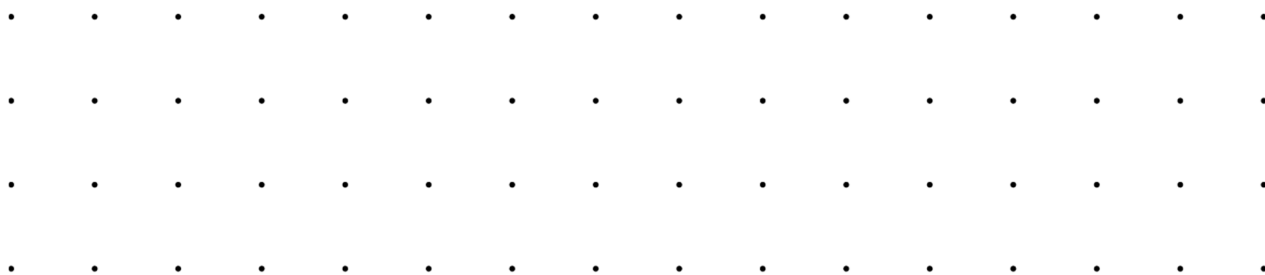


# Danmarks klimamål

Vurdering af Danmarks nuværende og kommende klimamål i et globalt klimaperspektiv

Analyse



# Indholdsfortegnelse

1	Indledning og formål.....	3
2	Det globale temperaturmål .....	7
3	Konsekvenserne ved højere temperaturer .....	11
4	Metode til at vurdere danske klimamål .....	16
5	Vurdering af Danmarks nuværende klimamål .....	24
6	Klimamålet i 2035 og revidering af nuværende mål.....	46
	Referencer .....	57

### Hvem er Klimarådet?

Klimarådet er et uafhængigt ekspertorgan, der rådgiver regeringen om, hvordan omstillingen til et klimaneutralt samfund kan ske, så vi i fremtiden kan leve i et Danmark med meget lave udledninger af drivhusgasser og samtidig fastholde bl.a. velfærd og udvikling. Klimarådet skal årligt vurdere, om regeringens klimainsats anskueliggør, at de danske klimamål nås. Rådet skal desuden bidrage til den offentlige debat og udarbejder også løbende analyser og anbefalinger til klimainsatsen.



## Resumé

### **Klimarådet har en officiel rolle som rådgiver om klimamål**

Klimarådet skal ifølge klimaloven bistå regeringen og Folketinget med at fastsætte de danske klimamål. Efter det nyligt overståede folketingsvalg skal en ny regering forholde sig til det gældende 2030-mål, og senest i 2025 skal Danmark sætte et mål for 2035. Denne analyse er Klimarådets første bidrag til denne proces.

Klimarådet undersøger i denne analyse, om Danmarks nuværende og potentielt kommende klimamål kan siges at være i overensstemmelse med Parisaftalens temperaturmål. Klimarådet fremlægger i denne analyse ikke en egentlig indstilling til, hvad de danske mål konkret bør sættes til. I stedet præsenterer rådet en analytisk ramme, som kan informere beslutningsprocessen.

Klimarådet vil i en senere analyse se nærmere på konsekvenserne ved at skulle nå forskellige klimamål, herunder både de økonomiske aspekter og påvirkningen af øvrige gældende principper i klimaloven.

### **Nuværende danske klimamål lever kun op til Parisaftalen på visse præmisser**

Parisaftalen sætter som mål, at den globale opvarmning skal holdes et ”stykke under 2 grader med sigte på 1,5 grader.” Det er ikke muligt entydigt at konkludere, om Danmarks klimamål er i overensstemmelse med dette globale mål. Konklusionen beror på tre præmisser: Hvordan skal Parisaftalens mål fortolkes? Hvor sikker vil man være på at nå målet? Og hvad bør Danmarks rimelige bidrag til at nå målet være?

Det er centralt, hvordan Parisaftalen fortolkes. Hvis temperaturen ikke på noget tidspunkt må overstige 1,5 grader, kan Danmarks klimamål ikke siges at være i overensstemmelse med Parisaftalen, uanset hvilke andre præmisser der lægges til grund. Men hvis det tillades, at opvarmningen midlertidigt må overstige 1,5 grader, mod at den falder til under 1,5 grader inden 2100, kommer de danske mål inden for skiven. Det kræver dog, at vi accepterer, at risikoen for, at verden ikke overholder målet, er 50 pct. Samtidig bygger konklusionen på et princip om, at verdens lande må udlede den samme mængde drivhusgasser pr. indbygger.

Parisaftalen pålægger de rige lande at tage det største ansvar i klimakampen. Man kan argumentere for, at rige lande som Danmark bør gøre mere, end hvad et princip om samme udledninger pr. indbygger tilsiger. Afhængigt af hvor stort et yderligere ansvar Danmark bør påtage sig, bliver konklusionen hurtigt, at de nuværende danske klimamål ikke er i overensstemmelse med nogen fortolkning af Parisaftalens temperaturmål.

Stemmer Danmarks nationale klimamål overens med Parisaftalens temperaturmål?

		Grad af sikkerhed for at opfylde målet	Globalt temperaturmål		
			1,5 grader	1,5 grader med overshoot	Et stykke under 2 grader
Etisk princip for Danmarks ansvar	Samme udledninger pr. indbygger	50 pct.	Nej	Ja	Ja
		67 pct.	Nej	Nej*	Nej*
	Udledninger fordeles på lande ud fra "fair share"	50 pct.	Nej	Nej	Nej
		67 pct.	Nej	Nej	Nej

Anm. 1: 1,5 grader er defineret som maksimal temperaturstigning på 1,5 grader i alle år frem til 2100. 1,5 grader med overshoot er defineret som maksimal temperaturstigning på 1,5 grader i 2100, men tilladt overshoot op til 1,8 grader i årene inden. Et stykke under 2 grader er defineret som maksimal temperaturstigning på 1,8 grader i alle år frem til 2100.

Anm. 2: Nej\* indikerer, at overskridelsen er beskeden i forhold til de grænser, der er defineret i anmærkning 1.

Anm. 3: Fair share baseres i tabellen på et studie af Rajamani mfl. (2021). Med udgangspunkt i litteraturen på området estimerer studiet alle landes rimelige andel af verdens udledninger ud fra forhold som velstand og historiske udledninger. Danmarks andel er så lille, at vores nuværende klimamål er langt fra Parisaftalens temperaturmål.

Kilde: Klimarådet

## Danmark kan øge sit bidrag til Parisaftalen med højere mål og fokus på metan

Danmark har mulighed for at øge sit bidrag til Parisaftalen ved at sætte højere mål og nye mål. Det gældende 2030-mål kan hæves til fx 75 eller 80 pct. reduktion i forhold til 1990, der kan sættes et nyt, ambitiøst 2035-mål, og året for klimaneutralitet kan fremrykkes fra senest 2050 til fx 2045 eller 2040. Bidraget kan også øges ved at målrette reduktionsindsatsen mod metan frem for CO<sub>2</sub>, hvilket især kan ske ved en indsats i det animalske landbrug. Hvis disse mest ambitiøse mål kombineres, vil en maksimal temperaturstigning på 1,5 grader blive mere realistisk, når de danske klimamål oversættes til globalt niveau baseret på Danmarks andel af verdens befolkning.

Højere mål er nyttige til at sikre fremdrift i klimaindsatsen. Men højere mål skal følges op af konkret handling, før det gavner klimaet. Yderligere har dansk klimapolitik et globalt spor, og vi har gode muligheder for at hjælpe klimaet ved at understøtte klimaindsatsen i andre lande og ved at reducere vores import af varer, der produceres med stor klimabelastning.

*Hovedkonklusionerne i denne analyse er opsummeret i "Danmarks klimamål. Vurdering af Danmarks nuværende og kommende klimamål i et globalt klimaperspektiv - hovedkonklusioner", som kan findes på Klimarådets hjemmeside.*

## 1 Indledning

Klimaet bliver stadig varmere. Den globale gennemsnitstemperatur er allerede steget cirka 1,1 grader siden industrialiseringen. Og World Meteorological Organization (WMO) konkluderer, at der er cirka 50 pct. risiko for, at den globale temperaturstigning overstiger 1,5 grader i ét af de kommende fem år.<sup>1</sup>

Verdens lande har efterhånden arbejdet for at begrænse klimaforandringerne i en årrække. I 1992 oprettede man FN's klimakonvention med et mål om at stabilisere drivhusgaskoncentrationen i atmosfæren på et niveau, som vil forhindre farlig menneskeskabt påvirkning af klimasystemet. Målet blev med Parisaftalen fra 2015 konkretiseret til, at temperaturstigningen skal holdes "et stykke under 2 grader med sigte på 1,5 grader".

### **Det bliver svært at holde opvarmningen under 1,5 grader**

Kampen mod klimaforandringer er som helhed ikke på rette vej. FN's Miljøprogram (UNEP) har i sin årlige rapport vist, at opvarmningen vil nå 2,6-2,8 grader i 2100 med verdens nuværende politik og 2,2-2,6 grader, hvis landene opfylder de planer, de har indmeldt til Parisaftalen. Kun hvis alle landenes langsigtede løfter om klimaneutralitet indfries, og vel at mærke på en måde hvor indsatsen ikke udskydes til sidste øjeblik, vil temperaturstigningen i UNEP's klimamodel falde til under 2 grader i 2100.<sup>2</sup> Det er dog vigtigt at huske, at fremskrivninger af fremtidens temperaturudvikling er behæftet med væsentlig usikkerhed.

Det ser altså efterhånden ganske svært ud, hvis den globale opvarmning skal holdes under 1,5 grader, og der er risiko for, at vi overskrider grænsen for, hvornår klimaforandringerne bliver selvforstærkende. Vi ved ikke præcist, hvor denne grænse går, og det taler for, at verden udviser forsigtighed og gør mest muligt for at begrænse opvarmningen.

### **Klimarådet har en officiel rolle som rådgiver om klimamål**

Klimamål er et afgørende redskab, der kan hjælpe verdens lande med at sætte retning for kampen mod klimaforandringerne. I Danmark fastsættes klimamålene i den danske klimalov. Der findes på nuværende tidspunkt mål for 2025 (50-54 pct. i forhold til 1990), 2030 (70 pct.) og 2050 (100 pct.), og derudover skal der fastsættes mål for hvert femte år i perioden fra 2030 frem til 2050. Spørgsmålet er, om disse mål kan siges at være i overensstemmelse med Parisaftalens temperaturmål.

Klimarådet skal ifølge klimaloven bistå regeringen og Folketinget med at fastsætte de danske klimamål. Efter det nyligt overståede folketingsvalg skal en ny regering forholde sig til det gældende 2030-mål, og senest i 2025 skal Danmark sætte et mål for 2035. Denne analyse er Klimarådets første bidrag i denne proces. Derudover blev alle lande ved klimatopmødet, COP27, i Sharm el-Sheikh 2022 enige om, at landene skal genbesøge deres eksisterende mål og om nødvendigt styrke deres 2030-klimamål.

### **Analysen undersøger om danske klimamål er i overensstemmelse med Parisaftalen**

Hovedformålet med denne analyse er at skabe en ramme til at vurdere temperaturpåvirkningen af nuværende og potentielt forhøjede danske klimamål i forhold til temperaturmålet i Parisaftalen. Parisaftalen sætter som mål, at den globale opvarmning skal holdes "et stykke under 2 grader med sigte på 1,5 grader." Analysen viser, at det ikke er muligt entydigt at konkludere, om Danmarks klimamål er i overensstemmelse med dette globale mål. I stedet viser analysen under hvilke præmisser, Danmarks klimamål kan siges at være i overensstemmelse med Parisaftalens temperaturmål.

Et sekundært formål med analysen er at sammenligne temperatureffekten fra Danmarks klimamål med EU og resten af verden for dermed at bidrage til diskussionen om Danmark som foregangsland. Derigennem kan analysen bidrage til den offentlige diskussion af, hvad Danmarks nationale klimamål bør være, og hvordan de kan fortolkes i en global sammenhæng.

### **Klimarådet sætter tal på klimaeffekten af danske klimamål**

Klimarådet vil i denne analyse besvare følgende spørgsmål:

- Hvordan kan de danske klimamål oversættes til en global temperatureffekt?
- Kan de danske mål siges at leve op til Parisaftalen?

## Klimarådet.

- Hvordan klarer de danske klimamål sig i sammenligning med resten af verden?
- Hvordan vil det påvirke temperaturstigningerne, at man reducerer udledningerne af nogle drivhusgasser frem for andre?
- Hvad vil klimaeffekten blive af forskellige reduktionsmål for 2035 eller af en skærpelse af de nuværende mål?

Svar på disse spørgsmål kræver en række forskellige analyseelementer. Først er der behov for en granskning af, hvordan Parisaftalens temperaturmålsætning skal forstås. Aftalens forskellige fortolkningsmuligheder præsenteres i kapitel 2. Dernæst i kapitel 3 er det relevant at se på, hvad forskellige temperaturstigninger fører til af klimaforandringer og konsekvenser. I kapitel 4 beskrives den metode, som analysen benytter til at sammenholde Danmarks klimamål med Parisaftalens temperaturmålsætning. Kapitel 5 oversætter Danmarks nuværende klimamål til en global temperatureffekt og undersøger betydningen af en lang række væsentlige forudsætninger. Kapitlet sammenligner desuden Danmarks mål med EU og resten af verden. Slutteligt i kapitel 6 analyseres effekten af at ændre Danmarks klimamål. Kapitlet diskuterer også, under hvilke præmisser Danmarks nuværende klimamål kan siges at være i overensstemmelse med Parisaftalens temperaturmål.

Spørgsmålet om mål vil altid være politisk og kan ikke sættes på akademisk formel. Men en rådgivende institution som Klimarådet kan belyse, hvilke elementer en beslutning om klimamål bør baseres på, og hvilken rolle de enkelte elementer bør spille i beslutningen. Derfor fremlægger Klimarådet i denne analyse ikke en egentlig indstilling til, hvad de danske mål konkret skal sættes til. I stedet præsenterer rådet en analytisk ramme, som kan informere beslutningsprocessen. Klimarådet vil i en senere analyse se nærmere på konsekvenserne ved at skulle nå forskellige klimamål, herunder både de økonomiske aspekter og påvirkning af øvrige guidende principper i klimaloven.

### **Analysen fokuserer snævert på Danmarks territoriale udledninger**

For nuværende vedrører klimalovens mål kun de udledninger, som finder sted på dansk jord, og det er dem, som er fokus for denne analyse. Danmark påvirker også klimaet på måder, der ikke viser sig i de territoriale udledninger, fx når vi flyver, og når vi importerer varer, der har medført udledninger i andre lande. Dansk klimapolitik har derfor et bredere genstandsfelt, fx når vi forsøger at påvirke udledningerne i andre lande ved at optræde som foregangsland eller ved at reducere vores import af varer med højt klimaaftryk.<sup>3</sup>

Analysen tager klimalovens struktur for givet. Dermed afgrænser analysen sig fra at diskutere, hvordan klimamålene skal udformes. Det gør dog ikke disse metodespørgsmål irrelevante. Man kan fx spørge, om Danmarks mål bør defineres som femårige budgetter efter britisk forbillede? Dette er væsentlige spørgsmål, men ligger uden for analysens formål.

## 2 Det globale temperaturmål

Når verden måler, om kampen for at begrænse de menneskeskabte klimaforandringer går godt eller skidt, kigges der hovedsageligt på stigningen i den globale gennemsnitstemperatur. Verdens lande er blevet enige om Parisaftalen, der indeholder en temperaturmålsætning om, at den globale opvarmning skal holdes et godt stykke under 2 grader med sigte på 1,5 grader. Det er dog ikke entydigt, hvordan dette mål præcist skal fortolkes. Derfor er det relevant at se nærmere på tilblivelsen af målet og at diskutere forskellige fortolkninger. En sådan diskussion er nødvendig for at kunne svare på, om Danmarks klimamål lever op til Parisaftalens temperaturmål.

### 2.1 Tilblivelsen af Parisaftalen

#### **IPCC satte i 1990 fokus på menneskeskabte klimaforandringer**

Op gennem anden halvdel af 1900-tallet blev det for alvor tydeligt, at menneskelige aktiviteter påvirker det globale klimasystem. For at håndtere klimaudfordringen havde verdens beslutningstagere behov for en videnskabelig vurdering af årsagerne bag klimaforandringerne. Derfor blev FN's klimapanel (IPCC) etableret i 1988. IPCC er et videnskabeligt organ, hvis formål er at fremlægge regelmæssige videnskabelige vurderinger af klimaforandringerne. Ved oprettelsen i 1988 fik IPCC til opgave at udarbejde en omfattende gennemgang af forskningen i klimaforandringer, hvilket to år senere udmøntede sig i IPCC's første vurderingsrapport. Vurderingsrapporten konkluderede blandt andet, at:

- Menneskelig indflydelse forårsager klimaforandringer.
- Fortsatte drivhusgasudledninger udgør en trussel for menneskelige og naturlige systemer.
- Drivhusgasreduktioner er nødvendige for at begrænse yderligere opvarmning.
- Klimaforandringerne er en global udfordring, som kræver en koordineret international indsats.<sup>4</sup>

#### **FN's klimakonvention blev etableret få år efter IPCC's første vurderingsrapport**

Konklusionerne fra IPCC's første rapport spillede ind i miljø- og udviklingskonferencen i Rio de Janeiro i 1992. På Rio-konferencen blev det besluttet at oprette FN's klimakonvention (UNFCCC) som er en politisk organisation med det formål at håndtere klimaforandringerne. IPCC er til sammenligning et videnskabeligt organ, hvis rapporter danner det videnskabelige grundlag for de politiske forhandlinger blandt verdens regeringer i regi af FN's klimakonvention. I UNFCCC mødes landene årligt på de såkaldte Conference of Parties-møder (COP) for at drøfte klimaforandringerne, og hvordan verden skal håndtere problemet.

Klimakonventionens overordnede formål er at stabilisere drivhusgaskoncentrationen i atmosfæren på et niveau, som vil forhindre farlig menneskeskabt indblanding i klimasystemet. Ved etableringen af klimakonventionen i 1992 var der ikke en klar og fælles forståelse af, hvad farlig menneskeskabt indblanding betyder i praksis. Dermed var det også uklart, hvordan denne målsætning skulle oversættes til specifikke klimapolitiske mål. Det blev dog slået fast, at koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren bør stabiliseres inden for en tidshorizont, der tillader økosystemer at tilpasse sig naturligt til klimaforandringerne, og som samtidig sikrer, at fødevarereproduktionen ikke trues, og at økonomisk udvikling kan forløbe på en bæredygtig måde.<sup>5</sup>

#### **2-gradersmålet blev formuleret i København**

Klimakonventionens målsætning om at forhindre farlige klimaforandringer er sidenhen blevet operationaliseret i form af et langsigtet globalt temperaturmål. Hermed optræder temperaturstigningen som en indikator for farlige klimaforandringer.

*Copenhagen Accord* fra COP15 i København i 2009 formulerede for første gang 2 grader som et langsigtet temperaturmål. I aftalen blev klimakonventionens parter enige om, at der er behov for markante reduktioner i de globale drivhusgasudledninger, og at de globale drivhusgasudledninger bør reduceres med henblik på at holde den globale temperaturstigning under 2 grader.<sup>6</sup> COP15 betragtes af mange som en skuffelse, men det langsigtede temperaturmål var en væsentlig nyskabelse. Derudover aftalte parterne, at de jævnligt kunne genbesøge det langsigtede temperaturmål. Dette kunne ske med henblik på en styrkelse af temperaturmålet i henhold til udviklingen i den videnskabelige forståelse af klimaforandringerne. Mange af formuleringerne i *Copenhagen*

*Accord* blev på den efterfølgende COP16 i Cancun i 2010 til formelle beslutninger blandt klimakonventionens parter.

## Temperaturmålet skærpedes ved COP21 i Paris

Forud for COP21 i Paris i 2015 fik klimakonventionens parter foretaget en såkaldt 'periodisk gennemgang' af den bedst tilgængelige klimavidenskab. Denne gennemgang skulle blandt andet undersøge, om 2-gradersmålet fra COP15 var tilstrækkeligt i henhold til klimakonventionens overordnede målsætning om at forhindre farlige menneskabte klimaforandringer.<sup>7</sup> Gennemgangen konkluderede, at 2 graders opvarmning ikke kunne betragtes som et sikkert opvarmningsniveau. Det blev konkluderet, at der allerede ved det daværende globale opvarmningsniveau på cirka 0,85 grader blev observeret betydelige klimaforandringer, og at yderligere opvarmning kun ville øge risikoen for alvorlige og irreversible klimapåvirkninger. Budskabet var, at klimakonventionens parter burde gøre en indsats for at sænke temperaturmålet yderligere.

Den periodiske gennemgang og dens budskaber udgjorde et centralt input i forhandlingerne ved COP21 i Paris. Med Parisaftalen blev det tidligere temperaturmål om at holde den globale opvarmning under 2 grader skærpet til, at opvarmningen skal holdes et godt stykke under 2 grader med sigte på 1,5 grader.<sup>8</sup> Parisaftalen og især dets temperaturmål er i dag centrum for international klimapolitik.

## Fokus på 1,5 grader er øget siden Parisaftalen

Parisaftalens parter inviterede i forbindelse med vedtagelsen af Parisaftalen i 2015 IPCC til at udarbejde en særrapport om 1,5 grader. 1,5-gradersrapportens formål var at vurdere, hvilke effekter en global opvarmning på 1,5 grader vil have sammenlignet med en opvarmning på 2 grader i 2100, og samtidig undersøge hvad det vil kræve at begrænse den globale opvarmning til 1,5 grader. 1,5-gradersrapporten udkom i 2018.

1,5-gradersrapporten konkluderede blandt andet, at der vil ske uoprettelig skade, hvis temperaturen overstiger 1,5 graders opvarmning, og at klimapåvirkningerne vil være markant lavere ved 1,5 graders opvarmning end ved 2 grader. Samtidig vurderede rapporten, at det stadig var muligt at begrænse den globale opvarmning til 1,5 grader, men at det krævede handling i et omfang og i en hastighed, som var uden fortilfælde.<sup>9</sup>

Siden udgivelsen af 1,5-gradersrapporten har der været stort fokus på 1,5 grader som det centrale mål for global klimapolitik. Det blev fx eksemplificeret ved COP26 i Glasgow i 2021, hvor klimakonferencens officielle slogan var at 'holde 1,5 grader i live'. Sloganet hentydede til, at målsætningen om at begrænse temperaturstigningen til 1,5 grader kun kan opfyldes, hvis verdens lande får reduceret udledningerne markant på den korte bane. I konferencens aftaletekst anerkender Parisaftalens parter, at klimapåvirkningerne vil være meget lavere ved 1,5 graders opvarmning end ved 2 grader. Parterne lover desuden at fastholde indsatsen for at begrænse temperaturstigningen til 1,5 grader.<sup>10</sup> Flere rapporter har dog tydeliggjort, at verden i praksis er meget langt fra at begrænse temperaturstigningen til 1,5 grader.<sup>11</sup>

## 2.2 Forskellige fortolkninger af Parisaftalens temperaturmål

Parisaftalens temperaturmål sætter de overordnede rammer for den globale reduktionsindsats. Men da målet efterlader et rum for fortolkning, og da aftalen samtidig fastlægger en række principper for ansvarsfordeling, som også er åben for fortolkning, kan det ikke udledes af Parisaftalen, præcis hvor meget de enkelte aftalparter bør reducere deres drivhusgasudledninger. Dette har heller ikke været hensigten med Parisaftalen, og i stedet er det op til de enkelte parter selv at indmelde, hvor meget de vil bidrage til opnåelsen af Parisaftalens mål.

### Parisaftalens temperaturmål kan tolkes på forskellige måder

Formuleringerne i Parisaftalens temperaturmål har givet anledning til forskellige fortolkninger af målet. De forskellige fortolkninger afhænger især af svaret på to spørgsmål:

- **Hvilken temperaturstigning tillader målet?** Temperaturmålet taler om at 'sigte efter 1,5 grader' og at forblive 'et godt stykke under 2-grader'. Nogen opfatter 1,8 graders opvarmning som repræsenterende et godt stykke under 2-grader, men det er åbent for fortolkning.<sup>12</sup> Alt i alt kan temperaturmålet siges at repræsentere et spænd, som åbner for forskellige syn på, hvad temperaturstigningen bør begrænses til.



- **Inden for hvilken tidsperiode skal målet efterleves?** Parisaftalens temperaturmål er ikke ledsaget af tidshorisont eller tidsangivelse. Derved er det uklart, om temperaturmålet skal ses som en grænse, der på intet tidspunkt må overskrides, eller om målet skal ses som det ønskede temperaturudfald i et præcist år, fx 2100. Mange temperaturscenarier har fokus på temperaturudfald i netop 2100. Dette muliggør i teorien et temperaturforløb, hvor en specifik temperaturgrænse midlertidigt kan overskrides, et såkaldt overshoot, for at man så senere i dette århundrede kan sænke temperaturen under denne grænse igen. Fokus på temperaturudfald i lige netop 2100 er dog ikke nævnt i Parisaftalen. Det kan således ikke udledes direkte af Parisaftalen, om overshoot vil være en overtrædelse af aftalens temperaturmål eller ej.

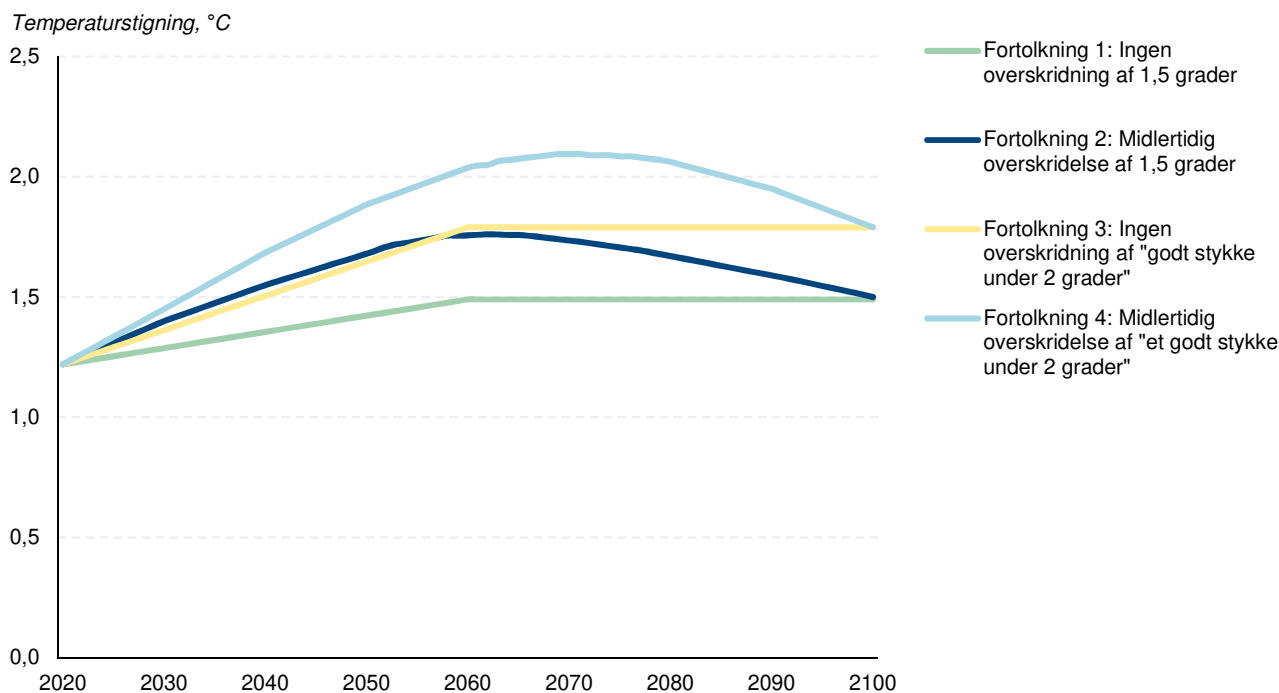
Klimarådet har i litteraturen identificeret forskellige fortolkninger af Parisaftalens temperaturmål. Disse kan organiseres i relation til ovenstående spørgsmål, som det fremgår af tabel 2.1. <sup>13</sup>

Tabel 2.1 Forskellige fortolkninger af Parisaftalens temperaturmål

		Inden for hvilken tidsperiode skal målet efterleves?	
		Ingen overshoot	Overshoot tilladt
Hvilken temperaturstigning tillader målet?	1,5 grader	1,5 graders opvarmning er en grænse, som ikke må overskrides på noget tidspunkt.	1,5 graders opvarmning må godt overskrides, forudsat at overskridelsen er midlertidig og et godt stykke under 2 grader, og at temperaturstigningen efterfølgende sænkes til 1,5 grader.
	Et godt stykke under 2 grader	1,5 graders opvarmning må godt overskrides, også uden at man vender tilbage til 1,5 grader, så længe temperaturstigningen forbliver 'et godt stykke under 2 grader'.	Opvarmningen må godt være højere end 'et godt stykke under 2 grader', forudsat at overskridelsen er midlertidig, og at temperaturstigningen efterfølgende sænkes til 'et godt stykke under 2 grader'.

Kilde: Klimarådet.

Figur 2.1 viser fire stiliserede temperaturforløb, som illustrerer forskellen på de fire tolkninger af Parisaftalens temperaturmålsætning. Fortolkning 1 overholder med sikkerhed Parisaftalens temperaturmål, men Parisaftalen giver ikke et entydigt svar på, hvilke af de tre andre temperaturforløb, som er tilladelige, hvis nogen overhovedet. IPCC giver heller ikke svar på, hvilke temperaturforløb der er i overensstemmelse med Parisaftalen. Det skyldes, at IPCC er et videnskabeligt organ, hvis formål ikke er et træffe politiske beslutninger, men derimod at informere beslutningstagerne om påvirkninger, risici og sårbarheder forbundet med klimaforandringer. Det er således et politisk og ikke et videnskabeligt spørgsmål, hvilket opvarmningsniveau og dermed hvilke risici verdenssamfundet er villig til at acceptere.



Figur 2.1 Stilerede temperaturforløb for forskellige fortolkninger af Parisaftalens temperaturmål

Kilde: Klimarådet.

## Den danske klimalov fokuserer på en 1,5-gradersmålsætning

Fortolkningen af Parisaftalens temperaturmål spiller en væsentlig rolle, når man som i denne analyse forsøger at sammenligne et lands klimamål med Parisaftalens temperaturmål. Givet at der er et stort fortolkningsrum for dette mål, kan det være nyttigt at kaste et blik på Danmarks klimalov for at se, om denne kan benyttes til at indsnævre fortolkningsrummet set fra officiel dansk side.

Klimaloven og de tilhørende bemærkninger indeholder en række referencer til Parisaftalens temperaturmål. Det hedder blandt andet:

- *"Danmark skal arbejde aktivt for at begrænse den globale temperaturstigning til 1,5 grader celsius."*
- *"Delmålene skal fastsættes under hensyntagen til rammerne i Parisaftalen, den klimavidenskabelige udvikling, det langsigtede mål om klimaneutralitet i senest 2050, med Parisaftalens målsætning om en temperaturstigning på maksimalt 1,5 grader for øje og efter inddragelse af Klimarådet."<sup>14</sup>*

Formuleringerne i den danske klimalov indikerer, at der i en dansk kontekst sigtes efter et 1,5-gradersmål. Ingen steder i klimaloven nævnes '2 grader' eller 'et godt stykke under 2 grader'. Samtidig understreger klimaloven, at Danmark skal være et foregangsland i den internationale klimaindsats, og at Danmark har både et historisk og moralsk ansvar for at gå forrest, hvilket samlet kan set kan opfattes således, at Danmark bør sigte efter en ambitiøs tolkning af Parisaftalens temperaturmål.

Klimaloven siger ikke noget om overshoot. Der er væsentlig forskel på de udledninger, verden kan tillade sig, hvis den følger et temperaturforløb, som ikke overskrider 1,5 grader (den grønne kurve i figur 2.1), eller et temperaturforløb som midlertidigt overskrider 1,5 graders opvarmning (den mørkeblå kurve i figur 2.1). Spørgsmålet om overshoot er helt afgørende, når Klimarådet i kapitel 5 vurderer, om de danske klimamål kan siges at være i overensstemmelse med et 1,5-gradersmål.

## 3 Konsekvenserne ved højere temperaturer

Parisaftalens fortolkningsrum betyder, at forskellige temperaturforløb kan være inden for aftalens temperaturmålsætning. Disse temperaturforløb er forskellige og klimapåvirkningerne i form af fx havvandsstigninger, tørke og mere ekstremt vejr vil derfor variere, alt efter hvilket temperaturforløb der bliver en realitet. I lyset af Parisaftalens fortolkningsrum er det derfor et væsentlig input til diskussionen af Danmarks klimamål, hvilke klimaforandringer der kan forventes ved forskellige opvarmningsniveauer, samt hvad risikoen er, for at klimaforandringerne og temperaturstigningerne igangsætter selvforstærkende processer, som ikke kan vendes igen.

### 3.1 Hvad betyder et varmere klima?

#### Der er betydelig forskel på 1,5 og 2 graders opvarmning

IPCC vurderede i sin 1,5-gradersrapport fra 2018, hvilke konsekvenser en global opvarmning på 1,5 grader i 2100 vil have sammenlignet med en opvarmning på 2 grader. Den overordnede konklusion var, at klimaforandringerne forstærkes i takt med øget opvarmning. Rapporten slår fast, at det har stor betydning for omfanget af klimaforandringerne, om den globale temperaturstigning bliver 1,5 grader eller 2 grader. Fx vurderer rapporten følgende:

- Ved at begrænse opvarmningen til 1,5 grader frem for 2 grader vil omkring 400 millioner færre mennesker hyppigt blive udsat for ekstreme hedeølger.
- Stigningen i havniveauet vil være 10 cm mindre ved 1,5 graders opvarmning sammenlignet med 2 grader i 2100. På endnu længere sigt vil forskellen blive større, da der er en væsentlig forsinkelse på de processer, der skaber havvandsstigningerne (afsmeltning af is fra gletsjere og iskapper og opvarmningen af havet).
- Ved 1,5 graders opvarmning vil verdens koralrev indskrænkes med 70-90 pct., mens dette tal vokser til 99 pct. ved 2 graders opvarmning.
- Et isfrit hav i Arktis om sommeren forventes én gang pr. hundrede år ved 1,5 graders opvarmning, men mindst én gang pr. årti ved 2 grader.<sup>15</sup>

Endvidere vurderer rapporten, at ændringer i nedbørsmønstre, stigende forekomst af ekstreme vejrhændelser, samt degradering af naturlige økosystemer som vil lede til forværret fødevarer sikkerhed og øget forekomst af fattigdom, især i udviklingslandene. Det anslås i rapporten, at en begrænsning af den globale opvarmning til 1,5 grader frem for 2 grader kan betyde, at adskillige hundrede millioner færre mennesker vil være i risiko for fattigdom.

En global gennemsnitstemperaturændring på 0,5 grader dækker således over markante klimaforandringer. Men det er vigtigt at have for øje, at ifølge klimamodellerne er verden i øjeblikket på vej mod 2,2-2,4 graders opvarmning med 50 pct. sandsynlighed med de nuværende klimahandlingsplaner for 2030. Hvis man tager udgangspunkt i lavere risiko for at overskride den givne temperatur, det vil sige en 67 pct. sandsynlighed for, at temperaturen ikke bliver højere, så bliver estimatet 2,4-2,6.<sup>16</sup> Dermed ser det ud til, at stigningen i den globale gennemsnitstemperatur bliver markant i forhold til det nuværende opvarmningsniveau, som er cirka 1,1 grader celsius over forindustrieltid. Alt efter hvilken sandsynlighed, der lægges til grund, så kan temperaturstigningen blive cirka 1,1-1,5 grader.

#### Klimaforandringer ses allerede i dag

Allerede ved det nuværende opvarmningsniveau på cirka 1,1 grader er der observeret klimaforandringer i alle regioner af verden og på tværs af hele klimasystemet. Det fremgår af IPCC's nyeste delrapporter fra 2021 og 2022.<sup>17</sup> Det er forskelligt, præcis hvordan, hvor hurtigt og hvor meget specifikke regioner påvirkes, men klimaforandringer påvirker i dag hver eneste region i verden og med stigende effekt, hvor især arktiske regioner har set temperaturstigninger, som er to til tre gange højere end det globale gennemsnit.<sup>18</sup> Samtidig dokumenterer rapporterne, at klimapåvirkningerne er mere omfattende og mere alvorlige end tidligere vurderet. Blandt de

observerede forandringer ses, at ekstreme varme- og nedbørsbegivenheder er blevet hyppigere og mere intense, og at havene er blevet varmere, mere syreholdige og med lavere indhold af ilt. Sådanne forandringer påvirker i stigende grad både menneskelige og naturlige systemer.

IPCC vurderer i delrapporterne, at en begrænsning af den globale opvarmning til 1,5 grader vil reducere forventede klimarelaterede tab og skader i menneskelige systemer og økosystemer betydeligt sammenlignet med højere opvarmningsniveauer. Hvis den globale opvarmning derimod overskrider 1,5 grader i de kommende årtier, vil mange menneskelige og naturlige systemer udsættes for yderligere alvorlige risici, også hvis temperaturen på sigt kommer under 1,5 grader igen. Et sådan overshoot kan føre til omfattende og irreversible klimapåvirkninger afhængig af størrelsen og varigheden.

Det fremstår derved tydeligt fra IPCC's side, at klimapåvirkningerne stiger i takt med øget opvarmning, og det gøres klart, at enhver forøgelse af opvarmningen betyder noget. Dette skyldes især, at højere opvarmning øger risikoen for langvarige og/eller irreversible ændringer, herunder risikoen for at passere såkaldte tipping points.

### 3.2 Tipping points i klimasystemet

#### Overskridelse af tipping points vil accelerere klimaforandringerne

*Tipping points* er blandt de store usikkerhedselementer i den fremtidige temperaturudvikling og de dertilhørende konsekvenser. Tipping points refererer kort fortalt til, at en proces passerer en grænse, hvor processen eskaleres, bliver selvforstærkende og ikke kan vendes igen inden for en relevant tidsskala – eller har meget svært ved det.<sup>19</sup>

Tipping points kan illustreres med en rutsjebane. Man kan forestille sig et barn, som sidder på toppen af rutsjebanen og stille og roligt skubber sig selv ud over kanten. På et tidspunkt overskrider barnet en grænse, hvor barnet uden yderligere påvirkning glider ned ad rutsjebanen med stigende fart og uden mulighed for at stoppe igen. Med en lille initial påvirkning er barnets tilstand altså ændret markant, idet barnet har bevæget fra at være på toppen af rutsjebanen til at være i bunden.

Samme overordnede princip kan overføres til klimaforandringer, hvor en gradvis stigende opvarmning kan risikere at skubbe elementer af klimasystemet (*tipping elements*) ud over en grænse, der accelererer forandringerne og resulterer i en ændret tilstand.<sup>20</sup> Disse grænser kaldes tipping points. Der er ikke fuldstændig videnskabelig enighed om, præcist hvordan tipping points defineres. Tipping points er dog ofte karakteriseret ved en selvforstærkende proces, som ofte er pludselig og/eller irreversibel.<sup>21</sup>

#### Grønlands iskappe er et element, der kan tippe

Nogle af de elementer, vi har i klimasystemet i dag, har ikke altid været der. Et eksempel er iskappen i Grønland. Der har været perioder både med og uden en iskappe i Grønland. Igennem tiden har de klimatiske og geografiske forhold i Grønland altså tilladt begge muligheder. På et tidspunkt i historien har dette tipping element af klimasystemet krydset en tærskel, et tipping point, og er begyndt at ændre tilstand. Dette kan enten betyde, at iskappen dannes og vokser, eller at iskappen smelter og svinder ind.

Det er ikke umiddelbart givet, at der er en iskappe i Grønland, da den sydlige del af iskappen ligger på samme breddegrad som Oslo. Men iskappen er der, fordi den er skabt i tidligere istider og har overlevet. I mellemistider med højere temperaturer, som den mellemistid vi er i nu, har iskappen formået at opretholde sig selv. Den er nemlig op til 3 km tyk på midten. Da temperaturen falder med højden, gør alene iskappens højde, at der på toppen er minusgrader næsten hele året. Den nedbør, som falder på toppen af iskappen, falder derved hovedsageligt som sne, som over tid komprimeres til is. Iskappen har stejle sider og er meget flad på toppen. Derfor ligger en stor del af iskappens overflade højt oppe og oplever sjældent temperaturer over frysepunktet.

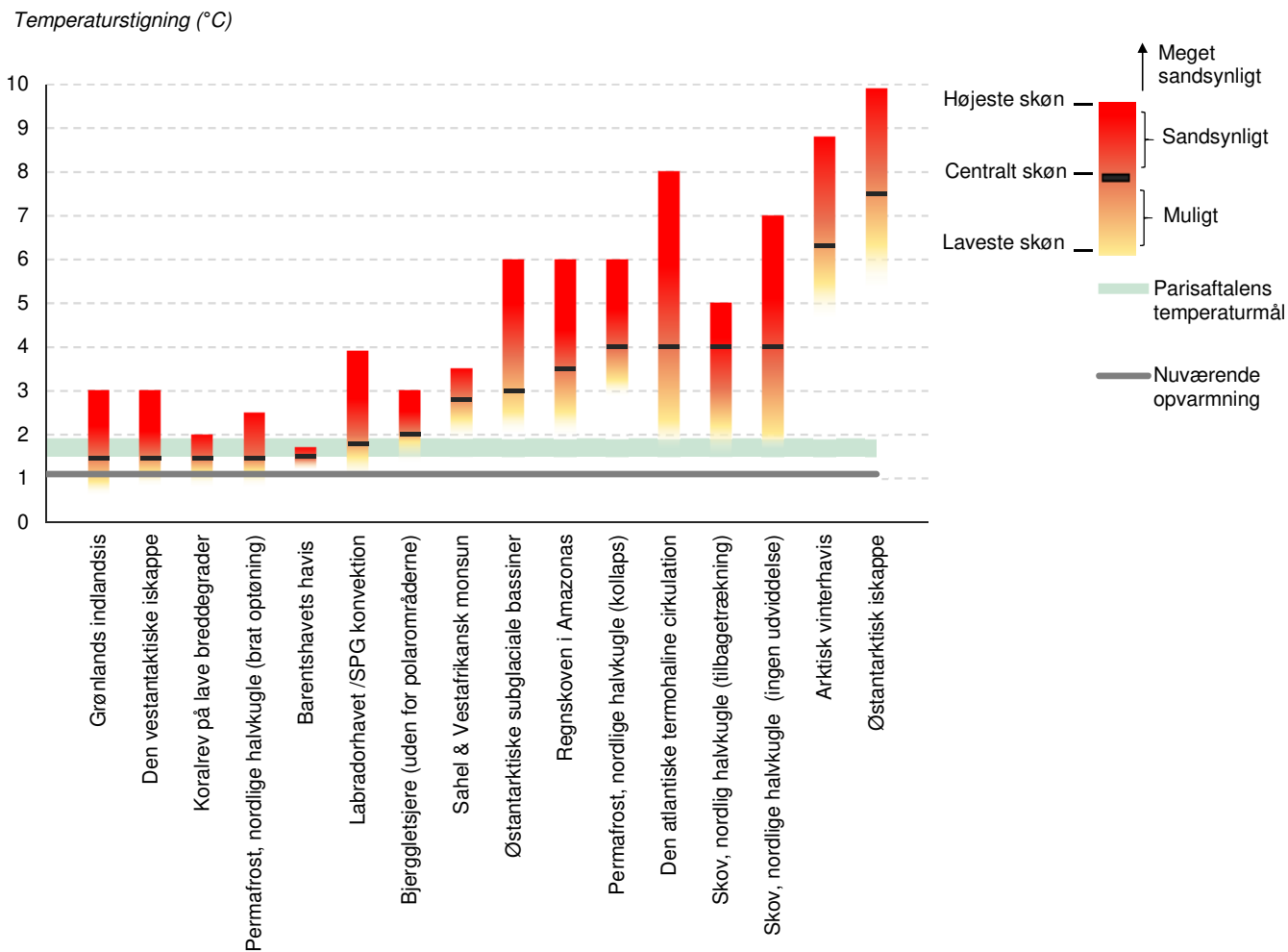
Så længe der er ligevægt mellem den nedbør, der falder som sne på iskappen, og den is, som smelter fra iskappen og brækker af langs kysten, vil iskappen bevare sin størrelse. Men hvis temperaturen øges, vil afsmeltningen stige over hele iskappen. Iskappen vil derfor gradvist miste højde, og antallet af dage med plusgrader øges, alene fordi iskappen er blevet lavere. Derved vil der smelte endnu mere is, som igen vil mindske iskappens højde. Selv hvis den globale temperatur vender tilbage til sit udgangspunkt, stopper afsmeltningen af iskappen ikke, da den tabte højde i sig selv gør, at temperaturen på toppen af iskappen er højere end før afsmeltningen. Dette element af

klimasystemet kan altså overskride et tipping point, hvor en selvforstærkende og irreversibel proces sættes i gang, som til sidst helt kan ændre iskappens tilstand.<sup>22</sup>

### **Tipping points kan øge den globale opvarmning**

Overskridelsen af visse tipping points kan lede til, at den globale opvarmning accelereres. Igen kan eksemplet med Grønlands indlandsis bruges som eksempel. Iskappen har en meget lys overflade. Derfor vil en stor del af den solens stråler blive reflekteret væk fra iskappens lyse overflade og tilbage til rummet, og dermed agerer iskappen som et slags spejl. Dette kaldes også albedoeffekten. Men hvis den globale temperatur stiger, vil iskappen svinde ind. Samtidig vil selve iskappen også blive mørkere på grund af afsmeltningen, da våd sne reflekterer mindre, end en overflade af nyfalden, hvid sne. Mere sollys vil derfor ramme en mørk overflade i stedet for en lys iskappe, og derved vil en større andel af solens stråler blive absorberet i jordsystemet. Det vil øge temperaturen både globalt og især regionalt, og det vil resultere i en yderligere afsmeltning af den resterende iskappe. På den måde kan opvarmningen blive selvforstærkende. Det kaldes også for en positiv feedback-mekanisme eller en tilbagekoblingsmekanisme.

En nylig udgivet videnskabelig artikel identificerer 16 forskellige tipping elements.<sup>23</sup> Disse er vist i figur 3.1. Figuren angiver skøn for, ved hvilken temperatur hvert element overskrider det tilhørende tipping point. Der er betydelig usikkerhed om, hvor disse tipping points reelt ligger. I spændet mellem figurens laveste og centrale skøn, er det ifølge artiklen *muligt*, at tipping pointet overskrides, mens det i spændet mellem det centrale og højeste skøn er *sandsynligt*, at tipping pointet overskrides. Forskerne bag artiklen estimerer, at vi ved det nuværende opvarmningsniveau på cirka 1,1 grader befinder os i et udfaldsrum, hvor det er muligt, at fem tipping points allerede er krydset eller kan krydses uden yderligere opvarmning. Selv hvis vi begrænser temperaturstigningen til mellem 1,5 til og et stykke under 2 grader, er det ifølge artiklen alt i alt sandsynligt, at seks tipping points krydses, mens det er muligt, at yderligere fire tipping points krydses.



Figur 3.1 Estimer for hvornår 16 forskellige tipping point overskrides

Kilde: Armstrong McKay et. al, *Exceeding 1.5 C global warming could trigger multiple tipping points*, Science, 2022.

Flere af tipping elementerne i figur 3.1 kan give yderligere opvarmning, hvis deres tipping point overskrides. Dette øger risikoen for, at et andet tipping point, som ligger ved et højere opvarmningsniveau, også overskrides. Derved kan der i værste tilfælde sættes gang i en dominoeffekt, hvor et skub til den første brik sætter gang i en kædereaktion, som vælter de andre brikker. I 2018 beskrev en række forskere netop en sådan kaskade af tipping points. Forskerne beskriver, hvordan tipping points og feedback-processer gør, at Jordens klima ikke nødvendigvis vil være i en stabil tilstand ved temperaturstigninger over et vist niveau. Holdes temperaturen under dette niveau er det sandsynligt, at klimaet kan stabiliseres i et leje, som menneskeheden har været vant til. Men overskrides grænsen, er der til gengæld risiko for, at Jordens klima bevæger sig mod en markant varmere fremtid, hvilket artiklens forfattere kalder 'hothouse earth'.<sup>24</sup>

### Tipping points gør klimamodellernes fremskrivninger usikre

Tipping points bidrager til usikkerhed i klimamodellernes fremskrivninger af temperaturen. Modellerne inkluderer ikke alle relevante tipping points, og det er usikkert, om de tipping points, som er inkluderet, er reflekteret retvisende i modellerne på grund af den store usikkerhed om tærskelværdier, effekter og indbyrdes afhængighed. En række forskere identificerer fx, at samspillet mellem klimaforandringer og biologiske processer er underbelyst. Forskerne viser, at tab af biodiversitet, dyr og planter forsinkede tilpasning til nye klimaforhold, optøning af permafrost og forandringer i biodiversiteten i havene kan reducere den mængde CO<sub>2</sub>, som biosfæren kan optage. Det vil bidrage til en højere koncentration af CO<sub>2</sub> i atmosfæren og dermed højere temperatur, som igen vil forværre biosfærens evne til at optage CO<sub>2</sub>.<sup>25</sup>

Den præcise effekt af disse mekanismer er usikker, men klimavidenskaben er sikker på, at tipping points eksisterer, og at risikoen for at krydse dem stiger ved yderligere opvarmning. IPCC vurderer i sin delrapport fra 2021, at ekstreme hændelser såsom iskappekollaps, pludselige havcirkulationsændringer og en væsentligt større opvarmning end estimeret i modellerne ikke kan udelukkes, og disse hændelser bør være en del af en risikovurdering.<sup>26</sup>

### **Eksistensen af tipping points kalder på forsigtighed**

Usikkerheden om tipping points og andre selvforstærkende processer i klimasystemet betyder, at klimamodellernes fremskrivning skal tolkes forsigtigt. Modellernes fremtidsscenarier kan på overfladen give et indtryk af, at vi mennesker har en høj grad af kontrol over den fremtidige temperaturudvikling og de dertilhørende klimapåvirkninger. De nuværende klimamodeller viser, at hvis vi formår at stoppe de globale udledninger af især CO<sub>2</sub>, vil temperaturen stabiliseres. Og hvis vi så senere hen begynder at hive CO<sub>2</sub> ud af atmosfæren, kan vi tilmed sænke temperaturen igen. Dette indtryk af kontrol tilskynder til en tankegang om, at det ikke gør det store, at temperaturen bliver lidt højere end ønsket, da man jo altid kan sænke temperaturen igen. For nuværende har vi formentligt stadig kontrol over temperaturudviklingen, men den stadig større forståelse af tipping points viser, at vi kan risikere, at denne kontrol kan forsvinde.

Klimakonventionens oprindelige mål er at forhindre farlige klimaforandringer. Uagtet fortolkningsmulighederne i Parisaftalens temperaturmål viser klimavidenskaben, at der allerede i dag ved det nuværende opvarmningsniveau på cirka 1,1 grader, er betydelige negative konsekvenser som følge af klimaforandringer. Samtidig vurderer nogle forskere, at er vi nu i et udfaldsrum, hvor det er muligt, at flere tipping points kommer i spil. Dette taler for, at verden udviser forsigtighed i forhold til at holde opvarmningen på et begrænset niveau. Selv øjensynligt små temperaturreduktioner vil reducere risikoen for farlige og ukontrollable klimaforandringer. Det kan Danmark bidrage til gennem ambitiøse klimamål og gennem tilhørende konkret handling.

## 4 Metode til at vurdere danske klimamål

Hvis Parisaftalens temperaturmål skal nås, er det nødvendigt at reducere de globale udledninger. Kapitel 4, 5 og 6 fokuserer på Danmarks bidrag hertil. Analysen fokuserer på de territoriale udledninger, og på i hvilket omfang Danmark bør reducere disse, for at Danmark kan siges at levere sit bidrag til at opfylde Parisaftalens temperaturmål.

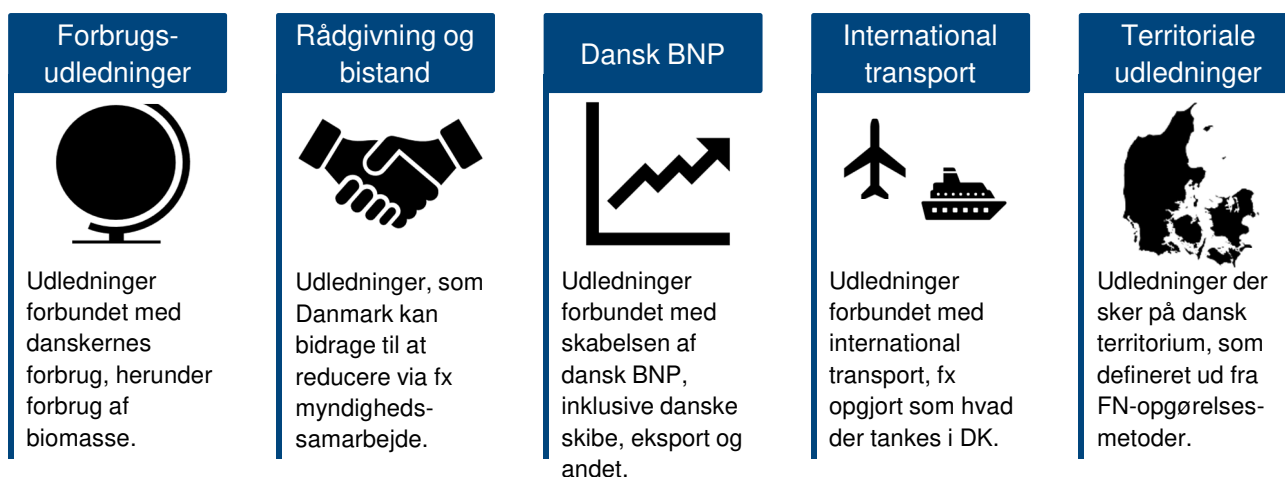
Der er forskellige metoder til at vurdere, hvordan et lands nationale klimamål stemmer overens med en given global temperaturmålsætning. I denne analyse anvender Klimarådet en klimamodel til formålet. Udgangspunktet for metoden er at opskalere Danmarks udledninger til globalt niveau. Derefter benyttes en model til at beregne, hvilken global temperatur et sådant udledningsforløb vil føre til. På den måde kan man gøre det tydeligt, hvad det er for en verden, Danmark bidrager til at skabe. Dette kapitel begrundes og redegør for den anvendte metode. De efterfølgende kapitler anvender metoden til at belyse, hvilke globale temperaturforløb Danmarks klimamål kan oversættes til. Kapitel 5 fokuserer på Danmarks nuværende klimamål og betydningen af at lægge forskellige antagelser til grund for beregningen, og kapitel 6 ser på, hvordan temperaturforløbet påvirkes, hvis Danmark forhøjer eller sætter nye klimamål.

### 4.1 Den danske klimapolitik mange dimensioner

#### Dansk klimapolitik består af flere elementer

Danmark kan bidrage til at reducere de globale udledninger på mange forskellige måder. Reduktioner af Danmarks territoriale udledninger er én måde at bidrage på. I regi af FN's klimakonvention er det netop disse udledninger, som hvert land er ansvarlig for at reducere. Men Danmark kan også bidrage til at sænke de globale udledninger ved at mindske klimaaftrykket fra danskernes forbrug. Ligeledes kan Danmark bidrage ved at sænke de udledninger, der er forbundet med skabelsen af dansk BNP, som til forskel fra de territoriale udledninger indeholder eksempelvis udledninger fra danskopererede skibe og udledninger fra danske virksomheders produktion i udlandet. Input til dansk produktion som eksempelvis soja til svin og kvæg er også forbundet med udledninger, som Danmark kan reducere. På den måde kan dansk klimapolitik have forskellige typer af udledninger for øje.

Figur 4.1 illustrerer en række forskellige udledninger, som klimapolitikken kan rettes mod. De fleste af udledningerne er relateret direkte til dansk produktion og forbrug. Men Danmark kan også påvirke udledninger i andre lande, som ikke umiddelbart er relateret til vores egen produktion og forbrug, fx via myndighedssamarbejde.



Figur 4.1 Forskellige fokusområder i dansk klimapolitik

Kilde: Klimarådet.



## Denne analyse har fokus på Danmarks klimamål for de territoriale udledninger

Denne analyse fokuserer på Danmarks territoriale udledninger. Der tages udgangspunkt i klimaloven, som bygger på FN's opgørelsesmetoder. Dog tilføjes i analysen udledninger fra Danmarks andel af international skibs- og luftfart, fordi udledningerne ikke hører til noget land i FN's opgørelsesmetode, og derfor forsvinder de ud af regnestykket, hvis de ikke inkluderes på denne måde. Analysen undersøger, i hvilket omfang Danmark bør reducere de territoriale udledninger, for at Danmark kan siges at levere sit bidrag til at opfylde Parisaftalens temperaturmål. Dermed forholder analysen sig ikke til den samlede danske klimapolitik. De andre områder, der er skitseret i figur 4.1, kan også være relevante for en vurdering af, om Danmarks klimapolitik samlet set er inden for Parisaftalens temperaturmål.

Potentielt kan man forestille sig, at Danmark er så ambitiøs på det internationale område, at det kan kompensere for mindre ambitiøse nationale klimamål. Det er vanskeligt at opgøre den samlede effekt af Danmarks klimapolitik på udledninger uden for Danmarks grænser. Det gælder fx klimaaftrykket i ind- og udland af danskernes forbrug. Beregninger fra Energistyrelsen viser, at dette klimaaftryk overstiger Danmarks territoriale udledninger med knap 50 pct.<sup>27</sup> Det giver en indikation af, at hvis ikke Danmarks territoriale klimamål kan siges at være i overensstemmelse med verdens klimaambitioner, så kan det nok heller ikke siges om Danmarks samlede klimapolitik. Dermed betyder en eventuel konklusion om, at Danmarks territoriale klimamål er i overensstemmelse med Parisaftalens temperaturmålsætning, heller ikke, at Danmark ikke bør gøre mere for at reducere udledninger andre steder, som eksempelvis udledningerne fra danskernes forbrug, eller bidrage med teknologiekspert og myndighedssamarbejde.

## 4.2 Klimamodelmetoden som alternativ til emissionsbudgetter

### CO<sub>2</sub>-budgetter kan bruges til at vurdere et lands klimamål

Der er forskellige metoder til at vurdere, om et lands nationale klimamål stemmer overens med en given global temperaturmålsætning. En af de mest almindelige metoder er at anvende CO<sub>2</sub>-budgetter.<sup>28</sup> Metoden går ud på at sammenligne et lands forventede akkumulerede CO<sub>2</sub>-udledninger over en vis fremtidig tidshorizont, givet landets klimamål, med et globalt CO<sub>2</sub>-budget. Typisk tages udgangspunkt i et CO<sub>2</sub>-budget udarbejdet af IPCC. Metoden har dog nogle ulemper, som beskrives i det følgende.

I denne analyse anvender Klimarådet derfor en klimamodel til at belyse klimaeffekten af dansk klimapolitik. Fordelene ved denne metode beskrives sidst i afsnittet.

### Metan og lattergas er store poster i Danmarks klimaregnskab

En væsentlig kritik af CO<sub>2</sub>-budgetmetoden er, at metoden kun medregner CO<sub>2</sub>. Således forholder metoden sig ikke til, om det undersøgte lands udledninger af andre drivhusgasser som fx metan og lattergas er konsistente med det anvendte CO<sub>2</sub>-budget. Det vil sige, at det pågældende lands udledninger af fx metan og lattergas godt kan være meget højere, end hvad der ligger til grund for beregningen af CO<sub>2</sub>-budgettet. Hvis det er tilfældet, vil CO<sub>2</sub>-budgetmetoden undervurdere landets påvirkning af den globale temperatur.

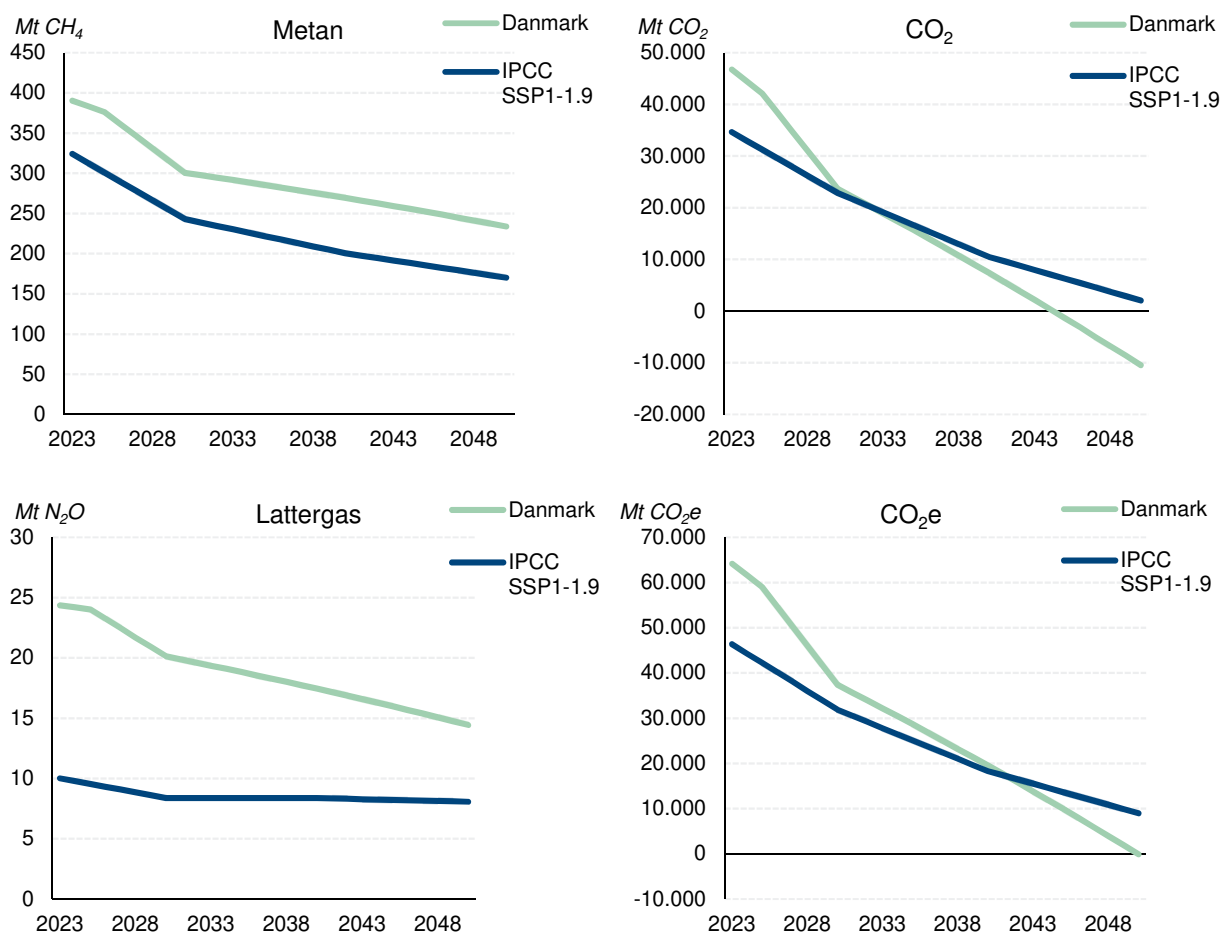
Danmark har relativt høje udledninger af metan og lattergas. Metan og lattergas udgør i dag henholdsvis 17 pct. og 6 pct. af verdens drivhusgasudledninger, mens tallene er 18 og 11 pct. i Danmark. Den tendens gælder også fremadrettet, hvis man sammenholder Danmarks forventede udledninger med IPCC's 1,5-gradersscenarie for de globale udledninger. Det fremgår af figur 4.2. Forløbet for Danmarks udledninger (grønne kurver) bygger på følgende antagelser:

- Det er antaget, at Danmarks klimamål i 2025, 2030 og 2050 akkurat opfyldes, og udledningerne antages at følge lineære stier mellem de tre årstal.
- Drivhusgasfordelingen er baseret på *Klimastatus og -fremskrivning 2022*, den forventede effekt af politiske aftaler i 2025 og 2030, som er vedtaget efter fremskrivningen, og landbrugsaftalens udviklingsspor. Landbrugsaftalens udviklingsspor indeholder et bud på, hvordan aftalens ambition om reduktioner i landbruget kan indfries.<sup>29</sup> Efter 2030 konvergerer gasfordelingen mod Energistyrelsens elscenarie for klimaneutralitet i 2050.<sup>30</sup> Energistyrelsen har udarbejdet i alt fire scenarier, hvoraf

elscenariet er et af de midterste scenarier, hvad angår gasfordelingen. Det vil sige, at CO<sub>2</sub>, metan og lattergas udgør både større og mindre andele af de samlede drivhusgasser i de øvrige scenarier.

- Udledningerne i figuren er skaleret op til globalt niveau på baggrund af Danmarks andel af den globale befolkning, så de kan sammenholdes med et globalt udledningsscenarie.

Den mørkeblå kurve i figur 4.2 viser IPCC's globale SSP1-1.9-scenarie. SSP1-1.9 er det mest ambitiøse af de fem repræsentative SSP-scenarier (Shared Socioeconomic Pathways), som IPCC fremlægger i sin 6. vurderingsrapport. SSP1-1.9 har en maksimal temperaturstigning på 1,57 grader celsius og når under 1,5 grader omkring 2070. Det er således det af SSP-scenarierne, som verden skal sigte efter, hvis temperaturstigningen skal holdes nogenlunde til 1,5 grader med begrænset overshoot. Som det fremgår af figuren, er Danmarks udledninger af metan og i særdeleshed lattergas væsentligt højere end i det globale 1,5-gradersscenarie, mens CO<sub>2</sub>-udledningerne ligger nogenlunde på niveau. Således udgør metan og lattergas henholdsvis 26 og 9 pct. af de samlede udledninger i perioden 2023-2050 i SSP1-1.9 mod 29 pct. og 18 pct. i forløbet for Danmark. Danmarks høje udledninger af metan og lattergas understreger vigtigheden af at anvende en metode til vurdering af Danmarks klimamål, som er velegnet til at håndtere udledninger af netop disse gasser.



Figur 4.2 Danmarks udledninger (skaleret til globalt niveau) sammenholdt med det globale SSP1-1.9-scenarie

Anm.: Gasserne er i den fjerde figur omregnet til CO<sub>2</sub>e ved brug af GWP-100-faktorer. Faktorerne for henholdsvis metan og lattergas er 28 og 265. Det betyder, at klimaeffekten af 1 ton metan er 28 gange så stor som klimaeffekten af 1 ton CO<sub>2</sub>, mens effekten af lattergas er 265 gange så stor som effekten af CO<sub>2</sub>.

Kilder: Klimarådet på baggrund af Energistyrelsen, *Klimastatus og -fremskrivning 2022* og IPCC, *6th Assessment Report (WG1)*, 2021.

### CO<sub>2</sub>e-budgetter hviler på simple antagelser om gassernes klimaeffekt

I stedet for et CO<sub>2</sub>-budget kan man fastlægge et samlet CO<sub>2</sub>e-budget for alle drivhusgasser. På den måde inkluderes også lattergas og metan i regnestykket ved at omregne udledningerne af disse gasser til de såkaldte CO<sub>2</sub>-ækvivalenter (CO<sub>2</sub>e). Der findes flere analyser, som anvender denne metode.<sup>31</sup> Typisk bestemmer analyserne CO<sub>2</sub>e-budgettet ved at lægge en post til IPCC's CO<sub>2</sub>-budget, fx baseret på sammenhængen mellem CO<sub>2</sub> og andre drivhusgasser på tværs af forskellige scenarier, som er kompatible med det givne temperaturmål. Budgettet kan så sammenholdes med landets samlede drivhusgasudledninger opgjort i CO<sub>2</sub>e. Med et samlet CO<sub>2</sub>e-budget for alle gasser forholder man sig altså eksplicit til udledninger af andre drivhusgasser end CO<sub>2</sub>. Men metoden har stadig udfordringer, hvoraf der her skal nævnes tre.

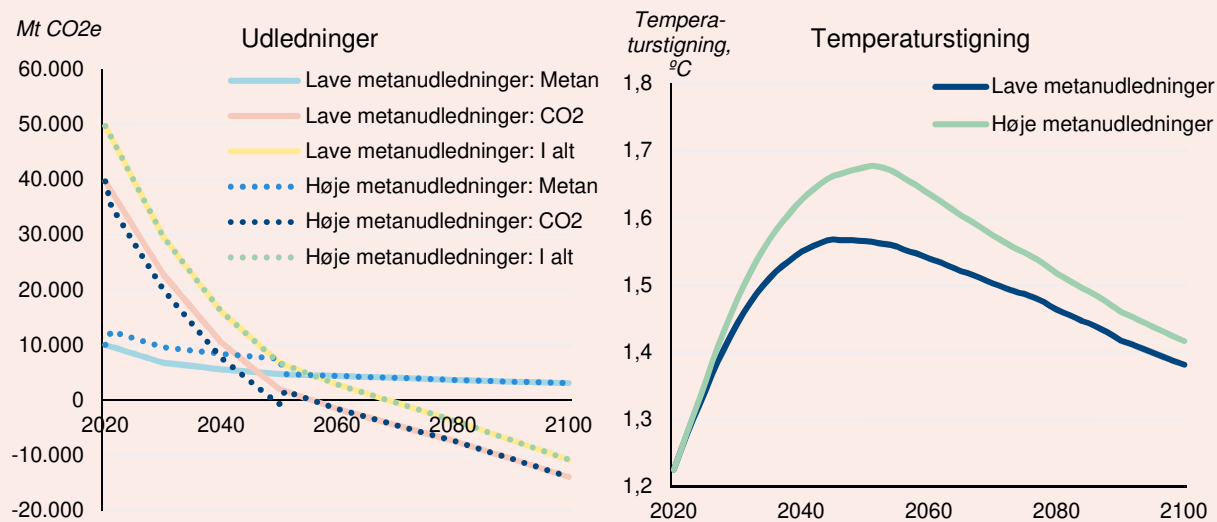
1. **Omregning af gasser.** Metoden kræver, at udledninger af de forskellige gasser omregnes til CO<sub>2</sub>e. Som oftest bruger man GWP-faktorer (Global Warming Potential) til dette. GWP-faktorer er et mål for opvarmningseffekten af en given gas over en tidsperiode på fx 100 år (GWP-100). En udfordring ved at omregne gasserne til CO<sub>2</sub>e ved brug af GWP-faktorer er, at faktorerne kun tilnærmelsesvis afspejler den faktiske temperaturpåvirkning. Det skyldes, at GWP-faktorer sammenligner gassernes samlede effekt på temperaturen over en tidsperiode. Herved mister man vigtige nuancer i forhold til gassernes forskellige virkninger på temperaturen på forskellige tidspunkter inden for perioden. Metan har eksempelvis en relativt kraftig effekt få år efter udledningen forekommer, mens effekten vil være ganske lille på den længere bane. For en given udledningssti opgjort i CO<sub>2</sub>e vil det resulterende globale temperaturforløb således afhænge af gasfordelingen, hvilket et CO<sub>2</sub>e-budget altså ikke tager højde for. Boks 4.1 demonstrerer dette i et konkret eksempel.
2. **Tidspunkt for udledninger.** CO<sub>2</sub>e-budgetter tager ikke højde for på hvilket tidspunkt i en periode, drivhusgasudledningerne forekommer. Det er problematisk, da temperaturforløbet netop påvirkes af tidspunktet for udledningerne. Boks 4.1 uddyber denne problematik.
3. **Overshoot.** Budgetmetoden giver mulighed for at overskride budgettet på et tidspunkt i perioden, hvis bare man betaler tilbage med negative udledninger senere i perioden. Et sådant *overshoot* af budgettet betyder en højere maksimal temperaturstigning, end hvis man holdt sig inden for budgettet i hele perioden, men det tager budgetmetoden altså som udgangspunkt ikke højde for.

**Boks 4.1. Illustration af udfordringer med CO<sub>2</sub>e-budgetter**

*Omregning af gasser*

Ved anvendelse af CO<sub>2</sub>e-budgetter omregnes de forskellige gasser typisk til CO<sub>2</sub>e ved hjælp af GWP-faktorer. Figur 4.3 illustrerer unøjagtigheden ved en sådan omregning. Figuren til venstre viser udledningerne i to scenarier for de globale udledninger, hvor udledningerne er de samme opgjort i CO<sub>2</sub>e baseret på GWP-100, men gasfordelingen er forskellig. I det ene scenarie er udledningerne af metan højere (*Høje metanudledninger*), end i det andet (*Lave metanudledninger*). Konkret er metanudledningerne i perioden 2021-2050 øget med 100 mio. ton metan årligt i scenariet *Høje metanudledninger* sammenlignet med scenariet *Lave metanudledninger*, og CO<sub>2</sub>-udledningerne er reduceret svarende til den øgede metanudledning omregnet til CO<sub>2</sub>e. Da de årlige udledninger opgjort i CO<sub>2</sub>e er de samme i de to scenarier, vil begge scenarier forholde sig på samme måde til et givet CO<sub>2</sub>e-budget, når de sammenlignes med dette. Men som figuren til højre viser, bliver temperaturforløbet forskelligt. Temperaturen er estimeret ved hjælp af klimamodellen MAGICC (se også boks 4.2).<sup>32</sup>

De forskellige temperaturforløb afspejler problemet ved at anvende GWP. Problemet er særligt stort på den korte bane, hvor metan har stor effekt. Er man særligt bekymret for temperaturen de kommende årtier, og ser man på et land med store metanudledninger, er det derfor særligt misvisende at anvende GWP-100. I stedet kan anvendes GWP-20, som sammenligner opvarmningseffekten over en 20-årig periode. Det giver et mere nøjagtigt billede af klimaeffekten på den korte bane, om end effekten stadig kun vil være en tilnærmelse til den faktiske effekt.



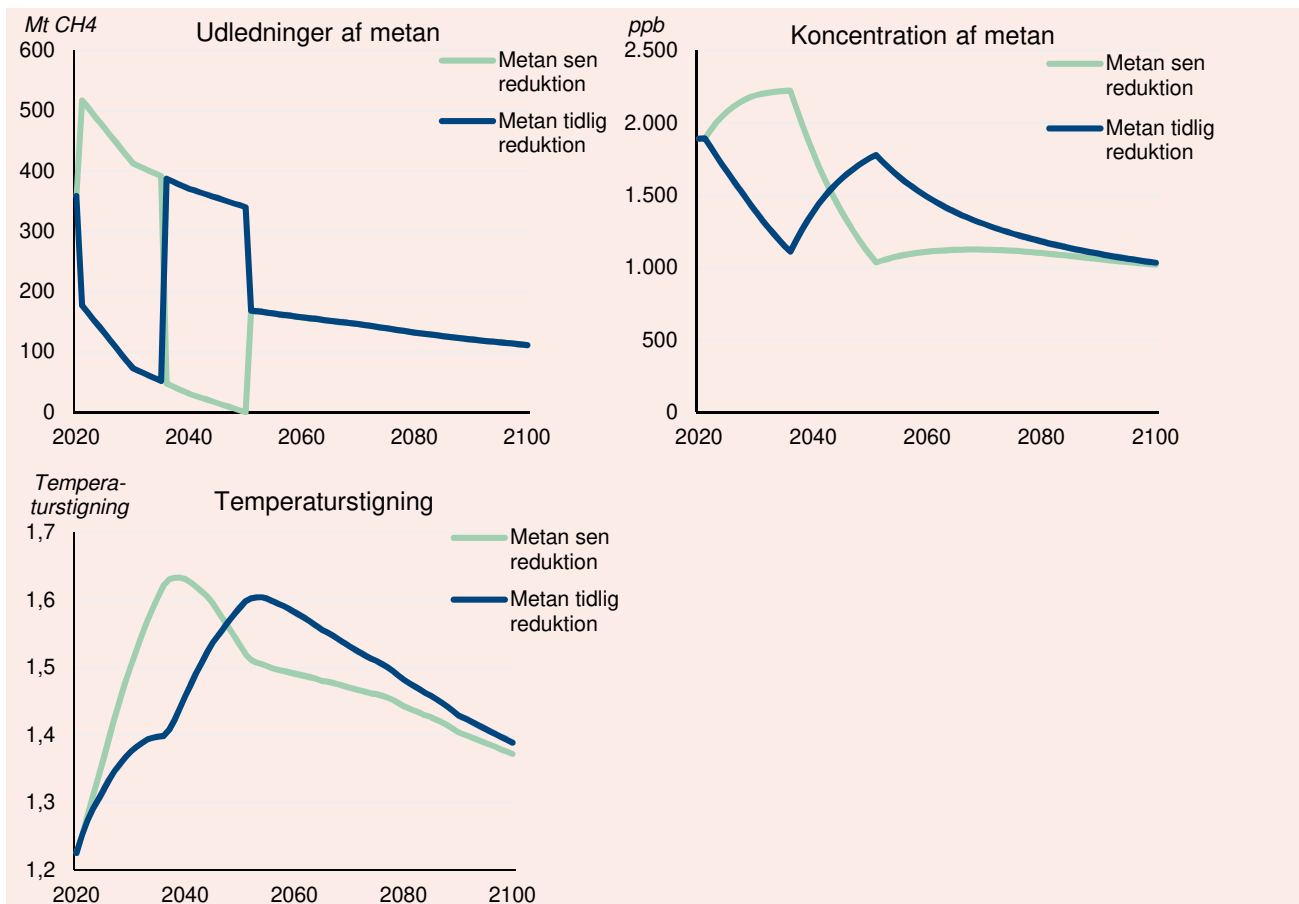
Figur 4.3 Betydningen af fordelingen mellem forskellige gasser

Anm.: Scenariet *Lave metanudledninger* er identisk med det globale scenarie SSP1-1.9. Scenariet *Høje metanudledninger* tager også udgangspunkt i SSP1-1.9, men metanudledningerne er øget og CO<sub>2</sub>-udledningerne reduceret tilsvarende.

Kilder: Klimarådets beregninger på baggrund af MAGICC7.

*Tidspunkt for udledninger*

CO<sub>2</sub>e-budgetter tager ikke højde for tidspunktet for udledningerne. Figur 4.4 illustrerer problemet ved dette. Figuren viser to scenarier for de globale udledninger, hvor de akkumulerede udledninger af de forskellige gasser over perioden 2020-2050 er de samme, men hvor udledningerne af metan forskydes i tid inden for denne periode. Efter 2050 er både udledninger og akkumulerede udledninger af alle gasser ens i de to scenarier. Figuren viser henholdsvis udledninger af metan, koncentration af metan i atmosfæren, og temperaturen. Som det fremgår af figuren, er den maksimale temperaturstigning højere i det scenarie, hvor metan reduceres sent i perioden. Denne forskel i klimapåvirkning vil ikke træde frem, hvis man blot ser på et samlet CO<sub>2</sub>e-budget for perioden frem til 2050, fordi de akkumulerede udledninger er de samme i de to scenarier.



Figur 4.4 Betydningen af tidspunktet for udledningerne

Anm.: Udledninger af øvrige drivhusgasser end metan følger SSP1-1.9-scenariet. De akkumulerede udledninger af metan set over hele perioden er de samme som i SSP1-1.9.

Kilder: Klimarådets beregninger på baggrund af MACICC7.

## Klimarådet bruger en klimamodel til at vurdere Danmarks klimamål

I stedet for budgetter anvender denne analyse en klimamodel til at vurdere Danmarks klimamål. Den anvendte model, MAGICC (Model for the Assessment of Greenhouse Gas Induced Climate Change), er en såkaldt klimaemulator, og den anvendes blandt andet af IPCC og Det Internationale Energiagentur (IEA). Boks 4.2 forklarer, hvad en klimaemulator er.

Analysen undersøger, hvilken global temperatursti Danmarks klimamål kan oversættes til. Det gøres ved at skalere Danmarks udledninger op til globalt niveau og lægge udledningsstierne ind i MAGICC. Herefter beregner modellen den forventede globale overfladetemperatur, defineret som et gennemsnit for kloden, frem i tid. Dette forløb kan efterfølgende sammenlignes med et givent temperaturmål.

### Boks 4.2. Hvad er en klimaemulator?

Klimamodeller er et essentielt værktøj inden for klimavidenskaben, hvor de bruges til at forstå klimasystemet både i fortiden, nutiden og fremtiden. Modellerne er baseret på en række ligninger, der repræsenterer processer i atmosfæren, havene, landområder, biosfæren og kryosfæren (områder med is) samt interaktioner mellem de forskellige systemer. Processerne kan være fysiske, kemiske og biologiske. Komplexiteten i klimasystemet gør, at klimamodellerne ofte bliver så komplicerede, at det kræver supercomputere og specialister at køre modellerne, hvilket gør dem tidskrævende og omstændelige at bruge. Modellerne er dermed ikke velegnede til at analysere

mange forskellige scenarier eller til at analysere samme scenarie med forskellige variationer i modellens antagelser.

I stedet for de store klimamodeller bruger forskere ofte klimaemulatorer til scenariearbejde. Klimaemulatorer er mere simple modeller, som er programmeret til at efterligne resultaterne fra de store klimamodeller, men med fokus på få centrale aspekter af klimasystemet.<sup>33</sup> En stor klimamodel kan fortælle om mange forskellige aspekter af klimasystemet forskellige steder på kloden på forskellige tidspunkter (fx temperaturer, gletsjere, vindhastigheder og havstrømme). En klimaemulator fokuserer derimod på meget få aspekter og har en grovere geografisk og tidsmæssig opdeling. Klimaemulatoren anvendt i denne analyse, MAGICC, beregner udelukkende en global, årlig temperatur, defineret som et gennemsnit for kloden. Dermed kan MAGICC fx ikke bruges til at fortælle om, hvor mange flere storme eller hvedebølger, der kommer i en given region ved en given opvarmning. MAGICC beregner temperaturen baseret på udledninger af drivhusgasser, som brugeren selv fastsætter.

Klimaemulatorer er nyttige til at analysere store mængder af scenarier eller til at beregne usikkerheder:

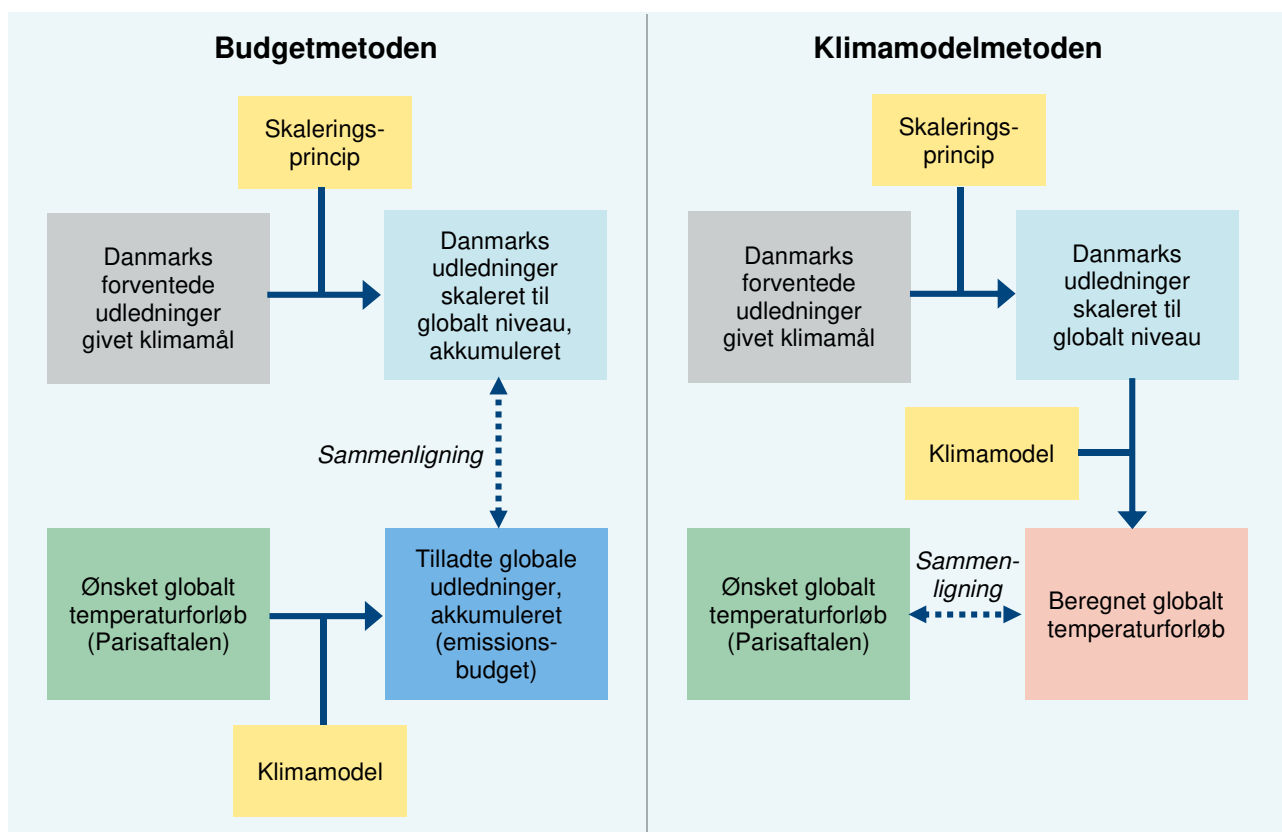
- **Scenarier.** Når økonomiske modeller laver scenarier for, hvordan drivhusgasudledningerne vil udvikle sig over tid givet forskellige antagelser om fx teknologi, priser og adfærd, kan en klimaemulator som MAGICC bruges til at estimere, hvilken global temperaturstigning scenarierne vil medføre. Til brug for IPCC's 5. vurderingsrapport blev mere end 1.000 forskellige scenarier analyseret, og til 1,5-gradersrapporten var der mere end 400 scenarier. Dette er reelt kun muligt at gøre i klimaemulatorer, da det vil være alt for krævende at benytte de store klimamodeller til så mange scenarier.
- **Usikkerhed.** Klimaemulatorerne er nemme at køre, så derfor er det muligt at analysere det samme scenarie (forløb af udledninger) med variationer af væsentlige parametre i modellen. Det kan være nyttigt, da der er usikkerhed om forskellige fysiske, kemiske eller biologiske processer. For MAGICC er der fx defineret 600 forskellige kombinationer af centrale parametre, og disse kombinationer anvendes i blandt andet IPCC's rapporter til at give et usikkerhedsspænd for temperaturudviklingen.

### Klimamodelmetoden har ligheder med budgetmetoden, men har ikke dennes ulemper

Klimamodelmetoden har en række ligheder med metoden, der baserer sig på et emissionsbudget. Begge metoder tager udgangspunkt i en hypotetisk situation, hvor Danmark antages at udgøre hele verden. Det vil sige, at udgangspunktet for begge metoder er at opskalere Danmarks udledninger til globalt niveau. Det fremgår af figur 4.5, som illustrerer de to metoder. Ved at opskalere Danmarks udledninger kan man gøre det tydeligt, hvad det er for en verden, Danmark bidrager til at skabe. I analyser, der bruger budgetmetoden, vil skaleringen ofte blive italesat sådan, at CO<sub>2</sub>- eller CO<sub>2</sub>e-budgettet fordeles til landene ud fra deres størrelse. Dette er dog matematisk det samme som at opskalere et lands udledninger til global størrelse.

Typisk vil man opskalere udledningerne på baggrund af den danske befolknings andel af den globale befolkning. Bag valg af skaleringsprincip ligger et etisk valg om fordelingen af de globale udledninger. Hvis man opskalerer udledningerne med befolkningsandelen, svarer det eksempelvis til et etisk princip om, at alle verdens borgere fremadrettet må udlede det samme. Der er flere argumenter for, at rige lande skal levere mere til klimaindsatsen end fattige lande, og man kan diskutere, om et princip om, at alle må udlede det samme, er rimeligt. De forskellige skaleringsprincipper diskuteres i afsnit 5.2.

Budgetmetoden akkumulerer de opskalerede udledninger og sammenholder dem med et globalt emissionsbudget. Det fremgår også af figur 4.5. Størrelsen af det globale emissionsbudget afhænger af det ønskede globale temperaturforløb og bestemmes ved hjælp af en klimamodel. Når IPCC fastlægger sit CO<sub>2</sub>-budget anvendes en simpel klimamodel. Klimamodelmetoden beregner i stedet det temperaturforløb, som udledningerne forventes at føre til. Her anvender denne analyse klimamodelen MAGICC. Derefter sammenholdes temperaturforløbet med et ønsket globalt temperaturforløb. Der ligger flere antagelser til grund for metoderne, end hvad man kan læse ud af figuren. Kapitel 5 gennemgår de vigtigste antagelser.



Figur 4.5 Budgetmetoden og klimamodelmetoden

Kilder: Klimarådet.

Klimamodelmetoden har nogle klare fordele. For det første tager metoden højde for udledningernes tidsprofil og frembringer på den baggrund et tidsforløb for opvarmningen. Det muliggør en nuanceret diskussion af, om Danmarks klimamål er kompatible med Parisaftalens temperaturmål, idet man blandt andet kan se, hvor stort et eventuelt overshoot over 1,5 grader, klimamålene kan oversættes til. For det andet kan metoden belyse, hvordan reduktionsindsatsens fordeling på de forskellige drivhusgasser påvirker temperaturen. Således kan en klimamodel give et mere nøjagtigt billede af, hvordan et lands klimapolitik stemmer overens med et globalt temperaturmål.

## 5 Vurdering af Danmarks nuværende klimamål

Dette kapitel undersøger, i hvilket omfang Danmarks nuværende klimamål stemmer overens med Parisaftalens mål for den globale temperaturstigning. Kapitlet viser, hvordan resultatet påvirkes af blandt andet valg af skaleringsprincip og af antagelser om målopfyldelsens fordeling på forskellige drivhusgasser. Parisaftalens mål kan tolkes på flere måder, og derfor findes der ikke ét endegyldigt svar på, om de danske klimamål stemmer overens med Parisaftalen. Men analysen kan belyse, hvordan klimamålene under forskellige forudsætninger kan oversættes til forskellige globale temperaturforløb, når Danmarks udledninger skaleres op til globalt niveau.

### 5.1 Referenceforløb for Danmarks udledninger

Danmark har mål om at reducere udledningerne med 50-54 pct. i 2025, 70 pct. i 2030 og opnå klimaneutralitet i 2050. Dette afsnit definerer et referenceforløb for Danmarks skalerede udledninger givet de nuværende klimamål og beregner den globale temperaturstigning som følge af dette udledningsforløb. Forløbet beror på en lang række antagelser. Disse gennemgås efterfølgende i kapitlet og sammenholdes med referenceforløbet for at vise effekten af de forskellige antagelser.

#### **Danmarks klimamål holder sig næppe under 1,5 °C**

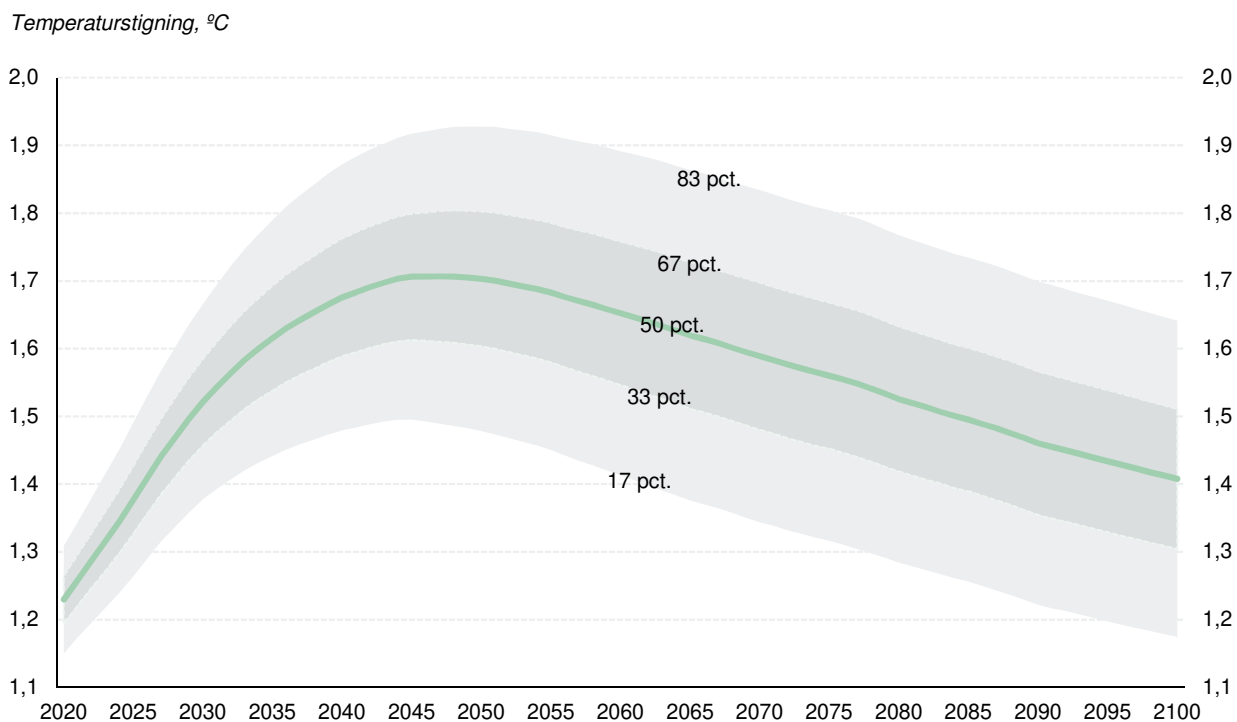
Denne analyse fastsætter et referenceforløb for Danmarks skalerede udledninger, hvor Danmarks nuværende klimamål i 2025, 2030 og 2050 akkurat opfyldes. Udledningerne i dette forløb er identiske med de udledninger i forløbet, som er illustreret i figur 4.2 i kapitel 4. Hvis udledningerne fra referenceforløbet lægges ind i MAGICC, fås et medianestimat for den globale temperaturstigning på godt 1,7 grader, når temperaturen er på sit højeste (peaktemperaturen). Det viser den grønne kurve i figur 5.1. Kurven viser altså et medianestimat for det globale temperaturforløb, som Danmarks nuværende klimamål kan oversættes til, hvis udledningerne skaleres op til globalt niveau. Som figur 5.1 viser, overskrides 1,5 graders temperaturstigningen klart. Efter 2050 aftager temperaturen dog igen, og i slutningen af århundredet når stigningen ned under 1,5 grader. Temperaturstigningen når ikke over 2 grader.

Der er stor usikkerhed om en række parametre i klimasystemet. Dermed er der også stor usikkerhed om det globale temperaturforløb, som Danmarks nuværende klimamål kan oversættes til, hvis udledningerne skaleres op til globalt niveau. Den grønne kurve i figur 5.1 kan tolkes som en median. Det vil sige, at der er 50 pct. sandsynlighed for, at temperaturen holder sig under dette forløb, og tilsvarende er der 50 pct. risiko for, at temperaturen overstiger forløbet. Som udtryk for et forsigtighedsprincip anvendes ofte det temperaturestimat, der giver 67 pct. sandsynlighed for, at temperaturen holder sig under forløbet. Det er illustreret ved den øvre grænse af det mørkegrå område i figuren. I dette forløb øges temperaturstigningen med cirka 0,1 grader sammenlignet med medianen, og dermed kommer stigningen op på godt 1,8 grader, når temperaturen er på sit højeste. Samtidig kommer temperaturstigningen akkurat ikke under 1,5 grader i dette århundrede.

Man kan også anlægge en endnu højere grad af forsigtighed. Således illustrerer den øverste grænse af det lysegrå område et temperaturforløb, der giver 83 pct. sandsynlighed for, at temperaturen holder sig under forløbet. I dette forløb kommer temperaturen helt op på godt 1,9 grader, når den er på sit højeste. Det står klart, at konklusionen om, hvordan Danmarks klimamål stemmer overens med Parisaftalens temperaturmål, ikke bare er afhængig af, hvordan Parisaftalens temperaturmål tolkes, men også af hvilken grad af forsigtighed, der lægges til grund.

Som beskrevet i kapitel 3, er det ikke alle usikkerheder, som indgår fuldt ud i klimamodeller og dermed heller ikke i MAGICC. Et væsentligt usikkerhedsaspekt er de såkaldte tipping points. MAGICC inkluderer nogle tipping points, men det er højst usikkert, ved hvilken temperatur de præcist ligger. Denne usikkerhed understreger behovet for at tolke resultaterne med forsigtighed. Resultaterne kan dog bruges til at vurdere risikoen for, at tipping points overskrides. Denne risiko er alt andet lige større, jo højere temperatur modellen forudsiger.





Figur 5.1 Danmarks nuværende klimamål (referenceforløb) og den globale temperaturstigning

Anm. 1: Figuren viser den modelberegne globale temperaturstigning, hvis Danmarks udledninger opskales til globalt niveau.

Anm. 2: Procenterne angiver sandsynligheden for, at temperaturen holder sig under det givne temperaturforløb.

Anm. 3: Sandsynlighedsspændene omkring medianen er overslag beregnet på baggrund af det angivne sandsynlighedsspænd for IPCC's SSP1-1.9-scenarie i delrapporten (Working Group 1) til IPCC's sjette vurderingsrapport.

Kilder: Klimarådets beregninger på baggrund af MACICC7 og IPCC, 6th Assessment Report (Working Group 1), 2021.

### Resultaterne afhænger af de underliggende antagelser

Der ligger en række forudsætninger til grund for temperaturforløbet i figur 5.1. En af disse forudsætninger har en anden karakter end de øvrige, idet forudsætningen indebærer et etisk valg. Det drejer sig om det forudsatte skaleringsprincip, der lægges til grund, når Danmarks udledninger opskales til globalt niveau:

- **Skaleringsprincip.** I referenceforløbet opskales Danmarks udledninger på baggrund af den danske befolknings andel af den globale befolkning. Dermed illustrerer forløbet, hvad temperaturen vil blive, hvis alle lande i verden gennemsnitligt set udledte det samme som Danmark opgjort pr. indbygger. Valg af skaleringsprincip er grundlæggende et spørgsmål om etik, idet der her fx implicit lægges et etisk princip til grund om, at alle personer skal have ret til at udlede den samme mængde drivhusgasser fremadrettet.

Derudover ligger der en række andre vigtige antagelser til grund for beregningerne:

- **Drivhusgasfordeling.** Fordelingen mellem forskellige drivhusgasser baseres på *Klimastatus og -fremskrivning 2022*, den forventede effekt af politiske aftaler i 2025 og 2030, som er vedtaget efter fremskrivningen, og landbrugsaftalens udviklingsspor, således at mankoen lukkes i begge år. Derefter konvergerer gasfordelingen mod Energistyrelsens elscenarie for klimaneutralitet i 2050.
- **Skibe og fly.** Danmarks CO<sub>2</sub>-udledninger fra skibe og fly er inkluderet, selv om den internationale del af disse ikke indgår i de danske klimamål. Udledningerne antages at være reduceret til nul i 2050 på linje med Danmarks langsigtede klimamål for de territoriale udledninger.

- **Udledninger efter 2050.** Efter 2050 er det antaget, at Danmarks udledninger konvergerer til IPCC's SSP1-1.9-scenarie i år 2100. Det skyldes, at Danmark på nuværende tidspunkt ikke har nogen klimamål efter 2050. Således betragtes SSP1-1.9 som et bedste bud på dansk klimapolitik på langt sigt.
- **Udledninger i årene mellem punktmålene.** Der er antaget lineære reduktionsstier mellem målene i år 2025, 2030 og 2050. Det betyder, at det implicit antages, at udledningerne reduceres med 77,5 pct. i 2035, 85 pct. i 2040 og 92,5 pct. i 2045.

Boks 5.1 beskriver nogle af de øvrige antagelser. I de følgende beregninger af globale temperaturforløb, som præsenteres i denne analyse, vil både ovennævnte antagelser og antagelserne i boksen være gældende, hvis ikke andet er angivet. Temperaturforløbet er følsomt over for de antagelser, der lægges til grund. Det beskrives nærmere i afsnit 5.2-5.6.

### Boks 5.1 Øvrige antagelser bag de beregnede temperaturforløb

Det forudsættes, at 2025-målets nederste grænse på 50 pct. opfyldes.

CO<sub>2</sub>-udledninger fra international skibs- og luftfart er opgjort og inkluderet baseret på bunkring og tankning i Danmark. Der er taget udgangspunkt i de gennemsnitlige udledninger set over årene 2010-2019. Disse udgør knap 5 mio. ton CO<sub>2</sub>e, hvoraf lidt over halvdelen kommer fra fly. I afsnit 5.4 laves følsomhedsberegninger for, hvordan de indregnes. Klimapåvirkningen fra flyenes kondensstriber er ikke inkluderet i disse opgørelser og indgår heller ikke eksplicit i den anvendte version af MAGICC. Klimaeffekten af kondensstriberne er formentlig større end effekten af CO<sub>2</sub>, men der er stadig usikkerhed om de præcise effekter. I *Global afrapportering 2021* er de angivet til mellem 1,7 og 3 gange klimapåvirkningen fra flyenes CO<sub>2</sub>-udledning.<sup>34</sup>

I forløbene skaleres Danmarks udledninger i årene 2023-2050 op til globalt niveau. Udledningerne skaleres med den forventede danske befolkningsandel i hvert fremtidigt år.<sup>35</sup> Prognoserne for både verdens og Danmarks befolkningstal har derfor en vis betydning for resultatet. Konkret skaleres udledningerne af fossil og industriel CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> fra landbrug og skov, metan og lattergas, som udgør langt størstedelen af både Danmarks og verdens drivhusgasudledninger. Øvrige drivhusgasudledninger antages at følge IPCC's SSP1-1.9-scenarie.

I historiske år er udledningerne lig de faktiske historiske globale udledninger. MAGICC indeholder kun historiske udledninger til og med 2015, og i årene 2016-2022 er udledningerne af CO<sub>2</sub>, metan og lattergas derfor fremskrevet med væksten i de globale udledninger.<sup>36</sup> Data er opgjort til og med 2019, og væksten i årene 2020, 2021 og 2022 er derfor antaget lig den gennemsnitlige vækst i årene 2016-2019. Udledningerne i 2020 vil være påvirket af corona-pandemien, men data fra IMF indikerer, at der er tale om en kortvarig, midlertidig effekt.<sup>37</sup> På den baggrund vurderes denne antagelse at være rimelig.

Temperaturforløbene, som er vist i denne analyse, er kalibreret til IPCC's beregnede SSP1-1.9-scenarie fra IPCC's 6. vurderingsrapport, som er medianen fra en række kørsler i flere forskellige klimamodeller, hvor kørslerne er baseret på de samme antagelser. De viste temperaturforløb skal således tolkes som medianer. Kalibreringen er foretaget ved at fratække forskellen mellem det temperaturforløb, som MAGICC udregner givet udledningerne i SSP1-1.9-scenariet, og temperaturforløbet i samme scenarie i vurderingsrapporten. Dette er gjort, for at analysens resultater bedre kan sammenlignes med IPCC, idet forskellene mellem MAGICC og IPCC's samlede sæt af modeller elimineres.

I figurerne i de følgende afsnit vises medianestimatet for de forskellige temperaturforløb uden sandsynlighedsspænd. Det gør det nemmere at sammenligne forskellige forløb med hinanden. Men man skal naturligvis huske den generelle usikkerhed om forløbene, som indikeres i figur 5.1. Usikkerheden er vigtig, når man taler om det absolutte niveau for temperaturforløbene. Dog er den mindre vigtig, når man ser på forskellen mellem de forskellige forløb.

### Temperaturpåvirkningen af Danmarks klimamål er lavere end verdensgennemsnittet

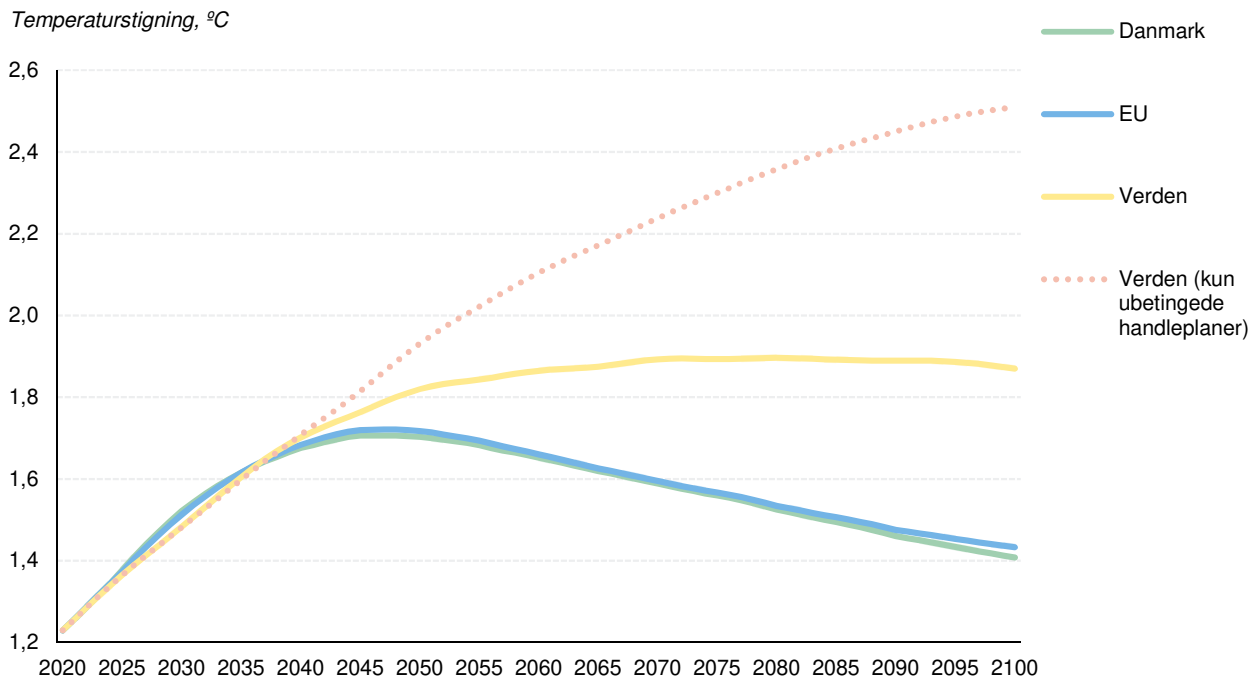
Det er interessant at sammenholde temperaturpåvirkningen af Danmarks klimamål med resten af verden. En sådan sammenligning fremgår af figur 5.2. Figuren viser referenceforløbet for Danmarks skalerede udledninger givet de nuværende klimamål (grøn kurve) samt det temperaturforløb (gul kurve), som kan forventes, hvis resten af verdens lande lever op til deres klimamål og -løfter. Figuren viser også det temperaturforløb, der følger af EU's klimamål (blå kurve). Her er EU's udledninger skaleret op til globalt niveau på baggrund af EU-befolkningens andel af den globale befolkning, ligesom de danske udledninger er opskaleret med den danske befolkningsandel i forløbet for Danmark.

Som det fremgår af figur 5.2, kan Danmarks nuværende klimamål oversættes til et globalt temperaturforløb, som er lavere end verdensgennemsnittet. Scenariet for verden indebærer, at landene opfylder deres nationale handleplaner for klimaindsatsen frem mod 2030, som landene meldte ind forud for COP27. Derudover antages, at landenes langsigtede nettonulmål og -løfter opfyldes. Som figuren viser, vil opfyldelse af målene føre til en peaktemperatur på knap 1,9 grader om cirka 50 år, hvorefter temperaturen forventes at aftage svagt frem mod år 2100. Forløbet er beregnet af Meinshausen mfl., og temperaturforløbet er en anelse højere end beregnet i den seneste Emissions Gap Report.<sup>38</sup> I løbet af COP27 er der desuden meldt nye løfter ind, som ser ud til at kunne sænke temperaturstigningen med omkring 0,1 grader sammenholdt med det forventede forløb før COP27, som figuren viser.<sup>39</sup>

Det er usikkert, om alle verdens lande vil leve op til deres mål og løfter, og derfor er temperaturestimatet på knap 1,9 grader forbundet med stor usikkerhed. Det gælder også for Danmark og dermed for temperaturforløbet forbundet med Danmarks klimamål. Den seneste Emissions Gap Report peger på, at hvis man alene medtager de seneste handleplaner og ikke medregner de mere langsigtede klimaløfter, vil verden være på vej mod en væsentlig højere temperaturstigning på mellem 2,2 og 2,4 grader, mens den seneste rapport fra UNFCCC peger i retning af 2,5 grader.<sup>40</sup> Temperaturestimatet afhænger af, om man medtager de betingede handleplaner, som landene kun vil indføre betinget på økonomisk eller teknologisk støtte fra andre lande. Den prikkede kurve i figur 5.2 viser det forventede temperaturforløb, hvis man kun medtager de ubetingede handleplaner, som beregnet af Meinshausen mfl.<sup>41</sup> Der er dog heller ingen garanti for, at temperaturen holder sig under denne tærskel, da der ikke er garantier for, at landene rent faktisk implementerer handleplanerne.

### Temperaturpåvirkningen af Danmarks klimamål er på niveau med EU-gennemsnittet

Figur 5.2 viser, at Danmark med sine klimamål ligger omtrent på niveau med EU-gennemsnittet, når man skalerer udledningerne op til globalt niveau. I scenariet for EU opfyldes EU's nuværende mål om at reducere udledningerne med 55 pct. i 2030 og om klimaneutralitet i 2050. Til grund for EU-scenariet ligger en antagelse om, at EU reducerer sine udledninger af metan og lattergas i samme tempo som Danmark. Det vil sige, at udledningerne reduceres med samme procentsats hvert år. EU's udledninger af metan og lattergas udgør en væsentligt mindre andel af EU's samlede drivhusgasudledninger, end det er tilfældet for Danmark. Det er en væsentlig del af forklaringen på, at klimaeffekten af EU's klimamål i den betragtede periode ikke er væsentlig værre end klimaeffekten af Danmarks klimamål. Opgjort i CO<sub>2</sub>-ækvivalenter er EU's udledninger pr. indbygger nemlig højere end Danmarks.



Figur 5.2 Sammenligning af Danmarks klimamål med verdens- og EU-gennemsnittet

- Anm. 1: Den grønne og den gule kurve viser den globale temperaturstigning, hvis henholdsvis Danmarks og EU's udledninger opskaleres til globalt niveau.
- Anm. 2: Figuren viser medianestimer, hvor der er 50 pct. sandsynlighed for, at den angivne temperatur bliver henholdsvis lavere eller højere.
- Anm. 3: Temperaturforløbene for verden er beregnet af Meinshausen mfl. Forløbene er baseret på landenes indmeldte nationally determined contributions (NDC'er) meldt ind forud for COP27.
- Anm. 4: Tallene for verden afviger lidt fra tallene i den seneste Emissions Gap Report, som er vist i det tilknyttede notat til denne analyse *Hovedbudskaber og konklusioner*.
- Kilder: Klimarådets beregninger på baggrund af MACIC7 og Meinshausen mfl.<sup>42</sup>

Rettesnoren for de danske klimamål bør være Parisaftalens temperaturmål og klimavidenskaben. Men sammenligningen med resten af verden kan sætte Danmarks klimamål i perspektiv og bidrage til diskussionen om, i hvilken grad Danmark kan siges at være et foregangsland på klimaområdet. Figuren giver en indikation af, at Danmarks territoriale klimamål godt kan siges at være ambitiøse i globalt perspektiv, men at Danmark i EU-sammenhæng ligger nogenlunde gennemsnitligt. Det er dog vigtigt at understrege, at vurderingen af, hvor ambitiøse klimamål er, også kan siges at handle om meget andet, som ikke kan læses ud af figuren. Fx fortæller denne type beregning ikke noget om, hvor store omkostninger til reduktionsindsatsen de forskellige lande forventes at skulle afholde for at opfylde deres klimamål. Dertil kommer, at figuren kun ser på territoriale udledninger. Det hører med til historien om Danmarks relativt lave territoriale udledninger, at udledningerne fra danskernes forbrug er cirka 50 pct. højere. Det taler imod, at Danmark samlet set er et foregangsland på klimaområdet.

### Ifølge CO<sub>2</sub>-budgetmetoden overskrider Danmark med de nuværende klimamål sit budget

Som beskrevet i kapitel 4 findes der forskellige metoder til at vurdere overensstemmelsen mellem nationale klimamål og globale temperaturmålsætninger. I analysen *Rammer for dansk klimapolitik* fra 2019 anvendte Klimarådet et CO<sub>2</sub>-budget til at vurdere Danmarks klimamål.<sup>43</sup> I analysen konkluderede Klimarådet, at 70-procentsmålet i 2030 og målet om klimaneutralitet senest i 2050 på daværende tidspunkt var i rimelig overensstemmelse med Parisaftalen. Boks 5.2 viser en opdatering af beregningen fra den analyse. I dag er resultatet, at Danmark overskrider sit CO<sub>2</sub>-budget. Det gælder uanset, om man antager samme gasfordeling som i

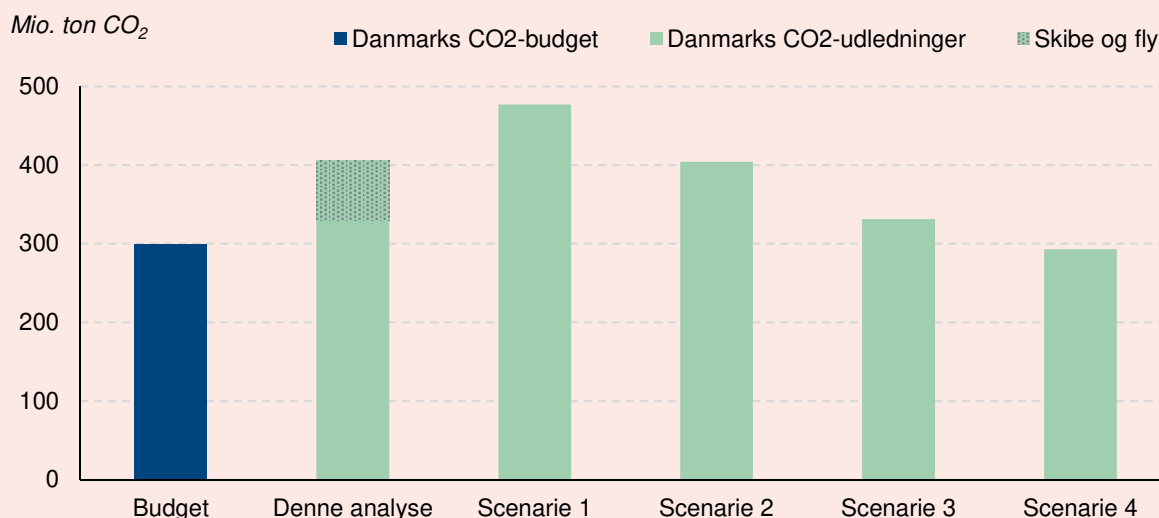
analysen fra 2019, eller man antager samme gasfordeling som i referenceforløbet for Danmarks udledninger, som anvendes i denne analyse.

## Boks 5.2 CO<sub>2</sub>-budgetberegning

I analysen *Rammer for dansk klimapolitik* fra 2019 anvendte Klimarådet et CO<sub>2</sub>-budget til at vurdere, om de danske klimamål i form af 70-procentsmålet i 2030 og målet om klimaneutralitet senest i 2050 var i overensstemmelse med Parisaftalens 1,5-gradersmål. Analysen sammenholdt de danske udledninger med IPCC's 1,5-graders budget (67-procentsfraktilen). Figur 5.3 viser en opdatering af beregningerne fra 2019, hvor der anvendes samme metode, men nye input. IPCC har opdateret sit globale budget siden Klimarådets analyse, og figuren viser det nye budget. Det betyder også, at der ses på perioden 2020-2050 i stedet for 2018-2050, da det passer med det nye budget.

Da Danmarks klimamål er defineret som en reduktion i de samlede drivhusgasudledninger, er det nødvendigt at antage, hvordan målopfyldelsen fordeles på gasser. Scenarie 1 til 4 i nedenstående figur er baseret på samme antagelser om gasfordeling som i analysen fra 2019. Således er det antaget, at CO<sub>2</sub> samlet set udgør henholdsvis 77, 65, 53 og 47 pct. af Danmarks drivhusgasudledninger i perioden. Det afspejler et spænd for gasfordelingen, hvor scenarie 1 indebærer lige store reduktioner af CO<sub>2</sub>, metan og lattergas, det vil sige 70 pct. i 2030 og 100 pct. i 2050, mens scenarie 4 lægger væsentlig større vægt på at reducere CO<sub>2</sub> frem for metan og lattergas. Således holdes metan og lattergas i dette scenarie uændret i forhold til fremskrivningen i 2030 og reduceres kun med 40 pct. i 2050.

Det antages, at 2025-målets nedre grænse på 50 pct. akkurat opfyldes, ligesom det er tilfældet i de øvrige beregninger i denne analyse. Det øger udledningerne en smule sammenlignet med analysen fra 2019, hvor der ikke var noget 2025-mål, og beregningen derfor forudsatte en lineær reduktionssti mod 2030-målet.



Figur 5.3 Danmarks CO<sub>2</sub>-udledninger i perioden 2020-2050 sammenholdt med CO<sub>2</sub>-budgettet

Anm.: Søjlen 'Denne analyse' viser de forventede akkumulerede CO<sub>2</sub>-udledninger i denne analyses referenceforløb for Danmarks udledninger under de nuværende klimamål. Scenarie 1-4 opfylder også de nuværende klimamål og anvender samme gasfordelinger som i Klimarådets analyse *Rammer for dansk klimapolitik* fra 2019. Således indebærer scenarie 1, at alle gasser reduceres med henholdsvis 70 pct. og 100 pct. i 2030 og 2050 relativt til 1990. I scenarie 2 reduceres metan og lattergas med 35 pct. i 2030 og 100 pct. i 2050, mens satserne er 35 pct. og 50 pct. i scenarie 3. I scenarie 4 holdes metan og lattergas uændret i forhold til fremskrivningen i 2030 og reduceres med 40 pct. i 2050. Scenarie 1-4 inkluderer ikke udledninger fra international skibs- og luftfart.

Kilder: Klimarådet på baggrund af IPCC, *6th Assessment Report (WG1)*, 2021.

De opdaterede beregninger viser, at Danmark kun lige akkurat holder sig inden for CO<sub>2</sub>-budgettet i et enkelt scenarie (scenarie 4). Selv i dette scenarie overskrides budgettet dog midlertidigt inden 2050 (overshoot).

Scenarie 4 er scenariet med de største udledninger af metan og lattergas af de fire scenarier. I de tre øvrige scenarier overskrides budgettet set over den samlede periode. I 2019 var konklusionen en lidt anden. Dengang var der to globale budgetter at sammenligne med, og her holdt Danmark sig inden for det høje budget i to af scenarierne, hvoraf det ene scenarie også holdt sig inden for det lave budget. På den baggrund konkluderede Klimarådet, at klimamålene på daværende tidspunkt var i rimelig overensstemmelse med Parisaftalen. I den opdaterede beregning er der kun et budget, fordi IPCC har valgt at anskue de to opgørelsesmetoder i 1,5-gradersrapporten som givende identiske resultater.

I 2019 medregnede Klimarådet ikke Danmarks andel af udledningerne fra international skibs- og luftfart. Disse udledninger er heller ikke regnet med i scenarie 1 til 4 i figur 5.3. Hvis man medregnede udledninger fra international skibs- og luftfart, ville ingen af de fire scenarier holde sig inden for budgettet. Derudover tager CO<sub>2</sub>-budgetmetoden ikke eksplicit højde for udledninger af metan og lattergas. Bidraget til opvarmningen fra metan og lattergas er væsentligt højere for Danmark, end hvad IPCC antager i de scenarier, som ligger til grund for det globale CO<sub>2</sub>-budget. Hvis man tager højde for det, vil man konkludere, at Danmark i endnu mindre grad holder sig inden for det globale 1,5-gradersbudget.

### 5.2 Skaleringsprincip

Danmarks udledninger udgør kun en lille del af verdens udledninger. For at kunne vurdere hvilken global temperatursti Danmarks udledninger kan oversættes til, er det nødvendigt at opskalere Danmarks udledninger til globalt niveau. Her kan lægges forskellige skaleringsprincipper til grund, som beror på forskellige underliggende etiske principper. Valg af skaleringsprincip har afgørende betydning for resultaterne.

#### Valg af skaleringsprincip er et spørgsmål om etik

I referenceforløbet i figur 5.1 er Danmarks udledninger opskaleret ud fra danskernes andel af den globale befolkning. Det vil sige, at forløbet illustrerer, hvad temperaturen vil blive i den hypotetiske situation, hvor alle verdens lande fremadrettet udleder det samme som Danmark opgjort pr. indbygger.

Når Danmarks udledninger skaleres med Danmarks globale befolkningsandel, ligger der implicit et etisk princip til grund. Princippet er, at alle personer i verden skal have ret til at udlede den samme mængde drivhusgasser fremadrettet. Man kan dog også lægge andre principper til grund for skaleringen. Nedenfor er oplyst en række mulige principper for skalering af Danmarks udledninger. Principperne kan kategoriseres i fire grupper, som fokuserer på henholdsvis lighed, omfordeling, omkostningseffektivitet og historiske udledninger.<sup>44</sup>

#### Lighed

Der findes en række skaleringsprincipper, som på forskellig vis baserer sig på et princip om lighed. Eksempler er:

- (1) **Samme udledninger pr. indbygger.** Princippet indebærer, at de globale udledninger fordeles ligeligt mellem alle verdens borgere. Det vil sige, at alle personer har ret til at udlede den samme absolutte mængde drivhusgasser målt territorielt. I beregningerne svarer det til, at Danmarks udledninger skaleres med den danske befolknings andel af den globale befolkning. Dette princip anvendes i referenceforløbet. Det er den oftest anvendte beregningsforudsætning i lignende analyser, men det skal dog understreges, at Klimarådet ikke tager stilling til det etisk rimelige i princippet.
- (2) **Samme relative betaling til reduktionsindsatsen.** Princippet indebærer, at alle lande reducerer netop så meget, at alle betaler det samme til reduktionsindsatsen målt i forhold til landenes velstand. Hvis man anvender BNP som mål for velstand, vil alle lande altså skulle bruge den samme andel af BNP på reduktionsindsatsen. Den relevante konkrete skalering af udledningerne vil afhænge af de enkelte landes reduktionsomkostninger. Hvis det stærkt forenklet antages, at reduktionsomkostningerne er ens overalt på kloden, vil princippet svare til samme udledningsreduktion målt i ton relativt til landets BNP. I beregningerne vil det svare til at skalere Danmarks reduktioner set i forhold til et forløb med *business-as-usual*-udledninger med dansk BNP's andel af det globale BNP.

### *Omfordeling (evne)*

Der findes forskellige skaleringsprincipper, som baserer sig på et princip om, at velstående lande skal levere relativt mere til klimaindsatsen end mindre velstående lande. Et sådan etisk princip er blandt andet at finde i Parisaftalen, som understreger, at landene skal bidrage i et omfang, der afspejler *common but differentiated responsibility and respective capabilities* (fælles men differentieret ansvar og forskellige evner).<sup>45</sup> Denne analyse anvender betegnelsen 'omfordeling' om det etiske princip, der tilsiger, at rige lande skal levere mere til klimaindsatsen, netop fordi de er rige. I nogle analyser anvendes betegnelsen 'evne', forstået som at lande med højere betalingsevne til at reducere udledningerne skal levere mere til klimaindsatsen. Der er ikke én måde af definere *common but differentiated responsibility and respective capabilities* på, og det er fx ikke givet, at principperne i kategorien *lighed* ovenfor ikke lever op til et sådan princip. Fx vil rige lande som udgangspunkt skulle levere større reduktioner end fattige lande, hvis man lægger princippet om (1) *Samme udledninger pr. indbygger* til grund. Man kan dog også justere principperne yderligere i retning af, at rige lande skal levere et større bidrag og fattige lande et mindre bidrag til klimaindsatsen. Herved fås følgende eksempler på skaleringsprincipper i kategorien *omfordeling (evne)*:

- (3) **Færre udledninger pr. indbygger i rige lande.** Princippet tilsiger, at de globale udledninger skal fordeles, så rige lande fremadrettet udleder mindre end fattige lande opgjort pr. indbygger. Den relevante skalering vil afhænge af, præcis hvor meget mindre de rige landes udledninger skal være. Dette vil bero på et konkret etisk valg om den ønskede globale fordeling. I beregningerne svarer princippet til først at skalere Danmarks udledninger med den danske befolknings andel af den globale befolkning og dernæst skalere udledningerne yderligere op med en given faktor, som afspejler den ønskede globale fordeling. Hvis man eksempelvis mener, at borgerne i resten af verden gennemsnitligt set skal have lov til at udlede dobbelt så meget som danskerne, skal de danske udledninger skaleres med en faktor to.
- (4) **Højere relativ betaling til reduktionsindsatsen i rige lande.** Princippet tilsiger, at velstående lande skal betale mere til reduktionsindsatsen end mindre velstående lande målt i forhold til landenes velstand. Hvis man anvender BNP som mål for velstand, vil rige lande altså skulle bruge en større andel af BNP på reduktionsindsatsen. Den relevante skalering afhænger både af de enkelte landes reduktionsomkostninger, samt af hvor meget mere de rige lande skal betale. Ligesom med princippet (3) *Færre udledninger pr. indbygger i rige lande* vil sidstnævnte bero på et konkret etisk valg om den ønskede globale fordeling.

### *Omkostningseffektivitet*

Skaleringsprincipper kan også have omkostningseffektivitet som pejlemærke. Princippet om omkostningseffektivitet er fx at spore i Parisaftalens artikel 6 om global handel med emissionsrettigheder, som giver mulighed for, at reduktionerne kan ske, hvor det er billigst.<sup>46</sup> Eksempler på skaleringsprincipper i denne kategori er:

- (5) **Global omkostningseffektivitet.** Princippet tilsiger, at reduktionerne bør ske dér, hvor det er billigst. En sådan fordeling af reduktioner og dermed udledninger mellem lande kan i teorien implementeres med en global afgift på drivhusgasudledninger. I en analyse af Danmarks udledninger vil den relevante skalering afhænge af både Danmarks reduktionsomkostninger og de globale reduktionsomkostninger. Ud fra dette princip bør Danmark formentlig ikke reducere sine nationale udledninger helt så meget som mange andre lande, da Danmarks marginale reduktionsomkostning må formodes at være høj relativt til verdensgennemsnittet. Bemærk, at provenuet fra den globale afgift i princippet kan fordeles mellem verdens lande ud fra politiske præferencer for den globale velstandsfordeling.
- (6) **Samme udledninger pr. BNP.** Princippet indebærer, at udledningerne fordeles, så BNP produceres med den samme udledningsintensitet på tværs af lande. I beregningerne svarer det til, at Danmarks udledninger skaleres med det danske BNP's andel af det globale BNP (bemærk, at dette adskiller sig fra princippet (2) *Samme relative betaling til reduktionsindsatsen*, hvor det var reduktionerne, der blev skaleret med BNP). Dette princip kan betragtes som en tilnærmelse til princippet om global omkostningseffektivitet. En sådan fordeling vil være omkostningseffektiv, hvis det forsimpelte antages, at det koster det samme i alle lande at reducere udledningsintensiteten i produktionen. Helt konkret skal omkostningen ved at reducere ét ton CO<sub>2</sub>e være den samme på tværs af lande for et givent niveau af udledningsintensiteten defineret som udledninger pr. BNP. Når alle lande tillades at producere med den

samme udledningsintensitet, som dette skaleringsprincip netop tilsiger, vil man da have ens marginale reduktionsomkostninger på tværs af lande og dermed en omkostningseffektiv fordeling af udledningerne mellem lande.

### *Historiske udledninger*

Når man diskuterer fordelingen af indsatsen mod klimaforandringer, er et vigtigt spørgsmål, om lande skal tage ansvar for deres historiske udledninger. Forskellige principper stiller sig forskelligt i forhold til spørgsmålet om historisk ansvar. Eksempler er:

- (7) **Ansvar for historiske udledninger.** Princippet tilsiger, at lande bør tage ansvar for deres historiske udledninger. Det vil sige, at landenes historiske udledninger bør medregnes i analyser af de fremadrettede nationale klimamål, således at lande med høje historiske udledninger kompenserer ved fremadrettet at udlede mindre. Dette princip er tæt beslægtet med princippet om omfordeling, idet velstående lande typisk også vil have høje historiske udledninger. Princippet om historisk ansvar udgør ikke et skaleringsprincip på samme måde som de øvrige nævnte principper, men er en dimension, som kan kobles sammen med ét af skaleringsprincipperne.
- (8) **Grandfathering.** Princippet tilsiger, at lande med høje nuværende eller historiske udledninger tillades at udlede mere end andre lande fremadrettet. Princippet kan begrundes med, at lande med høje udledninger har behov for tid til at omstille sig, fx fordi deres infrastruktur i høj grad er knyttet til fossile brændstoffer. Dette princip står altså i modsætning til ovenfor nævnte princip om historisk ansvar. I beregningerne kan princippet fx implementeres ved, at Danmarks udledninger skaleres med en faktor svarende til den andel af de globale udledninger, som Danmarks udledninger udgør i et givent basisår.

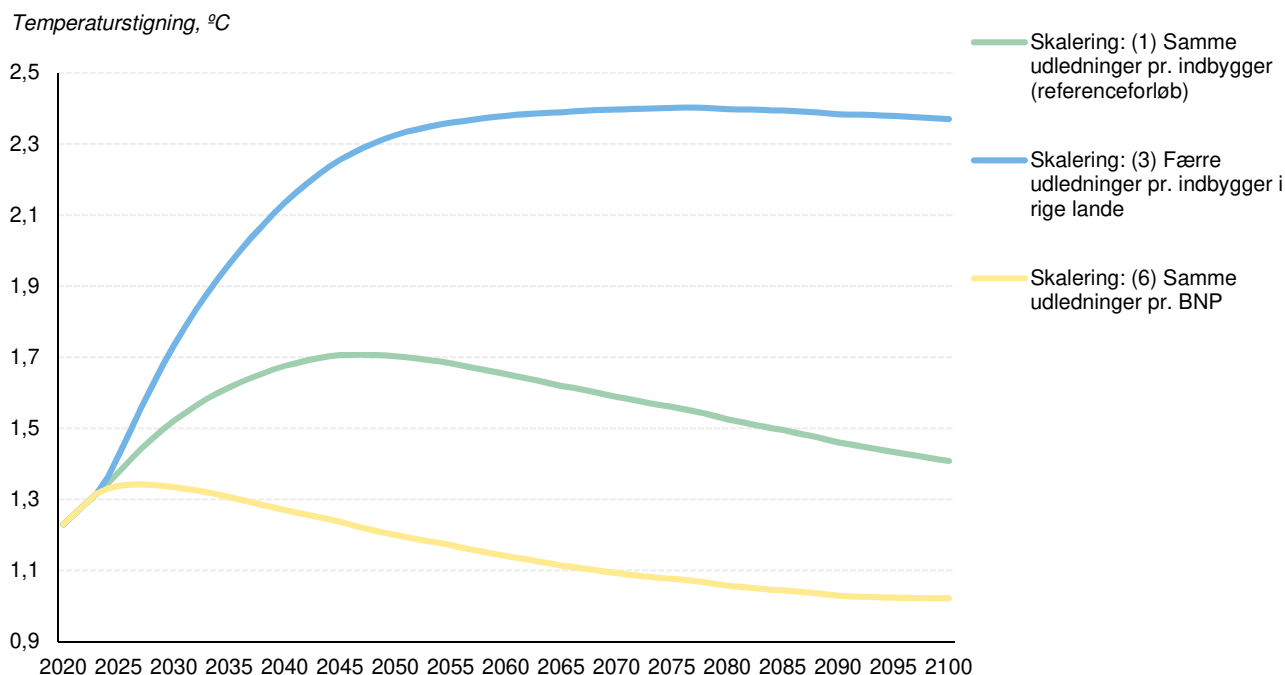
### **Skaleringsprincippet har afgørende betydning for resultatet**

Som nævnt anvender denne analyse som udgangspunkt (1) *Samme udledninger pr. indbygger* som skaleringsprincip. Men som beskrevet ovenfor kan man også anvende mange andre principper. Tag fx princippet om (6) *Samme udledninger pr. BNP*. Da Danmark er et relativt velstående land, udgør Danmarks BNP mere af verdens BNP, end Danmarks befolkning udgør af verdens befolkning. Dermed bliver Danmarks klimapåvirkning mindre, når Danmark forstørres til at dække hele verden ud fra BNP. Det viser den gule kurve i figur 5.4. Anvendes (6) *Samme udledninger pr. BNP* som skaleringsprincip, holder medianestimatet for temperaturudviklingen sig klart under 1,5 grader.

Når man anvender (6) *Samme udledninger pr. BNP* som skaleringsprincip, illustrerer det en hypotetisk verden, hvor rige lande fremadrettet tillades at udlede mere end fattige lande. Mange vil nok betragte en sådan tilgang som urimelig og i stedet argumentere for netop den modsatte tilgang. Det vil sige en tilgang, hvor de rigeste lande skal levere relativt mere til reduktionsindsatsen end de fattige lande. Det svarer til at anvende et skaleringsprincip, som sigter mod global omfordeling.

Den blå kurve i figur 5.4 illustrerer betydningen af at anvende et skaleringsprincip, der beror på et omfordelingshensyn. I figuren er anvendt princippet (3) *Færre udledninger pr. indbygger i rige lande*, og der er som eksempel lagt til grund, at den gennemsnitlige verdensborger tillades at udlede dobbelt så meget som danskerne. Sagt på en anden måde tillades danskerne kun at udlede halvt så meget som den gennemsnitlige verdensborger. Således viser kurven temperaturforløbet, som følger af et udledningsforløb, hvor Danmarks udledninger først opskaleres med Danmarks globale befolkningsandel (svarende til den grønne kurve) og dernæst skaleres yderligere med en faktor to. Dog skaleres med en halv, når udledningerne er negative. Det vil sige, at resten af verdens borgere må *udlede* dobbelt så meget som danskerne, og samtidig kun skal *optage* halvt så meget som danskerne. Hvis resten af verden har så høje udledninger, vil medianestimatet for temperaturstigningen overstige 2 grader. Det skal understreges, at kurven blot illustrerer ét ud af mange mulige forløb, som baserer sig på global omfordeling, idet kurven er helt afhængig af, hvilken grad af omfordeling, man ønsker.





Figur 5.4 Betydningen af forskellige skaleringsprincipper

Anm. 1: Figuren viser den modelberegnete globale temperaturstigning, hvis Danmarks udledninger opskales til globalt niveau ud fra forskellige skaleringsprincipper.

Anm. 2: Figuren viser medianestimer, hvor der er 50 pct. sandsynlighed for, at den angivne temperatur bliver henholdsvis lavere eller højere.

Anm. 3: Den blå kurve illustrerer et forløb, hvor resten af verden udleder dobbelt så meget som Danmark opgjort pr. indbygger. Når CO<sub>2</sub>-udledningerne er negative, er det lagt til grund, at resten af verden kun optager halvt så meget CO<sub>2</sub> som Danmark opgjort pr. indbygger.

Anm. 4: For både Danmark og verden er BNP fremskrevet med den historiske vækst i perioden 1990-2021, som udgør henholdsvis 1,7 pct. og 2,9 pct. årligt.<sup>47</sup>

Kilder: Klimarådets beregninger på baggrund af MACIC7.

### Fleere forhold taler for, at Danmark skal levere et stort bidrag til klimaindsatsen

Der er flere argumenter for, at rige lande som Danmark skal levere et større bidrag til klimaindsatsen end mange andre lande. Som nævnt understreger Parisaftalen princippet om *common but differentiated responsibility and respective capabilities* (fælles men differentieret ansvar og forskellige evner). Herudaf kan man læse to argumenter for, at rige lande skal bidrage mest til klimaindsatsen. Det ene er, at rige lande har bedre råd (evner) til at reducere udledningerne. Det andet er, at rige lande historisk har stået for størstedelen af udledningerne, og som også tidligere beskrevet kan man argumentere for, at de rige lande bør kompensere herfor ved fremadrettet at udlede mindre. Kraka har ved hjælp af CO<sub>2</sub>-budgetmetoden beregnet, at hvis Danmark skal tage ansvar for sine udledninger siden 1990, ville Danmarks CO<sub>2</sub>-budget for et 1,5-gradersmål allerede være opbrugt i 2008.<sup>48</sup> Det vil sige, at hvis alle verdens indbyggere havde udledt lige så meget som danskerne siden 1990, ville den globale temperatur allerede i dag være højere end 1,5 grader.

Der findes forskellige bud på, hvad der samlet set kan betragtes som Danmarks rimelige bidrag til den globale klimaindsats. Et metastudie af rimelighed i global klimapolitik udarbejdet af Rajamani mfl. kommer med et bud.<sup>49</sup> Med udgangspunkt i litteraturen på området estimerer studiet alle landes rimelige andel af verdens udledninger ud fra forhold som velstand og historiske indledninger. Artiklen finder, at Danmark allerede i 2030 bør have negative udledninger svarende til en reduktion på cirka 130 pct. sammenlignet med 1990, hvis vi skal reducere i overensstemmelse med vores *fair share* og bidrage til at opfylde Parisaftalens 1,5 graders mål. Dermed tildeles Danmark udledninger svarende til mindre end halvdelen af verdensgennemsnittet opgjort pr. indbygger set over

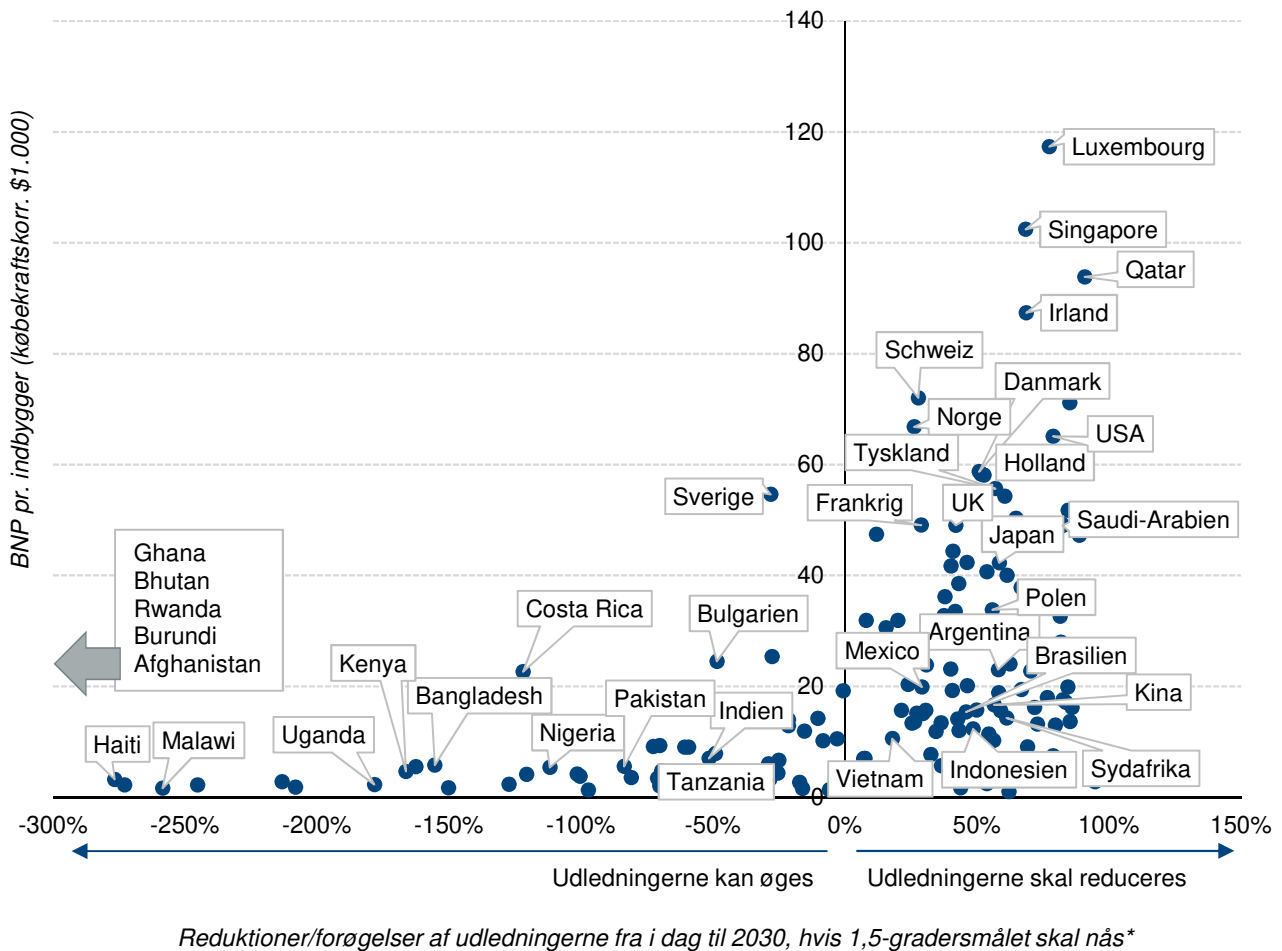
de kommende årtier. Det illustrerede skaleringsprincip i figur 5.4, som antager, at Danmark må udlede halvt så meget som verdensgennemsnittet (blå kurve) stiller derfor ikke Danmark bedre, end hvis man pålagde Danmark kun at udlede i overensstemmelse med vores *fair share*. Den blå kurve er altså et underkantsskøn for det globale temperaturforløb, som følger af at anvende Danmarks *fair share* ifølge Rajamani mfl.

### **Ens udledninger pr. indbygger strider ikke nødvendigvis imod et princip om, at rige lande skal levere mest**

Det er ikke entydigt, hvad der skal til, for at Parisaftalens princip er opfyldt. Nogle bud på Danmarks *fair share* tildeler Danmark meget få udledninger. Men man kan også godt argumentere for, at skaleringsprincippet (1) *Samme udledninger pr. indbygger* ikke nødvendigvis er i modstrid med et princip om, at Danmark skal levere relativt mere til klimaindsatsen end udviklingslande. Ovenfor er skaleringsprincippet (1) *Samme udledninger pr. indbygger* placeret i den etiske kategori *lighed*, idet skaleringsprincippet kan siges at tage udgangspunkt i dette etiske princip. Men et skaleringsprincip kan sagtens tilgodese flere etiske principper på én gang, og princippet (1) *Samme udledninger pr. indbygger* er et eksempel på det. Selvom princippet indebærer en ligelig fordeling af de fremadrettede udledninger, vil det i praksis langt hen ad vejen indebære, at rige lande vil skulle reducere deres udledninger mere end fattige lande, og nogle lande vil kunne øge deres udledninger i en periode. Det fremgår af figur 5.5, som viser sammenhængen mellem BNP pr. indbygger, og hvor meget forskellige landes udledninger vil skulle reduceres, eller alternativt kan forøges, fra i dag til 2030, hvis landets udledninger pr. indbygger i 2030 skal være på niveau med den gennemsnitlige udledning pr. verdensborger i IPCC's SSP1-1.9-scenarie.

Figuren viser, at rige lande som fx Danmark skal reducere deres udledninger, mens fattige lande som blandt andet Indien og en række afrikanske lande kan øge deres udledninger. Det vil sige, at skaleringsprincippet (1) *Samme udledninger pr. indbygger* ikke nødvendigvis er i modstrid med et omfordelingshensyn og med Parisaftalens princip om *common but differentiated responsibility and respective capabilities*.

Dog viser figuren også, at der er stor variation i velstandsniveauet blandt lande, som skal reducere deres udledninger omtrent lige meget. Fx skal Kina og Danmark reducere nogenlunde lige meget, men Kina er markant mindre velstående end Danmark. Dermed kan det betragtes som urimeligt, at Danmark og Kina skal reducere deres udledninger lige meget. Dertil kommer, at Kinas udledninger i vid udstrækning kommer fra produktion af varer, der leveres til fx Danmark. Det taler for, at Danmark leverer en indsats i forhold til at sænke de udledninger, der er relateret til danskernes forbrug, men som forekommer i andre lande.



Figur 5.5 Sammenhæng mellem udledning og velstand

- Anm. 1: \*Ud af x-aksen vises, hvor meget et land skal reducere/kan øge sine udledning pr. indbygger over perioden 2019 til 2030, hvis landets udledning pr. indbygger skal være på niveau med den gennemsnitlige udledning pr. verdensborger i IPCC's SSP1-1.9-scenarie i 2030.
- Anm. 2: BNP-data er for 2019 og er købekraftskorrigeret.
- Anm. 3: Datasættet indeholder 160 lande, for hvilke der findes både BNP- og emissionsdata. Landenavne er kun angivet for udvalgte lande.
- Kilder: Klimarådets beregninger på baggrund af Verdensbanken og Climate Watch Data<sup>50</sup>.

**Rimelighed handler i høj grad om betaling til klimainsatsen**

De illustrerede skaleringsprincipper i figur 5.4 forholder sig ikke til, hvor høje omkostninger Danmark skal afholde til reduktionsindsatsen sammenlignet med resten af verden. Når man skal vurdere, i hvilken grad et skaleringsprincip kan betragtes som rimeligt, er det også relevant at se på omkostningerne forbundet med at reducere udledningerne. Et par af principperne, som er oplyst i dette kapitel, forholder sig til omkostninger. Skaleringsprincippet (2) *Samme relative betaling til reduktionsindsatsen* indebærer eksempelvis, at alle lande skal betale det samme til reduktionsindsatsen målt i forhold til landenes BNP.

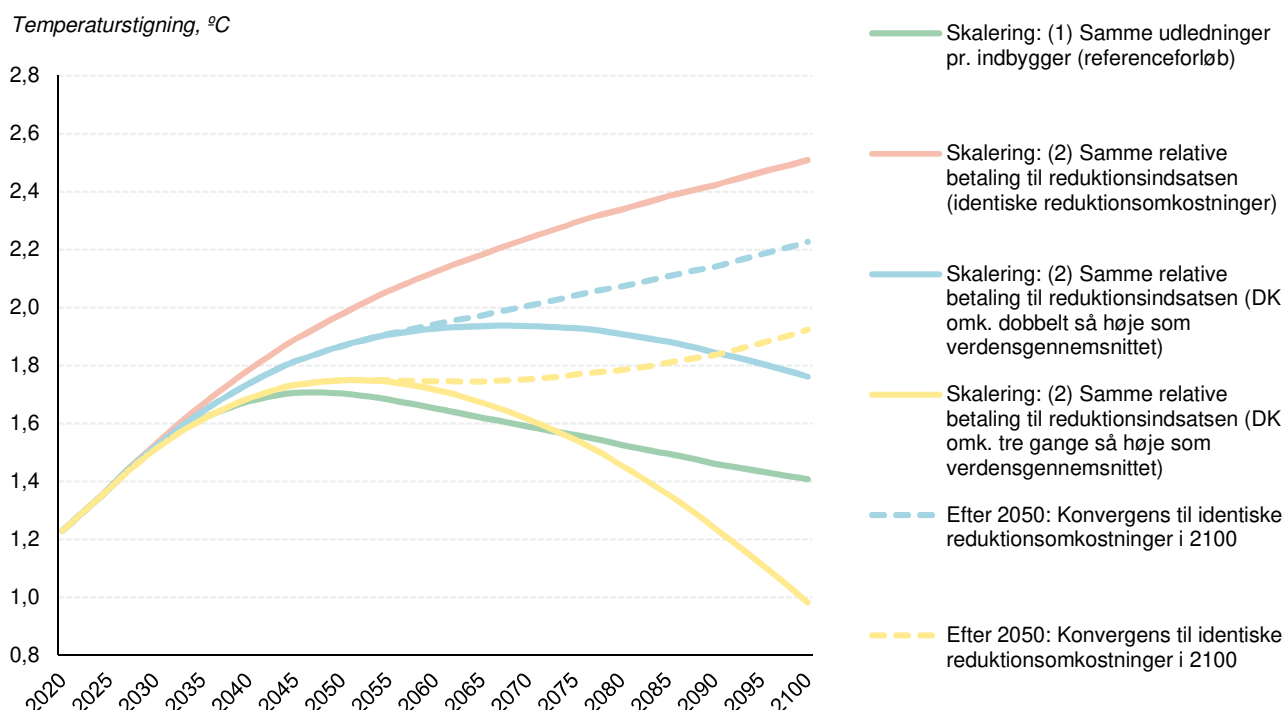
En nøjagtig implementering af skaleringsprincippet (2) *Samme relative betaling til reduktionsindsatsen* forudsætter, at man kender reduktionsomkostningerne i Danmark og i resten af verden. De er svære at opgøre, og derfor er princippet svært at regne på. I det følgende gives dog et groft overslag, som kan illustrere betydningen af princippet under givne antagelser om reduktionsomkostningerne. Hvis man som eksempel antager, at reduktionsomkostningerne er ens i alle lande, svarer princippet til, at Danmark skal have samme absolutte udledningsreduktion relativt til BNP som resten af verden. Som nævnt vil det i beregningerne svare til at skalere

Danmarks reduktioner med dansk BNP's andel af det globale BNP. Hvis reduktionsomkostningerne i Danmark er X gange højere end verdensgennemsnittet, skaleres de danske reduktioner yderligere med en faktor X.

## Resultatet af at anvende et betalingsprincip afhænger af reduktionsomkostningerne i Danmark og verden

Resultatet af at anvende skaleringsprincippet (2) *Samme relative betaling til reduktionsindsatsen* er vist i figur 5.6. Den røde kurve viser resultatet, hvis der som ovenfor skitseret antages identiske reduktionsomkostninger i Danmark og resten af verden. Figuren viser også forløb, hvor det antages, at reduktionsomkostningerne i Danmark er henholdsvis dobbelt så høje og tre gange så høje som verdensgennemsnittet (den blå og den gule kurve).

Langt ude i fremtiden er der ekstra stor usikkerhed om omkostningerne. De fuldt optrukne gule og blå kurver angiver temperaturforløbet, hvis det antages, at Danmarks reduktionsomkostninger er højere end verdensgennemsnittet helt frem til år 2100. De stiplede kurver antager i stedet, at omkostningerne efter 2050 konvergerer mod identiske reduktionsomkostninger i år 2100.



Figur 5.6 Betydningen af skaleringsprincippet (2) *Samme relative betaling til reduktionsindsatsen*

Anm. 1: Figuren viser den modelberegnete globale temperaturstigning, hvis Danmarks udledninger opskales til globalt niveau.

Anm. 2: Figuren viser medianestimer, hvor der er 50 pct. sandsynlighed for, at den angivne temperatur bliver henholdsvis lavere eller højere.

Anm. 3: Forløbene er beregnet ved for hvert fremtidigt år at opgøre Danmarks forventede reduktioner sammenlignet med et *business-as-usual*-scenarie. Her er anvendt udledningerne i 2022 som *business-as-usual*. Derefter opskales reduktionerne til globalt niveau ud fra dansk BNP's andel af verdens BNP. Hvis reduktionsomkostningerne i Danmark er X gange højere end verdensgennemsnittet, skaleres de danske reduktioner yderligere med en faktor X. De opskalede reduktioner betragtes da som reduktioner relativt til verdens udledninger i et *business-as-usual*-scenarie (2022-niveauet for de globale udledninger). På den måde kan reduktionerne omregnes til et udledningsforløb, der kan lægges ind i MAGICC.

Kilder: Klimarådets beregninger på baggrund af MACIC7.

Som det fremgår af figuren, resulterer skaleringsprincippet (2) *Samme relative betaling til reduktionsindsatsen* i et temperaturforløb, som er væsentligt højere end referenceforløbet, såfremt der antages identiske reduktionsomkostninger i Danmark og resten af verden. Det afspejler, at Danmarks absolutte reduktioner set i forhold til den danske økonomis størrelse ikke er så store, og når reduktionerne skaleres op til globalt niveau, bliver temperaturen derfor høj. Baseret på dette princip skal Danmark altså reducere sine udledninger mere end

under princippet om (1) *Samme udledninger pr. indbygger* for at opnå en given global temperaturstigning, fordi Danmarks BNP pr. indbygger er væsentligt højere end verdensgennemsnittet. En forudsætning for dette resultat er dog, at der antages identiske reduktionsomkostninger.

Danmarks nuværende udledninger er i globalt perspektiv relativt lave set i forhold til økonomiens størrelse. Det er en del af forklaringen på, at reduktionerne, som er dikteret af de danske klimamål, heller ikke bliver så høje. Når Danmarks udledninger ikke er så høje sammenholdt med det danske BNP, er det et billede på, at Danmark ikke ligner det gennemsnitlige land i verden. Derfor er antagelsen om identiske reduktionsomkostninger næppe retvisende. Der er stor usikkerhed om reduktionsomkostningerne i både Danmark og resten af verden, men omkostningerne i Danmark må formodes at være højere end verdensgennemsnittet. Såfremt Danmarks reduktionsomkostninger er tre gange så høje som verdensgennemsnittet, fås et temperaturforløb, som er tæt på referenceforløbet frem til cirka 2075. Det viser den gule kurve i figuren. Det vil sige, at hvis Danmarks reduktionsomkostninger er tre gange så høje som verdensgennemsnittet, vil skaleringsprincippet (2) *Samme relative betaling til reduktionsindsatsen* og princippet (1) *Samme udledninger pr. indbygger* lede til omtrent samme resultat.

### **Omkostningseffektivitet kan tilsige, at Danmark bidrager til reduktionsindsatsen i andre lande**

Figur 5.6 siger umiddelbart ikke noget om *omkostningseffektivitet*. Såfremt reduktionsomkostningerne er identiske i Danmark og verden (svarende til den røde kurve i figur 5.6), er det ud fra et princip om omkostningseffektivitet underordnet, hvor reduktionerne finder sted. Men så snart omkostningerne er forskellige, tilsiger princippet om omkostningseffektivitet, at udledningerne skal reduceres i de lande, hvor det er billigst. Ud fra et princip om omkostningseffektivitet vil det således ikke være hensigtsmæssigt, at Danmark bruger ressourcer på at reducere sine territoriale udledninger, hvis der findes billigere reduktioner andre steder. I stedet for at bruge pengene på dyre reduktioner herhjemme bør Danmark ud fra dette princip bidrage til reduktionsindsatsen i andre lande. Målopfyldelse behøver altså ikke nødvendigvis at ske nationalt. Præmissen er dog, at reduktionerne skal være additionelle, hvilket i praksis har vist sig mere end svært at dokumentere.

Der er flere gode argumenter for, at Danmark skal levere mere til klimaindsatsen end mange andre lande. Det understreger Parisaftalen også. Det er imidlertid ikke åbenlyst, i hvor høj grad Danmark skal levere sit bidrag gennem reduktioner af de territoriale udledninger. Ud fra en betragtning om omkostningseffektivitet, vil det formentlig være hensigtsmæssigt, at Danmark i højere grad bidrager til reduktioner i andre lande. Men såfremt Danmark ønsker at være et foregangsland og vise vejen for andre lande, og set i lyset af udfordringerne med at skabe effektive internationale markeder for klimakreditter, der kan dokumentere realiserede reduktioner, er det næppe hensigtsmæssigt at basere sin klimapolitik overvejende på reduktioner i udlandet som erstatning for nationale reduktioner.

### **5.3 Fordeling af drivhusgasser**

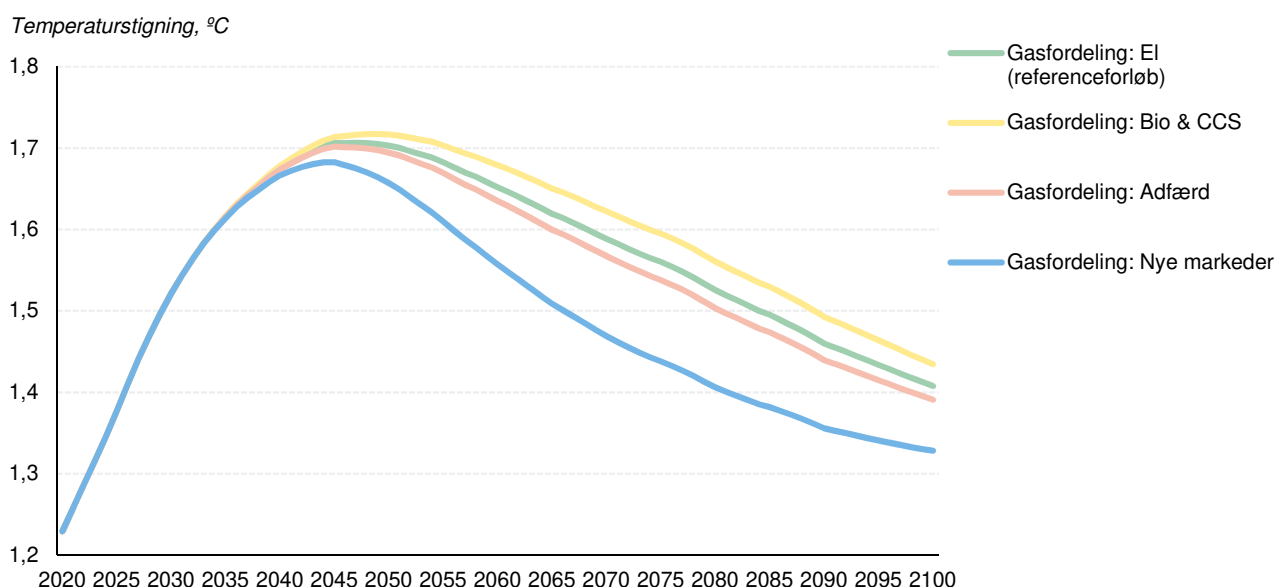
Danmarks klimamål er defineret som en reduktion i Danmarks samlede udledning af drivhusgasser. Det vil sige, at målene ikke fortæller, hvordan de forskellige drivhusgasser hver især skal reduceres. Som beskrevet i kapitel 4 har de forskellige drivhusgasser imidlertid forskellige egenskaber, og derfor har det stor betydning for temperaturen, hvordan reduktionsindsatsen fordeles på gasser. Gasfordelingen er altså endnu en vigtig antagelse, der påvirker det globale temperaturforløb, som Danmarks klimamål bidrager til.

#### **Reduktionsindsatsens fordeling på gasser har stor betydning for temperaturen**

Figur 5.7 viser betydningen af gasfordelingen. I alle figurens forløb er det antaget, at Danmark lige akkurat opfylder sine nuværende klimamål i 2025, 2030 og 2050, og Danmarks udledninger er skaleret op til globalt niveau. Gasfordelingen i 2025 og 2030 er den samme på tværs af forløbene, baseret på *Klimastatus og -fremskrivning 2022*, de seneste vedtagne politiske aftaler og landbrugsaftalens udviklingsspor. Frem mod 2030 er der altså en rimelig klar forventning til, hvordan klimapolitikken materialiserer sig i reduktioner af de enkelte gasser. Det gør sig ikke på samme måde gældende efter 2030, og derfor er gasfordelingen i 2050 forskellig på tværs af forløbene i figuren. Fordelingen følger henholdsvis Energistyrelsens elscenarie, adfærdsscenario, bio & CCS-scenarie og scenariet 'nye markeder'. Tabel 5.1 viser gasfordelingen i 2050 i de fire forløb (ikke skaleret til globalt niveau). Gasserne konvergerer i beregningerne mod denne fordeling i perioden 2031-2050. Efter 2050

konvergerer gasfordelingen i alle fire forløb til IPCC's SSP1-1.9-scenarie, da dette scenarie som nævnt i afsnit 5.1 betragtes som et bedste bud på dansk klimapolitik på langt sigt. Dermed har alle forløb samme gasfordeling i 2100.

Som det fremgår af tabel 5.1., lægger scenariet 'nye markeder' stor vægt på at reducere metan og lattergas, mens bio & CCS-scenariet lægger stor vægt på at reducere CO<sub>2</sub>. Således viser figur 5.7, at jo større vægt Danmark lægger på at reducere metan og lattergas, jo lavere bliver temperaturen i den betragtede tidsperiode, når Danmarks udledninger opskales til globalt niveau. Det skal understreges, at alle de illustrerede forløb er forbundet med stor usikkerhed, som illustreret i figur 5.1. Det er vigtigt at huske, når man taler om niveauet for temperaturen, men mindre vigtigt i sammenligningen af de forskellige forløb.



Figur 5.7 Betydningen af fordelingen af reduktionsindsatsen på gasser

Anm. 1: Figuren viser den modelberegne globale temperaturstigning, hvis Danmarks udledninger opskales til globalt niveau.

Anm. 2: Figuren viser medianestimer, hvor der er 50 pct. sandsynlighed for, at den angivne temperatur bliver henholdsvis lavere eller højere.

Kilde: Klimarådets beregninger på baggrund af MACICCC7.

Tabel 5.1 Gasfordeling i 2050 i Energistyrelsens fire scenarier

Mio. ton CO <sub>2</sub> e	Bio & CCS	EI	Adfærd	Nye markeder
CO <sub>2</sub>	-8,1	-6,8	-6,0	-2,7
Metan	5,0	4,2	3,8	1,7
Lattergas	3,0	2,5	2,2	0,9
I alt	0	0	0	0

Anm.: På grund af afrunding summerer tallene ikke nødvendigvis til totalen.

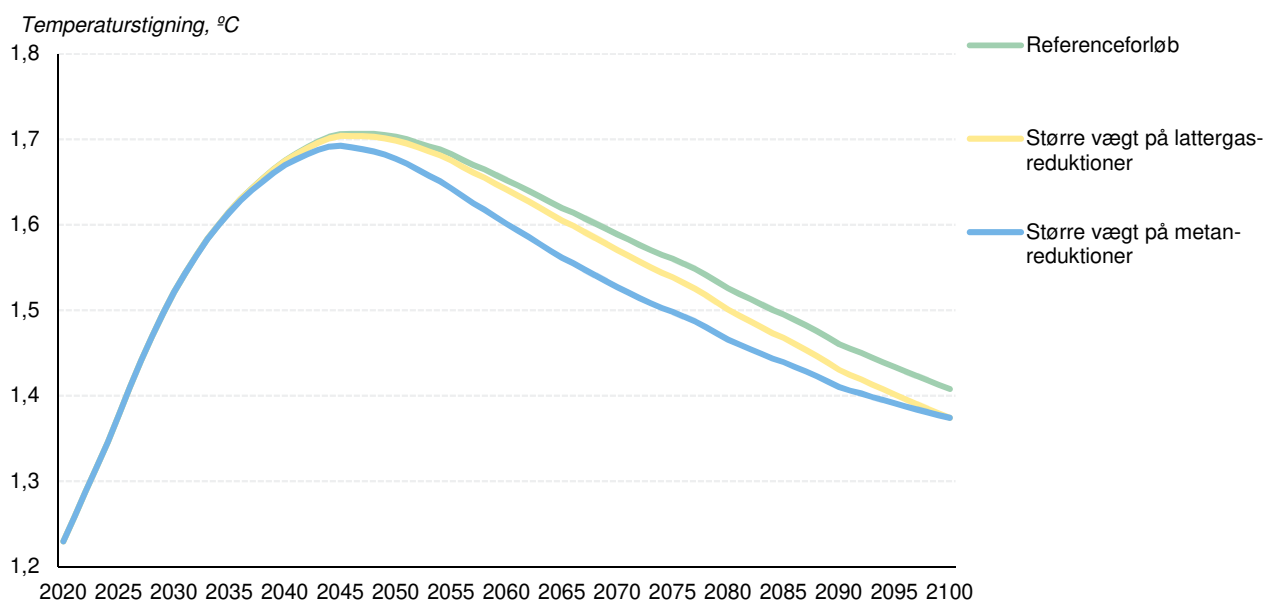
Kilde: Energistyrelsen, *Resultater for KP22-scenarier, 2022*.

### Metan er vigtig på den korte bane og lattergas på den mellemlange bane

Figur 5.7 viser, at jo mere reduktionsindsatsen fokuserer på metan og lattergas, jo lavere bliver temperaturen i dette århundrede, når Danmarks udledninger skaleres op til globalt niveau. De to gasser påvirker dog temperaturen forskelligt. Det fremgår af figur 5.8, som viser referenceforløbet samt to alternative forløb, hvor udledningerne opgjort i CO<sub>2</sub>e er de samme som i referenceforløbet, men hvor der lægges større vægt på henholdsvis metan- og lattergasreduktioner end i referenceforløbet. Således viser den gule kurve (*Større vægt på lattergasreduktioner*) et forløb, hvor lattergasudledningerne i perioden 2031-2050 reduceres, mens CO<sub>2</sub>-

udledningerne øges tilsvarende. Konkret reduceres lattergasudledningerne, så de følger niveauet af lattergas i scenariet 'nye markeder' i 2050. Den blå kurve (*Større vægt på metanreduktioner*) viser et forløb, hvor metanudledningerne i stedet reduceres, mens CO<sub>2</sub>-udledningerne hæves tilsvarende. Metanudledningerne reduceres med samme mængde opgjort i CO<sub>2</sub>e, som lattergas reduceres i forløbet *Større vægt på lattergasreduktioner*, så forløbene er sammenlignelige.

Figuren viser, at det især er fordelingen af metanudledninger relativt til de øvrige udledninger, der har betydning for temperaturforløbet på den korte bane. Det skyldes, at både lattergas og CO<sub>2</sub> har betydeligt længere levetider i atmosfæren end metan. På den mellemlange bane har både metan og lattergas større betydning, end hvad deres CO<sub>2</sub>e-omregning tilsiger.



Figur 5.8 Betydningen af metan og lattergas

Anm. 1: Figuren viser den modelberegne globale temperaturstigning, hvis Danmarks udledninger opskaleres til globalt niveau.

Anm. 2: Figuren viser medianestimer, hvor der er 50 pct. sandsynlighed for, at den angivne temperatur bliver henholdsvis lavere eller højere.

Kilder: Klimarådets beregninger på baggrund af MACIC7.

Figur 5.8 understreger, at metanudledninger har stor påvirkning på temperaturen i årene lige efter udledningerne forekommer. Således kan lavere metanudledninger efter 2030 reducere peaktemperaturen en smule og temperaturen i årene lige efter, temperaturen topper, betydeligt. I forløbet *Større vægt på metanreduktioner* i figur 5.8 sker metanreduktionerne lidt for sent til for alvor at påvirke selve peaktemperaturen. Hvis metanudledningerne reduceres tidligere, er det muligt at påvirke peaktemperaturen mere. Det beskrives nærmere i kapitel 6.

Efter 2100 har CO<sub>2</sub> udledt i dag en større opvarmningseffekt end de andre gasser. Derfor vil den grønne kurve muligvis krydse de andre kurver længere ude i fremtiden. Hvorvidt et større fokus på CO<sub>2</sub>-reduktioner rent faktisk vil resultere i en lavere temperatur på den lange bane, vil dog blandt andet afhænge af, om temperaturstigninger på den korte bane udløser tipping points, der får opvarmningen til at accelerere, som beskrevet i kapitel 3. Hvis det er tilfældet, er det ikke sikkert, at et større fokus på CO<sub>2</sub>-reduktioner i dag vil sænke temperaturen på den længere bane.

## 5.4 International skibs- og luftfart

### Udledninger fra skibe og fly bør regnes med

Udledninger fra international skibs- og luftfart indgår ikke i Danmarks territoriale udledninger, som de danske klimamål vedrører. I *Statusrapport 2022* argumenterer Klimarådet imidlertid for, at Danmark i planlægningen af klimaindsatsen frem mod 2050 bør tage højde for Danmarks andel af udledningerne fra international skibs- og luftfart.<sup>51</sup>

Beregningerne i denne analyse medtager Danmarks udledninger fra international skibs- og luftfart som beskrevet i boks 5.1. Det er vigtigt, at man regner disse udledninger med, da de ellers ville komme til at mangle i regnestykket. Det skyldes, at udledningerne ikke tæller med i nogen andre landes territoriale udledninger, i modsætning til fx udledninger fra udenlandsk producerede varer, som Danmark importerer. Antagelser om udviklingen i udledningerne fra skibe og fly har stor betydning for resultatet.

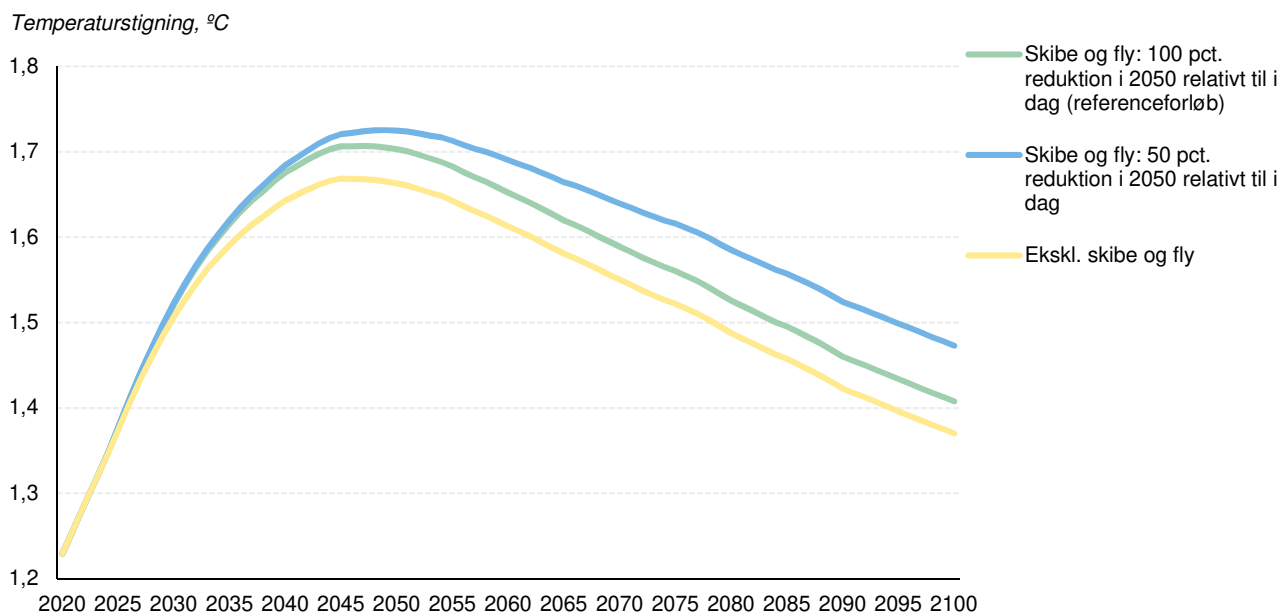
### Udledninger fra skibe og fly står for en betydelig del af klimapåvirkningen

På nuværende tidspunkt har Danmark ikke særskilte mål for udledningerne fra international skibs- og luftfart. Derfor er det nødvendigt at gøre antagelser om, hvordan udledningerne udvikler sig fremadrettet, for at de kan tages med i regnestykket. Der findes i dag internationale målsætninger for udledningerne. Således har International Maritime Organization (IMO) et mål om, at verdens udledninger fra skibstransporten skal reduceres med 50 pct. i 2050 relativt til 2008, og International Civil Aviation Organization (ICAO) har en målsætning om, at flytransporten skal være CO<sub>2</sub>-neutral i 2050.<sup>52</sup> Danmark kan dog vælge at sætte mere ambitiøse mål for den del af disse udledninger, som vi har kontrol over.

Antagelsen om Danmarks fremtidige udledninger fra internationale skibe og fly har væsentlig betydning for det beregnede temperaturforløb, som Danmarks udledninger kan oversættes til, når udledningerne forstørres til global størrelse. I referenceforløbet er der lagt til grund, at udledningerne fra skibe og fly reduceres med 100 pct. i 2050 relativt til i dag. I et sådant forløb vil skibe og fly stå for omkring 0,04 grader af peaktemperaturen i medianestimatet. Det ses ved at sammenligne den grønne kurve i figur 5.9 med den gule kurve, som viser temperaturen som følge af et udledningsforløb, hvor udledninger fra skibe og fly ikke er talt med.

Man kan også lægge et mindre ambitiøst forløb for udledningerne fra skibe og fly til grund. Hvis man fx antager, at de samlede CO<sub>2</sub>-udledninger fra Danmarks andel af den internationale skibs- og luftfart kun reduceres med 50 pct. i stedet for 100 pct. i 2050, får man et noget højere temperaturforløb, når Danmarks udledninger skaleres til globalt niveau. Det viser den blå kurve i figur 5.9. I forløbet vil skibe og fly stå for 0,06 grader af peaktemperaturen og godt 0,1 grader i år 2100.





Figur 5.9 Betydningen af CO<sub>2</sub>-udledninger fra international skibs- og luftfart

Anm. 1: Figuren viser den modelberegnete globale temperaturstigning, hvis Danmarks udledninger opskaleres til globalt niveau.

Anm. 2: Figuren viser medianestimater, hvor der er 50 pct. sandsynlighed for, at den angivne temperatur bliver henholdsvis lavere eller højere.

Kilder: Klimarådets beregninger på baggrund af MACICCC7.

Figur 5.9 understreger, at det har stor betydning for Danmarks klimapåvirkning, at Danmark ikke kun reducerer sine territoriale udledninger, men også arbejder på at sænke sin andel af udledningerne fra international skibs- og luftfart.

### Udledninger fra international skibs- og luftfart kan opgøres på flere måder

Der er flere måder at opgøre udledningerne fra international skibs- og luftfart på. I dette notat medtages udledningerne forbundet med køb af brændstof i Danmark (bunkring). En anden mulighed er at opgøre udledningerne fra alle danskopererede skibe og fly i udlandet. Udledningerne herfra er ganske betydelige, særligt fra skibe. Det er vanskeligt at opgøre udledningerne på en måde, som nøjagtigt afspejler Danmarks forbrug af skibs- og luftfartsydelsler. I *Statusrapport 2022* har Klimarådet imidlertid foreslået, at man med fordel kan opgøre udledningerne baseret på bunkring, indtil der er udviklet en bedre opgørelsesmetode.

## 5.5 Udledninger efter 2050

Danmark har på nuværende tidspunkt fastsat klimamål frem til 2050. I beregningerne er det derfor nødvendigt at antage et forløb for udledningerne efter 2050. Denne antagelse har stor betydning for resultaterne på den lange bane.

### Referenceforløbet antager faldende udledninger efter 2050

I referenceforløbet antages, at Danmarks udledninger efter 2050 konvergerer til IPCC's SSP1-1.9-scenarie. Det vil sige, at der for hver gas trækkes en ret linje mellem Danmarks skalerede udledning i 2050 og udledningen i SSP1-1.9 i 2100, således at den skalerede udledning af hver gas er lig udledningen af samme gas i SSP1-1.9 i 2100. Det giver et svagt fald i Danmarks drivhusgasudledninger i perioden 2050-2100. På denne måde betragtes SSP1-1.9 som et bedste bud på dansk klimapolitik på langt sigt. Anvendelsen af et 'bedste bud' på klimapolitikken på langt sigt giver en realistisk ramme for at vurdere de længerevarende effekter af de danske klimamål i perioden 2025 til 2050. Alternativt kan man antage, at udledningerne efter 2050 holdes konstante. Dette er dog som udgangspunkt ikke et realistisk bud på klimapolitikken, der i lyset af det vedvarende behov for klimahandling må forventes at

blive fortsat mere ambitiøs over tid. Men det er stadig interessant at undersøge, hvad et forløb med uændrede udledninger vil betyde. Tabel 5.2 viser Danmarks udledninger af de forskellige gasser i 2050 og 2100 under de to antagelser.

Tabel 5.2 Danmarks udledninger i 2050 og 2100 under forskellige antagelser (ikke skaleret til globalt niveau)

Mio. ton CO <sub>2</sub> e	Konvergens til SSP1-1.9 (referenceforløb)		Konstante udledninger efter 2050	
	2050	2100	2050	2100
CO <sub>2</sub>	-6,8	-8,7	-6,8	-6,8
Metan	4,2	2,0	4,2	4,2
Lattergas	2,5	1,4	2,5	2,5
I alt	0	-5,3	0	0

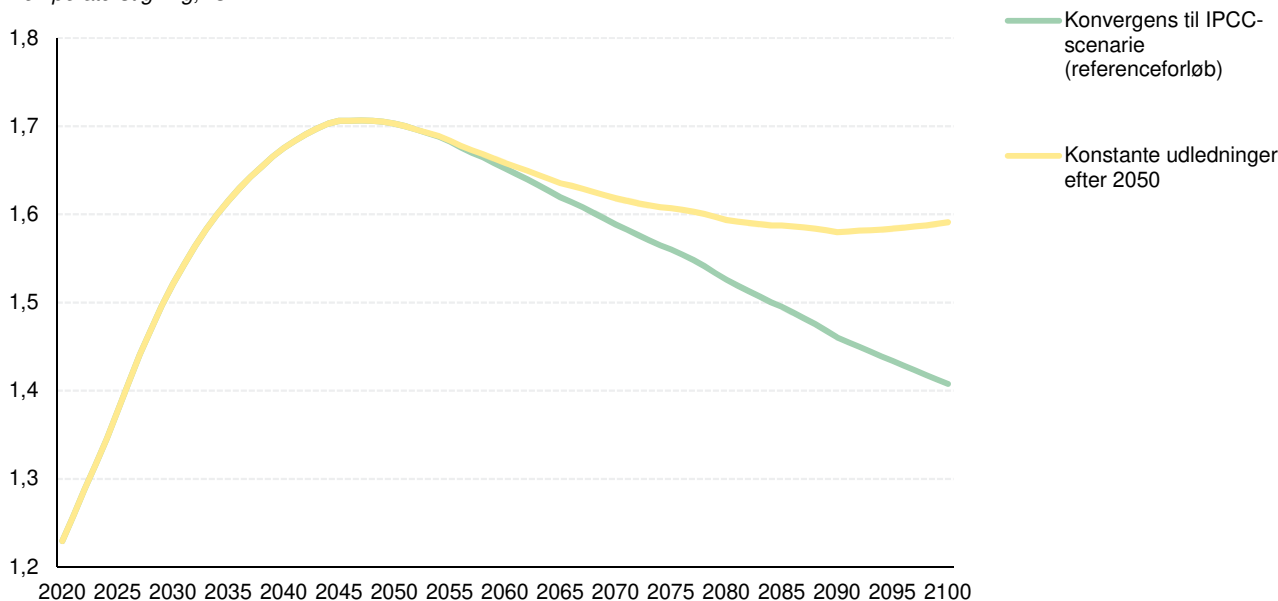
Anm.: På grund af afrunding summerer alle tal ikke præcist til totalen.

Kilde: Klimarådet.

### Tilbagevendende til 1,5 grader i slutningen af århundredet kræver fortsatte reduktioner efter 2050

Figur 5.10 illustrerer temperaturforløbet, hvis Danmarks udledninger holdes konstant efter 2050. I det tilfælde vil temperaturstigningen, som følger af at opskalere Danmarks udledninger til globalt niveau, ikke nå under 1,5 grader i 2100. Derimod vil temperaturstigningen ligge på omkring 1,6 grader i medianestimatet. Som det fremgår af figuren, udviser temperaturen en svagt stigende tendens i slutningen af århundredet. Det afspejler en stigende koncentration af lattergas i atmosfæren. Samtidig falder koncentrationen af CO<sub>2</sub>, idet udledningerne heraf er negative, men stigningen i koncentration af lattergas mere end opvejer dette fald. Koncentrationen af metan er omtrent konstant i årene frem mod 2100, og metan bidrager derfor hverken positivt eller negativt til den videre temperaturudvikling.

Temperaturstigning, °C



Figur 5.10 Betydningen af konvergens til IPCC's SSP1-1.9-scenarie

Anm. 1: Figuren viser den modelberegnete globale temperaturstigning, hvis Danmarks udledninger opskales til globalt niveau.

Anm. 2: Figuren viser medianestimer, hvor der er 50 pct. sandsynlighed for, at den angivne temperatur bliver henholdsvis lavere eller højere.

Kilder: Klimarådets beregninger på baggrund af MACICCC7.

Figur 5.10 fortæller, at Danmark skal reducere udledningerne yderligere efter 2050, hvis Danmarks udledninger skal kunne oversættes til et mediantemperaturforløb, hvor temperaturstigningen når under 1,5 grader i 2100. Det vil sige, at vi efter 2050 skal have nettonegative CO<sub>2</sub>e-udledninger. Som tidligere beskrevet, er det dog ikke bare de samlede reduktioner opgjort i CO<sub>2</sub>-ækvivalenter, men også gasfordelingen, som er bestemmende for klimapåvirkningen. Figur 5.8 viser, at metanudledninger er særligt vigtige, når man betragter en kort tidshorisont, mens lattergas også har betydning på den mellemlange bane. Figur 5.10 understreger lattergassens væsentlige betydning på den lidt længere bane. Det skal understreges, at de illustrerede temperaturforløb er forbundet med stor usikkerhed. Der er derfor en vis risiko for, at temperaturen i referenceforløbet heller ikke når under 1,5 grader.

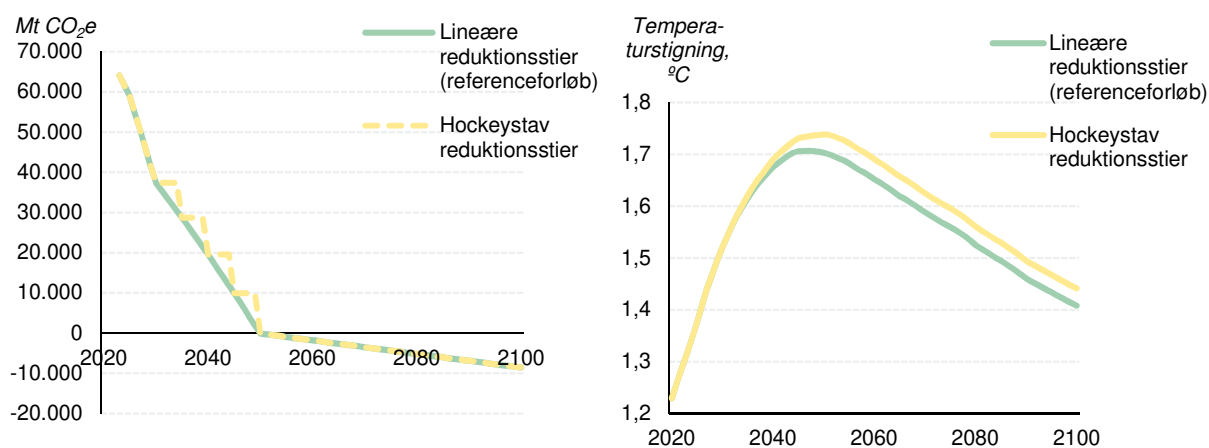
## 5.6 Udledninger i årene mellem målene

Den danske klimalov tilsiger, at Danmark skal have et klimamål for hvert femte år. Det vil sige, at der er år imellem disse punktmål, hvor udledningerne formelt set ikke er begrænsede af klimamål. Det har betydning for temperaturpåvirkningen, hvad man antager om udledningerne i disse år.

### Betydningen af reduktioner i årene mellem punktmålene må ikke glemmes

I referenceforløbet er det antaget, at Danmarks nuværende klimamål i 2025, 2030 og 2050 opfyldes, og der er antaget lineære reduktionsstier mellem punktmålene. Temperaturen påvirkes af udledninger i alle år, og derfor har det naturligvis betydning, hvor meget udledningerne reduceres i årene mellem punktmålene.

Figur 5.11 viser betydningen af at reducere udledningerne løbende i årene mellem punktmålene. En tilgang, hvor man ikke reducerer udledningerne løbende, betegnes populært 'hockeystaven'. Med en sådan tilgang vil de samlede akkumulerede udledninger og dermed også temperaturpåvirkningen blive højere. Den gule stiplede kurve i figuren til venstre viser de samlede skalerede udledninger, og den gule kurve i figuren til højre viser temperaturstigningen i et hockeystavsforløb. I dette forløb opfyldes punktmål i årene 2035, 2040 og 2045, som er fastlagt på baggrund af en lineær sti mellem 2030 og 2050, men imellem hvert af de femårige punktmål reduceres udledningerne ikke. En sådan tilgang vil øge den maksimale temperaturstigning, der følger af de skalerede udledninger, med 0,03 grader i medianforløbet.



Figur 5.11 Betydningen af reduktioner mellem mållårene

- Anm. 1: Figuren viser den modelberegne globale temperaturstigning, hvis Danmarks udledninger opskales til globalt niveau.
- Anm. 2: Figuren viser medianestimer, hvor der er 50 pct. sandsynlighed for, at den angivne temperatur bliver henholdsvis lavere eller højere.
- Anm. 3: I årene mellem 2025 og 2030 forventer den seneste klimafremskrivning en løbende reduktion af udledningerne som følge af den vedtagne politik, og derfor er der ikke indlagt en 'hockeystav' her. Efter 2050 har Danmark ingen klimamål på nuværende tidspunkt, og derfor er udledningerne i denne periode blot antaget at være lig udledningerne i referenceforløbet.
- Kilde: Klimarådets beregninger på baggrund af MACICC7.

De nuværende danske klimamål er defineret som treårige gennemsnit. Fx er 2030-målet reelt et mål for gennemsnittet af udledningerne i 2029, 2030 og 2031. En sådan tilgang forhindrer i praksis en så ekstrem hockeystavtilgang, som det er forudsat i figuren. Det kan derfor være hensigtsmæssigt også at definere fremtidige mål som treårige gennemsnit. Alternativt kan målene defineres som budgetmål i stedet for punktmål. Med budgetmål vil alle år være dækket af en målsætning frem for kun tre ud fem, som det er tilfældet med den nuværende struktur med punktmål hvert femte år, der opgøres som treårige gennemsnit.

Hockeystavsforløbet i figur 5.10 antager, at klimamålene i 2035, 2040 og 2045 ligger på en lineær reduktionssti mellem de nuværende mål i 2030 og 2050. Kun i årene mellem disse femårige punktmål følger reduktionerne en 'hockeystav'. Men selve de femårige punktmål kan også fastsættes på forskellig vis, så der fås en mere eller mindre hockeystavslignende reduktionssti mellem 2030 og 2050. Det vil naturligvis også have stor betydning for temperaturforløbet. Betydningen af de kommende klimamål undersøges i kapitel 6.

## Forskellige antagelser påvirker temperaturforløbet på forskellig vis

Dette kapitel har beskrevet vigtige antagelser om forløbet for Danmarks udledninger samt skaleringen af udledningerne, og hvordan antagelserne påvirker det beregnede globale temperaturforløb. Tabel 5.3 opsummerer centrale resultater for forløbene, som er blevet præsenteret i kapitlet. Som det fremgår af tabellen, påvirker antagelserne og den måde, man vælger at opfylde målene på, forskellige aspekter af temperaturforløbet. Gasfordelingen har eksempelvis stor betydning for, hvornår temperaturen kommer tilbage under 1,5 grader. Forløbet for udledningerne efter 2050 har stor betydning for temperaturen i år 2100, mens valg af skaleringsprincip har en afgørende betydning for hele temperaturforløbet.

Tabel 5.3 Oversigt over forløb med forskellige forudsætninger

Forløb	Peak-temperaturstigning	Temperaturstigning i år 2100	Gennemsnitlig temperaturstigning i år 2023-2100	Peakår	År hvor temperaturstigningen kommer tilbage under 1,5 °C
Referenceforløb (median)	1,71	1,41	1,57	2047	2085
Referenceforløb (83 pct. fraktil)	1,93	1,64	1,77	2050	Over 1,5 grader i 2100
Referenceforløb (67 pct. fraktil)	1,80	1,51	1,65	2048	Over 1,5 grader i 2100
Referenceforløb (33 pct. fraktil)	1,61	1,30	1,46	2045	2068
Referenceforløb (17 pct. fraktil)	1,50	1,17	1,35	2045	Under 1,5 grader i alle år
<b>Skaleringsprincip*</b>					
Samme udledninger pr. BNP	1,34	1,02	1,16	2027	Under 1,5 grader i alle år
Færre udledninger pr. indbygger i rige lande	2,40	2,37	2,23	2077	Over 1,5 grader i 2100
Samme relative betaling til reduktionsindsatsen (identiske reduktionsomkostninger)**	Efter 2100	2,51	2,07	Efter 2100	Over 1,5 grader i 2100
Samme relative betaling til reduktionsindsatsen (DK omk. dobbelt så høje som verdensgennemsnittet)	1,94	1,76	1,80	2067	Over 1,5 grader i 2100
Samme relative betaling til reduktionsindsatsen (DK omk.	1,75	0,98	1,52	2051	2078

tre gange så høje som verdensgennemsnittet)

## Øvrige antagelser\*

Gasfordeling: Nye markeder	1,68	1,33	1,50	2044	2067
Gasfordeling: Adfærd	1,70	1,39	1,55	2045	2081
Gasfordeling: Bio & CCS	1,72	1,43	1,59	2049	2090
Større vægt på metanreduktioner	1,69	1,37	1,53	2045	2075
Større vægt på lattergasreduktioner	1,70	1,37	1,55	2045	2081
Skibe og fly: 50 pct. reduktion i 2050 relativt til i dag	1,73	1,47	1,60	2049	2095
Ekskl. skibe og fly	1,67	1,37	1,53	2045	2079
Konstante udledninger efter 2050	1,71	1,59	1,61	2047	Over 1,5 grader i 2100
Hockeystav reduktionsstier	1,74	1,44	1,60	2050	2090

Anm. 1: Fraktilerne i referenceforløbet er et overslag beregnet på baggrund af det angivne sandsynlighedsspænd for IPCC's SSP1-1.9-scenarie i delrapporten (Working Group 1) til IPCC's sjette vurderingsrapport (AR6).

Anm. 2: \*Tallene vedrører medianestimer af temperaturforløbene.

Anm. 3: \*\*Temperaturforløbet stiger støt frem mod 2100, men hvis trenden i udledningsforløbet forlænges efter 2100, vil temperaturen i MAGICC på et tidspunkt falde igen.

Kilde: Klimarådets beregninger på baggrund af MACICC7.

## 6 Klimamålet i 2035 og revidering af nuværende mål

Kapitel 5 tager udgangspunkt i Danmarks nuværende klimamål for 2025, 2030 og 2050. Disse mål kan oversættes til et temperaturforløb, hvor temperaturen forventes at overstige 1,5 grader i en lang periode, hvis man opskalerer Danmarks udledninger til globalt niveau. Dette kapitel undersøger, hvordan 2035-målet og eventuelle ændringer af de nuværende mål kan bidrage til at mindske Danmarks temperaturpåvirkning.

### 6.1 Nye klimamål

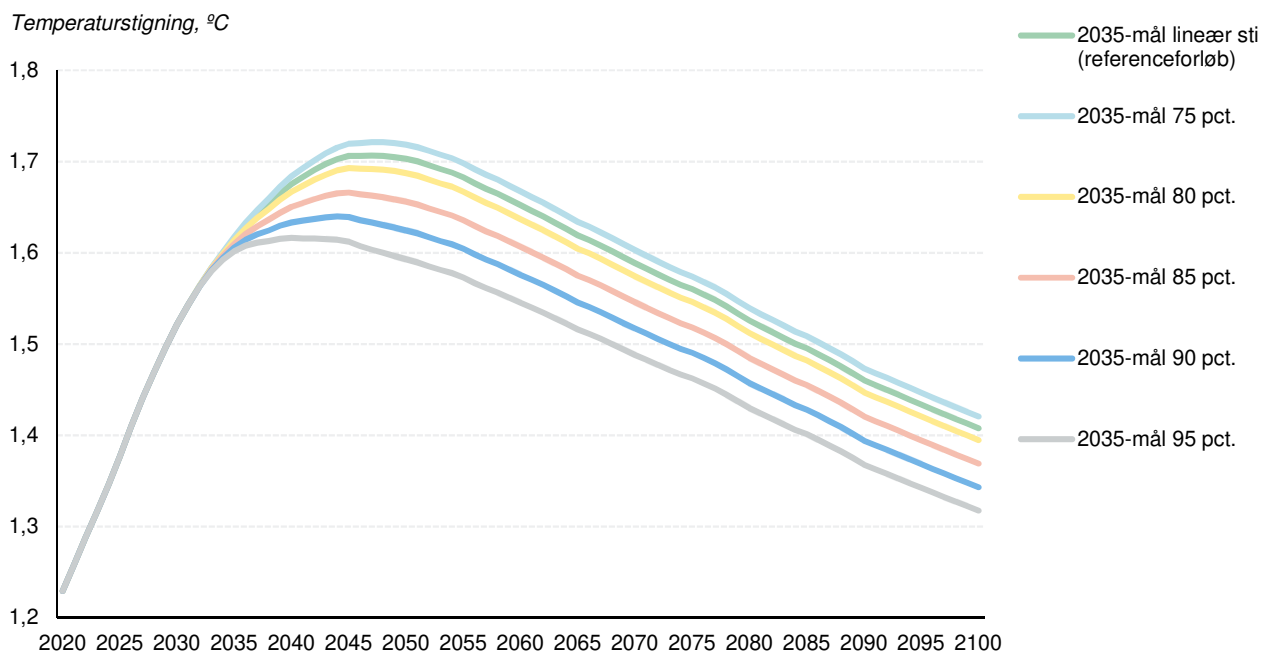
Danmark har på nuværende tidspunkt ingen klimamål mellem 2030 og 2050. Ifølge klimaloven skal der dog fastsættes mål for denne periode. Målene skal fastsættes minimum hvert femte år, og fastsættelsen skal ske 10 år før mållåret. Således er klimamålet i 2035 det næste mål, der skal fastsættes, og det skal senest ske i 2025.

#### **Klimamål i 2035 påvirker både peaktemperatur og temperaturen i 2100**

Hvis Danmark opfylder sine nuværende reduktionsmål i 2025, 2030 og 2050, kan det oversættes til et globalt temperaturforløb illustreret ved den grønne kurve i figur 6.1, hvis Danmarks udledninger skaleres til globalt niveau. Dette er medianestimatet for referenceforløbet, som også er vist i kapitel 5. Mellem punktmålene er her antaget lineære reduktionsstier. En lineær reduktionssti mellem 2030 og 2050 vil svare til en reduktion i 2035 på 77,5 pct., men når 2035-målet skal fastsættes, kan det være, at det officielle mål sættes både lavere eller højere end 77,5 pct. Dog kan målet ikke blive lavere end 70 pct., da et mål ifølge klimaloven ikke må være lavere end de foregående mål.

Danmarks klimamål i 2035 vil påvirke både den maksimale temperaturstigning (peaktemperaturen) og temperaturen i slutningen af århundredet i et forløb, hvor Danmarks udledninger skaleres op til global størrelse. Med en lineær reduktionssti, der som nævnt svarer til en reduktion på 77,5 pct. i 2035, bliver medianestimatet af peaktemperaturen i beregningerne godt 1,7 grader. Hvis 2035-målet øges til fx 85 pct. eller 95 pct., vil peaktemperaturen reduceres med henholdsvis 0,05 og knap 0,1 grader. Samtidig vil temperaturen i 2100 reduceres betydeligt. Det fremgår af figur 6.1. Mellem 2035 og 2050 antages en lineær reduktionssti, ligesom det er tilfældet for årene mellem 2030 og 2050 i referenceforløbet. Det vil sige, at reduktionerne i årene mellem 2035 og 2050 også påvirkes af 2035-målets niveau, hvilket må betragtes som en realistisk antagelse.

Det er nok engang vigtigt at understrege, at alle temperaturforløbene er forbundet med stor usikkerhed, som illustreret i figur 5.1. Usikkerheden har især betydning for temperaturforløbenes niveau, hvorimod den har mindre indflydelse på sammenligningen mellem de forskellige 2035-mål. Således vil der være en højere sandsynlighed for, at den beregnede temperatur i det skalerede forløb holder sig under 1,5 grader, hvis 2035-målet sættes til 95 pct., end hvis man blot bevarer de nuværende klimamål og antager en lineær reduktionssti mellem 2030 og 2050 (referenceforløbet). I referenceforløbet er sandsynligheden i omegnen af 15-20 pct., men med et 2035-mål på 95 pct. vil den være på omkring 25 pct.



Figur 6.1 Temperaturforløb ved forskellige danske 2035-mål (skalerede forløb)

Anm. 1: Figuren viser den modelberegne globale temperaturstigning, hvis Danmarks udledninger opskales til globalt niveau.

Anm. 2: Figuren viser medianestimer, hvor der er 50 pct. sandsynlighed for, at den angivne temperatur bliver henholdsvis lavere eller højere.

Anm. 3: I forløbene med alternative 2035-mål er gasfordelingen baseret på Energistyrelsens elscenarie, ligesom det er tilfældet i referenceforløbet.

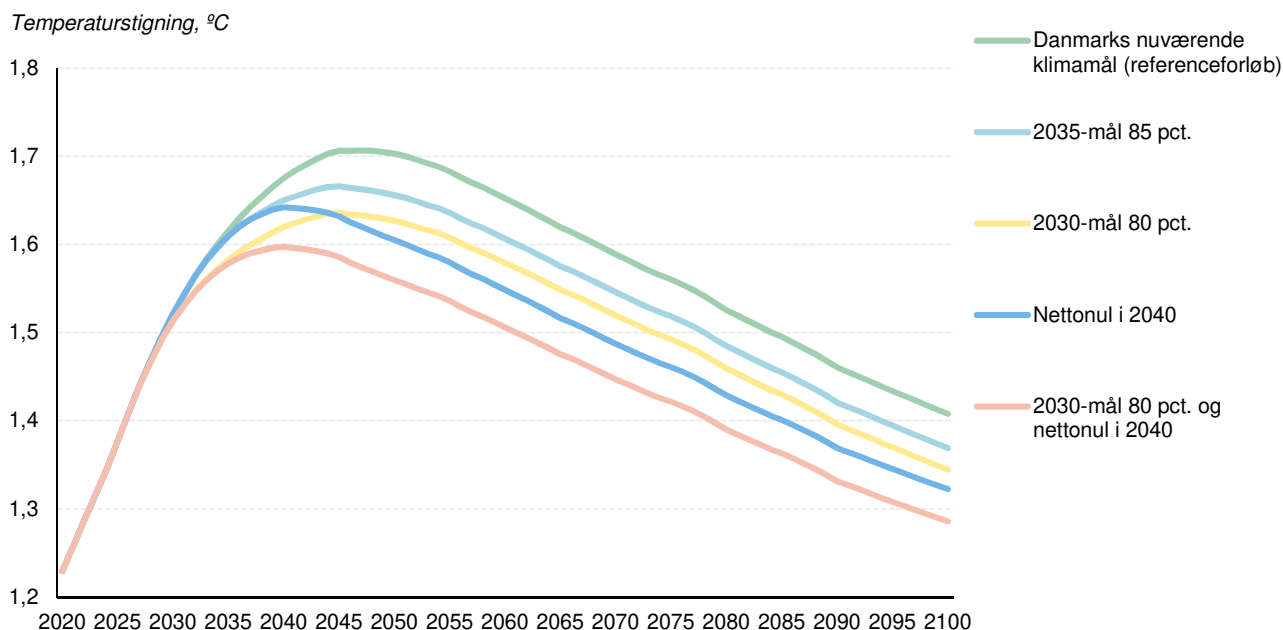
Kilder: Klimarådets beregninger på baggrund af MACIC7.

## Skærpelse af klimamål i 2030 og fremrykning af nettonul kan bidrage til at holde temperaturen nede

Det er også en mulighed at revidere de eksisterende klimamål. Eksempelvis kan man stramme 70-procentsmålet til 80 pct. eller fremrykke nettonul til 2040. Sådanne forløb, hvor Danmarks udledninger skales op til globalt niveau, er vist i figur 6.2 (den gule og den mørkeblå kurve). I begge forløb er der antaget en lineær reduktionssti mellem mållårene. Dermed ligger der i begge forløb en implicit antagelse til grund om, at der opfyldes et 2035-mål på 85 pct. Som det fremgår af figuren, vil de skalerede forløb med en stramning af 2030-målet eller en fremrykning af nettonul til 2040 indebære en vis reduktion af peaktemperaturen, sammenlignet med forløbet, hvor der blot fastsættes et 2035-mål på 85 pct., men 70-procentsmålet i 2030 og nettonul i 2050 bibeholdes (lyseblå kurve).

Både forløbet med en stramning af 2030-målet og forløbet med en fremrykning af nettonul til 2040 indebærer også en lavere temperatur på den lange bane. Således vil medianestimatet af temperaturen lidt hurtigere falde under 1,5 grader, og temperaturen i 2100 vil sænkes sammenlignet med den lyseblå kurve. Temperaturen når lidt længere ned i forløbet, hvor nettonul fremrykkes, end i forløbet hvor 2030-målet strammes, og gennemsnitstemperaturen i den betragtede periode bliver ligeledes lidt lavere.

Hvis man både strammer 2030-målet og fremrykker nettonul til 2040, reduceres temperaturen i det skalerede forløb yderligere. Det viser den røde kurve. Her er antaget en lineær reduktionssti mellem de to mål, hvilket implicit medfører et 2035-mål på 90 pct. I dette forløb holdes peaktemperaturen akkurat under 1,6 grader, og temperaturstigningen i 2100 falder til under 1,3 grader, når medianestimerne lægges til grund. I dette forløb er sandsynligheden for, at temperaturen ikke på noget tidspunkt stiger med mere end 1,5 grader, cirka 30 pct. Samtidig vil temperaturen med cirka 70 pct. sandsynlighed holde sig under en stigning på 1,7 grader, mens samme sandsynlighed i referenceforløbet nås ved godt 1,8 grader.



Figur 6.2 Temperaturforløb ved ændring af eksisterende klimamål (skalerede forløb)

- Anm. 1: Figuren viser den modelberegne globale temperaturstigning, hvis Danmarks udledninger opskales til globalt niveau.
- Anm. 2: Figuren viser medianestimer, hvor der er 50 pct. sandsynlighed for, at den angivne temperatur bliver henholdsvis lavere eller højere.
- Anm. 3: I forløbene med alternative klimamål er gasfordelingen baseret på Energistyrelsens elscenarie, ligesom det er tilfældet i referenceforløbet.
- Anm. 4: Der er antaget lineære reduktionsstier mellem målene. Således er der implicit antaget et 2035-mål på 85 pct., både i forløbet hvor 2030-målet sættes til 80 pct., og i forløbet hvor nettonul fremrykkes til 2040. I forløbet hvor man både strammer 2030-målet til 80 pct. og fremrykker nettonul til 2040, er der implicit antaget et 2035-mål på 90 pct.
- Anm. 5: I forløbene hvor nettonul fremrykkes til 2040, er det antaget, at Danmarks udledninger konvergerer til IPCC's SSP1-1.19-scenarie efter 2040.
- Kilder: Klimarådets beregninger på baggrund af MACICC7.

## 6.2 Klimamål og gasfordeling

Ambitiøse klimamål kan levere et vist bidrag til at sænke temperaturstigningen i de skalerede forløb. Som beskrevet i afsnit 5.3 er det imidlertid også vigtigt, hvordan reduktionsindsatsen fordeler sig på de forskellige drivhusgasser. Når man diskuterer klimamålenes størrelse, bør man derfor samtidig forholde sig til, hvordan målopfyldelsen fordeles på gasser.

### 2035-målets klimaeffekt afhænger af gasfordelingen

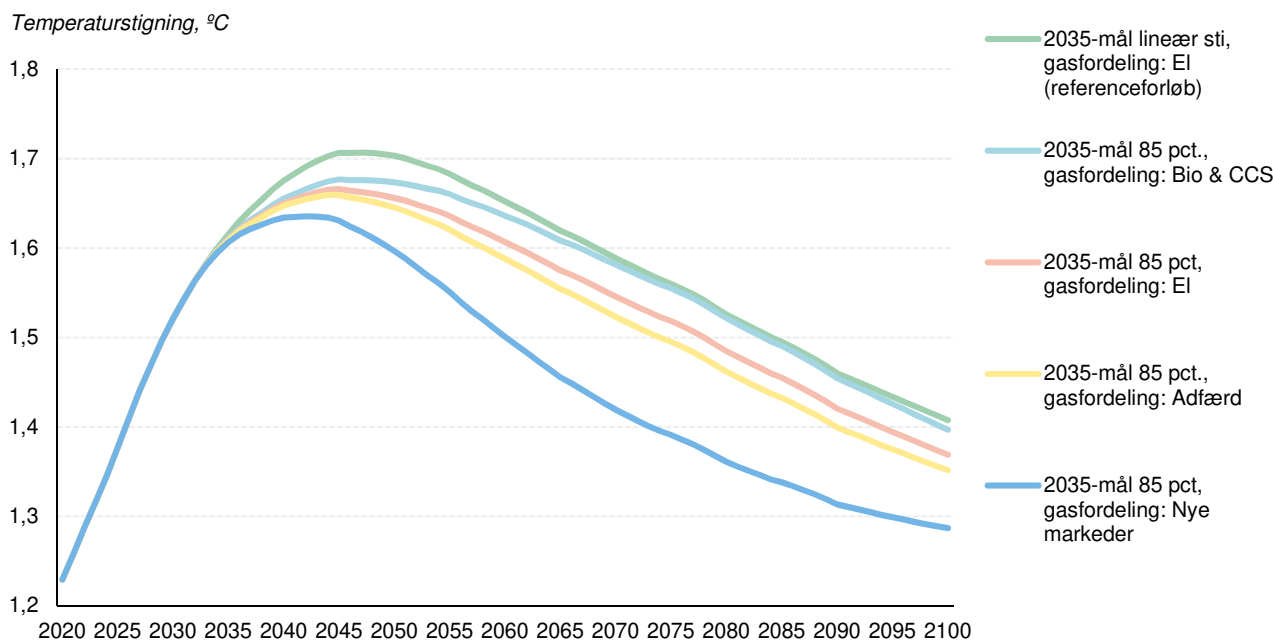
Figur 6.1 viser effekten af forskellige 2035-mål, hvis Danmarks udledninger skaleres op til globalt niveau. I alle forløb er der lagt til grund, at gasfordelingen konvergerer mod Energistyrelsens elscenarie i 2050. Figur 6.3 nedenfor viser, hvordan fokus på at reducere metan og lattergas kan sænke temperaturstigningen i de skalerede forløb betydeligt for et givent 2035-mål.

I figuren er taget udgangspunkt i et 2035-mål på 85 pct., men der lægges forskellig vægt på at reducere de forskellige gasser. Den røde kurve viser et forløb, hvor gasfordelingen konvergerer mod elscenariet i 2050, som er grundantagelsen i denne analyse. De øvrige kurver viser forløb, hvor gasfordelingen konvergerer mod henholdsvis adfærdsscenariet, bio & CCS-scenariet og scenariet 'nye markeder'. Som angivet i tabel 5.1 i kapitel 5 indebærer



scenariet 'nye markeder' den største reduktion af metan og lattergas, mens bio & CCS-scenariet indebærer den mindste reduktion.

Figuren viser, at der kan opnås vidt forskellige skalerede temperaturforløb, afhængig af hvordan 2035-målet opfyldes. Dette bekræfter resultatet i figur 5.7 i kapitel 5. Reduktionsindsatsen for metan har som tidligere beskrevet særligt stor betydning for temperaturen på den korte bane, mens et særligt fokus på at reducere lattergas kan levere et betydeligt bidrag til at sænke temperaturen i det skalerede forløb i slutningen af århundredet.



Figur 6.3 Temperaturforløb ved 2035-mål på 85 pct. og forskellige gasfordelinger (skalerede forløb)

Anm. 1: Figuren viser den modelberegne globale temperaturstigning, hvis Danmarks udledninger opskales til globalt niveau.

Anm. 2: Figuren viser medianestimer, hvor der er 50 pct. sandsynlighed for, at den angivne temperatur bliver henholdsvis lavere eller højere.

Kilde: Klimarådets beregninger på baggrund af MACIC7.

### Gasfordeling kan være lige så betydningsfuld som målenes størrelse

Et særligt fokus på at reducere metan og lattergas kan i nogle tilfælde have lige så stor klimaeffekt som ambitiøse klimamål for de samlede drivhusgasudledninger. Et 2035-mål på 85 pct. og et fokus på at reducere metan og lattergas som i scenariet 'nye markeder' (mørkeblå kurve i figur 6.3) vil eksempelvis lede til en gennemsnitlig temperaturstigning set over perioden 2023-2100 på et stykke under 1,5 grader, hvis Danmarks udledninger skaleres til global størrelse. Det er lavere end i andre forløb med højere klimamål, men som til gengæld har et mindre fokus på at reducere metan og lattergas (svarende til elscenariet). Disse forløb omfatter blandt andet forløb, der:

- opfylder et 2035-mål på 95 pct.
- opfylder et 2035-mål på 85 pct. og strammer 70-procentsmålet til 80 pct.
- opfylder et 2035-mål på 85 pct. og fremrykker nettonul til 2040.

I disse tre forløb er den gennemsnitlige temperaturstigning set over perioden 2023-2100 lige omkring 1,5 grader. Det fremgår af tabel 6.1, som opsummerer centrale resultater for forløbene præsenteret i dette kapitel. Som det fremgår af tabellen, er temperaturen i 2100 ligeledes lavere i forløbet med et 2035-mål på 85 pct. og en gasfordeling som i scenariet 'nye markeder', end i de tre ovenfor nævnte forløb, som indebærer strammere klimamål, men til gengæld et mindre fokus på at reducere metan og lattergas. Dog er peaktemperaturen lavest i

forløbet, hvor 2035-målet sættes til 95 pct. Der er stor usikkerhed om forløbene hver især, men denne usikkerhed er som tidligere beskrevet mindre vigtig for sammenligningen af de forskellige forløb.

Tabel 6.1 Oversigt over forløb med alternative klimamål

Forløb	Peak-temperaturstigning	Temperaturstigning i år 2100	Gennemsnitlig temperaturstigning i år 2023-2100	Peakår	År hvor temperaturstigningen kommer tilbage under 1,5 °C
Referenceforløb (median)	1,71	1,41	1,57	2047	2085
Referenceforløb 83 pct. fraktil	1,93	1,64	1,77	2050	Over 1,5 grader i 2100
Referenceforløb 67 pct. fraktil	1,80	1,51	1,65	2048	Over 1,5 grader i 2100
Referenceforløb 33 pct. fraktil	1,61	1,30	1,46	2045	2068
Referenceforløb 17 pct. fraktil	1,50	1,17	1,35	2045	Under 1,5 grader alle år
<b>Alternative klimamål*</b>					
2035-mål 75 pct.	1,72	1,42	1,58	2048	2087
2035-mål 80 pct.	1,69	1,39	1,56	2045	2082
2035-mål 85 pct.	1,67	1,37	1,53	2045	2078
2035-mål 90 pct.	1,64	1,34	1,51	2044	2074
2035-mål 95 pct.	1,62	1,32	1,49	2040	2068
2035-mål 85 pct., gasfordeling: Nye markeder	1,64	1,29	1,46	2042	2061
2035-mål 85 pct., gasfordeling: Adfærd	1,66	1,35	1,52	2045	2074
2035-mål 85 pct., gasfordeling: Bio & CCS	1,68	1,40	1,56	2045	2084
2030-mål 80 pct.	1,64	1,34	1,51	2045	2074
Nettonul i 2040	1,64	1,32	1,49	2040	2068
2030-mål 80 pct. og nettonul i 2040	1,60	1,29	1,46	2040	2062
Gasfordeling: Nye markeder samt fokus på metan i 2030**	1,64	1,33	1,48	2044	2064
2030-mål 80 pct. og nettonul i 2040, gasfordeling: Nye markeder***	1,57	1,22	1,38	2037	2048

Anm. 1: Fraktillerne i referenceforløbet er et overslag beregnet på baggrund af det angivne sandsynlighedsspænd for IPCC's SSP1-1.9-scenarie i delrapporten (Working Group 1) til IPCC's sjette vurderingsrapport.

Anm. 2: \*Tallene er medianestimer af temperaturforløbene.

Anm. 3: \*\*Forløbet indebærer ikke nye klimamål, men kun ændret gasfordeling. Forløbet præsenteres senere i kapitlet.

Anm. 4: \*\*\*Forløbet præsenteres senere i kapitlet.

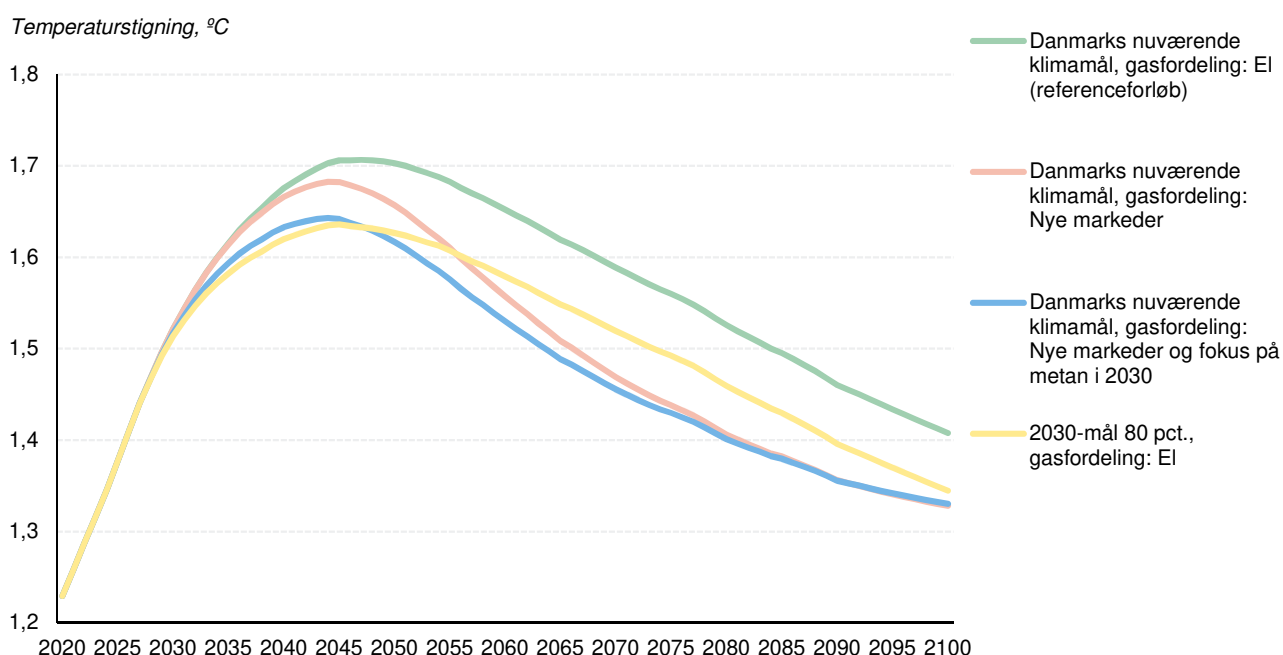
Kilde: Klimarådets beregninger på baggrund af MACICC7.

## Øget fokus på metanreduktioner i 2030 kan sænke peaktemperaturen

Et større fokus på at reducere metanudledningerne efter 2030 har en vis effekt på peaktemperaturen i det globale temperaturforløb, som følger af at opskalere Danmarks udledninger til globalt niveau. Effekten på temperaturen er dog særligt stor i årene efter dette peak. Hvis målet er at nedbringe peaktemperaturen, kan det være hensigtsmæssigt at reducere metanudledningerne tidligere i perioden. Frem til nu har gasfordelingen i 2030 været den samme i alle forløb, hvor 70-procentsmålet opfyldes. Fordelingen er som tidligere beskrevet baseret på den seneste fremskrivning, vedtagne aftaler og landbrugsaftalens udviklingsspor. Reduktionerne i landbrugsaftalens udviklingsspor er ikke vedtaget, men udgør et bud på reduktioner i 2030. Udviklingssporet indeholder blandt andet 2 mio. ton CO<sub>2</sub>-reduktioner fra pyrolyse, hvor kulstof lagres i jorden. Hvis man i stedet reducerer metanudledningerne, vil peaktemperaturen i det skalerede forløb sænkes betydeligt.

Figur 6.4 viser, hvordan en øget reduktionsindsats for metan kan mindske peaktemperaturen i det skalerede temperaturforløb. Hvis gasfordelingen efter 2030 konvergerer mod 'nye markeder' (rød kurve) frem for elscenariet (grøn kurve), sænkes peaktemperaturen en smule. Effekten begrænses dog af, at gasfordelingen i 2030 ikke ændres. Men hvis man yderligere ændrer gasfordelingen i 2030, så 2 mio. ton CO<sub>2</sub>-reduktioner erstattes af tilsvarende metanreduktioner målt i CO<sub>2</sub>e (blå kurve), kan peaktemperaturen i det skalerede forløb nedbringes betragteligt.

En øget reduktionsindsats for metan i 2030 kan have omtrent samme effekt som en stramning af målet i 2030. Det ses ved at sammenligne den blå kurve, som viser forløbet med fokus på metanreduktioner i 2030, med den gule kurve, som viser forløbet, hvor 2030-målet strammes til 80 pct., men hvor målopfyldelsen i mindre grad fokuserer på metan- og lattergasreduktioner. Som det fremgår af figuren, er peaktemperaturen omtrent den samme i de to temperaturforløb, som følger af at opskalere Danmarks udledninger til globalt niveau. Det vil sige, at peaktemperaturen, som Danmarks udledninger kan oversættes til, bliver omtrent den samme, hvis man strammer 2030-målet, som hvis man lukker den resterende del af mankoen til 70 pct. med en stor del metanreduktioner samt har et vist fokus på at reducere metan- og lattergasudledningerne i årene efter 2030.



Figur 6.4 Effekten af større fokus på metanreduktioner i 2030 (skalerede forløb)

Anm. 1: Figuren viser den modelberegne globale temperaturstigning, hvis Danmarks udledninger opskaleres til globalt niveau.

Anm. 2: Figuren viser medianestimer, hvor der er 50 pct. sandsynlighed for, at den angivne temperatur bliver henholdsvis lavere eller højere.

Kilder: Klimarådets beregninger på baggrund af MACICC7.

### Temperaturstigningen kan næppe holdes under 1,5 grader

Som beskrevet i kapitel 2 kan Parisaftalens temperaturmål tolkes på flere måder. Nogle tolkninger tillader temperaturen at overstige 1,5 grader, mens en anden tolkning er, at temperaturstigningen til enhver tid skal holdes til maksimalt 1,5 grader. Det kræver en meget stor indsats, hvis den forventede temperatur ikke må overstige 1,5 grader defineret ud fra medianestimatet i beregningerne. Der kan naturligvis laves flere forskellige forløb, hvor Danmarks skalerede udledninger fastsættes, således at temperaturen lige akkurat ikke kommer over 1,5 grader, og ét eksempel er et forløb, hvor:

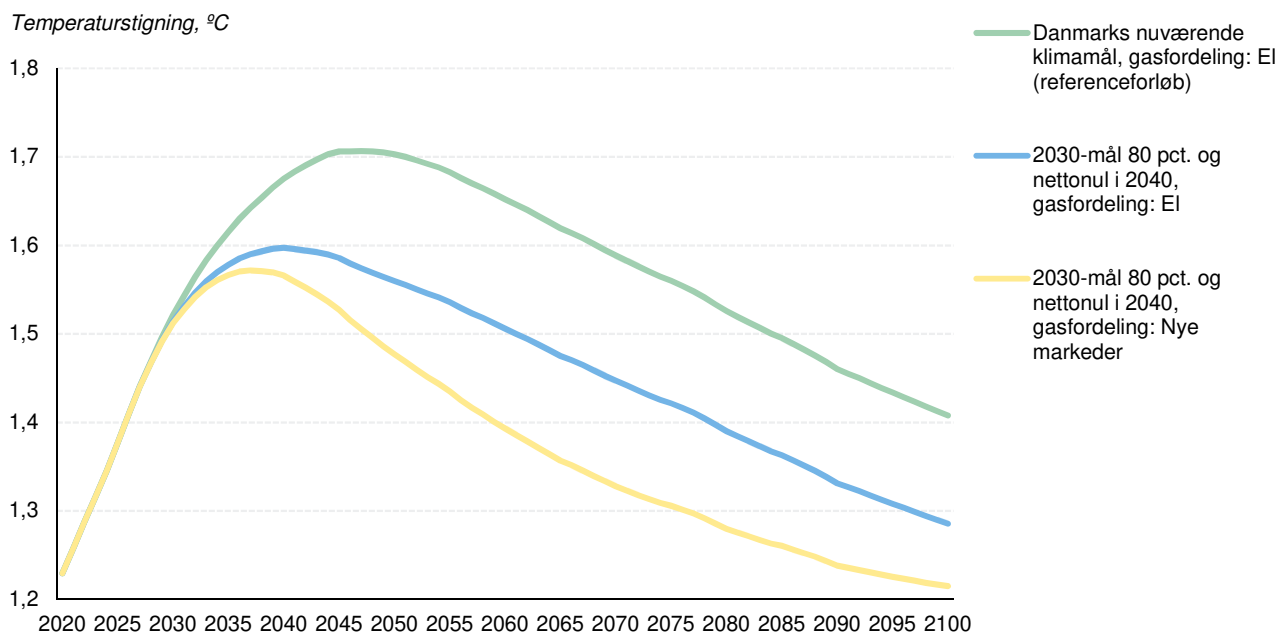
- 2025-målet opfyldes med 54 pct. (mod 50 pct. i de øvrige forløb).
- De samlede drivhusgasudledninger reduceres med 95 pct. i 2030 og 105 pct. fra 2035 og fremefter.
- Metan og lattergas reduceres med 20 pct. i 2025 og 70 pct. i 2030 relativt til 2020, hvorefter udledningerne af de to gasser holdes konstante.
- Udledninger fra skibe og fly reduceres med 20 pct. i 2025 og 50 pct. i 2030 relativt til i dag, hvorefter de reduceres lineært mod 100 pct. i 2050.

Således skal klimainsatsen intensiveres hurtigt og drastisk, hvis Danmark ikke skal bidrage til en temperaturstigning, der overskrider 1,5 grader. Blandt andet indebærer forløbet en drastisk reduktion af metan- og lattergasudledninger allerede i 2030. Det antages, at disse udledninger reduceres med 70 pct. i 2030 relativt til 2020, mens de til sammenligning reduceres med knap 30 pct. i referenceforløbet.

### Med ambitiøse mål og fokus på metan kan overshootet over 1,5 grader begrænses

Mens det kræver en drastisk indsats at holde peaktemperaturstigningen, som følger af at skalere Danmarks udledninger til global størrelse, under 1,5 grader, er et peak på under 1,6 grader ikke uden for rækkevidde. Det er en væsentlig begrænsning af længden af den periode, hvor 1,5 grader overskrides, heller ikke. Som vist i afsnit 6.1 kan medianestimatet af temperaturstigningen i det skalerede forløb holdes lige akkurat under 1,6 grader, hvis man strammer 2030-målet til 80 pct. og fremrykker nettonul til 2040. I forløbet falder temperaturen under 1,5 grader lidt efter 2060. Forløbet er gengivet i figur 6.5 (blå kurve). Forløbet er baseret på gasfordelingen i Energistyrelsens elscenarie, som det er tilfældet i referenceforløbet.

Hvis man i tillæg til ambitiøse mål øger reduktionsindsatsen for metan, kan temperaturen i det skalerede forløb bringes længere ned. Således viser figur 6.5 også et forløb, som kombinerer en stramning af 70-procentsmålet i 2030 til 80 pct. og fremrykning af nettonul til 2040 med gasfordelingen i det af Energistyrelsens scenarier, som har størst fokus på metan og lattergas. I forløbet holdes den maksimale temperaturstigning (median) et stykke under 1,6 grader. Samtidig falder temperaturstigningen til under 1,5 grader allerede før 2050. I dette forløb er sandsynligheden for, at den maksimale temperaturstigning holder sig under 1,5 grader cirka 35 pct.



Figur 6.5 Effekten af stramning af 2030-mål og fremrykning af nettonul samt fokus på metan- og lattergasreduktioner (skalerede forløb)

- Anm. 1: Figuren viser den modelberegne globale temperaturstigning, hvis Danmarks udledninger opskales til globalt niveau.
- Anm. 2: Figuren viser medianestimer, hvor der er 50 pct. sandsynlighed for, at den angivne temperatur bliver henholdsvis lavere eller højere.
- Anm. 3: Der er antaget lineære reduktionsstier mellem målene. Således er der implicit antaget et 2035-mål på 90 pct. i begge forløb, hvor 2030-målet strammes til 80 pct., og nettonul fremrykkes til 2040 (blå og gul kurve).
- Kilder: Klimarådets beregninger på baggrund af MACICCC7.

## 6.3 Fastsættelse af Danmarks klimamål

### Dansk klimapolitik skal ses i sammenhæng med resten af verden

Hvis det skal lykkes verden at begrænse klimaforandringerne, skal den globale temperatur gerne toppe inden for 20-40 år. I IPCC's SSP1-1.9-scenarie når temperaturen eksempelvis sit højeste i år 2045. Hvis man tror på, at det lykkes for verden som helhed at følge denne sti, og Danmark ønsker at bidrage til at begrænse den maksimale temperaturstigning, bør Danmark fokusere på at mindske sin klimapåvirkning på den korte bane. Det kan ske ved at sætte ambitiøse klimamål i kombination med et særligt fokus på at reducere Danmarks metanudledninger. Et tilsvarende særligt fokus på at reducere lattergasudledningerne kan bidrage til at holde temperaturen nede på den mellemlange bane. Hvis man omvendt tror på, at verden er på vej mod scenarier med høje udledninger og dermed høje temperaturer langt ude i fremtiden, kan det tale for at fokusere på CO<sub>2</sub>-reduktioner. Den seneste Emissions Gap Report viser, at peaktemperaturen med nuværende politik ligger langt ude i fremtiden.<sup>53</sup> Dog peger landenes klimamål, hvis man også medtager de mere luftige løfter om klimaneutralitet, i retning af en peaktemperatur væsentligt før 2100.

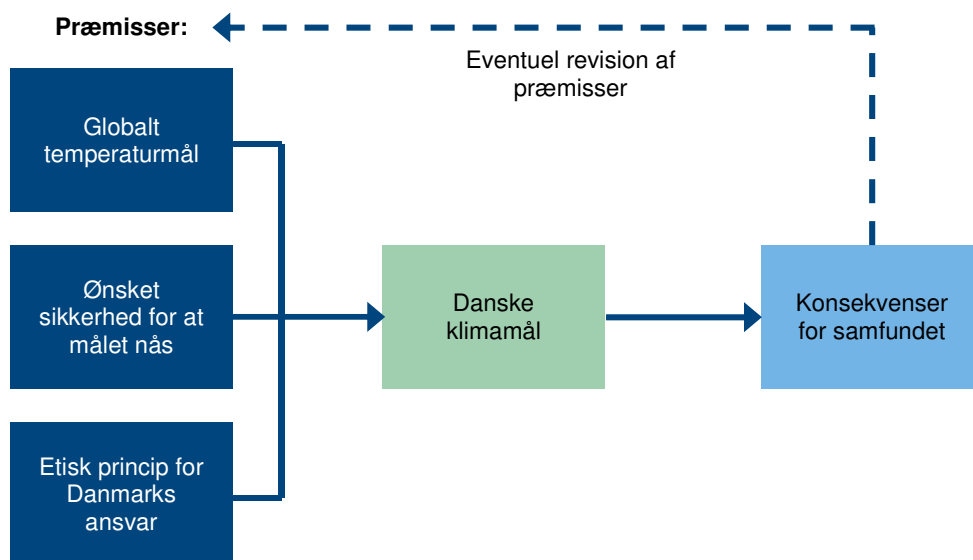
Der er naturligvis stor usikkerhed om, hvor verden er på vej hen. Med afsæt i den danske klimalovs formuleringer, kan man dog argumentere for, at Danmark bør bidrage til, at det i hvert fald forbliver muligt at holde den globale temperaturstigning til 1,5 grader. Det indebærer, at der bør fokuseres på at reducere en snarligt forekommende peaktemperatur, og dermed bør der være særligt fokus på at reducere metanudledningerne.

### Danmarks mål bør sættes ud fra tre præmisser

Fastsættelsen af danske mål bør i princippet baseres på tre præmisser: et globalt temperaturmål, den ønskede sikkerhed/sandsynlighed for at målet nås og et etisk princip for, hvordan reduktionsbyrden skal fordeles

(skaleringsprincippet). Ud fra disse tre præmisser er det muligt at regne sig frem til, hvad Danmarks mål bør være. Det er illustreret i figur 6.6.

Opfyldelse af de danske mål har konsekvenser for samfundet. Hvis de danske mål viser sig at være dyrere for samfundsøkonomien eller går mere ud over samfundets sammenhængskraft eller dansk konkurrenceevne, end samfundet vil acceptere, må det logisk lede til, at præmisserne skal tages op til revision. I så fald må vi enten acceptere en højere global temperatur, større risiko for ikke at nå målet, eller vi må basere vi os på et etisk princip, hvor Danmark skal bære en mindre del af verdens byrde.



Figur 6.6 Illustration af principperne bag fastsættelse af danske mål

Kilde: Klimarådet.

Tabel 6.2 illustrerer, hvordan vurderingen af Danmarks nuværende klimamål afhænger af de tre præmisser. Som tabellen viser, kan Danmarks nuværende klimamål siges at være i overensstemmelse med Parisaftalen, hvis man:

- tillader et vist overshoot over 1,5 grader,
- vil lade Danmark udlede lige så meget som verdensgennemsnittet opgjort pr. indbygger
- og vil acceptere en risiko på 50 pct. for, at temperaturen bliver højere end det givne temperaturforløb.

Såfremt man ønsker en større sikkerhed for at holde sig under det givne temperaturforløb, eller hvis man mener, at Danmark som et rigt land fremadrettet skal udlede mindre end verdensgennemsnittet opgjort pr. indbygger, er resultatet et andet. Hvis man ønsker en sikkerhed på 67 pct. for at opfylde målet, er Danmarks nuværende klimamål akkurat ikke i overensstemmelse med nogen af de tre tolkninger af Parisaftalen. I det tilfælde overstiger temperaturstigningen lige akkurat 1,8 grader, og temperaturstigningen når akkurat ikke under 1,5 grader i 2100. Desuden bemærkes, at hvis man evaluerer klodens temperatur som et gennemsnit over flere år, ville temperaturstigningen ikke komme over 1,8 grader.

Hvis man lægger til grund, at Danmark skal bære et større ansvar end verdensgennemsnittet, overstiger temperaturstigningen derimod klart 1,8 grader, og den er langt over 1,5 grader i 2100. Det vil sige, at hvis man mener, at Danmark som et rigt land fremadrettet skal udlede mindre end verdensgennemsnittet opgjort pr. indbygger, er Danmarks nuværende klimamål ikke i overensstemmelse med nogen af de tre tolkninger af Parisaftalen. Konkret viser tabellens to nederste rækker resultaterne baseret på et etisk princip, hvor Danmark tildeles udledninger svarende til vores *fair share*. Som beskrevet i kapitel 5 er det ikke entydigt, hvad Danmarks *fair share* er, og tabellen er baseret på et metastudie af Rajamani mfl.<sup>54</sup>

Tabel 6.2 Stemmer Danmarks nationale klimamål overens med Parisaftalens temperaturmål?

		Grad af sikkerhed for at opfylde målet	Globalt temperaturmål		
			1,5 grader	1,5 grader med overshoot	Et stykke under 2 grader
Etisk princip for Danmarks ansvar	Samme udledninger pr. indbygger	50 pct.	Nej	Ja	Ja
		67 pct.	Nej	Nej*	Nej*
	Udledninger fordeles på lande ud fra "fair share"	50 pct.	Nej	Nej	Nej
		67 pct.	Nej	Nej	Nej

Anm. 1: 1,5 grader er defineret som maksimal temperaturstigning på 1,5 grader i alle år frem til 2100. 1,5 grader med overshoot er defineret som maksimal temperaturstigning på 1,5 grader i 2100, men tilladt overshoot op til 1,8 grader i årene inden. Et stykke under 2 grader er defineret som maksimal temperaturstigning på 1,8 grader i alle år frem til 2100.

Anm. 2: Nej\* indikerer, at overskridelsen er beskeden i forhold til de grænser, der er defineret i anmærkning 1.

Anm. 3: Fair share baseres i tabellen på et studie af Rajamani mfl. Med udgangspunkt i litteraturen på området estimerer studiet alle landes rimelige andel af verdens udledninger ud fra forhold som velstand og historiske udledninger. Danmarks andel er så lille, at vores nuværende klimamål er langt fra Parisaftalens temperaturmål.

Kilde: Klimarådet.

Som beregningerne i dette kapitel har vist, kræver det meget drastiske reduktioner, hvis temperaturstigningen, der følger af at opskalere Danmarks udledninger, skal holdes under 1,5 grader. Det er altså svært at leve op til denne tolkning af Parisaftalen. Selv hvis man strammer 2030-målet til 80 pct. og fremrykker nettonul til 2040, vil det bidrage til en midlertidig overskridelse af 1,5 grader, når man betragter medianestimatet og anvender et etisk princip om samme udledninger pr. indbygger. Det fremgår af figur 6.5. Men strammere klimamål kan mindske risikoen for, at den beregnede temperaturstigning ikke overstiger "et stykke under 2 grader" (tredje tolkning i tabellen) og vender tilbage til under 1,5 grader ved slutningen af århundredet (anden tolkning i tabellen).

Temperaturforløbet afhænger dog i høj grad af, hvilket etisk princip for Danmarks ansvar man lægger til grund. Såfremt man ønsker, at rige lande som Danmark skal levere mere til klimaindsatsen, end hvad samme udledninger pr. indbygger indebærer, vil der skulle mere ambitiøse klimamål til for at opnå det samme globale temperaturmål. Hvis Danmark eksempelvis kun må udlede i overensstemmelse med vores fair share som estimeret af Rajamani mfl., vil selv en stramning af 2030-målet og en fremrykning af nettonul til 2040 ikke være nok til at kunne sige, at Danmarks klimamål stemmer overens med nogen af de tre tolkninger af Parisaftalen angivet i tabellen.

### Den nødvendige reduktionsindsats ændrer sig med den globale virkelighed

Verden ændrer sig, og det gør rammerne for at vurdere Danmarks klimamål derfor også. Med mindre resten af verden slår ind på en klimakurs, som stemmer overens med Parisaftalens temperaturmål, vil der over tid blive brug for stadig mere drastiske reduktioner af de globale udledninger for at nå temperaturmålet. Det betyder, at en analyse som denne over tid vil vise, at Danmark bør have mere og mere ambitiøse klimamål, hvis Danmarks klimaindsats holdes op mod en uændret global temperaturmålsætning. Som beskrevet i afsnit 5.1 har Klimarådet eksempelvis i 2019 konkluderet, at det danske 70-procentsmål og nettonulmålet i 2050 på daværende tidspunkt var i rimelig overensstemmelse med Parisaftalen.<sup>55</sup> Men hvis man laver den samme analyse igen, gælder dette resultat ikke længere. Én af årsagerne til dette er, at det globale CO<sub>2</sub>-budget er blevet mindre. Det skyldes dels, at udledningerne på globalt plan har været høje i 2018 og 2019, og dels at der ikke længere er både et højt og et lavt CO<sub>2</sub>-budget at sammenligne med. En anden årsag er, at Danmark ikke ser ud til at reducere udledningerne med den hastighed, der var forudsat i 2019-analysen.

Man kan fremføre det synspunkt, at Danmark ikke skal 'betale for', at verden som helhed har udledt for meget de seneste år. Danskerne har dog historisk set udledt langt mere end verdensgennemsnittet, hvilket gør argumentet svært at forsvare. Dog er det klart, at man på et tidspunkt kan stå i en situation, hvor det potentielt kan blive umuligt at nå det nuværende globale temperaturmål. På det tidspunkt vil det ikke være meningsfuldt at holde Danmarks klimaindsats op mod dette mål. Men der er vi heldigvis ikke endnu.

## Klimarådet.

I sidste ende er det et politisk spørgsmål, hvor meget Danmark vil bidrage til at mindske temperaturstigningen, men denne analyse viser, at Danmark kan bidrage til at reducere opvarmningen ved at sætte ambitiøse klimamål samt fokusere på at reducere udledningerne af metan.



# Klimarådet.

## Hvem har vi talt med?

I arbejdet med analysen har Klimarådet og Klimarådets sekretariat desuden haft mundtlige eller skriftlige drøftelser med en række organisationer og eksperter, herunder: 92-gruppen, Danmarks Meteorologiske Institut, Sebastian Mernild (Syddansk Universitet), Eigil Kaas (DMI og KU), CONCITO, Malte Meinshausen (Climate Ressource og University of Melbourne), Zebedee Nicholls (Climate Ressource), sekretariatet for European Scientific Advisory Board on Climate Change, Storbritanniens Climate Change Committee.

## Referencer

- <sup>1</sup> World Meteorological Organization, *WMO update: 50:50 chance of global temperature temporarily reaching 1.5°C threshold in next five years*, 2022.
- <sup>2</sup> United Nations Environment Programme, *Emissions Gap Report 2022: The Closing Window - Climate crisis calls for rapid transformation of societies*, 2022.
- <sup>3</sup> Se blandt andet Klimarådet, *Kommentering af Global Strategi 2022*, 2022.
- <sup>4</sup> IPCC, *IPCC first assessment report*, 1990.
- <sup>5</sup> UNFCCC, *United Nations Framework Convention on Climate Change*, 1992.
- <sup>6</sup> UNFCCC, *Copenhagen Accord*, 2009.
- <sup>7</sup> UNFCCC, *Report on the structured expert dialogue on the 2013–2015 review*, 2015.
- <sup>8</sup> UNFCCC, *Paris Agreement*, 2015.
- <sup>9</sup> IPCC, *Special report: Global Warming of 1.5 °C*, 2018.
- <sup>10</sup> UNFCCC, *Glasgow Climate Pact*, 2021.
- <sup>11</sup> United Nations Environment Programme, *Emissions Gap Report: The Closing Window - Climate crisis calls for rapid transformation of societies*, 2022; UNFCCC, *2022 NDC synthesis report*, 2022.
- <sup>12</sup> Rajamani mfl., *National 'fair shares' in reducing greenhouse gas emissions within the principled framework of international environmental law*, *Climate Policy* 21:8, 2021.
- <sup>13</sup> Climate analytics, *Understanding the Paris Agreements long term temperature goal*, 2022; Carbon Brief, *Interpreting the Paris Agreement 1,5 C temperature limit*, 2017; Schleussner mfl., *Science and policy characteristics of the Paris Agreement temperature goal*, 2016; Climate Action Tracker, *Conceptualizing the Paris Agreements long-term temperature goal*, 2022. UNFCCC, *Paris Agreement*, 2015.
- <sup>14</sup> *Klimaloven*, 2020.
- <sup>15</sup> IPCC, *Special report: Global Warming of 1.5 °C*, 2018.
- <sup>16</sup> United Nations Environment Programme, *Emissions Gap Report: The Closing Window - Climate crisis calls for rapid transformation of societies*, 2022; UNFCCC, *2022 NDC synthesis report*, 2022.
- <sup>17</sup> IPCC, *AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis*, 2021; IPCC, *AR6 Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, 2022.
- <sup>18</sup> Danmarks Meteorologiske Institut, *Sjette arbejds cyklus: Særrapport om 1,5 graders temperaturstigning*, 2018.
- <sup>19</sup> Danmark Meteorologiske Institut, *Forstå fænomenet tipping points*, 2019.
- <sup>20</sup> Carbon Brief, *Nine tipping points that could be triggered by climate change*, 2020.
- <sup>21</sup> IPCC, *AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis*, 2021.
- <sup>22</sup> Danmark Meteorologiske Institut, *Forstå fænomenet tipping points*, 2019.
- <sup>23</sup> Armstrong McKay mfl., *Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points*, *Science* 377: 6611, 2022.
- <sup>24</sup> Steffen mfl., *Trajectories of the Earth System in the Anthropocene*, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115:33, 2018.
- <sup>25</sup> Lade mfl., *Potential feedbacks between loss of biosphere integrity and climate change*, *Global Sustainability* 2:21, 2019.
- <sup>26</sup> IPCC, *AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis*, 2021.
- <sup>27</sup> Energistyrelsen, *Global Afrapportering 2022*, 2022.
- <sup>28</sup> Se fx Klimarådet, *Rammer for dansk klimapolitik*, 2019 og Kraka, *Grønne køer, russisk gas og CO<sub>2</sub>*, 2022.
- <sup>29</sup> Finansministeriet, *Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug*, 2021.
- <sup>30</sup> Energistyrelsen, *Resultater for KP22-scenarier*, 2022.
- <sup>31</sup> Meinshausen, *Deriving a global 2013-2050 emission budget to stay below 1.5°C based on the IPCC Special Report on 1.5°C*, 2019; Greenpeace, *Beregning af dansk 1,5 grads CO<sub>2</sub>ækv-budget fra 2020 – og hvor langt det strækker*, 2021.
- <sup>32</sup> Climate Resource, MAGICC, 2022 [[www.magicc.org](http://www.magicc.org)]
- <sup>33</sup> Smith, *Carbon Brief Guest post: The role 'emulator' models play in climate change projections*, 2021.
- <sup>34</sup> Energistyrelsen, *Global afrapportering 2021*, 2021
- <sup>35</sup> Danmarks Statistik, *Befolkningsfremskrivning 2022*, 2022; FN, *World Population Prospects 2022*, 2022 [<https://population.un.org/wpp/>]
- <sup>36</sup> World Resources Institute, *Climate Analysis Indicators Tool*, 2022 [[www.climatewatchdata.org](http://www.climatewatchdata.org)].
- <sup>37</sup> Bhanumati mfl., *IMF-blog: Greenhouse Emissions Rise to Record, Erasing Drop During Pandemic*, 2022.
- <sup>38</sup> Meinshausen mfl., *COP27 Briefing paper: One year on: We are still heading for only "just below" 2°C, if all long-term pledges are fulfilled*, 2022; United Nations Environment Programme, *Emissions Gap Report 2022: The Closing Window - Climate crisis calls for rapid transformation of societies*, 2022.
- <sup>39</sup> International Energy Agency, *New net zero emissions pledges, if achieved in full, get the world closer to 1.5 degrees* (opslag på linkedin), 2022 [[www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6999384141662158848/](https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6999384141662158848/)]
- <sup>40</sup> UNFCCC, *Nationally determined contributions under the Paris Agreement*, 2022; United Nations Environment Programme, *Emissions Gap Report 2022: The Closing Window - Climate crisis calls for rapid transformation of societies*, 2022.
- <sup>41</sup> Meinshausen mfl., *COP27 Briefing paper: One year on: We are still heading for only "just below" 2°C, if all long-term pledges are fulfilled*, 2022.
- <sup>42</sup> Meinshausen mfl., *COP27 Briefing paper: One year on: We are still heading for only "just below" 2°C, if all long-term pledges are fulfilled*, 2022.
- <sup>43</sup> Klimarådet, *Rammer for dansk klimapolitik*, 2019.
- <sup>44</sup> IPCC, *Fifth Assessment Report*, Working Group III, *Assessing Transformation Pathways*, 2014.
- <sup>45</sup> UNFCCC, *Paris Agreement*, 2015.
- <sup>46</sup> UNFCCC, *Paris Agreement*, 2015.
- <sup>47</sup> Verdensbanken, *World Development Indicators*, 2022 [[www.databank.worldbank.org](http://www.databank.worldbank.org)].
- <sup>48</sup> Kraka, *Grønne køer, russisk gas og CO<sub>2</sub> – myter og realiteter*, 2022.
- <sup>49</sup> Rajamani mfl., *National "fair shares" in reducing greenhouse gas emissions within the principled framework of international environmental law*, 2021.
- <sup>50</sup> World Resources Institute, *Climate Analysis Indicators Tool*, 2022 [[www.climatewatchdata.org](http://www.climatewatchdata.org)]; Verdensbanken, *World Development Indicators*, 2022 [[www.databank.worldbank.org](http://www.databank.worldbank.org)].

<sup>51</sup> Klimarådet, *Statusrapport 2022*, 2022.

<sup>52</sup> ICAO, *States adopt net-zero 2050 global aspirational goal for international flight operations*, 2022; IMO, *Adoption of the initial IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships and existing IMO activity related to reducing GHG emissions in the shipping sector*, 2018.

<sup>53</sup> United Nations Environment Programme, *Emissions Gap Report 2022: The Closing Window - Climate crisis calls for rapid transformation of societies*, 2022.

<sup>54</sup> Rajamani mfl., *National "fair shares" in reducing greenhouse gas emissions within the principled framework of international environmental law*, 2021.

<sup>55</sup> Klimarådet, *Rammer for dansk klimapolitik*, 2019.

