvendes, men fraktioner med medium eller høj risiko kan ikke anvendes, medmindre der tilvejebringes yderligere dokumentation. Dette kan fx være skovcertificering, som gælder for det område, hvor biomassen kommer fra.

I SBP-systemet er det kun certificerede aktører, der kan håndtere transporten og lagringen af biomassen frem til slutbrugeren, som i de fleste tilfælde er et kraftværk, der i figur 4.2 er markeret med stiplet blå. Kraftværksejeren skal anvende de oplysninger, som følger med biomassen, til at dokumentere bæredygtigheden af brændslet. Det sker dels ved at fremvise dokumentation for, at de kvalitative bæredygtighedskriterier har lav risiko for at være overtrådt, og dels ved at anvende data for drivhusgasbelastningen fra forsyningskæden, det vil sige udledninger forbundet med plantning, dyrkning, transport og konvertering af biomassen til el og varme.

Hvis der udvikles nye kvalitative indikatorer for effekter på kulstoflagring og kulstofkredsløbet, vil det være oplagt, at disse også kan indarbejdes i den risikobaserede tilgang. Det vil gøre det muligt at lave en specifik vurdering af biomasseproduktion i et geografisk område, hvor de konkrete produktions- og markedsforhold tages i betragtning. Dette vil sikre, at der sker en vurdering af den kontekst, som biomasseproduktionen finder sted i, og det vil dermed være muligt at tage højde for de risikofaktorer, som er vigtige i det pågældende område.

Der er flere vigtige risikofaktorer i relation til effekterne på kulstoflagring

Der vil være behov for at udvikle nye indikatorer, som på en retvisende måde afspejler effekterne på kulstoflagring og kulstofkredsløbet, når der anvendes biomasse til energi. Hvis det skal ske tilstrækkeligt præcist, bør der tages højde for den specifikke regionale kontekst, når der gennemføres en risikovurdering af et geografisk område. Når indikatorerne er udviklet, skal det sikres, at der kun anvendes biomasse, som har lav risiko for at have et højt CO₂-aftryk.

Nogle af de væsentlige forhold, som nye indikatorer skal afspejle, er:

- Hvilken type biomasse er der tale om – det vil sige sort og kvalitet, herunder om det er affaldstræ, resttræ, tyndingstræ eller træ med en alternativ anvendelsesværdi?
- Hvilken oprindelse har biomassen – fx eksisterende forvaltede skove eller skove uden aktiv forvaltning, og hvilken klimazone ligger skovene i?
- Hvilken forvaltningspraksis er gældende – kan den forventes at medføre negativ eller positiv effekt på kulstofbalancen i skovene?

I den danske brancheaftale har man forsøgt at angive en række retningsgivende indikatorer for, hvilke produktions- og markedsforhold der skal være gældende, hvis biomassen skal have lav påvirkning af kulstofkredsløbet, som det ses i kriterium 8 i boks 4.1. De anførte indikatorer skal dog ikke dokumenteres af energiselskaberne, og derfor bør der påbegyndes et arbejde med at udvikle mere målrettede kvalitative risikoindikatorer, som gør det muligt at vurdere, om for-

skellige biomassefraktioner kan levere CO₂-reduktioner eller ej. En god indikator skal indrettes sådan, at det er klart, om den opfyldes eller ej, hvilket ikke entydigt er muligt i brancheaftalens kriterium 8.

Når de konkrete indikatorer er udviklet, skal de indgå i den risikobaserede tilgang, som dermed skal sikre, at det kun er klimavenlige biomassefraktioner, der anses for bæredygtige i forhold til at blive anvendt direkte til energiformål. Det vil være oplagt, at der tages højde for de geografiske og tidsmæssige dimensioner i én samlet kontekst, hvor skoven anses som et produktionssystem, og hvor det ikke er det enkelte træ, men produktion af biomasse i en region, som skal risikovurderes.

En rapport til EU-Kommissionen fra Forest Research om effekter på kulstofbalancen ved øget anvendelse af biomasse i EU skitserer en mulig tilgang til at udvikle en kvalitativ risikogruppering af biomasse. Tilgangen bygger på et såkaldt beslutningstræ, hvor der i forbindelse med evaluering af biomasseefterspørgslen ses på, hvordan forskellige biomassefraktioner kan have effekt på kulstofkredsløbet og kulstoflagringen i skove – enten direkte på grund af øget udtag af vedmasse eller indirekte ved at biomasseefterspørgslen påvirker markedet for træprodukter. Andre studier har også set på denne mulighed.¹⁵ I boks 4.5 er tilgangen beskrevet nærmere.

Det er vigtigt med kontrol af de aktører, der certificerer og verificerer biomassen

I Danmark indgår bæredygtighedskriterierne i en frivillig brancheaftale, og dokumentationen af biomassens bæredygtighed påhviler i mange tilfælde producenter i andre lande, der ikke som udgangspunkt har et tilstrækkeligt incitament til at sikre, at kravene opfyldes. Det er samme princip, som Kommissionen lægger op til at anvende på EU-niveau.

Hvis bæredygtighedskriterier skal baseres på lovgivning og anvendes som grundlag for at styre tilskud og afgifter til biomasse, vil der være behov for kontrol af de aktører, der er ansvarlige for at sikre og dokumentere biomasseressourcernes bæredygtighed. Det gælder både skovejere, operatørerne, der står for fældning og forarbejdning, energiselskaberne, der anvender biomasse, og de virksomheder, der skal fungere som uafhængige kontrolinstanser.

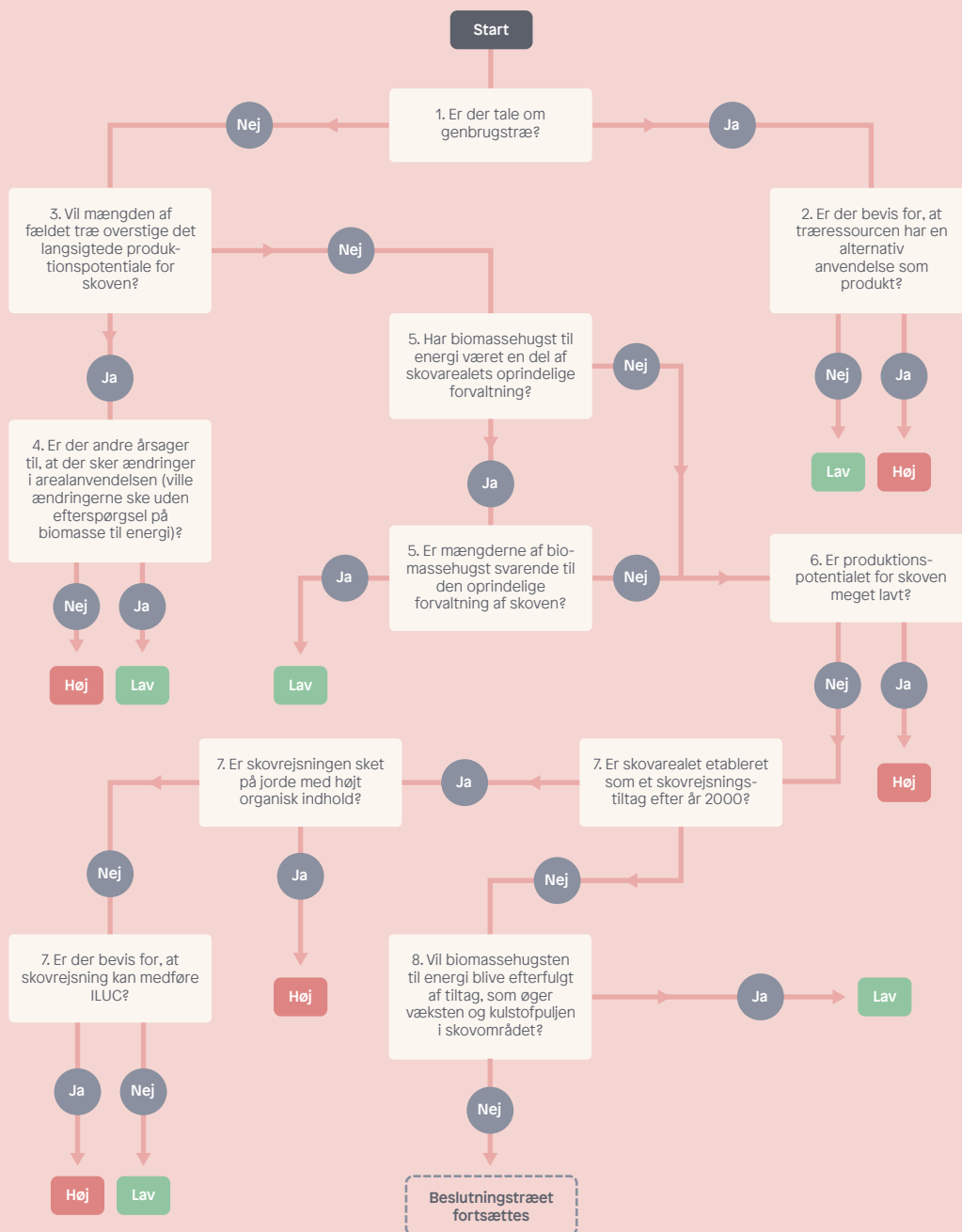
I brancheaftalen, som er et frivilligt initiativ, er der ikke myndighedskontrol af de oplysninger, som findes i dokumentationsrapporterne. Der sker dog en verificering af oplysningerne ved en uafhængig tredjepart, der typisk er en akkrediteret virksomhed med kompetence til at foretage bæredygtighedscertificering af skove. Dette system er hensigtsmæssigt, så længe der er tale om en frivillig aftale.

I et kommende system med bæredygtighedskriterier, der skal implementeres via lovgivning, er der behov for, at myndighederne gennemfører løbende tilsyn med aktørerne, og at der laves stikprøvekontroller af de virksomheder, der administrerer certificeringsordningerne. Det vil samtidig også være nødvendigt at foretage disse stikprøver i andre lande, hvor biomassen bliver importeret fra. Erfaringer fra certificering af bæredygtige biobrændstoffer har vist, at der er risiko for snyd, hvis ikke der er tilstrækkeligt robuste auditerings- og tilsynssystemer på plads.

Boks 4.5 Eksempel på tilgang med risikovurdering af kulstofeffekter ved forskellige biomassefraktioner baseret på et beslutningstræ

I en rapport fra Forest Research, som er udarbejdet for EU-Kommissionen, skitserer forfatterne en mulig tilgang til at vurdere, i hvilket omfang forskellige biomassefraktioner forventes at påvirke atmosfærens indhold af CO₂. Ved hjælp af et beslutningstræ etableres en trinvis klassificering af forskellige biomassefraktioner ud fra simple spørgsmål om biomassens oprindelse, alternative anvendelser samt øvrige forhold, som har betydning for den regionale kontekst. Figuren i boks 4.5 viser, hvordan et beslutningstræ er opbygget, og hvilke spørgsmål det stiller.

Ifølge forfatterne er én af de væsentlige fordele ved denne tilgang samtidig den største svaghed. Det skyldes, at processen med at gennemgå spørgsmål i beslutningstræet i høj grad beror på subjektive vurderinger, og dermed har metoden en meget kvalitativ karakter, som er baseret på en evaluering af de forhold, som er gældende i den specifikke kontekst. Hvis tilgangen skal anvendes i en politisk kontekst, vil der kunne anvendes et forsigtighedsprincip i den forstand, at manglende eller ufuldstændige oplysninger automatisk vil medføre, at den pågældende biomassefraktion vil blive anset for at have høj risiko og dermed være uegnet som klimavenligt biomassebrændsel. Der er behov for en betydelig videreudvikling af metoden foreslået af Forest Research, før den vil kunne anvendes som grundlag for offentlig regulering af biomasseforbrug.



Eksempel på et udsnit af et beslutningstræ, som kan anvendes til vurdering af biomassefraktioners klimapåvirkning

Kilde: Baseret på Mathews et al., *Carbon impacts of biomass consumed in the EU*, 2015.

Hvis der indføres bæredygtighedskriterier på EU-niveau, vil det være mest oplagt, at Kommissionen påtager sig rollen som tilsynsmyndighed i forhold til de certificeringsordninger, som skal kunne anvendes til dokumentation. De nationale myndigheder skal stå for kontrollen af de virksomheder, der udmønter certificeringsordningerne. De nationale myndigheder har også en central opgave i at fungere som kontrolinstans i forhold til de energiselskaber, der anvender biomasse. Dermed skal de sikre, at der hvert år fremlægges fyldestgørende dokumentation for, at der leves op til de fastsatte bæredygtighedskriterier.

Det er vigtigt, at de vurderinger og data, der kommer fra virksomhederne, som producerer og certificerer biomasse, er både præcise, uafhængige og troværdige. Hvis der er snyd, skal det være muligt at udelukke og om nødvendigt straffe de pågældende virksomheder økonomisk.

Kapitel 6 ser nærmere på, hvordan bæredygtighedskriterier kan anvendes som del af et fremtidigt tilskuds- og afgiftssystem for biomasse.

Der bør nedsættes en arbejdsgruppe med eksperter

Det er ikke simpelt at udvikle nye målrettede bæredygtighedskriterier og indikatorer, som omfatter alle de klimarelevante aspekter. Derfor bør der igangsættes en inddragende proces med udvikling af nye målrettede indikatorer, som beskriver effekter på kulstoflagringen og kulstofkredsløbet, når der anvendes biomasse til energi.

Klimarådet vurderer, at Danmark har en vigtig rolle at spille som foregangsland i udvikling af bæredygtighedskriterier på biomasseområdet. Det skyldes, at Danmark har et stort importbaseret forbrug af biomasse sammenlignet med andre lande. Derudover har danske aktører gjort sig en række erfaringer i forbindelse med udvikling og anvendelse af den frivillige brancheaftale. Det er planen, at brancheaftalen skal evalueres i 2018, og det er en god anledning til at opsamle erfaringer.

Der bør nedsættes en tværministeriel arbejdsgruppe, der skal stå for at udvikle et samlet forslag til nye målrettede bæredygtighedskriterier og indikatorer, som på en retvisende måde inddrager effekter på kulstoflagring og kulstofkredsløbet. Arbejdsgruppen kan inddrage de relevante aktører, der har ekspertise på biomasseområdet, fx energibranchen, skovbranchen, grønne organisationer samt uafhængige forskere. Arbejdsgruppen kan med fordel se nærmere på erfaringer fra andre EU-lande, herunder Storbritannien, Holland og Belgien, samt følge med i og tage højde for udviklingen af EU's kommende regler på biomasseområdet.

” Klimarådet vurderer, at Danmark har en vigtig rolle at spille som foregangsland i udvikling af bæredygtighedskriterier på biomasseområdet.

4.4 Konklusioner og anbefalinger

Dette kapitel har belyst bæredygtighedskriterierne for fast biomasse i Danmark og i andre EU-lande og har set nærmere på Europa-Kommissionens forslag til EU-bæredygtighedskriterier for fast biomasse, som skal gælde for alle medlemslande efter 2020. Kapitlet peger på, at både brancheaftalen i Danmark og forslaget fra EU-Kommissionen mangler tilstrækkeligt operationelle og retvisende bæredygtighedskriterier og indikatorer, som afspejler klimapåvirkningen, herunder især effekterne på kulstofkredsløbet og kulstoflagring i skovene. Derfor er der behov for at udvikle nye målrettede kriterier og indikatorer, som kan sikre, at alle relevante klimaeffekter kommer til at indgå i vurderingen af biomassens bæredygtighed. Det giver anledning til følgende hovedkonklusioner:

- Der findes i dag bæredygtighedskriterier for fast biomasse i Danmark og i tre andre europæiske lande. I Danmark er kriterierne en del af en frivillig brancheaftale, mens de i de andre lande er en del af den nationale regulering. De fire lande har forskellige tilgange til at inddrage effekter på kulstoflagring og kulstofkredsløbet. Det er kun Holland, som har valgt at have kriterier for kulstofgæld og ILUC, der skal dokumenteres.
- EU-Kommissionen har fremsat forslag til EU-bæredygtighedskriterier for alle typer bioenergi, herunder også fast biomasse fra skove. Det er endnu uvist, om EU-reglerne vil tillade, at medlemslande kan gå videre og indføre skærpede nationale krav til biomassens bæredygtighed. EU's kommende regler ser ud til at blive mindre ambitiøse end bæredygtighedskriterierne i den danske brancheaftale, blandt andet i forhold til minimumskrav for reduktion af CO₂ fra biomassens forsyningskæde.
- Bæredygtighedskriterierne i brancheaftalen og i forslaget til det kommende EU-regelsæt tager ikke i tilstrækkelig grad hensyn til, hvordan øget brug af biomasse påvirker kulstofkredsløbet og skovenes kulstofpuljer. Hvis der skal tages tilstrækkeligt højde for alle klimaeffekterne ved brug af biomasse til energi, kræver det udvikling af mere operationelle og retvisende bæredygtighedskriterier og indikatorer, der blandt andet adresserer aspekter som tidsperspektivet i genoptaget af CO₂ samt indirekte effekter.

- Der er forskellige muligheder for at styrke de nuværende bæredygtighedskriterier for træbaseret biomasse, så kriterierne tager bedre hensyn til effekter på skovens kulstoflagring og indirekte effekter. Den mest oplagte tilgang er at indarbejde kvalitative indikatorer, som kan indgå i en risikobaseret tilgang, der fx kan bygge på certificering og verificering af biomassen. Denne løsningsmodel vil passe ind i den eksisterende proces, som energiselskaberne gør brug af, når de skal fremlægge dokumentation for bæredygtig skovdrift.

På den baggrund anbefaler Klimarådet:

- Regeringen bør igangsætte et arbejde med at udvikle retvisende og dokumenterbare indikatorer, som kan indgå i de eksisterende bæredygtighedskriterier for biomasse. De nye indikatorer skal være målrettet effekterne på kulstofkredsløbet og kulstoflagring i skove, når der anvendes biomasse til energi. Indikatorerne bør adressere aspekter som blandt andet tidsperspektivet i genoptaget af CO₂, producentlandenes klimamål og -regulering samt indirekte effekter på arealanvendelsen. Relevante aktører med ekspertise på området kan med fordel inddrages i arbejdet, fx energibranchen, skovbranchen, grønne organisationer samt uafhængige forskere med ekspertise i blandt andet Jordens kulstofkredsløb.
- Danmark bør implementere bæredygtighedskriterier for fast biomasse i den nationale regulering. Disse bæredygtighedskriterier skal indeholde de målrettede kriterier og indikatorer vedrørende effekter på kulstofkredsløbet og kulstoflagringen. Hvis EU's kommende regelsæt ikke tillader, at medlemslande fastsætter yderligere nationale bæredygtighedskriterier, bør regeringen opfordre energibranchen til at indarbejde de målrettede kriterier og indikatorer i en frivillig aftale.
- Danmark bør arbejde for, at der også i EU's bæredygtighedskriterier kommer til at være retvisende kriterier og indikatorer, som er rettet mod effekterne på kulstofkredsløbet og kulstoflagringen i skove, når der anvendes biomasse til energi.

5

Biomasse i det danske
energisystem

Omstillingen af Danmarks energiforsyning til vedvarende energi har de seneste år primært været præget af en stor konvertering fra fossile brændsler til fast biomasse. Vindmøller, solceller og varmepumper fylder ofte meget i debatten om vedvarende energi, men udgør relativt til biomasse kun en mindre del af Danmarks forbrug af vedvarende energi.

Den store omstilling til fast biomasse har betydet, at Danmark i dag er blandt de lande i EU, hvor fast biomasse dækker den største andel af det samlede energiforbrug. Danmark er yderligere det eneste land, der både har en høj andel af biomasse i energiforbruget og samtidig importerer en stor mængde af den benyttede biomasse. I 2016 var 43 pct. af den anvendte biomasse importeret.

Den faste biomasse anvendes altovervejende i el- og fjernvarmeforsyningen og i de private husholdninger. I kraftvarme- og varmeværkerne baseres energiproduktionen i stigende grad på træpiller og træflis, mens træpiller og i høj grad brænde dominerer forbruget af biomasse i de danske boliger.

Fast biomasse vil med stor sandsynlighed udgøre en væsentlig del af Danmarks energiforbrug, også i 2030, og dermed spille en central rolle i Danmarks opfyldelse af vores klimamålsætninger. Det gælder målsætningerne om forøgelse af andelen af vedvarende energi og om reduktion af drivhusgasudledninger i ikke-kvotesektoren. En stor del af forbruget i 2030 skyldes allerede foretagne og planlagte biomassekonverteringer af værker, der vil være funktionsdygtige et stykke tid efter 2030.

Klimarådets analyser af mulige udviklingsveje for det danske energisystem viser dog, at forbruget af fast biomasse i el- og fjernvarmeforsyningen på sigt kan reduceres, hvis rammevilkårene justeres, så biomasse favoriseres i mindre grad, end det er tilfældet i dag. Ved en sådan justering af afgifts- og tilskudssystemet samt øvrig regulering vil især vindmøller, solceller og varmepumper kunne erstatte fast biomasse.

Fast biomasse kan fremadrettet blive nødvendig i omstillingen af sektorer, der i dag kun i begrænset omfang anvender biomasse. Det gælder fx produktionshvervene og transporten. Dette vil på globalt plan kunne bidrage med et øget pres på biomasseressourcer og -priser og derved underbygge relevansen af at minimere forbruget af fast biomasse i el- og fjernvarmesektoren i Danmark, hvor der eksisterer gode alternativer til biomassen.





5.1 Biomasseforbrug og -anvendelser i dag

Biomasse udgør i dag en stor del af Danmarks energiforbrug. Langt størstedelen anvendes til el- og varmeproduktion i den kollektive forsyning og i husholdninger. En stigende andel af biomassen importeres fra udlandet, hvilket blandt andet er et resultat af, at flere store centrale værker er eller bliver omstillet til træpiller og træflis de næste par år. Selvom omstillingen i den kollektive forsyning og i husholdninger har taget fart, findes der stadig mange fossile anlæg og individuelle fyr i Danmark.

Fast biomasse

Betegnelsen fast biomasse anvendes i denne rapport som en fællesbetegnelse for halm, træflis, træpiller, brænde og træaffald.

Produktionserhvervene

Fremstillingsvirksomheder, landbruget og bygge- og anlægsvirksomheder opgøres ofte samlet under kategorien produktionserhverv. To tredjedele af produktionserhvervenes energiforbrug anvendes af fremstillingsvirksomheder, mens en fjerdedel af energiforbruget anvendes af landbruget. Resten anvendes i bygge- og anlægsvirksomheder.

Andelen af vedvarende energi

Andelen af vedvarende energi i energiforbruget kan opgøres på flere forskellige måder afhængigt af, hvilke energianvendelser der medtages, og hvilke der udelades. Opgøres andelen af vedvarende energi i forhold til det faktiske energiforbrug, udgjorde vedvarende energi i 2016 29,2 pct.

Bioenergi

Bioenergi bruges ofte som en fællesbetegnelse for alle faste, flydende og gasformige ikke-fossile brændsler af biologisk oprindelse. Ud over fast biomasse kan fx fjonedbrydeligt affald, biodiesel, bioethanol og biogas alle kategoriseres som bioenergi.

Størstedelen af den vedvarende energi i Danmark kommer fra fast biomasse

Energiforbruget i Danmark udgøres overvejende af fossile brændsler og fast biomasse. Størstedelen af det fossile energiforbrug består af olieforbrug i transportsektoren og kul- og naturgasforbrug i el- og varmesektoren og i produktionserhvervene. Den faste biomasse anvendes derimod næsten udelukkende til el- og varmeproduktion.

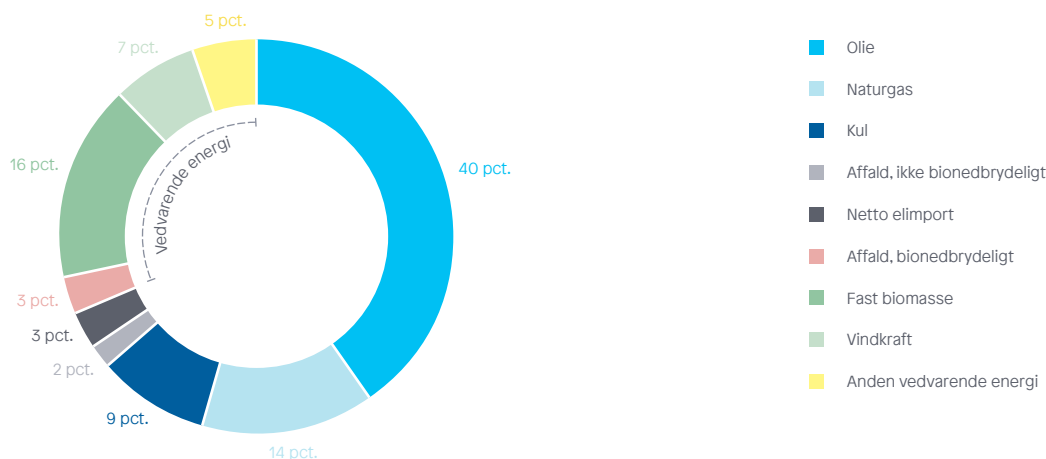
Andelen af energi fra brændselsfrie teknologier som vindmøller og solceller er steget betydeligt de seneste årtier, men udgør stadig kun en mindre del af energiforbruget i Danmark. I 2016 udgjorde energi fra brændselsfrie teknologier 28 pct. af det samlede forbrug af vedvarende energi.

Figur 5.1 viser fordelingen på anvendte energikilder i det danske energiforbrug i 2016. Andelen af vedvarende energi i det udvidede energiforbrug udgjorde i 2016 31,3 pct., hvoraf ca. 16 pct.-point blev dækket af fast biomasse. Samlet set udgjorde bioenergi i form af fast biomasse, biogas, biobrændsler og bionedbrydeligt affald ca. 22 pct.

Den danske energiforsyning har ændret sig meget de seneste år, og tallene viser, at fast biomasse allerede i dag udgør en stor andel af Danmarks vedvarende energi. I de kommende år vil særligt fortsat omstilling af store kraftvarmeværker til træpiller og træflis medføre en betydelig vækst i andelen af vedvarende energi, idet forbruget af fast biomasse forventes at stige betydeligt.

Danmarks forbrug af bioenergi pr. indbygger overstiger det gennemsnitlige bæredygtige globale ressourcepotentiale

Der er betydelig usikkerhed om, hvor stort potentialet er for at øge den bæredygtige anvendelse af bioenergi globalt. Som beskrevet i kapitel 2 er der dog nogenlunde bred enighed om, at det nuværende globale forbrug af biomasse til energiformål på ca. 63 EJ, svarende til 8 GJ pr. indbygger, vil kunne øges til mindst 100 EJ i 2050. Med et forventet globalt befolkningstal på omkring 9,8 mia. i 2050 svarer 100 EJ til et gennemsnitligt forbrug pr. indbygger på ca. 10 GJ.



Figur 5.1 Energiforbruget i 2016 fordelt på energikilder

Anm. 1: Figuren viser fordelingen af energikilder i forhold til det udvidede endelige energiforbrug, herunder energikilderne til produktion af den el og fjernvarme, der indgår i det udvidede endelige energiforbrug.

Anm. 2: Kategorien *Anden vedvarende energi* dækker over biobrændsler, biogas, omgivelsesvarme, solenergi, geotermi og vandkraft.

Anm. 3: Grundet afrunding summerer tallene ikke præcist til 100 pct.

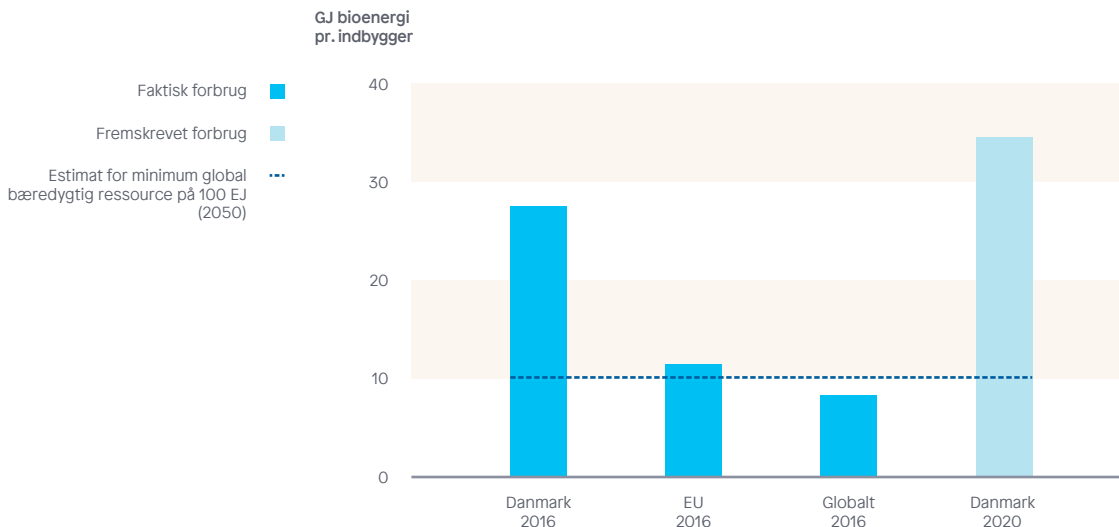
Kilde: Egne beregninger baseret på data fra Energistyrelsens *Energistatistik 2016*.

Danmarks nuværende forbrug af bioenergi pr. indbygger er væsentligt højere end det gennemsnitlige forbrug både i EU og globalt, hvilket fremgår af figur 5.2. Af figuren ses det også, at den forventede stigning i bioenergiforbruget i Danmark frem mod 2020 betyder, at Danmarks forbrug pr. indbygger overstiger et globalt potentiale på 10 GJ med mere end en faktor tre.

Danmarks brug af bioenergi vil således i de kommende år nå op på et så betydeligt niveau, at Danmark vanskeligt kan fungere som foregangsland på dette område. Verdens øvrige lande vil ikke kunne benytte lige så store mængder af bioenergi pr. indbygger, som vi gør i Danmark, medmindre tiltag for at øge den globale tilgængelige mængde af bæredygtig biomasse til energiformål betydeligt ud over 100 EJ tages i brug. Anvendelse af mere end 100 EJ biomasse kan, som beskrevet i kapitel 2, indebære betydelige ændringer i måden, hvorpå verdens arealer forvaltes, ligesom lav befolkningsvækst eller et skift til vegetarisk diæt kan være nødvendigt. Et stort forbrug af fast biomasse i Danmark vil desuden betyde, at Danmark vil være sårbar over for stigninger i den internationale efterspørgsel og pris på biomasse.

En stigende del af biomassen importeres

Forbruget af fast biomasse i Danmark er omtrent tredoblet fra 2000 til 2016. I samme periode er forbruget skiftet fra overvejende at bestå af halm og brænde til i dag at være baseret på flere produkttyper, herunder særligt træpiller. Figur 5.3 viser forbruget af fast biomasse i årene 2000, 2010 og 2016 fordelt på produkttype og på, om biomassen kommer fra Danmark eller er importeret. I figuren er også vist det fremskrevne forbrug af fast biomasse i 2020 fra *Basisfremskrivning 2018*.



Figur 5.2 Faktisk og fremskrevet brug af bioenergi pr. indbygger i Danmark, EU og globalt samt estimat for ressourcepotentiale for bioenergi i 2050

- Anm. 1: Der er betydelig usikkerhed om størrelsesordenerne for både forbrug af og potentialerne for bioenergi globalt såvel som på mere lokalt niveau. For uddybning af det illustrerede globale ressourcepotentiale henvises til beskrivelsen af potentialet for bioenergi i kapitel 2.
- Anm. 2: Tallet for det globale potentiale er vist som primær energi i biomasse. Bidraget herfra til det endelige energiforbrug vil være lavere på grund af konverteringstab.
- Kilde: Egne beregninger baseret på data fra Eurostat,¹ Forenede Nationer,² REN21,³ Energistyrelsen⁴ og Slade et al.⁵

Halm, træaffald og næsten al brænde kom i 2016 fra dansk landbrug, skove og industri. Derimod blev næsten hele forbruget af træpiller og omkring en tredjedel af forbruget af træflis importeret. Omtrent halvdelen af træpillerne blev i 2016 importeret fra Estland og Letland, mens omkring en fjerdedel sammenlagt stammede fra Sverige og Rusland. Den resterende del af træpillerne blev overvejende importeret fra de øvrige østersølande, Portugal og USA.⁶ Opgørelser over import af træflis er noget mere usikre, men træflisen vurderes at komme overvejende fra de samme områder som træpillerne.⁷

I 2000 udgjorde importens andel af forbruget af fast biomasse omkring 6 pct. Den tilsvarende procentsats var i 2016 ca. 43 pct., hvoraf træpiller udgjorde 35 pct.-point. Forøgelsen i forbruget af træpiller fra 2000 til 2016 skyldes primært konverteringer af flere af de centrale kraftvarmeværker såsom Avedøreværket, Amagerværket og Studstrupværket, men også et stigende antal træpillefyrr i husholdningerne har bidraget til den kraftige stigning.

Siden 2016 er yderligere en række centrale og decentrale værker blevet omstillet til biomasse, og flere igangværende ombygninger ventes færdige inden 2020. Som det fremgår af figur 5.3, forventes det, at brugen af fast biomasse øges betydeligt. Særligt den afsluttede konvertering af Skærbækværket og opførelsen af Amagerværkets nye **kraftvarmeblok** BIO4 vil bidrage til en kraftig forøgelse af forbruget af træflis. Alene på disse to værker forventes et forbrug på omkring 1,7 mio. ton træflis årligt⁹ svarende til et energiindhold på omkring 16 PJ.

Kraftvarmeblok

Store kraftvarmeværker består ofte af flere energiproducerende anlæg, der kaldes blokke. Et eksempel er Amagerværket, der i dag har to aktive blokke; Blok 1, hvor der fyres med træpiller, og Blok 3, hvor der fyres med kul. På værket er opførelsen af en ny træflisfyret blok i gang. Når den nye BIO4 står færdig, udfases Blok 3, og hele Amagerværkets el- og varmeproduktion kan derefter baseres på biomasse.⁸



Figur 5.3 Forbrug af fast biomasse i 2000, 2010, 2016 og fremskrevet til 2020 fordelt på produkttype

Anm.: I basisfremskrivningen er den faste biomasse opdelt i halm, træflis, træpiller og øvrigt træ. Sidstnævnte kategori udgøres primært af brænde og i mindre grad af træaffald. I figuren er øvrigt træ fordelt på brænde og træaffald efter samme procentfordeling, som forbruget i 2016.

Kilde: Egne beregninger baseret på data fra Energistyrelsens *Energistatistik 2016* og *Basisfremskrivning 2018*.

Da Skærbækværket og Amagerværket har begrænsede muligheder for leverance af træflis fra landsiden, vil størstedelen af træflisen skulle sejles ind. Det vil betyde, at en stor del af træflisen vil blive importeret.¹⁰

Størrelsen på biomasseforbruget i Danmark er ikke unikt, men importen er stor

Danmark er blandt de lande i EU, hvor fast biomasse udgør den største andel af energiforbruget. Letland, Finland, Sverige og Litauen har en højere andel af fast biomasse i det samlede energiforbrug end Danmark, men disse fire lande udmærker sig, modsat Danmark, ved at være meget skovrige og have et større landareal pr. indbygger. Andelen af skovareal i forhold til det samlede landareal var i Finland 71 pct. og i Sverige 67 pct. i 2015, hvilket var over fire gange så højt som i Danmark, hvor andelen var 16 pct.¹¹ I Letland og Litauen var andelen henholdsvis 56 pct. og 38 pct.

I figur 5.4 er vist forbruget af fast biomasse som andel af det totale indenlandske energiforbrug i EU's medlemslande i 2016. Figuren viser også nettoimporten af fast biomasse i forhold til det totale biomasseforbrug. Data for forbrug, import og eksport af fast biomasse er for visse lande ikke tilgængelige eller er forbundet med en vis usikkerhed, og konklusioner på baggrund af figur 5.4 skal derfor drages med forsigtighed. Derudover kan forbrug, import og eksport af fast biomasse ændre sig meget på blot få år.

Som det fremgår af figuren, er Danmark det eneste EU-land, der både har en høj andel af fast biomasse i det samlede energiforbrug og samtidig importerer en stor del af den anvendte biomasse. Danmark er dermed på en klar førsteplads i EU målt på nettoimport af fast biomasse i forhold til det samlede energiforbrug.

Danmarks relativt store import af fast biomasse udgør ikke nødvendigvis i sig selv et problem. Biomasse er en internationalt handlet vare, og eksempelvis begrænsninger i aftagemuligheder på store værker kan som nævnt indebære, at biomassen lettest importeres via skib. Men som følge af, at Danmark forbruger relativt store mængder biomasse, og at en stor andel af denne importeres, er det vigtigt, at Danmark har kontrol med den biomasse, der anvendes, og at biomassen lever op til de krav, som kan begrunde vores anvendelse af den, nemlig at den er vedvarende og har et begrænset CO₂-aftryk.

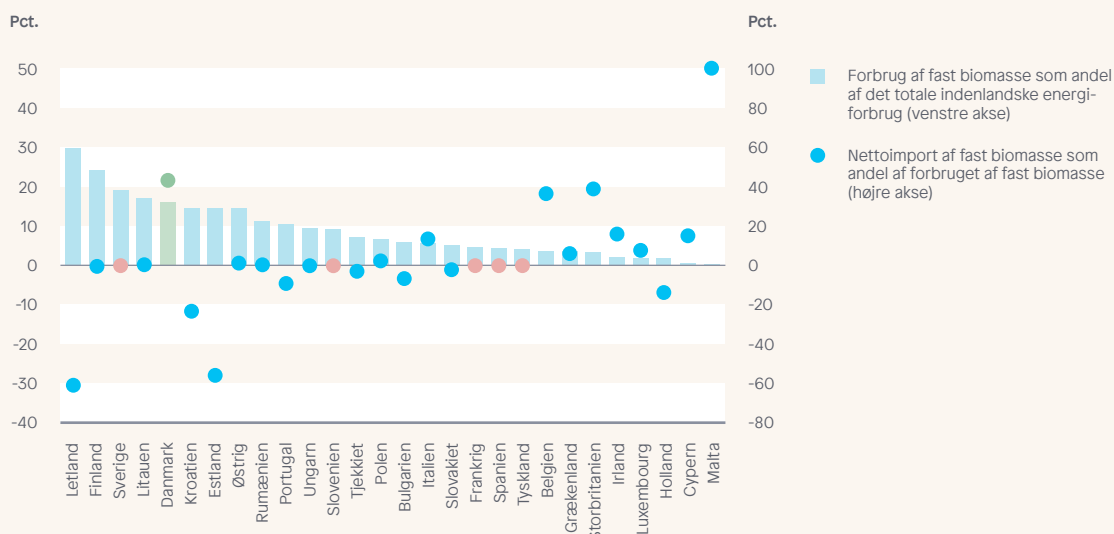
Den faste biomasse anvendes primært til el- og varmeproduktion

Fast biomasse anvendes til flere formål både i og uden for energisektoren. I Danmark bruges langt størstedelen til el- og varmeproduktion i kraftvarme- og varmegværker og i husholdninger, men også produktionserhvervene bruger biomasse til forskellige procesformål. I figur 5.5 er vist anvendelsesstederne for fast biomasse i 2016.

De seneste års konverteringer af blandt andet kulfyrede kraftvarmegværker har betydet, at en stor andel af den faste biomasse i dag anvendes på store centrale værker. På værkerne bruges primært træpiller, men igangværende konverteringer vil som nævnt betyde, at forbruget af træflis på centrale værker vil stige betydeligt frem mod 2020.

Forbruget af brænde og træpiller i de private husholdninger er steget med en faktor tre siden slutningen af 1990'erne og udgør i dag en betydelig andel af forbruget af fast biomasse i Danmark.¹² Træpillefyr, brændeovne og i begrænset omfang halmfyr på landejendomme udgør sammen med individuelle varmepumper og direkte elvarme alternativerne til olie- og gasfyr i områder, der ikke forsynes med fjernvarme eller naturgas. I de seneste årtier er mange olie- og gasfyr blevet udskiftet med træpillefyr, varmepumper og fjernvarmetilslutning.

I produktionserhverv spiller fast biomasse stadig en begrænset rolle. Ud af et endeligt energiforbrug her på ca. 125 PJ i 2016 udgjorde kul, naturgas og olie 57 pct., el 29 pct. og fast biomasse 6 pct. De resterende 8 pct. af energiforbruget var overvejende fra fjernvarme, biogas og varme fra varmepumper.¹²



Figur 5.4 Forbrug af fast biomasse i forhold til det indenlandske energiforbrug og nettoimport af fast biomasse i forhold til det totale forbrug af fast biomasse i 2016

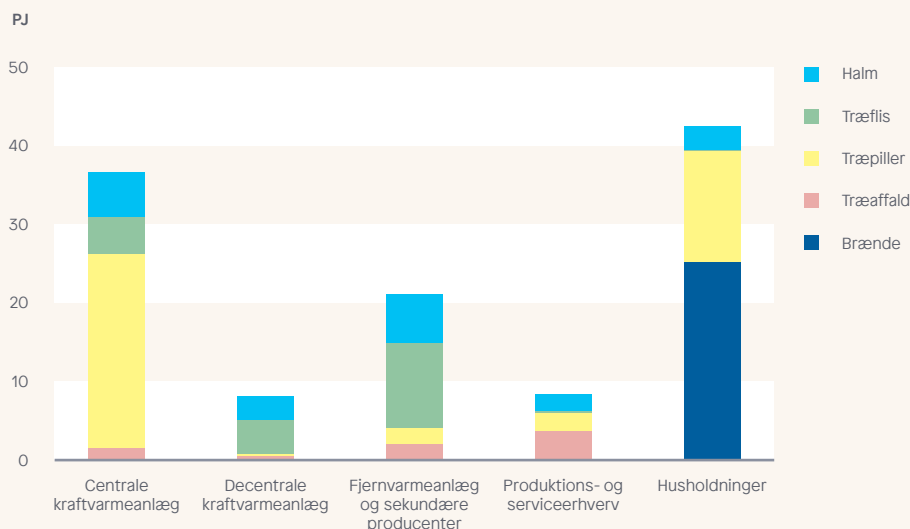
Anm. 1: Bemærk, at højre akse er i faktor to i forhold til venstre akse.

Anm. 2: Fast biomasse inkluderer i figuren foruden halm, træflis, træpiller, brænde og træaffald også en række tørre rester af anden bioenergi fra forskellige produktionsprocesser.

Anm. 3: En negativ nettoimport betyder, at det givne land har en nettoeksport.

Anm. 4: For lande, hvor der mangler data for import og eksport af fast biomasse, er nettoimporten sat til nul og angivet med rød. Danmark er fremhævet med grøn farve.

Kilde: Egne beregninger baseret på data fra Eurostat.



Figur 5.5 Forbrug af fast biomasse i 2016 fordelt på anvendelsessted

Anm.: Kategorien *sekundære producenter* udgøres af producenter, hvis hovedformål ikke er produktion af el og fjernvarme, såsom affaldsforbrændingsanlæg og industrivirksomheder.

Kilde: Egne beregninger baseret på Energistyrelsens *Energistatistik 2016*.

Der eksisterer stadig mange fossile anlæg og individuelle fyr i Danmark

Til trods for at der er gennemført en omstilling til anvendelse af vedvarende energi, er der stadig mange varmeanlæg i husstandene samt anlæg i el- og varme-sektoren, som anvender fossile brændsler. Flere af de store centrale kraftvarmeanlæg fyrer i dag med kul og i mindre grad naturgas, og mange af de decentrale kraftvarme- og fjernvarmeverker anvender naturgas som primært brændsel. Figur 5.6 viser forbruget af olie, kul og naturgas på el- og varmeproducerende anlæg, i produktions- og serviceerhverv og i husholdningerne i 2016.

Følgende aktive centrale kraftvarmeverker anvender fossile brændsler:¹³

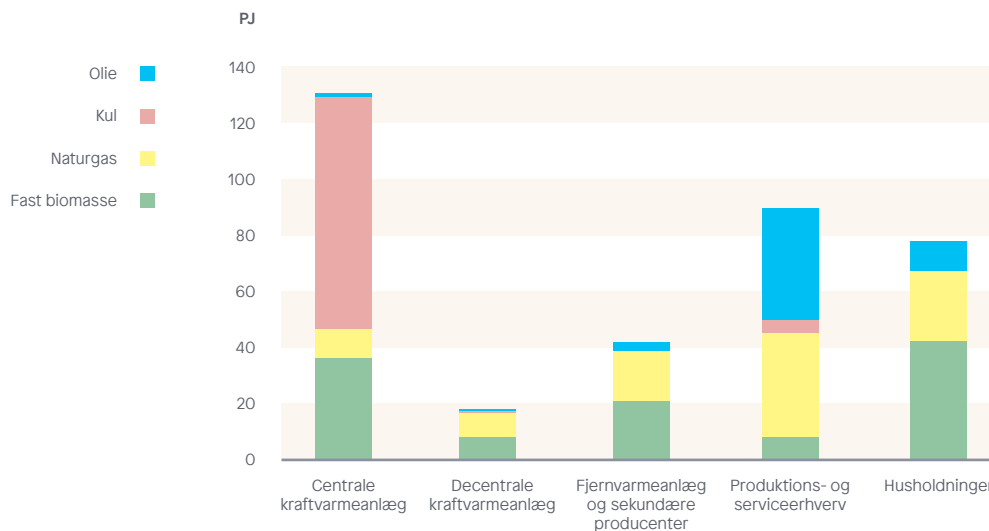
- Nordjyllandsværket i Aalborg (kul)
- Fynsværket i Odense (kul)
- H. C. Ørstedværket i København (naturgas)
- Svanemølleværket i København (naturgas)
- Amagerværket i København (kul)
- Asnæsværket i Kalundborg (kul)
- Esbjergværket i Esbjerg (kul)

Konserveret eller betinget driftsklar

Hvis et anlæg ikke har produceret i længere tid og kun kan bringes i produktion efter væsentlige eller længerevarende reparationer eller ombygninger, defineres anlægget som konserveret. Anlæg, der ikke umiddelbart er driftsklare på grund af begrænsninger som lange opstartstider, anlægsdefekter og brændselsforhold, defineres som betinget driftsklare.¹⁴

Ud over disse er der en række fossilbaserede centrale værker, der står som reserveanlæg eller har status som konserveret eller betinget driftsklar.

I 2017 meldte regeringen Danmark ind i en koalition af lande, der vil udfase brugen af kul i elforsyningen inden 2030.¹⁵ Dermed sætter man en endelig slutdato for brugen af kul på de centrale værker. Ørsted, der ejer de kulfyrede værker



Figur 5.6 Forbrug af olie, kul, naturgas og fast biomasse i el- og fjernvarme-produktion, produktions- og serviceerhverv og i husholdninger i 2016

Anm. 1: Kategorien *sekundære producenter* udgøres af producenter, hvis hovedformål ikke er produktion af el og fjernvarme, såsom affaldsforbrændingsanlæg og industrivirksomheder.

Anm. 2: En stor andel af olieforbruget i produktions- og serviceerhverv anvendes til arbejdskørsel og anden transport.

Kilde: Egne beregninger baseret på Energistyrelsens *Energistatistik 2016*.

Esbjergværket og Asnæsværket, har tidligere annonceret, at selskabet stopper al brug af kul på deres værker fra 2023,¹⁶ og lignende målsætninger har været udmeldt for slutningen af 2020'erne for Nordjyllandsværket og Fynsværket, der begge er kommunalt ejede.¹⁷

På Asnæsværket er første skridt i udfasningen af kul taget med den igangværende opførelse af et nyt biomassefyret anlæg, der overvejende vil anvende træflis.¹⁸ Også på Amagerværket bygges som nævnt en ny træflisfyret kraftvarmeblok, der ved den forventede idriftsættelse i 2019 kommer til at erstatte værkets eneste tilbageværende kulfyrede blok. Som et resultat af blandt andet disse konverteringer fremskrives i *Basisfremskrivning 2018* forbruget af kul på centrale værker til 46 PJ i 2020, hvilket er ca. 37 PJ lavere end i 2016, som vist i figur 5.6.

Mange af de konverterede værker vil være funktionsdygtige et godt stykke efter 2030. Der vil dog komme et tidspunkt, hvor værkejerne igen skal tage stilling til enten yderligere levetidsforlængelse eller erstatning med ny kapacitet baseret på enten biomasse eller andre energikilder. Energistyrelsen anslår, at ombygning af et kulfyret kraftvarmeværk forlænger dets levetid med omkring 15 år fra ombygningstidspunktet.¹⁹ Tidspunktet for nye investeringsbeslutninger kan for nogle anlæg derfor opstå omkring 2030.

I de private husstande eksisterer et betydeligt antal individuelle fyr baseret på olie og naturgas. Baseret på en spørgeskemaundersøgelse udført af Ea Energia-analyse og Danmarks Statistik i 2016 anslås antallet af oliefyr, der fungerede som boligens primære opvarmningsanlæg, at være ca. 110.000. Tilsvarende anslås, at omkring 410.000 naturgasfyr i 2016 fungerede som boligens primære varme-anlæg.²⁰ Antallet af oliefyr i danske husholdninger er behæftet med usikkerhed, og opgørelser heraf varierer forholdsvis meget. Variationerne kan blandt andet skyldes, at mange oliefyr ikke længere er den primære opvarmningsform eller ikke er aktive, men stadig står i husholdningerne og derfor indgår i forskellige opgørelser og registre. En anden mulighed er, at oliefyr, der afinstalleres, ikke afmeldes registrene. Ifølge Danmarks Statistik har omkring 250.000 boliger et oliefyr,²¹ men ifølge Energi- og olieforum blev der i 2016 kun leveret fyringsolie til omkring 80.000 private boliger.²²

5.2 Forventninger til fremtidigt biomasseforbrug

Forbruget af fast biomasse i 2030 vil for en stor dels vedkommende være et resultat af den omstilling til biomasse, der allerede er foretaget i dag. Forbruget af fast biomasse i el- og fjernvarmesektoren kan dog reduceres betydeligt i forhold til i dag, hvis rammevilkårene justeres. Det kan være fordelagtigt, da andre sektorer som transporten og produktionserhvervene fremover må forventes også at efterspørge en betydelig del af biomasseressourcerne.

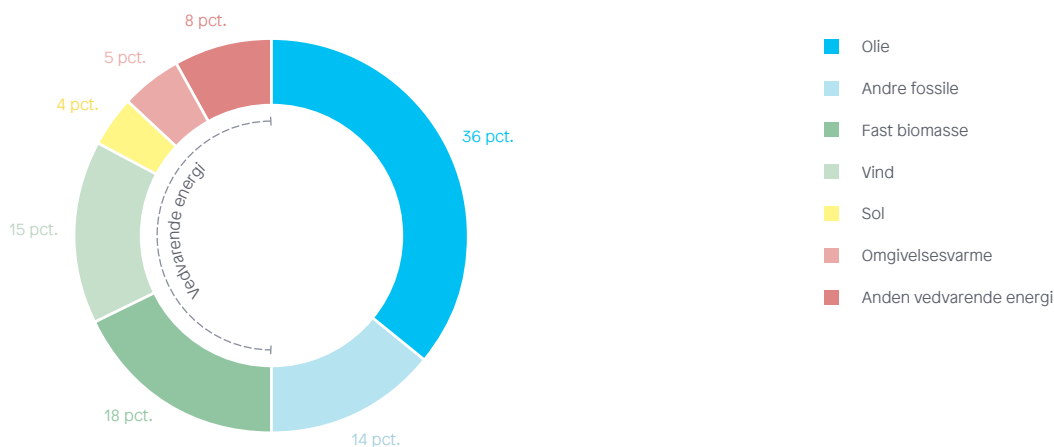
Fast biomasse vil sandsynligvis udgøre en stor del af Danmarks målopfyldelse i 2030

Forbruget af fast biomasse vil udgøre en betydelig del af Danmarks energiforbrug de næste årtier. Den nøjagtige andel er naturligvis afhængig af, hvilke investeringer og driftsbeslutninger der foretages de næste godt 10 år, men meget af det forventede forbrug i 2030 er et resultat af allerede foretagne investeringer, der afspejler, at vi de seneste årtier har haft favorable rammevilkår for omstilling til biomasse. Da biomasse i nationale såvel som internationale målsætninger opgøres som vedvarende energi og som en CO₂-neutral energikilde, vil Danmarks bidrag til opfyldelse af EU-målsætninger for andelen af vedvarende energi og reduktion af drivhusgasudledninger i høj grad være præget af brugen af fast biomasse.

Klimarådet opstillede i analysen *Fremtidens vedvarende energi* fra 2017 i samarbejde med Ea Energianalyse en række scenarier, der opfylder både regeringens målsætning om, at mindst 50 pct. af energibehovet dækkes af vedvarende energi i 2030, og Danmarks EU-fastsatte reduktionsmål for drivhusgasudledninger i ikke-kvotesektoren frem mod 2030.

I analysen er blandt andet beregnet et selskabsøkonomisk optimeret scenarie, hvor investeringer i og drift af produktionsanlæg optimeres i forhold til afgifter, tilskud og regulering, der i store træk minder om rammevilkårene, som de ser ud i energisystemet i dag. En væsentlig fremadrettet forskel på de anvendte forudsætninger i scenariet og de nuværende rammevilkår er dog, at elvarmeafgiften antages at fortsætte på 2017-niveau indtil 2020, hvorefter afgiften halveres. Dette svarer nogenlunde til, hvad de nuværende politiske signaler indikerer, kan blive aktuelt efter 2020. Til sammenligning med dette selskabsøkonomisk optimerede scenarie analyseres også et scenarie, hvor investeringer og drift optimeres i forhold til, hvad der er samfundsøkonomisk optimalt.

I det selskabsøkonomisk optimerede scenarie kan en andel af vedvarende energi på 50 pct. nås med et forbrug af fast biomasse omtrent tilsvarende forbruget i 2016. En af de centrale årsager til, at biomasseforbruget ikke bliver større i scenariet, er den forudsatte reduktion af elvarmeafgiften, der resulterer i en betydelig investering i store varmepumper i fjernvarmeforsyningen. Fordelingen i anvendte energikilder i scenariet er vist i figur 5.7.



Figur 5.7 Fordeling af energiforbrug i Klimarådets selskabsøkonomisk optimerede scenarie, der opfylder de danske målsætninger for vedvarende energi og udledninger i ikke-kvotesektoren i 2030

Anm. 1: Figuren viser fordelingen af energikilder i forhold til det udvidede endelige energiforbrug, herunder energikilderne til produktion af den el og fjernvarme, der indgår i det udvidede endelige energiforbrug.

Anm. 2: Kategorien *Andre fossile* dækker over primært naturgas og kul og en mindre del ikke-bionedbrydeligt affald og netto elimport.

Anm. 3: Kategorien *Anden vedvarende energi* udgøres altovervejende af biogas, biobrændsler og bionedbrydeligt affald.

Kilde: Egne beregninger baseret på data fra Ea Energianalyse.

I scenariet udgør fast biomasse i 2030 35 pct. af det samlede forbrug af vedvarende energi og dermed omkring 18 pct. af det endelige udvidede energiforbrug. Den faste biomasse udgør således over en tredjedel af den vedvarende energi, der skal opfylde 50 pct.-målsætningen. Selvom scenariets forbrug af fast biomasse målt i GJ er omtrent tilsvarende forbruget i 2016, som vist i figur 5.1, er procentdelen af fast biomasse i forhold til det endelige energiforbrug en smule højere, da energiforbruget samlet set er lavere i scenariet i 2030 end i 2016. Dette skyldes blandt andet, at der i scenariet er antaget en energieffektiviseringsindsats i bygninger, produktionserhverv og transport.

El- og fjernvarmesektorens biomasseforbrug kan reduceres frem mod 2030

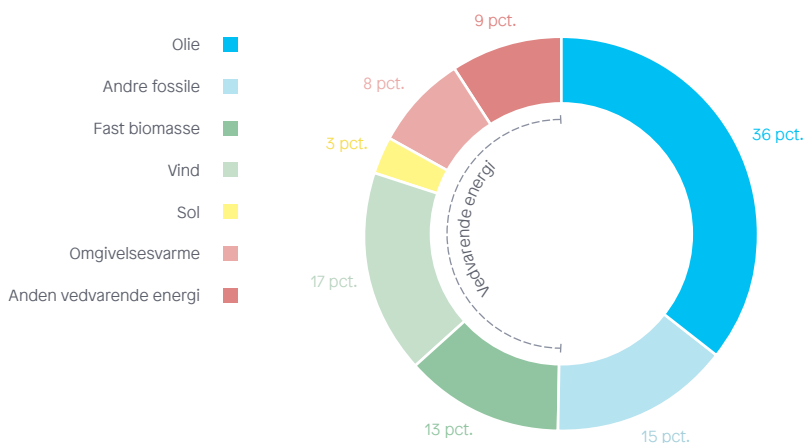
Klimarådets analyse af scenarier for udviklingen i energiproduktion frem mod 2030 indikerer, at forbruget af fast biomasse kan reduceres i el- og fjernvarmeproduktionen, hvis afgifter, tilskud og reguleringen af fjernvarmesektoren justeres.

Som en del af analysen beregnes som nævnt også et scenarie, hvor udbygningen med vedvarende energi og driften af el- og fjernvarmeforsyningen optimeres ud fra samfundsøkonomiske priser og omkostninger. Herved indgår afgifter og tilskud såvel som begrænsninger fra eksempelvis kraftvarmekrav og brændselsbindinger ikke i optimeringen.

Scenariet er, som de øvrige scenarier, modelleret til og med 2030, og den forventede udvikling i vigtige faktorer som brændsels- og elpriser efter 2030 er dermed ikke medtaget i modelkørslerne. Såfremt prisen for fast biomasse eksempelvis stiger i forhold til elprisen eller i forhold til andre vedvarende brændsler efter 2030, er det ikke sikkert, at de foretagne investeringer i scenariet udgør de mest samfundsøkonomisk optimale. Scenariet skal derfor ses som et samfundsøkonomisk optimalt scenarie under dette forbehold.

Scenariet finder, at forbruget af fast biomasse i el- og fjernvarmeforsyningen kan reduceres med ca. 30 PJ i forhold til det selskabsøkonomiske scenarie. Samlet set udgør biomasseforbruget i scenariet ca. 83 PJ, hvilket er 33 PJ lavere end det samlede forbrug i 2016. Fordelingen i anvendte energikilder i scenariet er vist i figur 5.8.

Som det fremgår af figuren, udgør den faste biomasse 13 pct. af det udvidede endelige energiforbrug, modsat de 18 pct. i det selskabsøkonomiske scenarie. Det reducerede forbrug af biomasse erstattes overvejende af en betydelig investering i store varmepumper, der forsynes med strøm fra vindmøller og solceller, hvis andele også øges i forhold til det selskabsøkonomiske scenarie.



Figur 5.8 Fordeling af energiforbrug i Klimarådets samfundsøkonomisk optimerede scenarie, der opfylder de danske målsætninger for vedvarende energi og udledninger i ikke-kvotesektoren i 2030

Anm. 1: Figuren viser fordelingen af energikilder i forhold til det udvidede endelige energiforbrug, herunder energikilderne til produktion af den el og fjernvarme, der indgår i det udvidede endelige energiforbrug.

Anm. 2: Kategorien *Andre fossile* dækker over primært naturgas og kul og en mindre del ikke-bionedbrydeligt affald og netto elimport.

Anm. 3: Kategorien *Anden vedvarende energi* udgøres altovervejende af biogas, biobrændsler og bionedbrydeligt affald.

Anm. 4: Grundet afrunding summerer tallene ikke præcist til 100 pct.

Kilde: Egne beregninger baseret på data fra Ea Energianalyse.

En sammenligning af det selskabsøkonomisk og det samfundsøkonomisk optimerede scenarie illustrerer, at der eksisterer en række alternativer til biomasse, som er samfundsøkonomisk billigere under de anvendte forudsætninger, men som ikke nødvendigvis vil indgå i et optimalt omfang i energisystemet i 2030, hvis ikke biomassens fordele i rammevilkårene elimineres.

I begge scenarier nås en andel af vedvarende energi i el- og fjernvarmesektoren på ca. 80 pct. Langt størstedelen af det fossile energiforbrug, som ses i figur 5.7 og 5.8, ligger derfor uden for el- og fjernvarmesektoren, primært i transportsektoren og i produktionserhverv.

I kapitel 6 præsenteres et forslag til en reform af afgifts- og tilskudssystemet på energiområdet. Reformen vurderes sammen med de øvrige foreslåede ændringer i reguleringen at resultere i tilnærmelsesvis den udvikling i energiforsyningen, der sker i det samfundsøkonomisk optimerede scenarie.

Biomasse kan blive nødvendig i omstillingen af andre sektorer end el- og varmforsyningen

Biomasseforbruget sker i dag altovervejende i el- og varmforsyningen, men fremover kan biomasse også vise sig nødvendig i andre sektorer.

Der er mange bud på, i hvilken grad og til hvilke formål, biomasse kan indgå i en fossilfri energiforsyning, der kan understøtte omstillingen til et lavemissionsamfund i 2050. Blandt andre har Energistyrelsen,²³ Ingeniørforeningen IDA²⁴ og Klimakommissionen²⁵ alle lavet scenarier for, hvordan et energisystem baseret på vedvarende energi kan se ud i 2050. Scenarierne viser, at der er flere måder at omstille det nuværende energisystem til et system uafhængig af fossile brændsler. Fælles for scenarierne er, at biomasse indgår som central energikilde i energiforsyningen. Hvor biomasse som nævnt primært anvendes til el- og varmeproduktion i dag, belyser flere af scenarierne, at biomasse og anden bioenergi også vil kunne have en afgørende rolle i blandt andet transportsektoren og i produktionserhverv.

I Energistirelsens vindscenarie anvendes fast biomasse primært som input til produktion af biobrændstoffer, der kan bruges som brændsel i transportsektoren, og i mindre grad som brændsel i fjernvarmen og i produktionserhvervene. I vindscenariet antages, at produktionen af biobrændstoffer sker i Danmark, hvormed den overskudsvarme, der kommer fra produktionen, kan anvendes i fjernvarmen. Biomassen indgår derved indirekte som energikilde til fjernvarmforsyningen. I vindscenariet øges energiudbyttet fra biomassen ved at bruge brint i produktionen af biobrændstoffer. På denne måde rækker biomassen populært sagt længere. Brinten kan produceres ved elektrolyse med brug af elektricitet fra vindmøller og solceller. Den anvendte faste biomasse i scenariet udgøres overvejende af halm og træflis, der vurderes at kunne produceres i Danmark. Dette er væsentlig anderledes end det nuværende forbrug af fast biomasse, der for en betydelig del importeres.

Vindscenarie

I Energistirelsens vindscenarie antages en massiv elektrificering af transport- og varmesektoren, og forbruget af bioenergi begrænses til omkring 250 PJ pr. år, svarende omtrent til den mængde, der vurderes at kunne produceres i Danmark. Ved et forventet indbyggertal² i Danmark i 2050 på 6,3 mio. svarer 250 PJ til ca. 40 GJ pr. indbygger.

Elektrolyse

I en elektrolyseproces kan elektricitet anvendes til at spalte vand til brint og ilt. En del af energien fra den anvendte elektricitet lagres på denne måde i brinten, som derefter blandt andet kan anvendes direkte i brændselsceller i fx brintbiler eller til opgradering af biobrændstoffer.

Boks 5.1 Alternativer til fast biomasse i el- og varmforsyningen

Erstatning af fossile brændsler med fast biomasse er blot én blandt flere muligheder for at øge andelen af vedvarende energi og reducere udledningen af drivhusgasser. Der eksisterer en række alternativer til biomasse i mange af energisystemets sektorer. Flere af disse alternativer er baseret på velkendte og velafprøvede teknologier og energikilder som vindkraft, mens potentialerne ved andre alternativer stadig er forbundet med en vis usikkerhed. Det gælder fx geotermi.

Klimarådets analyse af scenarier for udviklingen i energiforsyning frem mod 2030 viser, at særligt en øget udbygning med vindmøller og solceller kan erstatte en del af biomasseforbruget i elproduktionen. Tilsvarende vil særligt varmepumper og solvarme kunne erstatte og supplere biomasse i varmesektoren frem mod 2030.

I Klimarådets scenarier indgår varmepumper som en central teknologi i både den individuelle opvarmning og i fjernvarmen. Over en halv million danske boliger vurderes som nævnt at være opvarmet primært via olie og naturgas i individuelle fyr i dag. Klimarådets analyse fra rapporten *Omstilling frem mod 2030* viser, at op mod 45 pct. af de eksisterende oliefyr og 20 pct. af de eksisterende naturgasfyr omkostningseffektivt kan erstattes af individuelle varmepumper. I boliger, hvor en varmepumpe ikke er ideel enten teknisk eller økonomisk, kan træpillefyr være et nødvendigt alternativ.

Hvor mindre varmepumper i dag anvendes i betydeligt omfang i husholdninger, er udbredelsen af store varmepumper i fjernvarmen væsentligt mere begrænset og erfaringer hermed også færre. Store varmepumper er afhængige af tilgængelige varmekilder med høj energitæthed for at få en tilstrækkelig virkningsgrad. Det kan blandt andet være overskudsvarme fra industri og datacentre, spildevand, geotermisk varme i undergrunden, havvand eller røggas fra afbrænding af brændsler på fx et kraftvarmeanlæg. Energikilderne kan have meget forskellige karakteristika med hensyn til faktorer som temperatur, sæsonvariation og geografisk tilgængelighed. De forskellige usikkerheder ved hver af energikilderne sammen med manglende erfaringer med energikildernes samspil med varmepumperne betyder, at potentialer og omkostninger for store varmepumper er forbundet med usikkerhed i væsentligt højere grad end for mange andre vedvarende energikilder. For geotermisk varme er høje omkostninger til boringer sammen med usikkerheder om boringernes ydelser to af de centrale risici i vurderingen af potentiale og omkostninger.

Der hersker altså en vis usikkerhed om potentialer og omkostninger ved flere af de centrale teknologier og energikilder, der kan udgøre alternativer eller supplementer til biomasse. Så længe der eksisterer alternativer, der teknisk kan levere blot en delmængde af de ønskede ydelser, er det vigtigt, at det er tekniske forhold og de samfundsøkonomiske omkostninger, der er styrende for, hvorvidt og i hvilket omfang øvrige teknologier bør erstatte og supplere biomasse. Det er derfor vigtigt at sikre, at afgifts- og tilskudssystemet og den øvrige regulering ikke favoriserer biomasse i forhold til alternative energikilder. I det omfang øvrige teknologier og energikilder kan erstatte eller supplere biomassebaseret el- og varmeproduktion, bør rammebetingelserne sikre, at de samfundsøkonomisk billigste teknologier vælges.

I Ingeniørforeningens scenarie for 2050 indgår fast biomasse primært som input til produktion af brændsler til transportsektoren og til kraftvarmeproduktion. Ligesom i Energistyrelsens vindscenarie anvendes i dette scenarie biomassetyper, der vurderes at kunne produceres indenlandsk. I scenariet forgæsses en stor del af den faste biomasse, hvormed biomassens anvendelsesområder udvides. Den forgassede biomasse anvendes til produktion af brændsler til de dele af transportsektoren, der ikke kan elektrificeres, samt i kraftvarmeverker og i produktionserhverv. Direkte anvendelse af fast biomasse sker derimod til formål, hvor andre vedvarende energikilder ikke kan anvendes, herunder mindre dele af energiforbruget i individuel opvarmning, fjernvarme og produktionserhverv.

Energinet illustrerer i deres analyse *Systemperspektiv 2035* også mulighederne i at anvende biomasse sammen med brint til produktion af forskellige produkter, fx brændstoffer til transportsektoren. I analysen påpeges, at Danmark har en række styrkepositioner i forhold til at huse de anlæg, der kan udføre denne produktion. Det skyldes blandt andet, at det veludbyggede danske fjernvarmesystem kan aftage overskudsvarmen fra konverteringsprocesserne, at gassystemet har gode lagerkapaciteter, og at Danmark, som følge af sin placering tæt på gode vindressourcer og store vandkraftkapaciteter i Norden, har relativt konkurrencedygtige priser på grøn strøm samt en høj forsyningssikkerhed.²⁶

Brugen af biomasse som erstatning for fossile brændsler begrænser sig dog ikke kun til energiformål. Biomasse kan blandt andet bruges til produkter som plast, der i dag produceres af olie, naturgas og kul, eller erstatte produkter og materialer, der i produktionen udleder meget CO₂ eller er meget energitunge, som fx cement. Olieforbruget alene til plastfremstilling udgør omkring 5 pct. af det globale olieforbrug,²⁷ og potentialerne ved fremstilling af plast baseret på biomasse er dermed ikke uden betydning for biomasseforbruget.

Potentialerne ved nye anvendelser af biomasse både i og uden for energisektoren er mange. Et større forbrug af fast biomasse i sektorer som transporten og produktionserhvervene, hvor biomasse ikke fylder meget i dag, vil kunne medføre et væsentligt øget pres på biomasseressourcerne. Dette fordrer ikke nødvendigvis en reduktion i anvendelsen af biomasse i el- og varmeforsyningen, også selvom Danmarks forbrug af visse biomassetyper skulle overstige de forventede indenlandske ressourcer. Biomasse er som tidligere beskrevet en internationalt handlet vare, og import af biomasse fra udlandet er ikke i sig selv et problem, hvis biomassen er bæredygtig. Det er dog vigtigt at have for øje, at biomasse er en begrænset ressource, og at priserne herpå må forventes at stige, hvis øvrige lande ligesom Danmark øger deres forbrug. Hvis prisen på biomasse stiger meget, kan investeringer i biomassebaserede anlæg og infrastruktur med lange levetider risikere at blive urentable og dermed strandede aktiver. Dette kan tale for, at biomasse prioriteres, hvor der ikke nødvendigvis er andre alternativer, eller hvor alternativerne er væsentligt dyrere end biomasse. Med en samfundsøkonomisk hensigtsmæssig regulering vil markedskræfterne kunne understøtte en sådan prioritering af biomasseanvendelsen.

Strandede aktiver

Betegnelsen strandede aktiver kan blandt andet bruges om værker, som stadig er funktionsdygtige, men ikke længere kan svare sig økonomisk, fordi markedet eller betydende rammevilkår er ændret som led i fx forfølgelsen af klimamål.

5.3 Konklusioner

Dette kapitel har fokuseret på udviklingen i forbruget af fast biomasse i Danmark historisk og fremadrettet. Hovedkonklusionerne er som følger:

- Danmarks forbrug af alle typer af bioenergi forventes i 2020 at være 33 GJ pr. indbygger, hvilket er tre gange højere end gennemsnittet i EU og fire gange højere end det globale forbrug. Danmarks brug af bioenergi vil i de kommende år nå op på et så højt niveau, at der ikke er tale om en model, som vil kunne anvendes af alle verdens lande.
- Danmarks forbrug af fast biomasse relativt til det samlede energiforbrug er blandt de højeste i EU, og Danmark er det eneste land, der både har en høj andel af fast biomasse i energiforbruget og samtidig importerer en stor del af biomassen.
- En stor del af de danske kraftvarme- og varmegærker er eller vil blive omstillet til fast biomasse de næste år, men der eksisterer stadig mange værker, der anvender fossile brændsler.
- Forbruget af brænde og træpiller i husholdninger udgør en stor andel af Danmarks samlede biomasseforbrug, men over en halv mio. boliger opvarmes stadig med olie og naturgas som den primære varmekilde.
- Fast biomasse vil udgøre en stor del af Danmarks opfyldelse af målsætninger for reduktion af drivhusgasudledninger og forøgelse af andelen af vedvarende energi, men forbruget af biomasse i el- og fjernvarmeforsyningen vil blive reduceret frem mod 2030, hvis rammevilkårene justeres, så den nuværende favorisering af biomasse mindskes eller helt elimineres.
- Der eksisterer alternative teknologier, der kan supplere eller erstatte biomassefyrede anlæg i omstillingen af tilbageværende fossile værker og individuelle fyr, men potentialer og omkostninger ved de enkelte teknologier er stadig usikre.
- Fast biomasse kan fremover blive nødvendig i omstillingen af sektorer som transporten og produktionserhvervene. Dette vil medføre et øget pres på biomasseressourcer- og priser og underbygge relevansen af at mindske forbruget af fast biomasse i el- og fjernvarmesektoren, hvor der eksisterer en række gode alternativer og supplementer.

6

Rammevilkår for biomasse

Udbredelsen af biomasse i energisektoren er i høj grad drevet af rammevilkårene. Biomasse er undtaget energi- og CO₂-afgift, og biomassebaseret elproduktion modtager tilskud. Dertil kommer, at reguleringen i fjernvarmen mange steder giver biomasse en fordel, men også i nogle tilfælde ulemper i forhold til andre teknologier. Favorisering af biomasse kan ikke alle steder begrundes samfundsøkonomisk. Det er vigtigt for en omkostningseffektiv grøn omstilling, at ingen former for vedvarende energi favoriseres uretmæssigt i forhold til andre. Derfor anbefaler Klimarådet, at biomasse reguleringsmæssigt ligestilles med andre vedvarende energikilder.

Som vist i denne rapport er ikke al biomasse lige godt for klimaet. Derfor er det vigtigt, at rammevilkårene tilskynder til brug af biomasse, der er så klimavenlig som mulig. Det kan i praksis ske ved kun at fremme den biomasse, som lever op til bæredygtighedskriterier på klimaområdet. Biomasse, der dokumenteret lever op til disse kriterier, bør behandles som CO₂-neutral, vedvarende energi, mens biomasse, som ikke gør, bør omfattes af de samme rammevilkår som fossile brændsler. På den måde vil Danmarks omstilling til biomasse i højere grad bidrage til den globale klimaindsats.

Biomassens favorisering i afgiftssystemet kan elimineres via en konsekvent reform af afgifts- og tilskudssystemet som foreslået i Klimarådets analyse *Fremtidens grønne afgifter på energiområdet* fra april 2018. I Klimarådets reformforslag erstattes energiafgiften af en forhøjet, ensartet CO₂-afgift, og reformen medfører en betydeligt lavere afgift på el end i dag. Den forhøjede

CO₂-afgift bliver det bærende incitament i den grønne omstilling og sikrer en ensartet tilskyndelse til at fortrænge CO₂ overalt i energisystemet.

Den foreslåede reform vil have konsekvenser for brugen af biomasse. Den biomasse, der kan dokumenteres at leve op til de krav i bæredygtighedskriterierne, der vedrører klima, vil som i dag være fritaget for CO₂-afgift og modtage tilskud til elproduktion. Biomasse, der ikke lever op til kriterierne, vil derimod blive pålagt CO₂-afgift på samme måde som fossil energi og vil ikke være tilskudsberettiget.

Regler i varmforsyningen, der indirekte favoriserer biomasse som fx kraftvarmekravet og nettofordelsmodellen, bør ændres. Kraftvarmekravet, der favoriserer brændselsbaserede teknologier, kan med fordel udfases, og principperne i nettofordelsmodellen, der tillader centrale kraftvarmeværker at tjene penge på biomassebaseret varmeproduktion, bør udvides til alle vedvarende energikilder i varmforsyningen, så der skabes ens vilkår for de forskellige teknologier. På sigt bør også brændselsbindingerne udfases, da de hæmmer varmeværkernes frie valg af den samfundsøkonomisk mest fordelagtige varmeløsning. Derudover er der behov for at sikre, at eltarifferne ikke er højere, end netselskabernes omkostninger kan retfærdiggøre, så eldrevne varmeteknologier ikke stilles uretmæssigt dårligt.





6.1 Biomasse i det nuværende afgifts- og tilskudssystem

Afgifter og tilskud er en afgørende faktor for, hvor og hvornår det er rentabelt at anvende biomasse til at producere energi. Her er det især relevant, at biomassebaseret varme er fritaget for både CO₂-afgift og energiafgift, og at biomasse modtager tilskud til elproduktion, fordi biomasse karakteriseres som vedvarende energi. Konkurrerende teknologier på varmeområdet som fx varmepumper eller elkedler betaler derimod energiafgifter.

Biomassens rammevilkår kan opdeles i to dele. Den første del omfatter afgifter og tilskud til biomasse og konkurrerende energikilder, mens den anden del dækker over regler og love for varmeforsyningen til husstande og virksomheder. De to typer af regulering spiller sammen, men behandles hver for sig i kapitlet. I det følgende beskrives afgifter og tilskud, mens reglerne behandles i afsnit 6.3.

Energiafgifter spiller en stor rolle for biomassens konkurrenceevne

Energi er i dag pålagt en række forskellige afgifter. De vigtigste afgifter i det nuværende afgiftssystem er energiafgifterne på brændsler og på el og CO₂-afgiften, men derudover betales også miljøafgifter og PSO-tarif, hvoraf sidstnævnte dog er under udfasning frem mod 2022.

Der lægges som udgangspunkt energiafgift på brændsler brugt til energiproduktion, med undtagelse af brændsler anvendt til produktion af el. Afgiftens størrelse afhænger af brændselstype og anvendelse. Fx betaler brændsler anvendt til procesenergi en meget lav energiafgift, mens kul brugt til fjernvarme betaler en høj energiafgift. Satserne er vist i tabel 6.1. Biomasse er fritaget for energiafgift.

Procesenergi

Procesenergi omfatter energiforbrug i produktion, hvor en vare forandres med henblik på salg. Det kan fx være energi til drift af maskiner.

Brændsler brugt til elproduktion pålægges ikke energiafgift, men i stedet betaler elforbrugerne energiafgift af den el, der forbruges. I daglig tale kaldes denne energiafgift for elafgiften. Ved at lægge afgiften på elektricitet i stedet for brændsler til dens produktion beskatter man både den importerede el og den danskproducerede el. Elafgiften er ca. 4,5 gange højere end energiafgiften på brændsler til varmeproduktion, hvilket til dels skyldes, at elafgiften lægges på energi efter et eventuelt konverteringstab i produktionen af energien, mens de øvrige energiafgifter lægges på selve brændslet inden konverteringstab. Forskellen i satserne forudsætter implicit et konverteringstab på ca. 70-75 pct., hvilket er væsentligt højere end konverteringstabet i dagens kraftværker, og det viser, at elafgiften må karakteriseres som relativt høj. El brugt til opvarmning får dog godtgjort en stor del af elafgiften, og den resulterende nettoafgift kaldes ofte elvarmeafgiften. Der er vedtaget en midlertidig nedsættelse af elvarmeafgiften med 15 øre pr. kWh fra 1. maj 2018 og fra 2020 med 20 øre pr. kWh. Fra 2021 og fremefter vil nedsættelsen være på 10 øre.¹ Elafgiften til procesenergi er minimal.

Konverteringstab

Når et kraftværk konverterer energi i fx kul til elektricitet, vil noget af energien gå tabt i processen. Dette kaldes konverteringstab.

Fjernvarmeselskaberne kan få godtgjort dele af energiafgifterne og CO₂-afgiften over et givent loft. Overstiger den samlede afgift på brændslet eller elektricitet

ten ca. 60 kr. pr. GJ produceret varme, tilbagebetales den overskydende afgift.² Afgiftsloftet blev indført, fordi den høje elafgift forhindrede fjernvarmeproduktion baseret på el, også selvom elprisen var meget lav. Godtgørelsen, som følger af elpatronordningen, sænker afgiftsbelastningen på el i fjernvarmen, så det bliver muligt at udnytte billig elektricitet til fjernvarme i stedet for at eksportere den til udlandet til en lav pris. Godtgørelsen kan kun modtages, hvis et værk har kapacitet til at producere både el og varme, såkaldt kraftvarmekapacitet, men alene producerer varme i en periode.³

Elpatronordningen

Elpatronordningen vedrører alle varme-teknologier, både brændselsbaserede og eldrevne. Ordningen er dermed ikke begrænset til elpatroner.

CO₂-afgiften spiller en mindre rolle for biomassens konkurrenceevne

Udover energiafgifter lægges afgift på udledning af en række forurenende gasser. Det gælder fx NO_x, SO₂ og drivhusgasser, hovedsageligt CO₂.

CO₂-udledninger reguleres enten via CO₂-afgiften eller via EU's CO₂-kvotesystem. Der lægges CO₂-afgift på alle fossile brændsler brugt til vejtransport, rumopvarmning og procesformål. CO₂-afgiften varierer fra brændsel til brændsel opgjort pr. energienhed, men svarer alle steder til ca. 170 kr. pr. ton CO₂. CO₂-afgiften er væsentligt lavere end energiafgiften. Omregnet til afgift pr. GJ brændsel, er fx CO₂-afgiften på kul 70 pct. lavere end energiafgiften. Biomasse betaler ikke CO₂-afgift, da al biomasse behandles som vedvarende energi, hvilket betyder, at det antages ikke at medføre CO₂-udledninger. Derimod betaler biomasse afbrændt på større biomasselanlæg NO_x- og SO₂-afgift.⁴

EU's CO₂-kvotesystem

Systemet gælder kun store anlæg. Anlæg, der har en indfyret effekt på 20 MW eller mindre, er ikke omfattet af EU's kvotesystem.

Det meste af elproduktionen samt større varmemærker og energiintensive industrivirksomheder betaler for CO₂-udledninger via EU's CO₂-kvotesystem. I dette system skal virksomhederne købe en kvote for hvert ton CO₂, de udleder. CO₂-kvoteprisen har generelt ligget en del under niveauet for den danske CO₂-afgift.⁵ Som udgangspunkt er kvoteomfattede virksomheder fritaget for CO₂-afgift, men fjernvarmemærker i kvotesektoren skal både betale CO₂-afgift og for CO₂-kvoter af de brændsler, der går til varme. De modtager dog en vis mængde kvoter gratis.

Der gives tilskud til elproduktion, men ikke til varmeproduktion

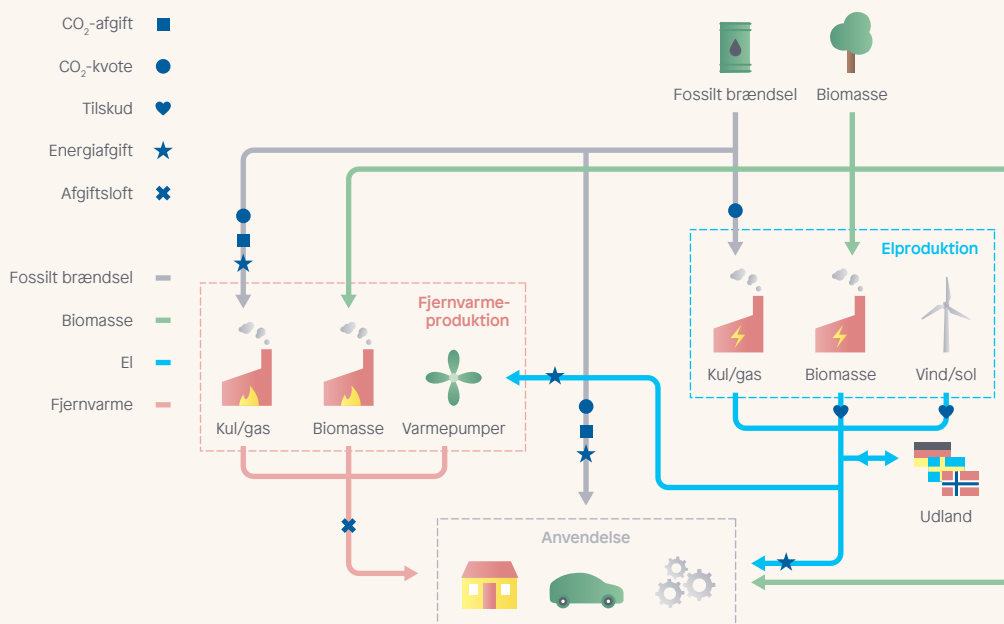
Tilskud spiller også en væsentlig rolle for det danske energisystem. Der gives således tilskud til elproduktion baseret på vedvarende energi, men som hovedregel ikke til varmeproduktion. Tilskuddene varierer afhængig af teknologi og andre omstændigheder. Der findes flere forskellige tilskudsordninger for el produceret på biomasse afhængig af anlægstype, men langt de fleste biomassemærker får et pristillæg på 15 øre pr. kWh. Hvis man samfyrer kul og biomasse, modtager man kun tillæg for den del af elektriciteten, der produceres på biomasse. Derudover findes en række andre støtteordninger.⁶ EU's statsstøttegodkendelse af støtte til biomasse udløber 1. april 2019. Der skal derefter træffes beslutning om, hvordan både ny og eksisterende elproduktion skal støttes fremover. Biomasse vil stadig blive støttet indirekte i varmeforsyningen gennem fritagelsen for energiafgift og CO₂-afgift.

Derudover gives støtte til decentrale kraftvarmemærker, der enten anvender eller har anvendt naturgas, i form af et grundbeløb, som er uafhængigt af produktionsomfanget. Grundbeløbet bortfalder i 2018 og 2019.⁷ Figur 6.1 viser den overordnede struktur for det nuværende afgifts- og tilskudssystem.

kr./GJ	Energiafgift	CO ₂ -afgift	NO _x -afgift	SO ₂ -afgift	Total
Naturgas	55,5	9,9	0,2	0,0	65,5
Fyringsolie	55,5	13,5	0,7	0,0	69,7
Kul	55,5	16,4	0,5	2,3	74,7
Biomasse	0,0	0,0	0,5	1,8	2,3
El	253,9	0,0	0,0	0,0	253,9
El til opvarmning	71,4	0,0	0,0	0,0	71,4

Tabel 6.1 Udvalgte afgifter i el- og varmesektoren, 2018-satser

- Anm. 1: Procesenergi betaler generelt meget lave energi- og CO₂-afgifter. Disse er ikke vist her.
- Anm. 2: Elpatronordningen sætter et loft på afgifterne i fjernvarmen: Energiafgift over 46,3 kr. pr GJ, CO₂-afgift over 13,8 kr. pr GJ og elafgift over 60 kr. pr. GJ produceret varme betales tilbage til fjernvarmeverket, såfremt værket opfylder ordningens betingelser.
- Anm. 3: Elafgiften til opvarmning er angivet inklusive den afgiftsnedsættelse, der er trådt i kraft 1. maj 2018.
- Anm. 4: El betaler desuden også PSO-tarif, indtil den er helt udfaset i 2022. Tariffen er ikke medtaget i tabellen.
- Anm. 5: Fossilt brændselsforbrug i større anlæg betaler også for CO₂-kvoter. Kvotepriisen er ikke medtaget i tabellen.
- Kilde: Skatteministeriet, Energistyrelsen og PriceWaterhouseCoopers.



Figur 6.1 Illustration af strukturen for afgifter og tilskud på energiområdet

- Anm. 1: Energiafgiften til opvarmning med el er lavere end den generelle afgift på el.
- Anm. 2: Afgiftsloftet (krydset i figuren) følger af elpatronordningen, som er beskrevet ovenfor.
- Anm. 3: Procesenergi betaler meget lavere afgifter end andet energiforbrug.
- Anm. 4: Grundbeløb, der gives til en række decentrale kraftvarmeverker, er ikke vist i figuren, da beløbet er uafhængigt af produktionen.
- Kilde: Klimarådet.

6.2 Et forbedret afgifts- og tilskudssystem

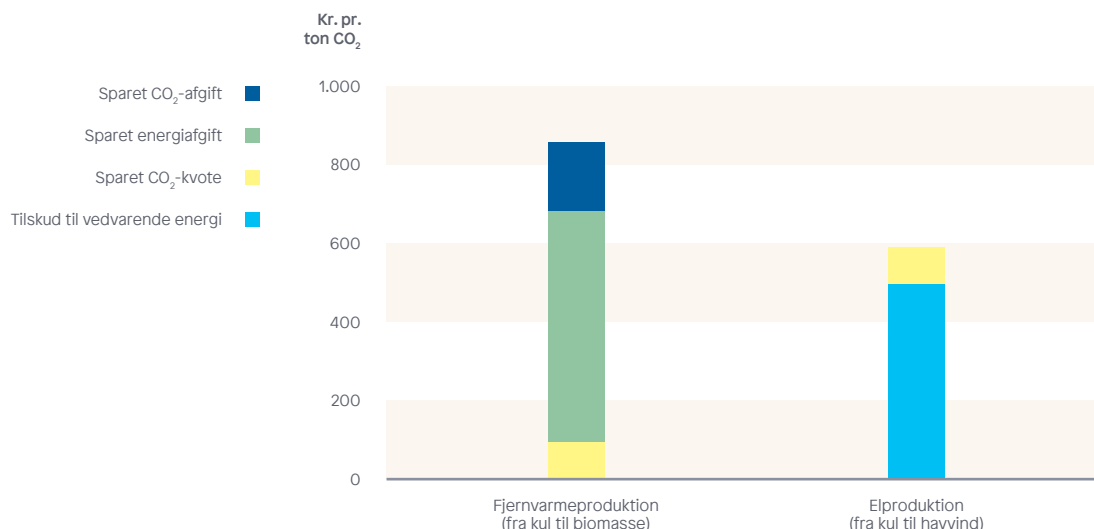
Biomasse til varme favoriseres i dagens afgifts- og tilskudssystem, hvilket kan gøre den grønne omstilling unødigt dyr for samfundet. Favoriseringen af biomasse kan fjernes delvist ved at lappe på det eksisterende afgiftssystem, men man kan med fordel lave en grundlæggende reform af systemet med henblik på helt at fjerne skævvridningerne. Klimarådet har foreslået en sådan reform i analysen *Fremtidens grønne afgifter på energiområdet*. Et reformeret system bør have fokus på at beskatte CO₂ i modsætning til i dag, hvor det ikke altid er klart, hvad formålet med afgifterne er. For at sikre, at Danmarks biomasseforbrug faktisk medfører klimagevinster, bør man i afgifts- og tilskudssystemet dele biomasse op i to dele; én som opfylder de bæredygtighedskriterier, der vedrører klima, og én som ikke gør. Med denne opdeling kan biomasse behandles som alle andre energikilder, hvor den klimabæredygtige biomasse regnes som CO₂-neutral og derfor ikke pålægges CO₂-afgift, mens ikke-klimabæredygtig biomasse til gengæld pålægges CO₂-afgift.

Kapitel 5 viser, at det danske forbrug af biomasse er steget kraftigt de seneste år. Stigningen er blandt andet et resultat af, at biomasse er fritaget for energi- og CO₂-afgifter, og det illustrerer, at afgifter har stor betydning for, om biomasse vil vinde yderligere indpas i det danske energisystem.

Dette afsnit påpeger en række uhensigtsmæssigheder i det nuværende afgifts- og tilskudssystem, som favoriserer biomasse, og fremlægger forslag til, hvordan systemet kan indrettes bedre. Forslaget er tidligere beskrevet i Klimarådets analyse *Fremtidens grønne afgifter på energiområdet* fra april 2018. Klimarådet foreslår, at favoriseringen af biomasse elimineres via en større reform af afgifts- og tilskudssystemet, der målretter systemet mod at sikre en omkostningseffektiv reduktion af CO₂-udledningerne. I det reformerede system vil behandlingen af biomasse bygge på klimakriterierne i det sæt af bæredygtighedskriterier, som kapitel 4 beskriver. Selv om denne rapport har biomasse som fokuspunkt, er det nødvendigt at tage et samlet blik på hele afgifts- og tilskudssystemet for at undgå uhensigtsmæssige afgiftsforskelle på tværs af energiprodukter og -anvendelser.

Biomasse favoriseres i afgifts- og tilskudssystemet

Som beskrevet i afsnit 6.1 pålægges fossile brændsler til produktion af varme energiafgift og CO₂-afgift både i fjernvarmen og i den individuelle opvarmning. Derimod betaler biomasse ingen afgift udover afgifter på udledning af SO₂ og NO_x. I det omfang biomasse rent faktisk har et lavt CO₂-aftryk, er det logisk, at biomasse ikke pålægges CO₂-afgift. Det er derimod mere uklart, om fritagelsen



Figur 6.2 Nettoafgiftsbesparelse pr. fortrængt ton CO₂ ved at udskifte fossil med vedvarende energi i henholdsvis fjernvarmen og elproduktionen, 2018-satser

Anm. 1: Søjlen for elproduktion tager udgangspunkt i støtten til havvindmølleparken Kriegers Flak, når man kigger på hele parkens levetid.

Anm. 2: Figuren antager noget forsimplet, at produktion af el og varme kan betragtes særskilt, selv om der er tale om et kraftvarmeværk. Reelt vil beslutningen om fx at konvertere fra kul til biomasse også være bestemt af rammevilkårene på elsidens, hvor biomasse gives 15 øre pr. kWh i tilskud.

Kilde: Klimarådet.

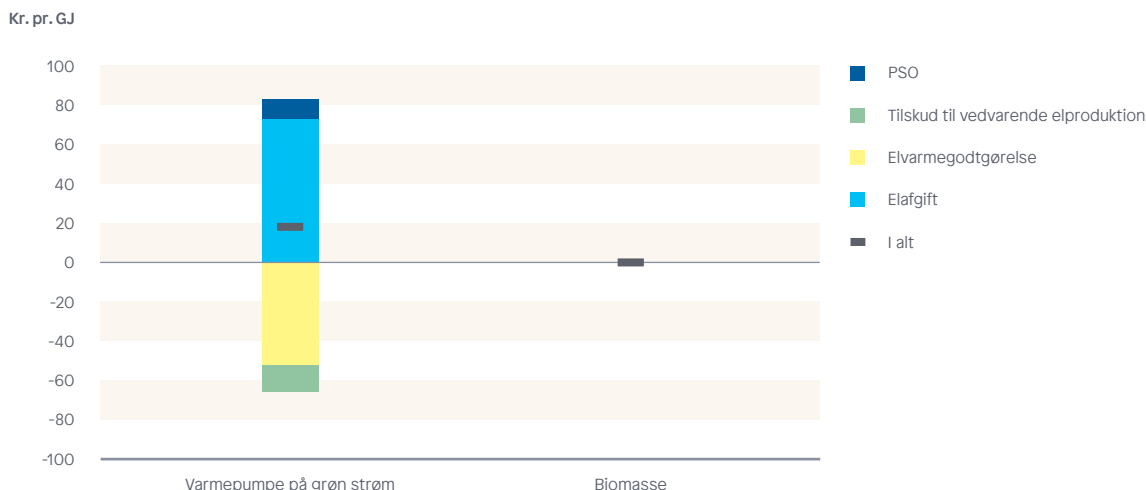
for energifgift er rimelig, da der ikke ligger et entydigt formål til grund for energifgifterne.

Uanset hvad afgifterne kaldes, bør de fra et klimasynspunkt sikre, at nettoafgiftsbelastningen, inklusive CO₂-kvoteprisen, ved at udlede ét ton CO₂ er den samme på tværs af sektorer. Det er dog langt fra tilfældet alle steder i dag, hvilket figur 6.2 giver et eksempel på. Figuren viser den sparede nettoafgift – altså sparet afgift plus opnået tilskud – ved at skifte kul ud med vedvarende energi i produktionen af henholdsvis fjernvarme og el. I fjernvarmen antages kul erstattet med biomasse, hvorved varmeværket sparer energifgift, CO₂-afgift og udgifter til CO₂-kvoter. I elproduktionen antages kul udskiftet med havvind, hvilket udløser et tilskud og sparer udgifter til CO₂-kvoter.

Tilskud

De nuværende tilskud til el baseret på vedvarende energi varierer på tværs af teknologier. Dette afsnit bruger som reference tilskuddet til havvindmølleparken Kriegers Flak, der i alt kommer op på ca. 17 øre pr. kWh over parkens levetid. Tilskuddet til fx biogas er dog langt større.⁸

Figur 6.2 viser, at de sparede afgifter på varmesiden overstiger tilskuddet plus sparet kvotepris på elsidens. Det er i modstrid med princippet om ens nettoafgiftsbelastning af CO₂ på tværs af sektorer. Med andre ord betaler Danmark væsentligt mere for CO₂-reduktion i opvarmningen, end vi med de nuværende tilskud gør i det meste af elproduktionen. Da det især er biomasse, der på varmesiden udgør det vedvarende alternativ til de fossile brændsler, er der reelt tale om en favorisering af biomasse på bekostning af grønne teknologier til produktion af el som havvind, landvind og store solcelleanlæg.



Figur 6.3 Nettoafgift pr. produceret GJ varme fra varmepumpe og biomasse, 2018-satser

Anm. 1: Størrelsen af tilskuddet til vedvarende elproduktion tager udgangspunkt i støtten over levetiden for havvindmølleparken Kriegers Flak.

Anm. 2: Figuren tager udgangspunkt i 2018-afgiftssatser, inklusive sænkningen af elvarmeafgiften på 15 øre pr. kWh fra 1. maj.

Kilde: Klimarådet.

Der er også forskellig tilskyndelse til anvendelse af forskellige vedvarende energiteknologier inden for produktionen af varme. Det gælder både i dag og med de vedtagne ændringer i elvarmegodtgørelsen og afskaffelsen af PSO-afgiften fra 2022. Figur 6.3 viser et eksempel på, hvordan biomasse og varmepumper på grøn strøm stilles forskelligt i afgiftssystemet. Mens biomasse ikke betaler afgifter, skal en varmepumpe betale elafgift af den el, pumpen bruger, om end der gives en godtgørelse, fordi der er tale om elvarme. Derudover skal der indtil videre også betales PSO-afgift af den brugte el. Hvis varmepumpen som et hypotetisk eksempel antages kun at bruge el fra vedvarende energikilder og dermed kan siges at være baseret fuldt ud på vedvarende energi, nyder den godt af, at produktionen af strømmen modtager tilskud, hvilket kan opfattes som en negativ afgift. Samlet set står varmepumpen dog over for en positiv nettoafgift, både med de nuværende satser og med de satser der med den i dag vedtagne regulering vil gælde efter afskaffelsen af PSO-afgiften fra 2022. Her er således tale om endnu et eksempel på favorisering af biomasse.

Figur 6.3 viser dermed, at varmepumper i dag er stillet dårligere end biomasse, og det vil også gælde med de vedtagne afgiftsændringer frem mod 2022. Partierne bag erhvervspakken fra november 2017 udtrykker dog en hensigt om at sænke elvarmeafgiften fra 2021 yderligere til i alt 25 øre i forhold til niveauet i 2017, og Klimarådets beregninger tyder på, at det vil kunne eliminere varmepumpens nettoafgift, når også PSO-afgiften bortfalder. Om dette præcist vil være tilfældet afhænger dog af antagelser om varmepumpens effektivitet og

PSO-afgift

PSO-afgiften betales af alle elforbrugere og finansierer blandt andet tilskud til vedvarende energi. PSO-afgiften er under udfasning og er helt fjernet fra elregningen i 2022. I stedet skal tilskuddene finansieres over finansloven.

Erhvervspakken

Regeringen indgik i november 2017 en aftale med Dansk Folkeparti og Radikale Venstre om en række erhvervs- og iværksætterinitiativer. Heri indgik en sænkning af afgiften på el til opvarmning.

størrelsen på det tilskud til vedvarende el, der lægges til grund for beregningen. Under alle omstændigheder er afgiftsstrukturen ikke ensartet, hvilket kan skabe ulige vilkår, hvis varmepumpeteknologien udvikler sig.

Strukturen i det danske afgiftssystem på energiområdet er skabt, før biomasse blev en afgørende del af energiforsyningen. Biomassens afgiftsfritagelse giver anledning til en række uhensigtsmæssigheder, som man kan forsøge at lappe på, hvilket elvarmegodtgørelsen er et eksempel på. Klimarådet finder dog, at det fremfor lappeløsninger vil være bedre at reformere afgiftssystemet i dybden, så valget af energiteknologier helt generelt ikke forvrides. I det følgende skitseres en afgifts- og tilskudsreform, som stiller de forskellige vedvarende energikilder lige og dermed eliminerer biomassens nuværende særstatus.

Reduktion af drivhusgasser bør styre afgifter og tilskud på energiområdet

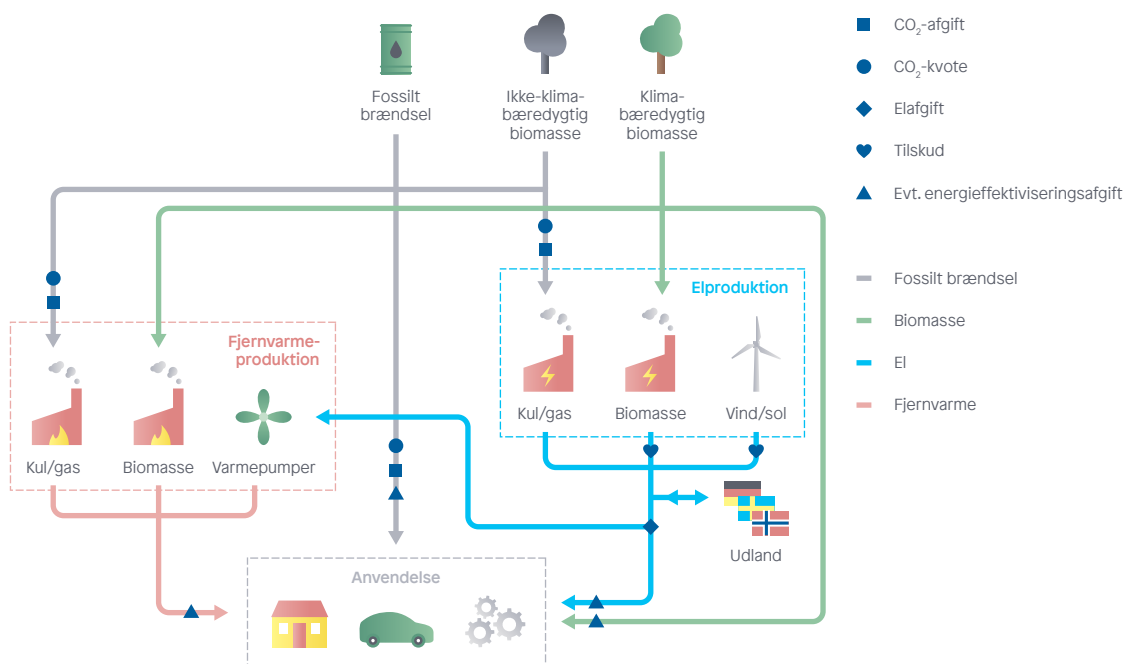
Klimarådet foreslår en større reform af afgifts- og tilskudssystemet, som rådet første gang præsenterede i april 2018 i analysen *Fremtidens grønne afgifter på energiområdet*.⁹ Et forbedret afgifts- og tilskudssystem bør have fokus på at reducere CO₂-udledningen. Regeringen har sat et mål om, at mindst 50 pct. af det danske energiforbrug i 2030 skal komme fra vedvarende energi. Klimarådet har tidligere vurderet, at en sådan type mål kan være et godt politisk pejlemærke,¹⁰ men målet er uhensigtsmæssigt som grundlag for udformningen af afgifter og tilskud. Som regeringens afgifts- og tilskudsanalyse fra 2017 viser, tilsiger målet om 50 pct. vedvarende energi en afgift på alt energiforbrug kombineret med et dobbelt så stort tilskud til al vedvarende energi.¹¹ Konsekvensen er, at tilskuddet til at erstatte én GJ fossil energi med vedvarende energi er dobbelt så stort som den afgift, man sparer ved i stedet at eliminere den fossile energi gennem energieffektivisering – uagtet at begge tiltag reducerer CO₂-udledningen lige meget. Målet, hvis det forfølges stringent, favoriserer altså vedvarende energi på bekostning af energieffektivisering, hvilket gør den grønne omstilling dyrere end nødvendigt.

Klimarådet opfatter regeringens mål for andelen af vedvarende energi som et politisk pejlemærke, der skal hjælpe til at nå det egentlige mål om at reducere CO₂ fra energiforbruget. Derfor bør afgifter og tilskud indrettes med den egentlige målsætning for øje. Det betyder, at afgifter og tilskud skal målrettes reduktion af CO₂. Med udgangspunkt i dette princip viser figur 6.4 Klimarådets bud på en forbedret afgifts- og tilskudsstruktur.

Hovedelementet i et forbedret afgifts- og tilskudssystem er en generel CO₂-afgift, der betales af elværker, fjernvarmeværker, husholdninger, virksomheder og i transporten. For kvoteomfattede anlæg gives en godtgørelse svarende til den gældende kvotepris, så den nuværende dobbeltregulering i fjernvarmen fjernes. Dette har samme effekt som et CO₂-prisguld i kvotesektoren, som det kendes fra Storbritannien. Den nuværende energiafgift, hvis præcise formål er uklart, fjernes. I stedet bliver det CO₂-afgiftens opgave at bidrage til at sikre, at Danmark opnår sit mål om at blive et lavemissionssamfund med en energiforsyning baseret på vedvarende energi. Det betyder, at CO₂-afgiften skal være markant højere end i dag.

Dobbeltregulering

Fjernvarmeværker over 20 MW er CO₂-kvoteomfattede, men skal samtidig betale fuld CO₂-afgift. Dette betegnes ofte dobbeltregulering.



Figur 6.4 Illustration af strukturen for et forbedret afgifts- og tilskudssystem baseret på CO₂-reduktion

- Anm. 1: Biomasse er delt op i klimabæredygtig og ikke-klimabæredygtig. Denne sondring forklares senere i kapitlet.
- Anm. 2: Kvotefrattede anlæg får nedslag i CO₂-afgiften svarende til prisen på CO₂-kvoter.
- Anm. 3: Miljøafgifter på fx NO_x og SO₂ er ikke medtaget i figuren.
- Kilde: Klimarådet.

I produktionen af elektricitet vil fossile brændsler blive pålagt CO₂-afgift udover kvoteprisen, hvilket ikke er tilfældet i dag. Det kan betyde, at importen af el vil stige, hvilket klimamæssigt er uheldigt, hvis den importerede el er produceret ved hjælp af fossile brændsler. For at modvirke dette bør der gives et fradrag i elsektorens CO₂-afgift, mens der samtidig bør gives tilskud til produktion baseret på vedvarende energi, som det allerede sker i dag. På den måde bliver danskproduceret el i stand til at konkurrere med el fra udlandet. For at sikre, at den tilstræbte CO₂-pris er fuldt afspejlet i forbrugerprisen på el, skal der som modvægt til fradrag og tilskud lægges en afgift på al forbrug af el. Den nye elafgift vil dog være væsentligt lavere end den nuværende elafgift, som husholdningerne betaler. Boks 6.1 giver en nærmere beskrivelse af, hvordan tilskud og afgifter skal udformes, når formålet er at sænke CO₂-udledningerne på en omkostningseffektiv måde.

Boks 6.1 Et forbedret afgifts- og tilskudssystem baseret på CO₂-reduktion

Denne boks beskriver Klimarådets forslag til et afgifts- og tilskudssystem, der er målrettet CO₂-reduktion. Et lignende system er omtalt i ministeriernes afgifts- og tilskudsanalyse, som dog har fokus på fortrængning af fossile brændsler og ikke decideret CO₂-reduktion. Det foreslåede afgifts- og tilskudssystem løser problemet med favorisering af biomasse samt andre uhensigtsmæssigheder i det nuværende system.

Systemet sikrer en omkostningseffektiv reduktion af CO₂-udledningen fra Danmark under hensyntagen til udlandets udledninger ved import og eksport af el. Konkret er systemet konstrueret ud fra en præmis om, at størrelsen $U + k \cdot NI$ skal holdes under en politisk fastsat målsætning, hvor U er udledningen af CO₂ fra dansk jord, NI er nettoimporten af el, mens k er en udenrigshandelskorrektion, som afspejler det skønnede indhold af CO₂ i den udenlandske elproduktion. En korrektion på k ton CO₂ pr. MWh betyder, at el fra udlandet antages at have dette CO₂-indhold. Det vil sige, at import af én MWh øger den samlede dansk forårsagede CO₂-udledning med k ton CO₂, mens eksport af én MWh fortrænger k ton CO₂ i udlandet.

Med en udenrigshandelskorrektion sørger afgiftssystemet for, at der tages hensyn til udenlandske CO₂-udledninger forårsaget af dansk elforbrug. En lignende korrektion kan ses i Energistyrelsens udenrigshandelskorrigerede CO₂-opgørelse. Det er dog ikke denne opgørelse, som benyttes i forhold til at sikre Danmarks opfyldelse af internationale forpligtelser, men Klimarådet lægger til grund for udenrigshandelskorrektionen, at der er et politisk ønske om, at Danmarks klimaindsats skal bidrage til at reducere de globale udledninger, og derfor er det nødvendigt at inkludere et hensyn til udlandets forbrug af fossile brændsler i elproduktionen.

Et afgifts- og tilskudssystem, der opfylder ovenstående mål, har følgende elementer:

- En generel CO₂-afgift på t pr. udledt ton CO₂. Størrelsen af t afhænger af, hvor ambitiøs den politiske CO₂-målsætning er. I kvoteomfattet produktion reduceres afgiften med CO₂-kvoteprisen for at undgå dobbeltbeskatning.
- Et fradrag i CO₂-afgiften i den fossile elproduktion på $k \cdot t$ pr. produceret MWh svarende til det skønnede CO₂-indhold i udenlandsk produceret el. Det skal sikre, at indenlandsk fossil elproduktion ikke blot fortrænges af importeret fossil el.
- En generel elafgift på alt indenlandsk elforbrug på $k \cdot t$ pr. MWh. Det sikrer sammen med afgiften på $(1-k) \cdot t$ i produktionsleddet, at forbrug af fossil el fra indenlandske kilder pålægges den fulde CO₂-afgift på t på linje med alt andet fossilt energiforbrug, og at CO₂-indholdet i elimporten beskattes med samme sats som indenlandsk fossil elproduktion.
- Et tilskud til al vedvarende elproduktion på $k \cdot t$ pr. produceret MWh. Det opvejer forbrugsafgiften på grøn strøm og sikrer dermed, at nettoafgiften på el, produceret med vedvarende energikilder, er nul.

Gennem tilskuddet til vedvarende energi og fradraget i CO₂-afgiften belønnes dansk eksport af el for at fortrænge CO₂-udledninger i udlandet, og gennem forbrugsafgiften på el pålægges elimport en CO₂-baseret afgift, der afspejler det skønnede CO₂-indhold i elimporten. Forbrug af danskproduceret, fossilt el betaler alt i alt en CO₂-afgift svarende til standardsatsen, mens tilskud og afgift for forbrug af danskproduceret, vedvarende el udligner hinanden.

Niveauet for CO₂-afgiften og de andre afgifter i systemet afhænger af, hvor stor tilskyndelse til at reducere CO₂, man ønsker fra politisk side. Tabellen senere i denne boks viser et eksempel, hvor satserne i det foreslåede system er sammenlignet med summen af satserne i 2018 for energiafgift, CO₂-afgift, PSO-afgift og CO₂-kvotepris. Niveauet for den nye CO₂-afgift t er sat, så den samlede afgiftsbelastning for kul til varme er opretholdt. Dermed er tilskyndelsen til at skifte fra kul til biomasse uændret. Strukturen i de nye satser pr. GJ forbrugt energi sikrer, at alle fossile brændsler betaler samme afgift pr. ton CO₂, de udleder. Udenrigshandelskorrektionen k er sat, så den svarer til antagelsen i ministeriernes afgifts- og tilskudsanalyse om, at én GJ el fra udlandet i alt indeholder produktion baseret på 1,0 GJ fossile brændsler, hvilket i tabellen er forudsat ligeligt fordelt mellem kul og naturgas. Det giver en afgift på 857 kr. pr. ton CO₂, hvilket svarer til højden af venstre søjle i figur 6.2, og det indebærer, at udenlandsk produceret el skønnes at have et fossilt indhold på ca. 0,27 ton CO₂ pr. MWh. De resulterende afgifts- og tilskudssatser på de forskellige former for energi er angivet i tabellen.

Tabellen viser, at med det forudsatte niveau for CO₂-afgiften t og udenrigshandelskorrektionen k skal afgifterne på elektricitet og naturgas i varmeproduktionen sænkes i forhold til i dag, mens tilskuddet til vedvarende elektricitet generelt skal øges, så det matcher tilskyndelsen til at fortrænge CO₂ i opvarmningen. Omvendt skal afgiften på kul og naturgas i elproduktionen hæves. Forskellen mellem 2018-satserne og Klimarådets forslag viser, at dagens system i modsætning til forslaget ikke giver en ensartet tilskyndelse til at fortrænge CO₂. Tabellen er et regneeksempel, der afhænger af det valgte niveau for CO₂-beskatningen og de forudsatte virkningsgrader, men den giver en idé om, hvordan afgifter og tilskud vil ændre sig med Klimarådets bud på et forbedret afgiftssystem.

Udgangspunktet for regneeksemplet er en CO₂-afgift på 857 kr. pr. ton, som er den nuværende effektive CO₂-beskatning af kul til opvarmning. Afgiften kan sammenlignes med, hvilken CO₂-pris, der vurderes at være nødvendig for at opfylde Parisaftalen. Forskellige analyser skønner, at prisen for at udlede CO₂ bør ligge mellem 90 og 2.100 kr. pr. ton i 2030, og efterfølgende skal prisen stige til mellem 800 og 50.000 kr. pr. ton i 2100. Det meget store spænd mellem disse skøn skyldes især forskelle i beregningsmodeller, forskellige antagelser om teknologi- og samfundsudviklingen, samt at der er forskellige veje til at opfylde Parisaftalen.¹²

	2018	Foreslået struktur
Nettoafgift (kr. pr. GJ forbrugt energi)		
Kul til varme	81,0	81,0
Kul til elektricitet	9,1	51,8
Naturgas til varme	70,8	49,0
Naturgas til elektricitet	5,5	13,2
Klimabæredygtig biomasse til varme	0,0	0,0
Klimabæredygtig biomasse til elektricitet	0,0	0,0
Elektricitet til varme	108,1	65,0
Elektricitet til andre formål	290,6	65,0
Tilskud (kr. pr. GJ produceret el)		
El fra vedvarende energi (ikke biomasse)	28,7 til 302,9	65,0
El fra klimabæredygtig biomasse	41,7	65,0

Nettoafgiftsbelastning i det foreslåede system sammenlignet med satserne i dag

- Anm. 1: Tabellens 2018-afgifter for el gælder ikke procesformål, der i dag betaler betydeligt lavere afgift.
- Anm. 2: PSO-afgiften er medtaget i 2018-afgiften på el, men den udfases frem mod 2022. Derudover er CO₂-kvoteprisen også medregnet i tabellens tal. En CO₂-kvote handlede til 12,96 EUR pr. ton den 9. april 2018, og denne værdi er benyttet i beregningerne.
- Anm. 3: Der er modsat afgifts- og tilskudsanalysen ikke medregnet nettab i elnettet, hvilket kan påvirke satserne en lille smule.
- Anm. 4: Tabellen viser afgiften på såkaldt klimabæredygtig biomasse eftersom afgiftssystemet behandler klimabæredygtig og ikke-klimabæredygtig biomasse forskelligt. Dette er nærmere beskrevet senere i kapitlet.
- Kilde: Egne beregninger.

Biomasse opdeles i to kategorier i det nye afgiftssystem

Biomasse kan opdeles i to separate kategorier på baggrund af de risikobaserede bæredygtighedskriterier, der diskuteres i kapitel 4. På den måde opnås to grupper af biomasse:

- Biomasse, der dokumenterbart opfylder de dele af bæredygtigheds-kriterierne, der vedrører klima. Denne kategori vil i dette kapitel blive betegnet klimabæredygtig biomasse.
- Biomasse, der ikke kan dokumenteres at opfylde de dele af bæredygtigheds-kriterierne, der vedrører klima. Denne kategori kaldes i dette kapitel for ikke-klimabæredygtig biomasse.

Den ikke-klimabæredygtige biomasse bør i reguleringen behandles som et fossilt brændsel. Denne biomasse skal så betale CO₂-afgift lige som andre fossile brændsler. Optimalt burde den ikke-klimabæredygtige biomasse opdeles i flere forskellige fraktioner alt efter den specifikke fraktions CO₂-aftryk, som omtalt i kapitel 2. Administrativt er det dog kompliceret at sondre mellem CO₂-aftrykket fra de enkelte biomassefraktioner, og derfor bør der til at begynde med administrativt fastsættes et fælles CO₂-indhold for al ikke-klimabæredygtig biomasse, som CO₂-afgiften kan beregnes ud fra. Når man får mere erfaring, kan man med fordel differentiere afgiften for de forskellige fraktioner af biomasse. Så længe man ikke differentierer mellem forskellige biomassefraktioner, bør det fastsætte CO₂-indhold tage højde for det skønnede gennemsnitlige kulstofindhold i den afbrændte ikke-klimabæredygtige biomasse og for det skønnede gennemsnitlige kulstofoptag som følge af den genplantning, der trods alt vurderes at finde sted i forbindelse med forbruget af ikke-klimabæredygtig biomasse. Hvis det gennemsnitlige CO₂-indhold i den ikke-klimabæredygtige biomasse, der brændes af i Danmark, vurderes at ændre sig, bør det administrativt fastsætte CO₂-indhold justeres.

Ikke-klimabæredygtig biomasse bør ikke regnes som vedvarende energi eller som CO₂-neutral i opgørelsen af, om Danmark lever op til sine klimamålsætninger. Når Danmark eller EU sætter mål for vedvarende energi eller CO₂-reduktioner, er det for at udstikke en retning mod et energisystem uden CO₂-udledninger, men når der er høj risiko for, at afbrænding af ikke-klimabæredygtig biomasse belaster klimaet, bør ikke-klimabæredygtig biomasse ikke behandles som CO₂-neutral vedvarende energi og dermed som en løsning på klimaproblemet. Derfor bør Danmark afstå fra at tælle ikke-klimabæredygtig biomasse med i regeringens mål om at opnå mindst 50 pct. vedvarende energi i 2030, eller når Danmark skal planlægge sin opfyldelse af forpligtelsen i ikke-kvotesektoren i 2030.¹³

Da CO₂-afgiften er motiveret af klimahensyn, er det som udgangspunkt kun de kriterier og indikatorer, som vedrører klima, der behøver at være opfyldt, for at biomassen fritages for CO₂-afgift. I EU-Kommissionens forslag til nyt direktiv for vedvarende energi skal samtlige bæredygtighedskriterier opfyldes, for at biomassen kan betegnes som vedvarende energi og dermed have mulighed for at modtage støtte. Det vil dog ikke være konsistent med principperne i Klimarådets foreslåede afgiftssystem, hvis CO₂-afgiften pålægges biomasse, som lever op til kriterierne på klimaområdet, men som ikke lever op til andre af bæredygtig-

Forpligtelsen i ikke-kvotesektoren

Når EU-Kommissionen opgør opfyldelse af målet i ikke-kvotesektoren, benyttes de officielle CO₂-opgørelsesmetoder. Det betyder, at ikke-klimabæredygtig biomasse opgøres til at have nul CO₂-udledninger. Juridisk kan Danmark derfor ikke forpligte sig til kun at tælle klimabæredygtig biomasse med i målopfyldelsen.

tighedskriterierne, fx de sociale kriterier. Alligevel kan det af administrative og EU-retslige grunde blive nødvendigt at kræve, at alle bæredygtighedskriterier skal være opfyldt for at udløse afgiftsfritagelse.

Biomasse, der opfylder bæredygtighedskriterierne for klima, kan med rimelighed betragtes som CO₂-neutral, vedvarende energi i forhold til målopfyldelse. Denne kategori af biomasse bør fortsat fritages for CO₂-afgift og have adgang til tilskud ligesom anden vedvarende energi.

Al biomasse bør være dækket af bæredygtighedskriterierne

Som udgangspunkt bør alt biomasseforbrug opfylde bæredygtighedskriterierne på klimaområdet for at slippe for CO₂-afgift. EU-Kommissionen lægger i sit udspil til et nyt direktiv for vedvarende energi op til, at bæredygtighedskriterier for fast biomasse kun skal gælde for nye anlæg med mere end 20 MW indfyret kapacitet. Med de regler vil en stor del af biomasseforbruget i Danmark være undtaget af følgende to grunde:

- En betydelig del af Danmarks varmemeforbrug stammer fra små kollektive værker eller individuel forsyning. Ifølge Energistyrelsen produceres 14 pct. af fjernvarmen på anlæg under 20 MW.¹⁴ Derudover forsynes ca. 1 mio. husstande af individuel opvarmning. Der er dermed potentielt et stort biomasseforbrug, som ikke skal være underlagt EU's bæredygtighedskriterier.
- En betydelig del af Danmarks energiforbrug er allerede omstillet til biomasse. I 2016 var ca. en fjerdel af al varmekapacitet i fjernvarmeforsyningen og ca. en tredjedel af al kraftværksbaseret elkapacitet helt eller delvist biomassefyret.¹⁵ I den individuelle opvarmning har ca. 100.000 husstande et træpillefyr. Derudover er der et væsentligt forbrug af biomasse i brændeovne.¹⁶

Man kan med fordel anvende en anden form for bagatelgrænse end anlægsstørrelse i forhold til, hvilken biomasse, der skal dokumentere, at bæredygtighedskriterier er opfyldt for at blive fritaget for CO₂-afgift. Det vil mindske den administrative byrde for både myndigheder, borgere og virksomheder. Biomasse under bagatelgrænsen vil dermed pr. automatik blive opfattet som klimabæredygtig. En relevant bagatelgrænse kan være, at kun handlet træ skal dokumentere, at det lever op til bæredygtighedskriterierne for at undgå CO₂-afgift. På den måde bliver biomasse, som private henter fra deres egne haver og skove, og som de ikke sælger videre, automatisk undtaget afgift. Man kan også undtage handlet biomasse under en given værdi eller mængde. Fx kan sælgere, hvis de årligt sælger biomasse for mindre end en given beløbsgrænse, fritages for CO₂-afgift. I forbindelse med den foreslåede forsyningsssikkerhedsafgift, som boks 6.2 beskriver, planlagde man lignende bagatelgrænser.¹⁷

Negative eksternaliteter

En negativ eksternalitet, som også kaldes en negativ ekstern skadesomkostning, opstår, når en husholdning eller virksomhed udfører en aktivitet, der påfører andre aktører et tab af velfærd eller indtjeningsmuligheder, uden at de kompenseres for det.

Andre hensyn end drivhusgasser kan også begrunde afgifter

Det skitserede afgift- og tilskudssystem fokuserer på at reducere CO₂-udledningerne. Det er dog ikke det eneste aspekt, som et afgiftssystem for energi skal tage hensyn til. Energiforbruget kan også medføre andre negative eksternaliteter, der kan begrunde en afgift. Det gælder blandt andet luftforurening i form af udledning af NO_x, SO₂ og partikler. NO_x og SO₂ er afgiftsbelagt i dag, mens partikler

(PM_{2,5}) ikke er. Partikler stammer blandt andet fra afbrænding af træ i brændeovne. Det Miljøøkonomiske Råd vurderer, at der kan opnås en samfundsøkonomisk gevinst på mellem 1 og 3 mia. kr. ved at regulere brugen af brændeovne, og Det Økologiske Råd, Det Miljøøkonomiske Råd og ministeriernes afgifts- og tilskudsanalyse foreslår forskellige former for øget regulering af brændeovne for at mindske partikelforureningen, herunder afgifter. Klimarådet har i denne rapport ikke analyseret, hvilken regulering der er mest hensigtsmæssig.¹⁸

I transporten søger energiafgifterne i dag at adressere eksternaliteter som trængsel, luftforurening, støj og uheld. Hvis energiafgiften omlægges til en CO₂-afgift på benzin og diesel, er det vigtigt at indføre en afgift, der kan tage højde for de ovennævnte eksternaliteter. I vejtransporten er eksternaliteterne ofte forbundet med kørslen uanset bilens drivmiddel, og derfor er det især kørselsomfanget, der bør beskattes. Det kan gøres ved at indføre en afgift pr. kørt kilometer, hvilket rammer eksternaliteterne mere direkte end ved at beskatte drivmidlet.¹⁹ En kørselsafgift, der skal imødegå eksternaliteterne og især trængselsproblemer, bør ideelt differentieres efter tid og sted for kørslen, så der betales en højere afgift, hvis man kører på de tider og veje, hvor trængslen er størst. En mindre målrettet, men lettere administrérbar, kørselsafgift vil være en ensartet afgift pr. kørt kilometer. Kørselsafgifter har dog vist sig svære at gennemføre på grund af tekniske og politiske forhindringer, og derfor kan det være nødvendigt at lægge fx trængselsafgiften på drivmidlet i form af benzin, diesel eller el til elbiler. Her bør man dog være opmærksom på risikoen for øget grænsehandel, som kan opstå hvis det samlede afgiftsniveau på benzin og diesel gør forbrugerprisen højere end i landene omkring os.

Afgifter kan også bruges til at tilskynde forbrugere og virksomheder til at effektivisere energiforbruget. Denne mulighed er vist i figur 6.4 som en energieffektiviseringsafgift. Energieffektivisering skal spille en central rolle i opfyldelsen af klimamål. Alle scenarier for den danske omstilling frem mod 2050 peger på, at øget energieffektivisering er et afgørende element i en omkostningseffektiv omstilling. I EU tillægges energieffektivisering også en vigtig rolle i klimapolitikken, og der forhandles i EU om et mål for energibesparelser for 2030. Samtidig har forskningen vist, at der underinvesteres i energieffektiviseringer.²⁰ Underinvestering kan skyldes begrænset rationalitet i form af fx nutidsskævhed, manglende information om energieffektiviseringsmuligheder, begrænset adgang til finansiering eller lignende.

Hvis der indføres en generel energieffektiviseringsafgift, skal en sådan afgift også pålægges biomasseforbruget i husholdninger og virksomheder. Det gælder både den klimabæredygtige og den ikke-klimabæredygtige biomasse.

Afgifter er én måde at tilskynde til øget energieffektivisering. Der er dog også andre mulige instrumenter, som fx informationskampagner, finansieringsstøtte, investeringstilskud, bygningsreglement samt energispareordning og bolig-jobordning, som vi har i dag. Valget af instrument afhænger i høj grad af, hvad der er årsagen til energieffektiviseringsparadokset. Klimarådet vurderer, at der er behov for grundigt at analysere potentialet for omkostningseffektive energieffektiviseringer, herunder hvor potentialet særligt er, og hvilke instrumenter der bedst indfrier potentialet.

Nutidsskævhed

Dette begreb indebærer, at en beslutningstager lægger uforholdsmæssigt stor vægt på velfærd her og nu i forhold til fremtidig velfærd, hvilket kan forhindre investeringer i energieffektivisering, der giver et højt afkast til samfundet.

Energispareordning

Denne ordning kaldes også *Energiselskabernes Energispareindsats* og løber foreløbigt indtil 2020. Ordningen pålægger energiselskaberne at realisere en vis mængde energibesparelser hos deres kunder.

Et yderligere motiv til at lægge afgifter på energiprodukter kan være et ønske om at inddrive provenu til staten. Afgifterne på energi yder i dag et væsentligt bidrag til statskassen. Klimarådets forslag til et nyt afgiftssystem med fokus på CO₂-reduktion forventes ikke at medføre et fald i provenu på kort sigt. En beregning af provenueffekten med uændret energiforbrug og -sammensætning peger tværtimod på, at provenuet fra energibeskatningen vil stige med ca. 4 mia. kr. årligt sammenlignet med det provenu, der opnås med dagens afgiftssatser. Provenuegevinsten ved reformen vil dog være lavere, såfremt man vælger at give konkurrenceudsatte erhverv fradrag i CO₂-afgiften, som der diskuteres nedenfor. Energiforbruget vil over tid tilpasse sig det nye afgiftssystem og blive omlagt i retning af mindre udledende energikilder, hvilket også er hensigten med systemet. Det betyder, at provenuet langsomt vil udhules i takt med, at den grønne omstilling udfaser brugen af fossile brændsler. Dagens afgiftssystem er i højere grad sikret mod denne provenuudhuling på grund af den høje elafgift, der også lægges på grøn strøm.

Hvis der er et politisk ønske om at fastholde et vist provenu fra energiafgifterne uden at forvride erhvervenes valg af input i produktionen, kan dette opnås gennem en provenuafgift på husholdningernes endelige energiforbrug. En sådan afgift bør lægges på alle energikilder, både de fossile og de vedvarende, og dermed også på al biomasse. Det skal dog understreges, at det som hovedregel vil være mindre forvridende at hente provenuet fra bredere skattebaser i form af fx indkomstskat eller moms.²¹

Det skitserede afgiftssystem skal ses som vejledende principper

Afgifts- og tilskudssystemet i figur 6.4 og overvejelserne i dette afsnit anviser generelle principper for, hvordan afgifter og tilskud kan indrettes mere hensigtsmæssigt end i dag. Principperne fjerner biomassens favorisering, hvorved alle vedvarende energiteknologier stilles lige. I praksis kan der dog være grunde til at fravige principperne på udvalgte områder, hvilket der her gives to eksempler på.

For det første lægger Klimarådets forslag til et forbedret afgifts- og tilskudssystem op til et ensartet tilskud til al elproduktion baseret på vedvarende energi. I praksis vil støtten som følge af EU-reglerne skulle uddeles via udbud, og derfor medfører Klimarådets forslag implicit, at disse udbud skal være teknologineutrale. Klimarådet har dog tidligere peget på gode grunde til, at man på visse områder bør afvige fra princippet om teknologineutralitet.²² Det gælder fx for biomasse og skyldes, at biomasse ofte bruges til kraftvarmeproduktion, hvilket med de nuværende regler skaber risiko for krydssubsidiering. Det kan ske, hvis et biomasseanlæg byder lavt ind i et udbud af el og dækker et eventuelt under-skud fra elproduktionen ved at sætte varmeprisen op.

For det andet medfører det skitserede afgiftssystem, at den massive afgiftsabat, som mange virksomheder får i dag via ordningen for processtrøm, fjernes.

Boks 6.2 Forsyningssikkerhedsafgiften

Forsyningssikkerhedsafgiften indgik som en del af *Energiaftale 2012*. Afgiften skulle efter planen pålægges såkaldte vedvarende energibrændsler, der omfatter biomasse i form af fx træpiller og brænde. Samtidigt skulle afgiften på fossile brændsler sættes op for at opretholde en vis forskel til de vedvarende energibrændsler.

Det angivne formål med afgiften var at beskytte den danske energiforsyning mod fremtidige prisstigninger på importeret biomasse. Dertil kom et ønske om at beskytte statens afgiftsprovenu fra energiområdet mod den grønne omstilling gennem øget beskatning af vedvarende energi.

Forsyningssikkerhedsafgiften blev i 2014 taget af bordet med den begrundelse, at den ville medføre for store administrative omkostninger for borgere og virksomheder. I pressen nævntes eksempler som bøvet ved at betale afgift af spejderes rafter, træpiller til brug som underlag i hestestalde og mindre partier brænde indsamlet i skoven.

På trods af forsyningssikkerhedsafgiftens dårlige ry tyder meget dog på, at det rent praktisk ville have været muligt at administrere afgiften. Lovforslaget lagde op til afgiftsfritagelse for biomasseforbrug under en bagatelgrænse og for sankebrænde, hvis visse kriterier var overholdt. Skatteministeriet vurderede, at op mod 3.000 virksomheder, der omsætter vedvarende energibrændsler til energiformål, ville skulle registreres efter loven om forsyningssikkerhedsafgift, hvilket ikke er administrativt uoverkommeligt.

Kulstoflækage

Kulstoflækage sker, når et land énsidigt indfører eller skærper en klimapolitik, der øger udgifterne for virksomheder i landet med det resultat, at dele af produktionen og de tilhørende CO₂-udledninger flyttes ud af landet. Det vil dog kun øge de globale udledninger, hvis produktionen flytter til et land, der ikke har en bindende målsætning om CO₂-reduktion.

Hovedprincippet i det foreslåede system er, at alle udledninger beskattes ens, uanset hvem der står for udledningen. For energitunge virksomheder, der er udsat for international konkurrence, kan den forhøjede afgift på CO₂ dog føre til udflytning af produktionen og dermed også CO₂-udledningen til andre lande, såkaldt kulstoflækage. For at mindske risikoen for kulstoflækage kan man give særligt udsatte virksomheder et fradrag i CO₂-afgiften, der afspejler risikoen for denne lækage.

En mindre afgiftsreform kan eliminere en stor del af favoriseringen af biomasse

En gennemgribende afgiftsreform, som skitseret ovenfor, kan give betydelige økonomiske effektivitetsgevinster, men kan også føre til mærkbare omfordelinger mellem skatteyderne. Hvis man politisk viger tilbage herfor, er det vigtigt for den fortsatte grønne omstilling, at man som minimum gennemfører en afgiftsreform, der bør indeholde to elementer:

- En reform bør afgiftsbelægge ikke-klimabæredygtig biomasse eller på anden vis begrænse brugen heraf.
- En reform bør fjerne den favorisering af biomassen sammenlignet med fx varmepumper, som figur 6.3 viser. Det kan ske ved at gennemføre den sænkning af elvarmeafgiften på 25 øre, som aftaleparterne bag erhvervspakken af 2017 vil søge at finde råderum for fra 2021. Det vil betyde, at varmepumper bliver et konkurrencedygtigt alternativ til biomasse i opvarmningen.

Hvad enten man vælger en stor eller en lille afgiftsreform, bør afgiftsændringerne spille sammen med en reform af andre rammebetingelser i fjernvarme og i tarifstrukturen i elnettet. Det ser afsnit 6.3 og 6.4 nærmere på.

6.3 Nuværende regler for biomasse i varmforsyningen

Det er ikke kun afgifter og tilskud, der afgør valg af energikilde i el- og varmesektoren. Regler og love regulerer, hvordan biomassen og konkurrerende energikilder kan benyttes i især varmforsyningen. Nogle regler favoriserer biomasse i forhold til brændselsfri alternativer, mens andre regler begrænser udbredelsen af biomasse i varmforsyningen. Dette afsnit beskriver reglerne, som de er i dag.

Biomassens rammevilkår udgøres ikke kun af afgifter og tilskud. Regler og love for forsyningen med varme til husstande og erhverv har stor indflydelse på, hvilken energikilde varmen må produceres med, og hvem der må producere den. Disse regler påvirker også, i hvor høj grad forskellige aktører kan agere på de incitamenter, som afgifts- og tilskudssystemet giver.

De væsentligste regler med relevans for biomasse er:

- Hvile-i-sig-selv-princippet
- Krav om positiv samfundsøkonomi
- Kraftvarmekravet
- Brændselsbindinger
- Nettofordelsmodel
- Regler for individuel opvarmning
- Eltariffer.

I det følgende beskrives reglerne, som de er i dag, men regeringen har i sin forsyningsstrategi lagt op til at ændre nogle af disse regler, hvilket er beskrevet i boks 6.3.

Hvile-i-sig-selv-princippet og kravet om positiv samfundsøkonomi er hjørnesten i reguleringen af fjernvarmen

Reguleringen af fjernvarmforsyningen bygger på hvile-i-sig-selv-princippet. Det betyder i hovedtræk, at fjernvarmeselskaberne kun må kræve en varmepris, som dækker omkostningerne ved produktionen af fjernvarmen inklusive en rimelig forrentning af indskudskapitalen. Selskaberne må altså ikke udnytte deres monopolstatus til at skabe uforholdsmæssig stor indtjening ved at sætte meget høje varmepriser.²³ Forrentning af indskudskapitalen kræver godkendelse af Energitilsynet. Der er dog mulighed for at indregne et overskud i varmepriserne, hvis et værk benytter biomasse, geotermi, solvarme eller biogas, eller hvis en virksomhed leverer overskudsvarme.

Mens hvile-i-sig-selv-princippet regulerer fjernvarmeselskabernes prisfastsættelse, regulerer kravet om positiv samfundsøkonomi investeringsbeslutningerne. Kommunen skal godkende investeringer i ny produktionskapacitet

Samfundsøkonomi

En samfundsøkonomisk kalkule af et investeringsprojekt udregner værdien af projektet for hele samfundet. Dermed tages der i modsætning til en selskabsøkonomisk kalkule ikke hensyn til afgifter og tilskud, der blot opfattes som omfordeling fra én part i samfundet til en anden.

eller ændring af den eksisterende kapacitet, og kun projektet med den bedste samfundsøkonomi kan godkendes og dermed gennemføres.

Kravet om positiv samfundsøkonomi er umiddelbart fornuftigt, men har en afgørende svaghed. Der er ikke krav til, hvilke alternative projekter selskaberne skal regne på udover et scenarie med individuel opvarmning. Det betyder, at selskaberne i princippet kan vælge at regne på visse scenarier og ikke andre. Selskaberne har et incitament til at regne på biomassekedler, som med de nuværende afgifter giver de privatøkonomisk laveste varmepreiser i mange tilfælde, mens de ikke har incitament til at regne på et scenarie med varmepumper, da disse ofte giver højere varmeomkostninger med gældende afgifter, men potentielt lavere samfundsøkonomiske omkostninger. Selskaberne kan altså undlade at regne på en varmeforsyning baseret på varmepumper, og reglerne sikrer derfor ikke, at der vælges den samfundsøkonomisk bedste teknologi.

Kraftvarmekrav og brændselsbindinger begrænser selskabernes muligheder

Kravet om bedste samfundsøkonomi er ikke det eneste krav i varmereguleringen, der begrænser fjernvarmeselskabernes investeringsmuligheder. Et andet vigtigt krav er kraftvarmekravet, som pålægger producenter af varme med en kapacitet på over 1 MW også at producere elektricitet. Dette tvinger selskaberne til at vælge teknologier, der både kan producere varme og elektricitet.

Centrale og decentrale områder

En række store kraftværker er udnævnt til centrale kraftværker i Danmark. De områder, som forsynes af et centralt værk, kaldes et centralt område. De øvrige områder kaldes decentrale områder.

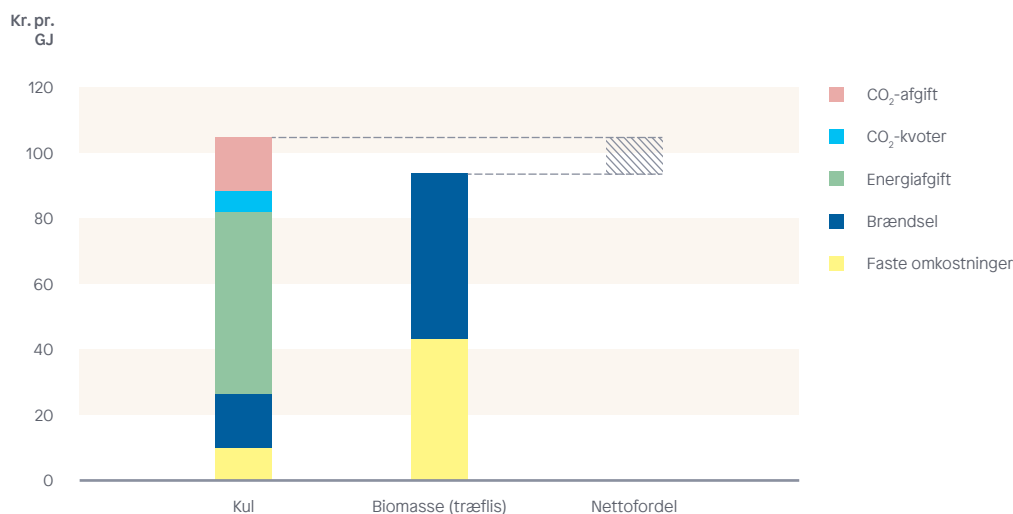
Kraftvarmekravet fungerer forskelligt i centrale og decentrale områder. I centrale områder er alle værker underlagt kraftvarmekrav, og kun ved dispensation kan dette fraviges. Det betyder, at det kræver dispensation at sætte en varmepumpe op. For decentrale områder kan kraftvarmekravet fraviges, hvis det kan påvises, at ren varmeproduktion er bedre samfundsøkonomisk. Der kan i begge typer af områder godkendes værker, der kun producerer varme, hvis der tilknyttes nye husstande til fjernvarmenettet.

Der er også regler for, hvilke brændsler værkerne må benytte. Det er de såkaldte brændselsbindinger. Decentrale anlæg, der leverer varme til et område med naturgasforsyning, skal bruge naturgas som brændsel. Brændselsfrie teknologier som solvarme og varmepumper kan dog anvendes, ligesom biomassebaseret kraftvarmeproduktion er undtaget. Det betyder, at brændselsbindingerne hovedsageligt forbyder brug af biomasse til ren varmeproduktion. Hvis produktionen skal udvides for at dække et udvidet varmebehov, kan der dispenseres fra naturgasbindingen, hvorved værket får lov til at installere varmekapacitet på biomasse.

Nettfordelsmodellen lader kraftvarmeværkerne tjene ekstra profit

Et varmeværk er underlagt hvile-i-sig-selv-princippet og kan derfor ikke skabe ekstraordinær profit. Den såkaldte nettfordelsmodel modererer dog dette princip ved at lade de centrale kraftvarmeværker beholde en del af den afgiftsbesparelse, der kan opnås ved at skifte fra kul til biomasse.

Figur 6.5 viser varmeomkostningerne ved at anvende henholdsvis kul og biomasse. Et værk, der omstiller fra kul til biomasse, vil få større udgifter til brændsel og faste omkostninger, men den totale omkostning vil blive lavere end for kul, da værket sparer udgifter til energiafgift, CO₂-avgift og CO₂-kvoter. Denne besparelse vil ifølge hvile-i-sig-selv-princippet skulle gives videre til



Figur 6.5 Illustrativt eksempel på nettofordelsmodellen

- Anm. 1: Nettofordelen er forskellen mellem omkostningerne ved varmeproduktion på kul og varmeproduktion på biomasse. Denne forskel er vist som det skraverede areal i søjlen længst til højre.
- Anm. 2: Figuren er blot et eksempel. Størrelsen på nettofordelen kan variere på tværs af kraftvarmeverkerne.
- Kilde: Klimarådets illustration på baggrund af tal fra Energistyrelsen, PriceWaterhouseCoopers, Skatteministeriet og EEX.

varmeforbrugerne i form af lavere priser, men for at øge værkerens tilskyndelse til at konvertere til biomasse kan værkerne beholde noget af nettofordelen.

Nettofordelsmodellen er baseret på forhandling. Modellen fungerer ved, at det centrale kraftvarmeverk forhandler med det kollektive varmeforsyningsselskab om, hvor stor del af nettofordelen kraftvarmeverket skal have, og hvor stor del der skal gå til forbrugerne i form af lavere varmepriser. Nettofordelsmodellen har medvirket til, at mange centrale kraftvarmeverker er omstillet eller planlægger at omstille fra kul til biomasse.

Regler begrænser mulighederne for individuelle varmeløsninger

Også den individuelle opvarmning er underlagt en række regler. Reglerne skelner mellem fjernvarmeforsynede områder, naturgasforsynede områder og områder uden hverken fjernvarme eller naturgas. Kun i områder uden fjernvarme og naturgas er det tilladt at opsætte nye oliefyr. I naturgasområder må der opsættes naturgasfyr eller anlæg baseret på vedvarende energi, som fx et træpillefyr eller en varmepumpe. I fjernvarmeområder må der kun opsættes individuelle løsninger i det omfang, de er baseret på vedvarende energi.

Nogle husstande i fjernvarmeområder kan dog reelt ikke selv vælge, om de vil have fjernvarme eller selv stå for opvarmningen. Det skyldes, at kommunen kan pålægge nye og eksisterende husstande tilslutningspligt til fjernvarmen. Husstande, der er underlagt tilslutningspligt, skal betale tilslutningsafgift og en fast årlig afgift, også selv om de ikke modtager fjernvarme. Husstande, som

Tilslutningsafgift og en årlig fast afgift

Tilslutningspligten og forblivelsespligten indebærer ikke, at man skal være fysisk tilsluttet eller købe fjernvarme fra den kollektive forsyning. Det er kun et krav, at man skal betale til de årlige faste udgifter i fjernvarmen samt en tilslutningsafgift.

frivilligt har tilsluttet sig et fjernvarmenet eller naturgasnet, kan af kommunen blive pålagt forblivelsespligt, hvorved de ikke kan slippe for at betale de årlige faste afgifter til den kollektive varmforsyning, selvom de på et tidspunkt måtte vælge en individuel varmeløsning. De årlige faste afgifter udgør omkring en tredjedel af varmeomkostningerne for en husholdning.²⁴ Tilslutnings- og forblivelsespligt er ganske udbredt, og ca. 50 pct. af alle matrikler i områder med fjernvarme har en form for tilslutningspligt.²⁵

Tariffer på elektricitet giver ekstra omkostninger til varmepumper

Elforbrugere betaler for transport af elektricitet via tariffer. Tarifferne kan opdeles i variable og faste tariffer. De variable tariffer afhænger af størrelsen af elforbruget, mens de faste tariffer er uafhængige af forbruget. I alt betales i landsgennemsnit 31,82 øre pr. kWh i variable tariffer, mens de faste betalinger udgør 10,38 øre pr. kWh, hvis de fordeles ud på et forbrug på 4.000 kWh om året, som ofte bruges som sammenligningsgrundlag.²⁶ For virksomheder med et meget højt elforbrug fylder de faste betalinger mindre, eftersom de faste udgifter spredes ud på flere kWh. Nogle steder gives yderligere en mængderabat i tarifferne ved et stort elforbrug.²⁷ Eltarifferne er samfundsøkonomisk problematiske, hvis deres størrelse eller struktur ikke er begrundet i reelle omkostninger for netselskabet. Det er ofte tilfældet, hvilket bidrager til at favorisere biomasse og andre brændselsbaserede teknologier i forhold til eldrevne varmepumper, som nærmere beskrevet i afsnit 6.4.

Boks 6.3 Regeringens forsyningsstrategi og andre syn på varmesektoren

I 2016 lancerede regeringen sin forsyningsstrategi, *Forsyning for fremtiden*.²⁸ Strategien skal skabe grundlaget for en større reform af forsyningssektoren, som kan gøre sektoren mere markedsbaseret og effektiv. Målet er, at forsyningssektoren skal effektiviseres med 5,9 mia. kr. fra 2025, hvilket er 2,6 mia. kr. mere end effektiviseringsmålet for 2020. På fjernvarmeområdet lægger strategien op til flere forskellige ændringer i reguleringen, som er relevante for biomasse:

- Kraftvarmekravet og brændselsbindinger skal udfases for værker uden for kvotesektoren.
- Tilslutningspligten skal i nogen grad udfases.
- Investeringer skal i højere grad være drevet af selskabsøkonomi.

Derudover er der også andre forslag, som omhandler muligheden for at tjene penge på varmforsyningen.

Det skønnede potentiale for effektiviseringer i forsyningssektoren bygger på en rapport af McKinsey & Company og Struensee & Co.²⁹ Rapporten vurderer de forskellige forsyningssektors potentiale for effektiviseringer, mulighed for konkurrenceudsættelse og mulighed for konsolidering. Rapporten er blevet kritiseret af eksperter og forsyningssektoren for at overvurdere effektiviseringspotentialer.

Regeringens forsyningsstrategi er ikke den eneste rapport om, hvordan fremtidens fjernvarmesektor skal indrettes. En tværministeriel arbejdsgruppe skrev i 2015 en rapport om fjernvarmereguleringen, den såkaldte Ib Larsen-rapport.³⁰ Rapporten konkluderer, at presset på fjernvarmeselskaberne for at effektivisere er begrænset, og at der derfor er behov for ændret regulering i form af en årlig benchmarking af effektiviteten i fjernvarmeselskaberne, som kan anvendes til at pålægge de mindre effektive selskaber et effektiviseringskrav.

I december 2017 udkom en rapport om konkurrencen i fjernvarmen udarbejdet af Deloitte, Konveks og Ea Energianalyse.³¹ Rapporten konkluderer, at konkurrencen i varmforsyningen er svag, og at den kan forbedres ved at deregulere sektoren. Fx anbefales at tilslutnings- og forblivelsespligten, kraftvarmekravet og brændselsbindingerne udfases, at elvarmeafgiften sættes ned, og at forbrugerbeskyttelsen øges. Tilsammen vil det ifølge rapporten give lavere fjernvarmepriser og bedre samfundsøkonomi. Rapporten fremlægger en tidsplan for, hvornår de forskellige reguleringsændringer bør ske, så fjernvarmeselskaberne kan nå at omstille sig, og så man undgår regulering, der har tilbagevirkende kraft i forhold til investeringer, der allerede er foretaget.

” Et reformeret afgiftssystem bør have fokus på at beskatte CO₂ i modsætning til i dag, hvor det ikke altid er klart, hvad formålet med afgifterne er.



6.4 Forbedret regulering af varmeforsyningen

Den nuværende regulering af varmeforsyningen begrænser udbredelsen af varmepumper. Biomasse har ofte ubegrundede fordele i forhold til varmepumper på grund af kraftvarmekravet og nettofordelsmodellen. Derfor er der udover en reform af afgift- og tilskudssystemet behov for at ændre reguleringen af varmeforsyningen. Kraftvarmekravet og brændselsbindingerne bør udfases, og der skal sikres ensartede incitamenter til at skifte til vedvarende energi. Derudover skal strukturen for eltariffer gøres kostægte for ikke at diskriminere mod varmepumper i forhold til varmekilder, der ikke benytter elektricitet.

Dette afsnit diskuterer, hvordan man kan ændre reglerne i varmeforsyningen for at skabe de rigtige incitamenter til at vælge den billigste form for vedvarende energi, hvad enten det er biomasse, varmepumper eller noget tredje.

Kraftvarmekravet bør udfases

Kraftvarmekravet favoriserer teknologier, der kan producere både varme og elektricitet. Dermed begunstiges biomasse på bekostning af brændselsfrie teknologier som varmepumper og solvarme. Analyser har vist, at varme fra varmepumper i mange tilfælde er samfundsøkonomisk billigere end varme produceret med biomasse, og derfor er krav som fx kraftvarmekravet med til at fordyre den grønne omstilling.³²

Kraftvarmekravet har forskellig betydning i henholdsvis centrale og decentrale områder. I centrale områder skal energiforsyningen være baseret på kraftvarmeproduktion, og derfor må der i udgangspunktet ikke benyttes brændselsfrie teknologier som fx varmepumper. Der kan dog gives dispensation i forbindelse med demonstrationsprojekter og lignende. Der er derfor behov for at udfase kraftvarmekravet i centrale områder frem mod 2030, hvis varmepumper skal være et reelt alternativ til biomassebaseret kraftvarme.

I de decentrale områder er kraftvarmekravet svagere formuleret. Kravet om kraftvarme afhænger af, om kraftvarme er den samfundsøkonomisk billigste måde at producere varme på. Det vil sige, at kraftvarmekravet kun i få tilfælde vil stå i vejen for, at decentrale anlæg omstiller til varmepumper, da analyser som nævnt viser, at varmepumper ofte er den samfundsøkonomisk billigste varmeteknologi. Kraftvarmekravet er heller ikke en stor forhindring for ren biomassebaseret varmeproduktion i modsætning til brændselsbindingerne.

En grund til at fastholde kraftvarmekravet er, at man derved sikrer en vis regulerbar elproduktion i Danmark. Spørgsmålet er dog, om kraftvarmekravet er den bedste måde at sikre elforsynings sikkerheden på. Som udgangspunkt bør elmarkedet og markedet for systemydelser indrettes, så der er tilstrækkeligt

Markedet for systemydelser

Hvis elforbruget ikke er identisk med elproduktionen på et givent tidspunkt, kan der opstå ustabilitet i elnettet. Derfor køber Energinet forskellige ydelser, der balancerer elproduktion med elforbrug og sikrer stabiliteten i elnettet. Systemydelserne kan være reservekapacitet, som kan starte med kort varsel. Ofte kompenseres anlæg både med en rådgivningsbetaling og en aktiveringsbetaling.³³

tilskyndelse til at opretholde og investere i regulerbar elkapacitet på markedsvilkår. Hvis det ikke er tilfældet, kan der blive behov for virkemidler, der retter sig direkte mod fastholdelse af elkapaciteten.

Klimarådet vurderer, at man med fordel kan udfase kraftvarmekravet både i decentrale og centrale områder, så værkerne får bedre muligheder for at vælge de energiteknologier, der kan sikre en omkostningseffektiv grøn omstilling. Vigtigst er dog kraftvarmekravet i de centrale områder, som er en forhindring for udbredelse af varmepumper.

Udfasning af kraftvarmekravet skal tænkes sammen med øvrige ændringer af rammevilkårene. Det er først og fremmest vigtigt at have afgiftssystemet på plads, så en ophævelse af kraftvarmekravet ikke fører til u hensigtsmæssig udbygning med biomassekedler i områder, hvor varmepumper er en samfundsøkonomisk bedre løsning. En analyse fra tænketanken Grøn Energi viser, at hvis man ophæver kraftvarmekravet og brændselsbindingerne uden at fjerne biomassens afgiftsfavorisering, vil værkerne næsten udelukkende investere i biomassekedler. Hvis afgifts- og tilskudssystemet stiller teknologierne lige, vil en væsentlig del af investeringerne i ny kapacitet derimod tage form af eldrevne varmepumper.³⁴

Nye rammevilkår bør også sikre fair behandling af investeringer i eksisterende kraftvarmeværker. Disse investeringer er foretaget under den nuværende regulering, og pludselige ændringer af rammevilkår kan føre til store tab for investorerne, hvilket kan gå ud over investeringsmiljøet i Danmark, så den grønne omstilling potentielt fordyres. Der er derfor behov for en varselsperiode, hvor eksisterende kraftvarmeværker kan omstille sig til en tid uden kraftvarmekrav og dermed større konkurrence fra rene varmeteknologier. En stor del af de danske kraftvarmeværker skal levetidsforlænges, ombygges eller udskiftes med nye anlæg i årene omkring 2030, og derfor vil det være hensigtsmæssigt at have udfaset kraftvarmekravet inden 2030. Kraftvarmekravet kan dog med fordel lempes tidligere i områder, hvor værkerne er afskrevet, eller hvor der skal investeres i ny kapacitet. Kraftvarmekravets udfasning skal ske i sammenhæng med en tilpasning af det generelle regelsystem i varmeforsyningen, så der ikke opstår u hensigtsmæssigheder, når kraftvarmekravet er afskaffet.

Brændselsbindingerne forhindrer vedvarende energi i at fortrænge naturgas

Brændselsbindingerne er med til at bestemme, hvilke brændsler der kan bruges i forskellige områder. Værker skal benytte naturgas, hvis de ligger i et decentralt område, der allerede forsynes af et naturgasfyret værk. Brændselsfrie teknologier, som varmepumper eller solvarme, er dog undtaget brændselsbindingerne. Men brændselsbindingerne udgør en hindring for at producere varme på biomasse. Værker, der er underlagt brændselsbindingerne, må kun benytte biomasse, hvis de producerer kraftvarme. For mange mindre værker er det svært at få økonomi i biomassekraftvarme, og derfor umuliggør brændselsbindingerne i realiteten brug af fast biomasse til varmeproduktion. Hvis brændselsbindingerne udfases, vil klimabæredygtig biomasse få bedre mulighed for at konkurrere i områder med naturgas og dermed få mulighed for at fortrænge fossile brændsler. Klimarådet anbefaler derfor, at brændselsbindingerne udfases.

Biomasse til varmeproduktion

85 kraftvarmeværker har fået dispensation til at installere en 1 MW biomassekedel, der kun producerer varme. Denne dispensation blev givet i energilaftalen fra 2012 til 35 værker og udvidet i 2014 med 50 værker.

Ligesom med kraftvarmekravet bør brændselsbindingerne først afskaffes, når biomassens afgiftsfavorisering er fuldt ud elimineret. Udfasning af brændselsbindingerne uden en eliminering af biomassens favorisering vil føre til uhensigtsmæssige investeringer i biomassekedler.³⁵ Ved en udfasning af brændselsbindingerne bør der endvidere tages hensyn til allerede foretagne investeringer i naturgasfyret kraftvarme ud fra samme principper som ved udfasning af kraftvarmekravet.

Begrundelsen for brændselsbindingerne er, at der skal være en vis afsætning af naturgas i Danmark for at sikre betaling for naturgasnettet. Hvis naturgasforbruget falder drastisk som følge af en ophævelse af brændselsbindingerne, kan det blive dyrere at bruge og vedligeholde naturgasnettet. Klimarådet vurderer i tråd med mange andre, at grønne gasser og dermed også gasnettet skal spille en vigtig rolle i fremtidens lavemissionssamfund, men brændselsbindingerne er ikke et hensigtsmæssigt værktøj at finansiere gasnettet med. Man bør holde øje med udviklingen i økonomien i gasnettet og, hvis det viser sig nødvendigt, bruge virkemidler direkte rettet mod gasnettets opretholdelse, som fx kapacitetsbetaling.

Princippet i nettofordelsmodellen bør udvides til alle former for vedvarende energi

Nettofordelsmodellen gælder i dag kun for biomasse. Formålet med modellen er at tilskynde ejerne af de centrale kraftvarmeværker til at omstille til vedvarende energi. Under det nuværende afgiftssystem består tilskyndelsen i, at afgiftsfordelen ved at skifte fra kul til biomasse kan deles mellem værkejer og varmekraftbrugerne.

Med den gældende afgiftsstruktur, der favoriserer biomasse, kan nettofordelsmodellen bidrage til en uhensigtsmæssig overinvestering i biomasse. I et reformeret afgifts- og tilskudssystem, der ikke forvrider valget mellem forskellige energikilder, er det fordelagtigt at lade nettofordelsmodellen gælde for omstilling til alle vedvarende energikilder for at tilskynde til en omkostnings-effektiv grøn omstilling. For eksempel bør gevinsten, der eventuelt kan opnås ved omstilling til varmepumper, kunne fordeles mellem varmeproducent og varmekraftbruger. På grund af kraftvarmekravet har det indtil videre ikke været relevant at lade varmepumper være en del af nettofordelsmodellen, men i fremtiden bør princippet bag nettofordelsmodellen udbredes til at gælde for alle vedvarende energiteknologier. Alternativt kan man udvide muligheden for at indregne overskud i varmeprisen til også at gælde for varmepumper og andre vedvarende energiteknologier, som indtil nu ikke er inkluderet. Muligheden for at trække profit ud af selskabet er mest relevant for privatejede varmekraftværker, men kan potentielt også være relevant for selskaber, der er ejet af det offentlige eller af varmekunderne.

Eltariffer bør indrettes kostægte

Eltariffer er med til at skævvride konkurrencen mellem biomasse og varmepumper. Det skyldes, at eltarifferne ikke er kostægte og på den måde fungerer som en ekstra afgift på varmepumper, som biomasse ikke skal betale.

Problemet med strukturen for eltariffer er, at betalingerne ikke svarer til de marginale omkostninger, som netselskaberne har. Netselskabernes omkostninger til

Kostægte

En betaling for en ydelse eller vare er kostægte, hvis den svarer til de ekstra omkostninger, ydelsen eller varen forårsager.

netudbygning er i høj grad bundet op på, hvor stort det maksimale elforbrug er, og kun i lille omfang bundet op på transport af den enkelte kWh. I stedet for primært at betale for elforbruget i timer, hvor elforbruget er højt, og nettet derfor er tæt på fuldt udnyttet, betaler forbrugerne omtrent den samme pris pr. kWh uanset, om elnettet er tæt på fuld kapacitet eller ej.

Maksimale elforbrug

Elledningerne dimensioneres efter det tidspunkt, hvor der skal transporteres mest strøm. Det er dette forbrug, der afgør, hvilken størrelse ledninger, der skal bruges.

I stedet bør man betale for den belastning, man påfører nettet, når nettets kapacitet udnyttes mest. Det er de såkaldte spidsbelastninger. Dermed skal elforbrugerne ikke betale så høje variable tariffer for transport af kWh, men i stedet skal de betale for elforbruget i spidsbelastningen, da det er dette forbrug, der kan nødvendiggøre en udbygning af nettet. Hvis elforbruget fx stiger uden for spidsbelastningen på grund af en ny eldreven varmepumpe, kan elnettet håndtere transport af el stort set uden meromkostning. Men hvis varmepumpen øger elforbruget i spidsbelastningen, kan netselskabet blive nødt til at udvide kapaciteten i elnettet. På samme måde kan også elproducenter belaste nettet. Fx kan opførelsen af vindmøllepark nødvendiggøre, at nettet forstærkes for at kunne håndtere den strøm, der skal transporteres fra vindmøllerne til forbrugerne.³⁶

For at give de rigtige incitamenter bør tarifferne indrettes, så elkunderne betaler for de marginale omkostninger, de påfører nettet, såkaldte kostægte tariffer. Det kræver en moderne, fjernaflæst elmåler at indføre tariffer, der er forskellig afhængig af tidspunktet. Disse indføres gradvist i alle husholdninger frem mod 2020.³⁷ Kostægte tariffer vil betyde, at især varmepumper i fjernvarmen kan komme til at betale mindre i eltarif, da disse varmepumper kan designes til at kunne afbrydes, hvis presset på nettet er stort. En omlægning af tarifstrukturen vil derfor gøre den grønne omstilling i varmeforsyningen billigere.

6.5 Konklusioner og anbefalinger

Dette kapitel har undersøgt biomassens rammevilkår i fjernvarmen, i den individuelle opvarmning og i elproduktionen. Hensigtsmæssige rammevilkår er afgørende for at undgå et overforbrug af biomasse i fremtidens danske energisystem. Kapitlet konkluderer følgende:

- Biomassens konkurrencesituation i forhold til alternative energikilder er i høj grad bestemt af afgifter, tilskud og især i fjernvarmen af anden regulering som kraftvarmekrav, nettofordelsmodel og tariffer.
- Den nuværende regulering sonderer ikke mellem forskellige typer biomasse. Med udgangspunkt i bæredygtighedskriterier på klimaområdet er det muligt at skelne biomasse, der er tilnærmelsesvis CO₂-neutral, fra klimabelastende biomasse. De to typer biomasse kan med denne sondering reguleres forskelligt.
- Det nuværende afgifts- og tilskudssystem sikrer ikke en omkostningseffektiv reduktion af CO₂-udledningerne, og særligt biomasse favoriseres ud over, hvad der kan begrundes samfundsøkonomisk.
- I dag betaler biomasse hverken energi- eller CO₂-afgift, men afgift på ikke-klimabæredygtig biomasse kan begrundes med, at den type biomasse rent faktisk belaster klimaet. En afgift på alt energiforbrug hos husholdninger og virksomheder – og dermed også på klimabæredygtig biomasse – kan begrundes som et middel til at fremme energieffektivisering.
- Biomasse favoriseres i de centrale fjernvarmeområder af kraftvarmekrav og af den såkaldte nettofordelsmodel. I de decentrale områder giver brændselsbindingerne omvendt biomasse en ulempe, hvis der ikke kan opnås dispensation. Deregulering vil kunne skabe mere lige konkurrencevilkår for de grønne varmeteknologier.

Klimarådets analyse har vist, at rammevilkårene er afgørende for, hvor stor en rolle biomasse kommer til at spille i fremtidens energisystem. Biomasse er det rigtige valg, når det er den samfundsøkonomisk billigste løsning, og når biomasse ikke belaster det globale klima. Rammevilkårene bør sikre dette. På den baggrund anbefaler Klimarådet følgende:

- Med udgangspunkt i forslaget fra Klimarådets analyse *Fremtidens grønne afgifter på energiområdet* bør der gennemføres en reform af afgifts- og tilskudssystemet på energiområdet, hvor biomasse ikke gives særlige undtagelser. Afgifter og tilskud bør udformes primært med henblik på at reducere CO₂-udledningen.
- Biomasse bør reguleres med udgangspunkt i bæredygtighedskriterier. Biomasse, der dokumenteret lever op til de krav i kriterierne, der vedrører klima, bør reguleringsmæssigt regnes som CO₂-neutral. Biomasse, der ikke lever op til kravene, bør regnes som et fossilt brændsel, der pålægges CO₂-afgift ud fra et administrativt fastsat CO₂-indhold og ikke kan modtage tilskud.
- I forlængelse af afgiftsreformen, der blandt andet eliminerer biomassens afgiftsfavorisering, bør reguleringen af fjernvarmeforsyningen ændres, så de vedvarende energiteknologier får lige indbyrdes konkurrenceforhold. Det omfatter:
 - Udfasning af kraftvarmekravet.
 - Udfasning af brændselsbindingerne.
 - Opblødning af hvile-i-sig-selv-princippet, så varmeproducenterne kan få gevinst af at investere i varmepumper, ligesom det i dag er muligt ved konvertering til biomasse via nettofordelsmodellen.
 - Justering af eltarifferne, så de i højere grad svarer til strukturen i de omkostninger, som netselskaberne har, og dermed ikke udgør en barriere for varmepumper.

Noter

2 Skovenes betydning for klimaet

2.1 Skovenes optag af CO₂ fra atmosfæren

- 1 Se side 471 i Ciais et al., *Carbon and other biogeochemical cycles*, kapitel 6 i IPCC, AR5 WG1, 2013.
- 2 Mackey et al., *Untangling the confusion around land carbon science and climate change mitigation policy*, Nature Climate Change, 2013.
- 3 Mackey et al., *Untangling the confusion around land carbon science and climate change mitigation policy*, Nature Climate Change, 2013.
- 4 LeQuéré et al., *Global Carbon Budget 2016*, Earth System Science Data.
- 5 Grassi et al., *The key role of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation*, Nature Climate Change, 2017.
- 6 Houghton et al., *Global and regional fluxes of carbon from land use and land cover change 1850-2015*, Global Biogeochemical Cycles, 2017.
- 7 Federici et al., *GHG fluxes from forests*, 2017.
- 8 Ciais et al., *Carbon and other biogeochemical cycles*, kapitel 6 i IPCC, AR5 WG1, 2013, LeQuéré et al., *Global Carbon Budget 2016*, Earth System Science Data og Houghton et al., *Global and regional fluxes of carbon from land use and land cover change 1850-2015*, Global Biogeochemical Cycles, 2017.
- 9 Houghton et al., *Global and regional fluxes of carbon from land use and land cover change 1850-2015*, Global Biogeochemical Cycles, 2017.
- 10 www.transportenvironment.org/what-we-do/what-science-says-0.
- 11 FAO's skovstatistik dokumenterer dette (www.fao.org/forestry/country/18316/en/chn/).
- 12 Forest Europe, *State of Europe's forests 2015*.
- 13 Københavns Universitet, *Skove og plantager 2016*.
- 14 www.mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2018/feb/danmark-skal-have-et-nyt-nationalt-skovprogram/.
- 15 IPCC, *Climate Change 2014 Synthesis Report*.
- 16 www.un.dk/da/om-fn/verdensmaalene.
- 17 IPCC, *Climate Change 2014 Synthesis Report*.
- 18 EASAC – the European Academies' Science Advisory Council, *Negative emission technologies: What role in meeting Paris Agreement targets?*, 2018.
- 19 Dette fremgår af et bilag til IPPC's 5. hovedrapport: IPCC, AR5, Annex II: *Climate System Scenario Tables*, tabel AII.3.1.a.
- 20 FAO, *Forestry for a low carbon future*, 2016.
- 21 Scenariet beskrives fx i Van Vuuren et al., *The representative concentration pathways: an overview*, Climatic Change, 2011.
- 22 Ciais et al., *Carbon and other biogeochemical cycles*, kapitel 6 i IPCC, AR5 WG1, 2013 og IPCC, AR5, Annex II: *Climate System Scenario Tables*, tabel AII.2.1.a.
- 23 Dette fremgår af et bilag til IPPC's 5. hovedrapport: IPCC, AR5, Annex II: *Climate System Scenario Tables*, tabel AII.3.1.a.
- 24 Ciais et al., *Carbon and other biogeochemical cycles*, kapitel 6 i IPCC AR5 WG1, 2013.

- 25 Anderson et al., *The trouble with negative emissions*, Science, 2016 og EASAC, *Negative emission technologies: What role in meeting Paris Agreement targets?*, 2018.
- 26 Mackey et al., *Untangling the confusion around land carbon science and climate change mitigation policy*, Nature Climate Change, 2013 og Canadell et al., *Global potential of biospheric carbon management for climate mitigation*, Nature communications, 2014.
- 27 IPCC, *Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change*, kapitel 6.

2.2 Biomasse som begrænset ressource

- 28 Renewable Energy Policy for the 21st century, *Renewables 2017 Global Status Report*.
- 29 IPCC, *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*, kapitel 2, 2012.
- 30 Renewable Energy Policy for the 21st century, *Renewables 2017 Global Status Report*.
- 31 IEA, *World Energy Outlook 2017*.
- 32 Rose et al., *Bioenergy in energy transformation and climate management*, Climatic Change, 2014.
- 33 Slade et al., *Global bioenergy resources*, Nature Climate Change, 2014.
- 34 PriceWaterhouseCoopers for EU-Kommissionen, *Sustainable and optimal use of biomass for energy in the EU beyond 2020*, 2017.
- 35 FAO, *Forestry for a low carbon future*, 2016.
- 36 Stockholm Environment Institute, *Cascading of woody biomass: The tricky path from principle to policy to practice*, 2017.
- 37 Slade et al., *Global bioenergy resources*, Nature Climate Change, 2014 og Creuzig et al., *Bioenergy and climate change mitigation: an assessment*, Bioenergy, 2015.
- 38 Slade et al., *Global bioenergy resources*, Nature Climate Change, 2014.
- 39 Slade et al., *Global bioenergy resources*, Nature Climate Change, 2014.
- 40 IEA, *World Energy Outlook 2016*, side 345.
- 41 IEA, *Technology Roadmap Delivering Sustainable Bioenergy*, 2017; IEA, *Energy Technology Perspectives 2017*; IEA, *World Energy Outlook 2017*; IEA, *20 years of carbon capture and storage*, 2016 og IEA, *Energy and climate change*, 2015.

2.3 CO₂-aftryk fra afbrænding af biomasse til energiformål

- 42 Hosonuma et al., *An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries*, Environmental Research Letters, 2012 og Geist og Lambin, *Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation*, Bioscience, 2002.
- 43 Ter-Mikaelian, Colombo og Chen, *The Burning Question: Does Forest Bioenergy Reduce Carbon Emissions? A Review of Common Misconceptions about Forest Carbon Accounting*, Journal of Forestry, 2015.
- 44 Matthews et al., *Review of literature on biogenic carbon and life cycle assessment of forest bioenergy*, Forest Research, 2014.
- 45 Joint Research Center, *Carbon accounting of forest bioenergy*, 2014.
- 46 Dansk Energi og Dansk Fjernvarme, *Brancheaftale om sikring af bæredygtig biomasse*, 2014.
- 47 Bentsen, *Carbon debt and payback time – Lost in the forest?*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017.
- 48 Guintoli et al., *Climate change impacts of power generation from residual biomass*, Biomass and Bioenergy, 2016.
- 49 Cowie, Berndes og Smith, *On the Timing of Greenhouse Gas Mitigation Benefits of Forest-Based Bioenergy*, IEA Bioenergy, 2013.
- 50 Richardson, Steffen og Levermann, *Climate Change: Global Risks, Challenges and Decisions*, kapitel 7, 2011.

3 Inddragelse af skovene i klimamålene

3.1 Opgørelse af ændringer i skovenes kulstofpuljer

- 1 Ciais et. al., *Carbon and other biogeochemical cycles*, kapitel 6 i IPCC AR5 WG1, 2013.
- 2 Federici et al., *GHG fluxes from forests*, 2017 og Federici et al., *Case studies analyzing national greenhouse gas inventories of forest fluxes and independent estimates in the world's top eight forest countries*, 2017.
- 3 Grassi et al., *The key role of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation*, Nature Climate Change, 2017.
- 4 Federici et al., *GHG fluxes from forests*, 2017 og Federici et al., *Case studies analyzing national greenhouse gas inventories of forest fluxes and independent estimates in the world's top eight forest countries*, 2017.
- 5 Houghton et al., *Global and regional fluxes of carbon from land use and land cover change 1850–2015*, Global Biogeochemical Cycles, 2017.
- 6 Federici et al., *Case studies analyzing national greenhouse gas inventories of forest fluxes and independent estimates in the world's top eight forest countries*, 2017.
- 7 Københavns Universitet, *Identifying potential uncertainties associated with forecasting and monitoring carbon sequestration in forests and harvested wood products*, 2017.

3.2 Inddragelse af LULUCF i landenes klimamål

- 8 UNFCCC Sekretariat, *Aggregate effect of the intended nationally determined contributions: an update – Technical Annex*, 2016.

3.3 Principper for inddragelsen af LULUCF i EU's klimamål

- 9 www.ec.europa.eu/clima/policies/effort/proposal_en.
- 10 www.ec.europa.eu/clima/policies/effort/proposal_en.
- 11 European Environment Agency, *GHG Data Viewer*.
- 12 *Submission by Hungary and the European Commission on behalf of the European Union and its Member States on forest management reference levels to UNFCCC*, 2011.
- 13 European Commission, *Impact assessment*, SWD 2016 249 final.
- 14 Buchholz et al., *Uncertainty in projecting GHG emissions from bioenergy*, Nature Climate Change, 2014.
- 15 www.euractiv.com/section/climate-environment/news/parliament-backs-net-zero-carbon-emissions-by-2050/.
- 16 www.consilium.europa.eu/media/33457/22-euco-final-conclusions-en.pdf.

3.4 Ofte medregnes CO₂-udledning fra bioenergi ikke i klimamålene

- 17 Grassi et al., *The key role of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation*, Nature Climate Change, 2017 og www.climateactiontracker.org.
- 18 EA Energianalyse, *Det danske træpillemarked 2016*, 2017.

4 Bæredygtighedskriterier for biomasse

4.1 Nuværende bæredygtighedskriterier for fast biomasse

- 1 Europa-Parlamentets og Rådets direktiv om fremme af vedvarende energikilder 2009/28/EF.
- 2 Energistyrelsen, *Analyse af bioenergi i Danmark*, 2014.
- 3 The World Commission on Environment and Development, *Our Common Future*, 1987.
- 4 FN's 17 bæredygtighedsmål: www.un.org/sustainabledevelopment/.
- 5 Mai-Moulin et al., *Toward a harmonization of national sustainability requirements and criteria for solid biomass*, 2017.
- 6 OFGEM, *Renewables Obligation – Sustainability Criteria*, 2016: www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/ro/applicants/biomass-sustainability.
- 7 Netherlands Enterprise Agency, *Verification Protocol for Sustainable Solid Biomass for Energy Applications*, 2017.

4.2 Kommende bæredygtighedskriterier på EU-niveau

- 8 EU-Kommissionen, forslag til nyt VE-direktiv for perioden efter 2020, 2016 - COM(2016) 767.

4.3 Bedre inddragelse af klimaeffekterne ved biomasse

- 9 Energistyrelsen, *Analyse af bioenergi i Danmark*, 2014.
- 10 EU-Kommissionen, *Impact Assessment - Sustainability of Bioenergy*, 2016 - SWD(2016) 418.
- 11 Matthews et al., *Review of literature on biogenic carbon and life cycle assessment of forest bioenergy*, Forest Research 2014.
- 12 Matthews et al., *Carbon impacts of biomass consumed in the EU*, Forest Research, 2015.
- 13 Lamers og Junginger: *The 'debt' is in the detail: A synthesis of recent temporal forest carbon analyses on woody biomass for energy*, 2013.
- 14 Sustainable Biomass Program: www.sbp-cert.org/.
- 15 Allen et al., *Ensuring the sustainability of bioenergy and minimising the risk of carbon debt*, Institute for European Environmental Policy, 2016.

5 Biomasse i det danske energisystem

5.1 Biomasseforbrug og -anvendelser i dag

- 1 Eurostat, *Supply, transformation and consumption of renewable energies - annual data*, 2018.
- 2 Forenede Nationer, *World Population Prospects: The 2017 Revision*, 2017. Det anvendte estimat er "Medium-Variant Projection".
- 3 REN21, *Renewables 2017 Global Status Report*, 2017.
- 4 Energistyrelsen, *Basisfremskrivning 2018*, 2018.
- 5 Slade et al., *Global bioenergy resources*, Nature Climate Change, 2014.
- 6 Ea Energianalyse, *Det danske træpillemarked 2016*, 2017.
- 7 Energistyrelsen, *Biomassepotentialer i Danmark, EU og globalt*, 2015.
- 8 HOFOR, *Om Amagerværket* (www.hofor.dk/baeredygtige-byer/amagerværket/om-amagerværket/).
- 9 Miljøstyrelsen, *Miljøgodkendelse og tilladelse til direkte udledning af spildevand for: HOFOR Energiproduktion A/S – Amagerværket*, 2016 og Miljøstyrelsen, *VVM redegørelse for etablering af biomassefyrede kedler på Skærbækværket*, 2014.
- 10 Miljøstyrelsen, *Sammenfattede redegørelse af VVM for etablering af et biomassefyret anlæg på Amagerværket, AMV4*, 2016; HedeDanmark, *HedeDanmark indgår strategisk aftale om flis-leverancer fra Norge*, 2017 (www.hededanmark.dk/Nyheder-og-presse.8294/HedeDanmark-indg%C3%A5r-strategisk-aftale-om-flis-leverancer-fra-Norge.791.aspx) og TVIS, *Bæredygtig biomasse* (www.tvis.net/biomasse/b%C3%A6redygtig-biomasse).
- 11 Eurostat, *Share of forest area*, 2018.
- 12 Energistyrelsen, *Energistatistik 2016*, 2017.

- 13 Energinet, *Analyseforudsætninger 2017*, 2017.
- 14 Energinet, *Definition af anlægsstatus for termiske kraftværker tilsluttet transmissionsnettet*, 2015.
- 15 Regeringen, *Regeringen vil sende kullene på pension i 2030*, 2017. (www.regeringen.dk/nyheder/regeringen-vil-sende-kullene-paa-pension-i-2030/).
- 16 Ørsted, *DONG Energy to stop all use of coal by 2023*, 2017. (www.orsted.com/en/Media/Newsroom/News/2017/02/DONG-Energy-to-stop-all-use-of-coal-by-2023).
- 17 Berlingske Business, *Danmark bliver kulfrit i 2030*, 2017 (www.business.dk/energi/danmark-bliver-kulfrit-i-2030).
- 18 Ørsted, *Milliardombygning i Kalundborg sættes i gang*, 2017 (www.orsted.com/da/Media/Newsroom/News/2017/10/Huge-conversion-project-in-Kalundborg-initiated).
- 19 Energistyrelsen, *Technology Data for Energy Plants – August 2016*, 2017.
- 20 Ea Energianalyse, *Brændeforbrug i Danmark 2015*, 2016.
- 21 Danmarks Statistik, *BOL102*, 2017.
- 22 Energi- og olieforum, *Energistatistik 2017*, 2017.

5.2 Forventninger til fremtidigt biomasseforbrug

- 23 Energistyrelsen, *Energiscenarier frem mod 2020, 2035 og 2050*, 2014.
- 24 Ingeniørforeningen IDA og Aalborg Universitet, *IDA's Energy Vision 2050: A Smart Energy System strategy for 100% renewable Denmark*, 2015.
- 25 Klimakommissionen, *Grøn energi – vejen mod et dansk energisystem uden fossile brændsler*, 2010.
- 26 Energinet, *Baggrundsrapport Systemperspektiv 2035*, 2018.
- 27 Plastindustrien, *Hvordan laver man plast? Fremstilling af plastik er en kompliceret proces*. (www.plast.dk/hvordan-laver-man-plast/).

6 Rammevilkår for biomasse

6.1 Biomasse i det nuværende afgifts- og tilskudssystem

- 1 Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, *Ny aftale med klare grønne aftryk*, 2018.
- 2 PriceWaterhouseCoopers, *Overblik over afgiftssatser I 2017 og 2018 – oversigt er ikke udtømmende*, 2017.
- 3 Sekretariatet for afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet, *Afgift- og tilskudsanalysen på energiområdet – Delanalyse 1: Udviklingen i afgifts- og tilskudsgrundlag*, 2016.
- 4 Sekretariatet for afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet, *Afgift- og tilskudsanalysen på energiområdet – Delanalyse 1: Udviklingen i afgifts- og tilskudsgrundlag*, 2016.
- 5 Klimarådet, *Det oppustede CO₂-kvotesystem - Konsekvenser for dansk klimapolitik af kvotesystemet og overskuddet af kvoter*, 2016.
- 6 Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, *Lov om fremme af vedvarende energi*, 2016.
- 7 Grøn Energi, *Varmepreistigninger for standardhuse når grundbeløbet udfases*, 2017 og Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, *Bedre ramme for investeringer i fjernvarmesektoren*, 2016.

6.2 Et forbedret afgifts- og tilskudssystem

- 8 Energikommissionen, *Energikommissionens anbefalinger til fremtidens energipolitik*, 2017.
- 9 Klimarådet, *Fremtidens grønne afgifter på energiområdet*, 2018.
- 10 Klimarådet, *Fremtidens vedvarende energi*, 2017.
- 11 Sekretariatet for afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet, *Afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet: Delanalyse 4 – Afgifts- og tilskudssystemets virkninger på indpasning af grøn energi*, 2017.
- 12 Guivarch og Rogelj, *Carbon price variations in 2°C scenarios explored*, 2017.
- 13 Se Klimarådet, *Omstilling frem mod 2030 – Byggeklodser til et samfund med lavere drivhusgasudledninger*, 2017 og Klimarådet, *Fremtidens vedvarende energi*, 2017.
- 14 Energistyrelsen, *Energiproducenttællingen*, 2017.
- 15 Energistyrelsen, *Energiproducenttællingen*, 2017.
- 16 Ea Energianalyse, *Brændeforbrug i Danmark 2015, 2016*; Energistyrelsen, *Energistatistik 2016, 2017* og Ea Energianalyse, *Brændeforbrug i Danmark 2015, 2016*.
- 17 Skatteministeriet, *Beskrivelse af model for forsyningssikkerhedsafgiften*, Notat J. nr. 13-0076486, 2013.
- 18 Det Miljøøkonomiske Råd, *Økonomi og Miljø 2016, 2016*; Det Økologiske Råd, *Forurening fra Brændefyring*, 2016; Sekretariatet for afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet, *Afgift- og tilskudsanalysen på energiområdet – Delanalyse 3 Omfanget af ikke-regulerede eksternaliteter ved energiforbrug*, 2016 og Sekretariatet for afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet, *Afgift- og tilskudsanalysen på energiområdet – Delanalyse 4: Afgifts- og tilskudssystemets virkninger på indpasning af grøn energi*, 2017.
- 19 Se fx Klimarådet, *Afgifter der forandrer*, 2016 eller De Økonomiske Råd, *Økonomi og Miljø 2018*, 2018.

- 20 Se fx Allcott og Greenstone, *Is There an Energy Efficiency Gap?*, Journal of Economic Perspectives, 2012 og Gillingham og Palmer, *Bridging the Energy Efficiency Gap: Policy Insights from Economic Theory and Empirical Evidence*, Review of Environmental Economics and Policy, 2014.
- 21 Klimarådet, *Afgifter der forandrer*, 2016 og De Økonomiske Råd, *Økonomi og Miljø 2017*, 2017.
- 22 Klimarådet, *Fremtidens vedvarende energi*, 2017.

6.3 Nuværende regler for biomasse i varmeforsyningen

- 23 Energistyrelsen, *Moderniseret regulering i fjernvarmesektoren*, 2015 og Deloitte, Konveks, Ea Energianalyse, *Konkurrenceanalyse af fjernvarmesektoren*, 2017.
- 24 Deloitte, Konveks, Ea Energianalyse, *Konkurrenceanalyse af fjernvarmesektoren*, 2017.
- 25 Deloitte, Konveks, Ea Energianalyse, *Konkurrenceanalyse af fjernvarmesektoren*, 2017.
- 26 Se fx Dansk Energi, *Elforsyningsens nettariffer & priser - Pr. 1. januar 2017*, 2017, eller Sekretariatet for afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet, *Afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet: Delanalyse 4 – Afgifts- og tilskudssystemets virkninger på indpasning af grøn energi*, 2017.
- 27 Dansk Energi, *Elforsyningsens nettariffer & priser - Pr. 1. januar 2017*, 2017.
- 28 Regeringen, *Forsyning for fremtiden - En forsyningssektor for borgere og virksomheder*, 2016.
- 29 McKinsey & Co. og Struensee & Co., *Forsyningssektorens effektiviseringspotentiale*, 2016.
- 30 Energistyrelsen, *Moderniseret regulering i fjernvarmesektoren*, 2015.
- 31 Deloitte, Konveks, Ea Energianalyse, *Konkurrenceanalyse af fjernvarmesektoren*, 2017.

6.4 Forbedret regulering af varmeforsyningen

- 32 Klimarådet, *Afgifter der forandrer*, 2016 og Dansk Energi, *Lad energisektoren løfte Danmarks klimaindsats – Analyse nr. 28*, 2017.
- 33 Se Energinet, *Introduktion til systemydelse*, 2017.
- 34 Grøn Energi, *Investeringer uden for kvotesektoren*, 2017.
- 35 Grøn Energi, *Investeringer uden for kvotesektoren*, 2017.
- 36 Sekretariatet for afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet, *Afgift- og tilskudsanalysen på energiområdet – Delanalyse 4: Afgifts- og tilskudssystemets virkninger på indpasning af grøn energi*, 2017.
- 37 Dansk Energi, *5 skarpe om fleksafregning*, 2017 (www.danskenergi.dk/nyheder/5-skarpe-om-fleksafregning).

