

## Metodebeskrivelse for KP22-scenarier

**Kontor/afdeling**  
Center for Systemanalyse

**Dato**  
23-09-2022

**J nr.** 2022-15162

KHG, NSHN / MIS

## Indholdsfortegnelse

1. Formål med scenarierne.....	2
2. Overordnet metode og valg af scenarier .....	3
2.2. Valg af scenarier.....	4
3. Model .....	8
3.1 Håndtering af forskellige sektorer/områder i modellen.....	9
4. Afgrænsninger og overordnede forudsætninger .....	10
4.1 International luft- og søfart.....	10
4.2 Grønne brændstoffer .....	11
4.3 Landbrug, jorder og skove.....	11
4.4 Udfasning af fossile brændsler .....	12
4.5 Elforsyningsikkerhed og systemydelse .....	12
4.6 Biomasse som ressource .....	12
4.7 Biomassens klimaaftryk.....	15
Bilag A – Biomassens klimaaftryk .....	16
Bilag B - Biomasse til materialer.....	18
5. Kilder.....	20

### Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43  
1577 København V

T: +45 3392 6700  
E: ens@ens.dk

[www.ens.dk](http://www.ens.dk)



## 1. Formål med scenarierne

I henhold til klimaloven skal Danmark reducere udledningen af drivhusgasser med 70 pct. i 2030 (ift. niveauet i 1990) og opnå klimaneutralitet senest i 2050<sup>1</sup> (Regeringen *et al.*, 2019). Med afsæt i klimalovens målsætninger og som input til *Klimaprogram 2022* (KP22) har Energistyrelsen udviklet nogle scenarier, der illustrerer eksempler på opfyldelse af klimamålene. Herunder indgår scenarieresultaterne for 2030 som del af de tekniske analyser til KP22.

Formålet med scenarierne er:

1. At anskueliggøre, at det er teknisk muligt at nå det langsigtede mål om klimaneutralitet i 2050, samt 70 pct.-målet i 2030 som trædesten.
2. At illustrere, at der er forskellige veje til at nå klimamålene ud fra det udfaldsrum, som scenarierne udspejler.
3. At bidrage til at skabe grundlag for diskussioner omkring den videre grønne omstilling.

Hovedfokus i scenariearbejdet er at optegne forskellige fremtidsbilleder af, hvordan langsigtet klimaneutralitet vil kunne opnås. Dette danner således baggrunden for, hvordan scenarierne er udformet. Scenarierne anvendes derudover også til at illustrere forskellige bud på målopfyldelse i 2030 som en trædesten på vejen mod langsigtet klimaneutralitet. Scenariearbejdet ser ikke på, hvilke virkemidler der kunne tænkes at skulle i spil for at realisere de forskellige fremtidsbilleder.

Centralt for scenariearbejde er udvikling af et modelværktøj, der gør det muligt at holde regnskab med alle danske drivhusgasudledninger inden for én samlet konsistent ramme. Til dette formål er Energistyrelsens IntERACT-model videreudviklet.

Behovet for at modellere alle drivhusgasudledninger i ét samlet modelværktøj gør det naturligt, at modellering af scenarierne er mere overordnet og indeholder færre detaljer på sektorniveau sammenlignet med Energistyrelsens klimafremskrivning. Dette skal have i mente, når der ses på resultater for 2030.

Usikkerhederne omkring omkostninger for teknologier/omstillinger er på flere af områderne for store til at forsvare en fuldstændig økonomisk optimering på tværs af alle sektorer. Det gælder fx landbrug, jorder og skove (landbrug & LULUCF<sup>2</sup>), som er baseret på eksterne modelinput, og transportsektoren, som også delvist er manuelt håndteret. I scenarierne opsættes således rammer, som modellen optimerer inden for, og samspillet mellem sektorerne fanges op i modellen<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Ud fra gældende FN-regler for opgørelse af nationale drivhusgasudledninger, hvor der anlægges et territorielt perspektiv.

<sup>2</sup> Land Use, Land-Use Change and Forestry.

<sup>3</sup> Rammerne udgøres bl.a. af de forudsatte udledninger fra landbrug, jorder og skove; dvs. at modellen så optimerer, hvordan den resterende manko i 2030 og 2050 mest omkostningseffektivt opnås i de øvrige sektorer. Andre rammer består fx i antagelser om, hvordan transportsektoren er fordelt på forskellige



Den overordnede (udetailjerede) repræsentation af visse sektorer kombineret med stor usikkerhed omkring omkostninger og potentialer for uprøvede teknologier gør, at omkostninger på tværs af scenarier og sektorer ikke meningsfuldt kan sammenlignes. Scenarierne kan desuden ikke anvendes til at vurdere samlede forvridningsomkostninger ved omstillingen. Endelig skal det nævnes, at der er usikkerhed forbundet med scenarietværk som dette; særligt hvad angår det langsigtede perspektiv mod 2050.

## 2. Overordnet metode og valg af scenarier

Den grundlæggende betragtning i scenariearbejdet er, at de nationale klimamål kan indfries på forskellige måder, og at målopfyldelsen samtidig vil være påvirket af udviklingen i eksterne rammevilkår såsom udvikling i teknologi, markeder, og priser, herunder global regulering mv. Scenarierne anvendes til at illustrere et udfaldsrum for omstillingen mod klimaneutralitet ved at opstille forskellige eksempler på målopfyldelse. Der vil dog være mange andre kombinationer, der opfylder målene, og scenarierne skal ikke tolkes som ideelle bud på, hvordan klimamålene nås.

Scenarierne tager højde for tekniske begrænsninger; herunder bl.a. de tekniske reduktionspotentialer, som er beskrevet i klimaprogrammet. Idet der så vidt muligt tages højde for rentabiliteten af de forskellige løsninger, er omstillingen i scenarierne på langt de fleste områder lavere end de tekniske reduktionspotentialer<sup>4</sup>. Dette gælder særligt på kortere sigt, hvor tidsdimensionen i omstillingen også er en faktor. Via den anvendte model tager scenarierne dertil højde for sektorkoblinger og mulige løsninger ud fra en samlet systemsammenhæng.

At omstillingen i scenarierne er lavere end de tekniske reduktionspotentialer hænger i øvrigt også naturligt sammen med, at det totale tekniske reduktionspotentiale i 2030 er betydeligt større end mankoen; mens scenarierne "kun" lige netop går efter målopfyldelse i 2030.

I opstillingen af scenarier er det vurderet, hvilke overordnede faktorer, som har stor betydning ift. omstillingen mod langsigtet klimaneutralitet, og som samtidig er usikre. Ved at variere på disse faktorer er der opstillet fire forskellige scenarier, som udgør eksempler på målopfyldelser, og som dermed illustrerer et udfaldsrum for den grønne omstilling. Der er ikke opstillet ét centralt grundscenarie, og der er ikke givet større/mindre vægt til hver af de forskellige scenarier.

Identifikationen af væsentlige faktorer er baseret på KP21-scenarierne samt en litteratur-screening omfattende bl.a. Klimarådet (2022) samt andre scenariestudier som fx Net Zero America (Larson et al. 2021), Nordic Clean Energy Scenarios

---

teknologityper i 2030 og 2050 og i antagne iblandingsandele af VE-brændstoffer i benzin/diesel; hvor modellen som led i optimeringen så kan vælge konkrete typer VE-brændstoffer (jf. afsnit 3.1).

<sup>4</sup> Inden for nogle områder, som fx landbrug, jorder og skove, foreligger der p.t. ikke tilstrækkelig viden til nødvendigvis at kunne tage højde for rentabiliteten af de forskellige tiltag. Desuden kan det nævnes, at adfærdsmæssige omstillinger delvist er baseret på eksplorative skøn.



(Energiforsk et al., 2021), EU Kommissionens scenarier for klimaneutralitet (EU Kommissionen, 2018), IEA's scenarier fra World Energy Outlook 2021 (IEA, 2021) og scenarier fra andre lande som fx scenarier for klimaneutralt Belgien i 2050 (FPS Public Health, 2021).

Ud fra denne gennemgang samt efterfølgende drøftelser er det valgt at variere på følgende faktorer/dimensioner i scenarierne til KP22:

- Omfanget af *elektrificering* af samfundet; herunder direkte elektrificering (via fx varmepumper, elkedler og eldrevne transportmidler) og indirekte elektrificering via *Power-to-X*-brændstoffer (PtX-brændstoffer).
- Hvorvidt der sker en *energieffektivisering* og en ændring mod mere klimavenlig *adfærd* i samfundet (inden for energi, transport, kostvaner og affald mv.).
- I hvor høj grad der sker en reduktion i selve drivhusgasudledningerne, versus en kompensering i form af *negative emissionstiltag* via CO<sub>2</sub>-lagring (fx BECCS, DACCS<sup>5</sup>, biokul fra pyrolyse og skovrejsning). Denne dimension er bl.a. relevant i lyset af, at negative udledninger enten kræver biogent kulstof, som er en knap ressource, eller DAC, som er en usikker teknologi. Det langsigtede behov for negative udledninger afhænger især af, hvorvidt udledningerne reduceres fra landbruget.
- Mængden og anvendelsen af *bioenergi* i systemet og dermed trækket på biomasseressourcen (til levering af negative udledninger, produktion af grønne brændstoffer, og el/varme/procesvarme mv.).

## 2.2. Valg af scenarier

Ud fra variationer inden for disse faktorer er der opstillet fire forskellige scenarier for omstillingen mod klimaneutralitet i 2050 (senest):

- **Bio & CCS:** Bioenergi og CO<sub>2</sub>-lagring spiller en relativt stor rolle i målopfyldelsen. Negative emissionsteknologier anvendes i stort omfang til at kompensere for restudledninger frem for at reducere selve udledningerne.
- **El:** Høj grad af elektrificering i samfundet; herunder bl.a. høj teknologiudvikling og billiggørelse af eldrevne transportteknologier og varmepumper mv. (direkte elektrificering) samt Power-to-X-teknologier (indirekte elektrificering).
- **Adfærd:** Betydelige klimabevidste adfærdsændringer blandt borgere og virksomheder (transportvaner, kostvaner, energibesparelser, affaldssortering mv. og øget fokus på bæredygtighed inden for byggeri & anlæg) samt høj grad af energieffektivisering og elektrificering.
- **Nye markeder:** Dansk landbrug omstilles i høj grad imod at levere til de stigende internationale markeder for plantebaserede fødevarer og proteiner, hvilket medfører en markant nedgang i landbrugets husdyrhold. Samtidig sker der en yderligere omstilling inden for byggeri & anlæg (dertil også en høj grad af elektrificering, energieffektivisering og adfærdsændringer).

---

<sup>5</sup> BECCS: Bioenergy Carbon Capture and Storage. DACCS: Direct Air Capture and Storage.



En mere udførlig beskrivelse af de fire scenarier er givet i det følgende.

### **Bio & CCS**

Scenariet Bio & CCS illustrerer en fremtid, hvor bioenergi og CCS spiller en relativt stor rolle i opfyldelsen af klimamålene. Det hænger bl.a. sammen med, at udviklingen mod og billiggørelsen af teknologier inden for elektrificering kun antages at blive medium høj i dette scenarie (ift. de øvrige scenarier). Inden for landbruget sker der kun en vis reduktion i drivhusgasudledningerne, og den store husdyrbaserede landbrugsproduktion i Danmark bibeholdes. Dermed vil der være betragtelige udledninger, som skal kompenseres med negative udledninger via CO<sub>2</sub>-lagring (fx BECCS, pyrolyse og DACCS) for at opnå samlet klimaneutralitet. Danmarks samlede forbrug af bioenergi balanceres dog på lang sigt til et niveau, som svarer til det nuværende forbrug; og som teknisk set vil kunne dækkes med danske restprodukter fra landbrug, skovbrug og industri.

### **EI**

El-scenariet afspejler en udvikling, hvor der sker en høj grad af elektrificering i samfundet. Dette bl.a. som følge af en høj teknologiudvikling og billiggørelse af fx eldrevne transportteknologier og varmepumper (direkte elektrificering) samt PtX-teknologier (indirekte elektrificering)<sup>6</sup>. Inden for landbruget sker der en stor reduktion i drivhusgasudledningerne, hvilket reducerer behovet for negative udledninger via CO<sub>2</sub>-lagring. Dog bibeholdes den store husdyrbaserede landbrugsproduktion i Danmark. Samlet set mindskes behovet for bioenergi (og biogent kulstof) i omstillingen mod klimaneutralitet; bl.a. til levering af negative udledninger og fremstilling af grønne brændstoffer.

### **Adfærd**

Adfærds-scenariet illustrerer en fremtid, hvor der – ud over en høj elektrificering – også sker en høj grad af energieffektivisering<sup>7</sup> samt et betydeligt skift mod klimavenlig adfærd blandt borgere og virksomheder. Derved reduceres behovet for energi og transport – fx ved at folk kører mindre i bil og flyver mindre; og at de i højere omfang benytter andre transportformer (kollektiv transport, cykling) og/eller hjemmearbejde/virtuelle møder. Danskernes kostvaner antages ændret radikalt mod 2050 i retning af fødevarer med lavere klimaaftryk; dvs. fra animalsk baserede fødevarer mod plantebaserede fødevarer. Affaldsmængderne reduceres som følge af mindsket mad- og ressourcspild, og borgere/virksomheder udsorterer mere plast til genanvendelse. I scenariet er der samtidig en reduceret udbygning af veje som følge af det reducerede trafikarbejde fra adfærdsændringen. Som led heri er der forudsat reduceret aktivitet inden for byggeanlæg og cementproduktion. Endelig er

<sup>6</sup> Inden for transport er der forudsat høje andele af eldrevne transportteknologier og inden for el & fjernvarme, husholdninger og erhverv er der forudsat 25 pct. lavere investeringsomkostninger for elektrificeringsteknologier og lavere hurdle rates for investeringsbeslutningen (lavere *hurdle rates* i modellen fremmer investeringer i de givne teknologier). Dertil er der forudsat 25 pct. lavere investeringsomkostninger for elektrolyseteknologier samt lavere eltransportomkostninger per MWh som følge af en mere effektiv udnyttelse af elnettet.

<sup>7</sup> Forudsætninger omkring energieffektivisering er håndteret ved at variere på omfanget af antagne energibesparelser i husholdninger og erhverv.



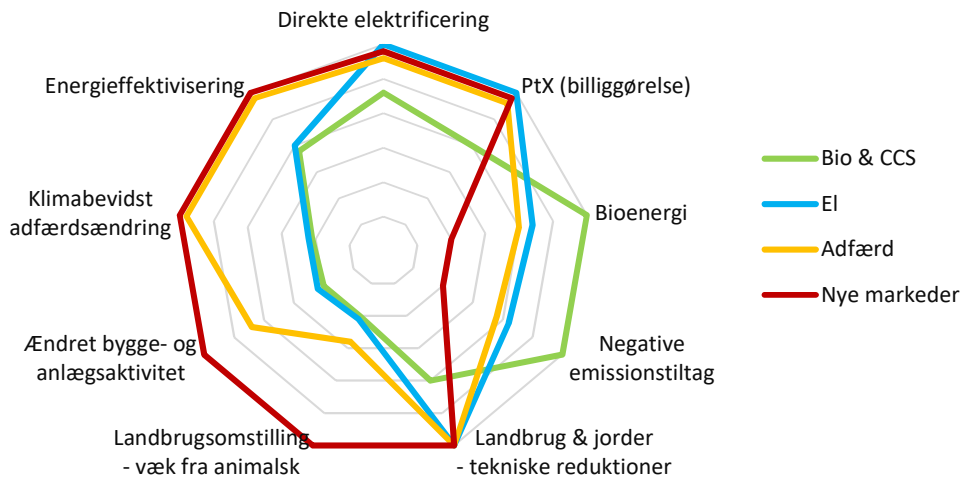
der et øget fokus på bæredygtighed inden for byggeri og anlæg, hvilket afspejles i en lavere cementproduktion samt en reduceret klinkerandel i denne. Scenariet indebærer ændrede aktivitetsmønstre i samfundet men afspejler (bortset fra cementproduktionen i erhverv) et uændret aktivitetsniveau. Fx leveres der samme niveau af energitjeneste, de grundlæggende mobilitetsbehov opfyldes ift. i arbejdsliv og fritid, og det grundlæggende næringsbehov opfyldes i alle scenarier.

### **Nye markeder**

I dette scenarie sker der – ud over en høj grad af elektrificering, energieffektivisering og skift mod klimavenlig adfærd – en udvikling, hvor det danske landbrug i vid udstrækning omstilles mod at levere til de stigende internationale markeder for plantebaserede fødevarer og proteiner. I scenariet sker således en større strukturel omlægning inden for den danske landbrugsproduktion svarende til en 85 pct. reduktion af husdyrholdet mod 2050. Dette giver en stor reduktion i udledningerne fra landbruget, hvorved behovet for negative udledninger i det klimaneutrale samfund minimeres. Omstillingen i landbrugsproduktionen frigiver samtidig store arealer, som i stedet anvendes til at fremme biodiversiteten og en ambitiøs skovrejsning med henblik på CO<sub>2</sub>-optag (samt eventuelle øvrige anvendelser). Inden for erhverv gør samme tendenser sig gældende som i Adfærds-scenariet, og dertil reduceres produktionen af hvid cement til eksport væsentligt.

Den kombinerede effekt af en høj elektrificering, energieffektivisering, klimavenlig adfærd samt omstilling i landbrugsproduktionen og byggeri & anlæg reducerer forbruget af bioenergi til et lavt niveau svarerende til 10 GJ biomasse/person. Det svarer til det forbrugsniveau, som Klimarådet (2022) vurderer til at være det bæredygtige råderum, hvis de globale bioressourcer skulle fordeles ligeligt blandt verdens borgere (uddybes i afsnit 4.6 Biomasse som ressource).

Figur 1 illustrerer det kvalitative setup for de fire forskellige KP22-scenarier med fokus på 2050.



Figur 1. Grov kvalitativ Illustration af setup'et for de fire KP22-scenarier ("Bio & CCS", "El", "Adfærd" og "Nye markeder") med fokus på 2050. Figuren indikerer for hvert scenarie hvor stor en rolle de forskellige emner spiller; set ift. i de øvrige scenarier. Fx spiller bioenergi og negative emissionstiltag en relativt stor rolle i Bio & CCS-scenariet. Negative emissionstiltag omfatter BECCS, pyrolyse, DACCS og skovrejsning. BECCS: Bioenergy Carbon Capture and Storage. DACCS: Direct Air Capture and Carbon Storage.

Figuren illustrerer bl.a., hvordan de fire scenarier samlet set udspænder et udfaldsrum mht., hvor stor en rolle negative udledninger spiller og ift. forbruget af bioenergi. Selve resultaterne og budskaber fra scenarierne er udfoldet i notatet *Resultater for KP22-scenarier*.

De valgte fokusområder i scenariearbejdet er naturligvis ikke en udtømmende liste for emner, som ville være interessante at belyse ift. omstillingen mod klimaneutralitet. Andre emner vil eventuelt kunne belyses i scenariearbejdet til klimaprogrammer i kommende år.



### 3. Model

Til scenarieberegningerne er der taget udgangspunkt i IntERACT, som er en teknisk-økonomisk model udviklet med henblik på at forstå, hvordan rammevilkår påvirker vejen til opfyldelse af de danske klimamål. IntERACT er baseret på den internationale udbredte TIMES modelplatform<sup>8</sup> og administreres af Center for Systemanalyse i Energistyrelsen.

Tidligere er IntERACT-modellen primært blevet anvendt til at analysere husholdninger og erhverv, fx ifm. de årlige klimafremskrivninger. I forbindelse med scenarierne til klimaprogrammet er modellen imidlertid blevet videreudviklet til at omfatte alle relevante sektorer i et klimaperspektiv (dvs. inkl. forsyning, transport, landbrug, jorder og skove samt CO<sub>2</sub>-fangst, -lagring og -anvendelse).

I IntERACT minimeres de samlede tilbagediskonterede omkostninger forbundet med at tilfredsstille et behov for energitjenester. I scenarierne sker denne minimering under hensyntagen til de klimapolitiske målsætninger samt de scenariospecifikke rammevilkår. Energitjenestebegrebet udtrykker de bagvedliggende behov, som er den egentlige driver bag husholdningers og erhvervslivets efterspørgsel efter energi. Eksempler på energitjenester i IntERACT er husholdningernes behov for rumvarme, erhvervslivets procesvarmebehov eller transportbehov udtrykt i mio. køretøjskilometer udført af fx dieselmotorer. IntERACT bidrager med indsigt knyttet til, hvordan og hvornår fossil energi udfases inden for de enkelte energitjenester. Denne udfasning vil afhænge af rammevilkår som udviklingen i markedspriser og teknologiomkostninger og –potentialer.

Det kræver et større arbejde at opbygge et tilstrækkeligt model-, data- og vidensgrundlag til udarbejdelse af målopfølgelses-scenarier. Derfor er nogle sektorer (landbrug, jorder og skove) nødvendigvis repræsenteret på et relativt overordnet niveau i KP22-scenarierne sammenholdt med detaljegraden i Energistyrelsens Klimastatus og –fremskrivning 2022 (KF22). Dertil kommer, at der generelt anvendes en mere grovkornet tilgang til modelleringen, hvilket bl.a. giver en mindre præcis tidsbeskrivelse af aktørernes adfærd end i KF22. Dette har særligt betydning for 2030, hvor specifikke delresultater bør betragtes som størrelsesordner og ikke eksakte bud.

Både den anvendte model og scenarierne er blevet videreudviklet siden KP21. Over de kommende år vil vidensgrundlag, model og scenarier kunne kvalificeres yderligere.

---

<sup>8</sup> TIMES-værktøjet er udviklet i et internationalt samarbejde kaldet Energy Technology System Analysis Program (ETSAP, <https://iea-etsap.org/>), som er et såkaldt Technology Collaboration Program. TIMES model-plattformen anvendes i dag i mere end 60 lande til at forstå og analysere udviklingen i nationale og internationale energisystemer. Selve IntERACT modellen er en udløber af Energiaftalen 2012 og er oprindeligt udviklet i et samarbejde mellem Energistyrelsen, DTU og E4SMA.





### 3.1 Håndtering af forskellige sektorer/områder i modellen

Hvad angår udledninger/optag fra landbrug, jorder og skove foreligger der endnu ikke tilstrækkelig viden/data til at kunne modellere sammenhænge på samme måde som eksempelvis for selve energisektoren. Håndtering af landbrug, jorder og skov er derfor baseret på eksterne modelinput ud fra faglige vurderinger/skøn, andre studier samt tekniske tiltag drøftet i forhandlinger på landbrugsområdet (dvs. ikke baseret på modellens optimering). For en nærmere beskrivelse henvises til baggrundsnotatet *Forudsætninger for KP22-scenarier – Landbrug, jorder og skov*.

Behovet for energitjenester og transport er baseret på eksterne modelinput<sup>9</sup>. Energieffektiviseringer inden for erhverv og husholdninger er baseret på variationer inden for antagne fremtidige energibesparelser.

Følgende sektorer/områder er baseret på økonomisk optimering (af kapaciteter og drift) samt viden om eksisterende/planlagte anlæg:

- Rumvarme til husholdninger og erhverv.
- Procesvarme til erhverv.
- Produktion af grønne brændstoffer (PtX og biobrændstoffer)<sup>10</sup>.
- CO<sub>2</sub>-fangst, -lagring og -anvendelse til brændstofproduktion (CCUS).
- El- og fjernvarmeproduktion (se dog præcisering nedenfor).

El- og fjernvarmeproduktion er baseret på samme værkdatabase som RAMSES, og her indgår økonomisk optimering af kapaciteter og drift i kombination med viden om eksisterende/planlagte anlæg. Dog er fx affaldsforbrændingskapaciteter vurderet særskilt ud fra fremskrivninger af affaldsmængder, kendskab til konkrete lukninger/ombygninger og investeringer i nye affaldsanlæg samt antagne tilpasninger i forbrændingskapaciteten ift. affaldsmængderne<sup>11</sup>. For nærmere beskrivelse af forudsætninger omkring affald henvises til baggrundsnotatet *Forudsætninger for KP22-scenarier - Affald*.

Hvad angår transportsektorens fordeling på teknologier og drivmidler er tilgangen følgende:

- Fremtidig fordeling på transportteknologier (motortyper) udgør et eksternt modelinput baseret på faglig vurdering af tekniske muligheder, økonomi og realisérbarhed.
- Iblanding af biobrændstoffer og e-fuels mv. i 2030 er baseret på en given VE-brændstofiblanding; mens valget af de konkrete biobrændstoffer og e-fuels er bestemt via optimeringen inden for de forudsatte rammevilkår (og

<sup>9</sup> For beskrivelse af de fremskrevne transportbehov i scenarierne henvises til baggrundsnotatet *Forudsætninger for KP22-scenarier - Transportefterspørgsel*.

<sup>10</sup> Mængden af biogas i 2030 er dog fastsat til et givent niveau afhængig af scenarie. I 2050 er der forudsat et scenarieafhængigt maksimum for mængden af biogas i systemet. Begge dele er baseret på den antagne anvendelse af biomasseressourcer til biogasproduktion i scenarierne.

<sup>11</sup> Kapacitetstilpasninger vil som i KF21 være baseret på en beregningsteknisk tilgang uden stillingtagen til lukning af konkrete affaldsanlæg.



tekniske grænser). Denne tilgang er valgt i lyset af den store usikkerhed ift. pris på ikke-fossilt flydende brændstof i 2030.

- I 2050 har modellen frit mulighed for at optimere iblanding af VE-brændstoffer ud fra de forudsatte priser.

For en nærmere beskrivelse henvises til baggrundsnotatet *Forudsætninger for KP22-scenarier - Transport: Motortypefordelinger og iblanding af VE-brændstoffer*.

Eltransmissionsforbindelser udgør et eksternt modelinput. Elimport/eksport over året er modelleret ud fra elprisprofiler fra Ramses-modellen. Eventuelle fjernvarmeudvidelser er på aggregeret niveau baseret på økonomisk optimering. Distributionsniveauet for el og fjernvarme er ikke behandlet. Aspekter omkring CO<sub>2</sub>, gas- og brintnet er håndteret på et simpelt niveau.

Mere detaljerede forudsætninger er angivet i særskilte baggrundsnotater for de givne sektorer.

## 4. Afgrænsninger og overordnede forudsætninger

Nogle generelle overordnede afgrænsninger og forudsætninger for scenariearbejdet i 2022 er beskrevet nedenfor.

### 4.1 International luft- og søfart

I dag har ingen af verdens lande ansvar for udledningerne fra international luft- og søfart jf. FN's regler. Udledninger fra international luft- og søfart reguleres i stedet i regi af FN's internationale organisationer ICAO (for luftfart) og IMO (søfart) og på europæisk plan gennem EU. Disse udledninger indgår ikke i opgørelserne af de forskellige landes territoriale udledninger, som indrapporteres til FN (Energistyrelsen, 2022a & Klimarådet, 2022). Således indgår udledningerne fra international luft- og søfart ikke i opgørelsen af Danmarks drivhusgasudledninger ift. klimalovens målsætninger (Regeringen et al, 2019).

Imidlertid rummer international luft- og søfart store brændstofvolumener og udgør en vigtig brik i den samlede grønne omstilling. Ved at inkludere international luft- og søfart, opnås således et mere fyldestgørende billede af det potentielle fremtidige forbrug af PtX, el og bioenergi mv. og af øvrige systemaspekter. Som noget nyt ift. sidste års scenarier (KP21-scenarierne) er international luft- og søfart, herunder brændstof tanket i Danmark (bunkering), derfor nu medregnet.

Når der i KP22-scenarierne vises CO<sub>2</sub>e-figurer, som illustrerer hvordan de nationale klimamål opnås, er udledninger fra udenrigs luft- og søfart ikke medtaget jf. opgørelsesreglerne. Til gengæld indgår international luft- og søfart som en del af det samlede system, når der vises øvrige resultater (af fx elforbrug, bioenergiforbrug og brændstofproduktion).



Mængden af brændstof som tankes i danske havne/lufthavne er i KP22-scenarierne anvendt som en indikator for Danmarks andel af udledningerne fra international transport. At tage udgangspunkt i den mængde brændstof, som tankes i Danmark har den fordel, at dette tal opgøres og indmeldes (separat) i FN-systemet, og at det fulde globale billede opnås, når alle landes tilsvarende opgørelse tælles sammen (Lund et al., 2021). Desuden vil Danmark i vid udstrækning kunne styre, i hvilket omfang der iblandes VE-brændstoffer i danske havne/lufthavne. Derved er der en naturlig kobling til dansk produktion af grønne brændstoffer, som scenarierne illustrerer et udfaldsrum for.

#### 4.2 Grønne brændstoffer

Grønne brændstoffer til det danske energi- og transportsystem er antaget produceret i Danmark. Derved afspejles opstrøms brændselsforbrug og udledninger, når scenarierne sammenlignes.

Den besluttede nationale PtX-målsætning omkring etablering af 4-6 GW-el elektrolysekapacitet i 2030 forudsættes opnået i alle scenarier. Det bemærkes, at denne PtX-produktion ikke alene er påtænkt at gå til opfyldelse af de nationale klimamål men i høj grad også er tiltænkt brændstoffer til international luft- og søfart, materialeproduktion (fx plast og kunstgødning) og/eller eksport af PtX-brændstoffer. Mens opfyldelse af klimamålene samt international luft- og søfart er modelleret i scenarierne er PtX til materialer og potentialer for netto-eksport af PtX-brændstoffer ikke afspejlet.

#### 4.3 Landbrug, jorder og skove

Målet fra landbrugsaftalen omkring en 55-65 pct. reduktion i land- og skovbrugssektorens drivhusgasudledninger i 2030 ift. 1990 svarer til, at CO<sub>2</sub>e-udledningen reduceres til ca. 7-9 mio. ton (6,9-8,8 mio. ton CO<sub>2</sub>e) i 2030<sup>12</sup>.

I EI-scenariet og Nye markeder scenariet reduceres udledningerne til ca. 9 mio. ton (hhv. 8,8 og 9,2 mio. ton CO<sub>2</sub>e) svarende til en overordnet opfyldelse af landbrugsmålet:

- I EI-scenariet opfyldes landbrugsmålet ved en fuld realisering af de tekniske reduktionspotentialer inden for gyllehåndtering, fodertilsætning, økologiske arealer og udtagning af lavbundsgrunde samt en stor satsning på pyrolyse.
- I Nye markeder-scenariet opfyldes landbrugsmålet ved samme fulde realisering af de givne tekniske reduktionspotentialer, en betydelig mængde pyrolyse samt en større omstilling af produktionen fra animalske til plantebaserede fødevarer resulterende i en reduktion i husdyrholdet.

---

<sup>12</sup>Her er målet i landbrugsaftalen opgjort som følger: Udledningerne fra kategorierne husdyrenes fordøjelse, gødningshåndtering, gødning på marker, landbrugets arealanvendelse, skov og høstede træprodukter udledte ifølge KF22 i alt 19,6 mio. ton CO<sub>2</sub>e i 1990. 55 – 65 pct. reduktion svarer dermed til en tilladt udledning på 6,9-8,8 Mt CO<sub>2</sub>e i 2030. Det bemærkes, at udledninger fra by- og vådområder samt landbrugets energiforbrug ikke indgår i opgørelsen.



For nærmere beskrivelse af forudsætningerne for landbrug, jorder og skove henvises til baggrundsnotatet *Forudsætninger for KP22-scenarier – Landbrug, jorder og skove*.

#### 4.4 Udfasning af fossile brændsler

Som en simplificering er det i scenarierne forudsat, at fossile brændsler i 2050 er udfaset inden for indenrigstransport (dvs. vejtransport samt indenrigs søfart/luftfart). I scenarierne sker dette ved en kombination af direkte elektrificering (eldrevne transportteknologier), indirekte elektrificering (via fx brint, ammoniak og e-fuels), biobrændstoffer samt klimabevidst transportadfærd; afhængig af scenariet. Der er ikke analyseret på muligheden for at lade en mængde fossile brændsler blive tilbage i transportsektoren og i stedet kompensere for disse via negative emissionstiltag i andre sektorer.

Fossile brændsler er også forudsat udfaset inden for produktion af brændstoffer (Nordsøen og raffinaderier) i 2050. Det er således ikke antaget, at Danmark raffinerer fossile brændstoffer til andre lande i scenarierne i det klimaneutrale samfund.

Hvad angår international luft- og søfart (brændstof tanket i Danmark) er der med afsæt i IEA's Net Zero Scenarie forudsat en moderat andel af fossile brændstoffer tilbage i 2050.

For nærmere beskrivelse af transportsektoren; herunder også håndteringen af international transport, henvises til notatet *Forudsætninger for KP22-scenarier - Transport: Motortypefordelinger og iblanding af VE-brændstoffer*.

#### 4.5 Elforsyningssikkerhed og systemydelse

Der er i scenarierne ikke regnet på elforsyningssikkerhed eller systemydelse (regulérkraft, frekvensregulering mv.).

#### 4.6 Biomasse som ressource

Danmark har i dag et betydeligt forbrug af biobrændsler til varme, el og transport; i alt ca. 175 PJ årligt (i 2019) i form af biogas, biobrændstoffer, halm, træflis, træpiller, brænde og bio-affald mv. Heraf udgjorde danske biobrændsler lidt over halvdelen, mens resten var importeret (Energistyrelsen, 2021b). Bioenergiforbruget svarer til ca. 190 PJ biomasse, når alle biobrændsler omregnes til biomasseinput<sup>13</sup>. Danmark er det land i EU, der importerer mest biomasse per indbygger (Klimarådet, 2022).

KP22-scenarierne udspænder et udfaldsrum mht., hvor meget bioenergi, der anvendes i systemet frem mod 2050. Dette udfaldsrum er skitseret i det følgende.

#### *Højt bioenergiforbrug i ét af scenarierne*

I den *høje ende af udfaldsrummet* er der i et af KP22-scenarierne, Bio & CCS-scenariet, forudsat en bioenergianvendelse der svarer til en høj udnyttelsesgrad af

---

<sup>13</sup> Dvs. når der tages højde for biomasse-konverteringstab til produktion af biogas og flydende biobrændstoffer.



danskproduceret biomasse i form af restprodukter fra landbrug, skovbrug og industri (halm, husdyrgødning, industri- og restaffald, biogent affald, træaffald, brænde og træflis fra skove mv.). En høj udnyttelse af dette tekniske potentiale forudsætter, at der sker en række ændringer i arealforvaltningen og industrien. Herunder opnåelse af effektiviseringsgevinster, øget indsamling af halm og evt. dyrkning af kornarter med længere strå, øget brug af hurtigvoksende træarter mm. Dertil kommer bedre gyllehåndtering og (evt. også gyllekøling) og øget udnyttelse af dybstrøelse, grønt affald, grønt landbrugsaffald og kasserede afgrøder til biogasproduktion (SDU, 2020), (Lund *et al.*, 2021) (DCA, 2022).

Dette tekniske danske bioenergipotential fra restprodukter er ud fra Lund *et al.* (2021) og SDU (2020) forudsat at være ca. 190 PJ biomasse<sup>14</sup>. Der er i 2050 i dette scenarie forudsat et bioenergiforbrug på dette niveau, hvilket nogenlunde svarer til Danmarks nuværende samlede bioenergiforbrug, inkl. import (ca. 190 PJ biomasse i 2019).

Omkostningerne ved danske bio-restprodukter er generelt relativt høje sammenlignet med importeret biomasse. Det tekniske bio-restproduktpotential i Danmark vil således næppe blive realiseret fuldt ud på markedsvilkår, hvilket heller ikke er sket indtil nu (Klimarådet, 2022). En udnyttelse af dette tekniske danske bioenergipotential forudsætter dermed, at der etableres økonomiske rammevilkår, som understøtter, at bioenergiforbruget dækkes med dansk biomasse frem for import. Endelig kan det ikke udelukkes, at der kan være miljømæssige konsekvenser forbundet med så høj en udnyttelse af den danske biomasseresource. Der kan i Danmark både være tale om positive konsekvenser fx ved høst af græs m.m. fra tilgroede moser, enge m.v. til gavn for nøjsomme planter og varmeelskende insekter. Men der kan også være tale om negative konsekvenser, fx ved et højere udtag af resttræ fra skovbrug, som ellers ville blive liggende i skoven som levested for diverse organismer (Ejrnæs *et al.*, 2019).

Der indregnes ikke en udvidelse af arealer dedikeret til dyrkning af biomasse til energiformål, da det vil kræve, at arealer omlægges fra naturarealer eller fra produktion af fødevarer/foder til energiafgrøder eller energiskov. Areal er en begrænset ressource, og behovet for areal til mad, foder og materialer vil øges i takt med, at verdens befolkning forventes at stige fra 7,6 mia. i 2020 til 9,7 mia. i 2050 (Energistyrelsen, 2020). Samtidig skal EU's medlemslande også afsætte større arealer til biodiversitet, jf. EU's biodiversitetsstrategi (EU-Kommissionen, 2020). Derfor ville en arealomlægning i Danmark fra fødevare-/foderproduktion til energiafgrøder i en marginal "alt andet lige-betragtning" resultere i, at produktionen af fødevarer/foder må øges tilsvarende i andre lande; hvilket vil øge presset på arealanvendelsen og resultere i såkaldte *Indirect Land Use Changes* (ILUC-effekter) (Energistyrelsen, 2022).

Der er i KP22-scenariearbejdet ikke undersøgt en variant, hvor arealer frigivet ved omstilling af landbruget fra animalsk til plantebaseret produktion anvendes til at øge biomasseproduktionen og -anvendelsen i Danmark.

---

<sup>14</sup> Opgjort som energiindholdet i biomasserafvarer og ikke i de anvendte biobrændsler.



### *Medium niveau af bioenergiforbrug i to af scenarierne*

I to af de øvrige scenarier, "El" og "Adfærd", er der en lavere bioenergianvendelse (ca. 140-150 PJ biomasse) som følge af elektrificering, energieffektivisering, et reduceret behov for negative udledninger og klimavenlige adfærdsændringer i Danmark (sidstnævnte alene for Adfærds-scenariet).

### *Lavt bioenergiforbrug i et af scenarierne*

Som den nedre del af udfaldsrummet er der i et af scenarierne ("Nye markeder") antaget et lavt bioenergiforbrug. Det forudsatte lave bioenergiforbrug svarer til, at der i højere grad er anlagt et globalt perspektiv på bioressourcetilgængeligheden. Således er der taget udgangspunkt i det faktum, at biomasse skal betragtes som en knap ressource på globalt plan. Det bunder bl.a. i, at areal er en begrænset ressource, som skal bruges til mange forskellige formål som produktion af fødevarer, foder og materialer (Klimarådet, 2022). Behovet for areal og biomasse til mad, foder og materialer forventes at stige i takt med, at verdens befolkning stiger (Energistyrelsen, 2020). Samtidig er biodiversiteten under gevaldigt pres. Den globale bestand af vilde arter er faldet med 60 pct. gennem de seneste 40 år, og 1 mio. arter er udryddelsestruede. Biodiversitetskrisen skyldes især mangel på plads og dermed leveduligheder for vilde arter, og menneskets høst af biomasse er en medvirkende årsag til biodiversitetskrisen (Klimarådet, 2022).

Der er lavet en lang række studier af, hvor store biomasseressourcer der globalt vil kunne anvendes til energiformål. På baggrund af de mange studier vurderer IPCC, at der er høj videnskabelig enighed om, at det globale bæredygtige bioenergi-potentiale vil være begrænset til omkring 100 EJ pr. år i 2050. Således vurderer IPCC, at et forbrug over dette niveau vil lægge betydeligt pres på tilgængeligt areal, fødevarerproduktion og priser (IPCC, 2018). IEA anvender også 100 EJ som det bæredygtige bioenergi-potentiale i sit *roadmap* for 2050. Ud fra ovenstående vurderer Klimarådet, at det er tvivlsomt, om et globalt bioenergiforbrug mv. på over 100 EJ vil være bæredygtigt i 2050 (Klimarådet, 2022).

I den nyeste IPCC-rapport (IPCC, 2022) nævnes globale bioenergi-potentialer i 2050 på 55-300 EJ pr. år samlet set for bio-restprodukter og storskala arealanvendelse til biomasseafgrøder (energiafgrøder). Disse estimater ligger imidlertid inden for intervallet af tidligere studier, og der er kun medium enighed blandt forskerne omkring disse potentialer (IPCC, 2022).

De 100 EJ vil svare til et bioenergiforbrug på 10 GJ pr. verdensborger i 2050, hvis de globale bioressourcer skulle fordeles ligeligt i verden. Til sammenligning er Danmarks nuværende forbrug af bioenergi per indbygger omtrent 35 GJ, hvilket er blandt de højeste i verden (CONCITO, 2021) og mere end tre gange højere end det fremtidige globale bæredygtige råderum ifølge ovenstående.

Scenariet "Nye Markeder" illustrerer et eksempel på en opfyldelse af det langsigtede mål om klimaneutralitet i 2050, hvor det danske årlige forbrug af biomasse til energi reduceres til omkring det globale råderum på 10 GJ/person ud fra ovenstående



betragtninger. Det svarer til et bioenergiforbrug på ca. 60 PJ biomasse for Danmark samlet set. Til dette skal dog nævnes, at der som bekendt på mange andre områder i dag ikke er en tilsvarende ligelig fordeling af verdens ressourcer.

Det kan bemærkes, at hvis verden som helhed ændrer sin landbrugsproduktion til færre husdyr og dermed mindre foderproduktion, vil der kunne frigives arealer til anden anvendelse. En del af disse arealer vil kunne målrettes biomasseafgrøder til energiformål. Det vil kunne øge den bæredygtige mængde af biomasse i verden og dermed også det bæredygtige bioenergipotential per verdensborger. Det er dog usikkert, hvorvidt en sådan omfattende omlægning i fødevareproduktion og arealanvendelsen vil finde sted.

Der er i scenariearbejdet ikke allokeret en given mængde biomasse til materialer, da det er svært at forudsæ det fremtidige behov for input af nye bioressourcer hertil. For nærmere skitsering af dette emne henvises til Bilag B i notatet.

#### 4.7 Biomassens klimaaftryk

Ud fra de gældende opgørelsesregler fra FN og dermed i klimaloven, er forbrænding af biomasse/biobrændsler/biobrændstoffer i scenarierne regnet som en nuludledning. Dermed er det også forudsat, at lagring af biogen CO<sub>2</sub> kan regnes som negativ udledning i det nationale klimaregnskab. Anvendelse af biomasse til energiformål er reelt forbundet med en netto-udledning af CO<sub>2</sub> i en årrække, afhængig af biomassetypen mm. (Energistyrelsen, 2022).

De biomassetyper, der anvendes i KP22-scenarierne i 2050, består af danskproducerede restprodukter; primært i form af halm, husdyrgødning & gylle, dybstrøelse, bio-affald, grønt affald, afgasset biomasse fra biogasanlæg (fiberrest/digestat) og skovflis. Som beskrevet i Bilag A til dette notat kan disse biomassetyper siges at have ingen eller lav nettoudledning af CO<sub>2</sub>; eller også er der i scenarierne sørget for at indregne udledningen i det danske klimaregnskab under andre sektorer (LULUCF-opgørelsen for skove og jorder).

Som led i en transitionsfase indgår der i scenarierne i 2030 en vis import af træbiomasse (ca. 50-55 PJ svarende til ca. 20-25 pct. af det samlede biomasseforbrug i scenarierne).



## Bilag A – Biomassens klimaaftryk

I dette bilag redegøres der kort for, at de biomassetyper, der forudsat anvendt i scenarierne i 2050 er indregnet i andre sektorer; eller har ingen eller lav netto- CO<sub>2</sub>e-udledning. De konkrete udledninger/emissionsfaktorer som er indregnet, kan ses i baggrundsnotatet *Forudsætninger for KP22-scenarier – Landbrug, jorder og skove*.

Kulstof bundet i *halm* frigives i løbet af få år i takt med, at halmen nedbrydes i jorden, hvis den pløjes ned efter høsten af kornet. En øget indsamling af halm og udnyttelsen til energiformål som el/varmeproduktion eller pyrolyse, vil imidlertid sænke kulstofpuljen i jorden. Det skyldes, at der fjernes halm fra marken, som normalt ville blive nedmuldet og nedbrudt over længere tid.

Hvis al halm, som i dag efterlades på marken, udnyttes til energiformål, vil det således forårsage en årligt øget CO<sub>2</sub>e-udledning (Energistyrelsen, 2022c). I scenarierne er en eventuel øget CO<sub>2</sub>e-udledning herfra indregnet i klima-regnskabet; afhængig af hvor meget halm, der anvendes til energiformål (Energistyrelsen, 2022b). Denne ændring indgår i LULUCF-sektorens klimaregnskab.

Det antages, at omsætning af halm til biogas ikke nedbryder den svært nedbrydelige kulstofdel af halmen, og at denne således er indeholdt i den såkaldte digestat fra biogasprocessen. Det forudsættes endvidere, at digestatet nedpløjes på marken (som det er typisk praksis i dag), og at der dermed ikke mistes CO<sub>2</sub>-lagring i LULUCF-regnskabet ved en øget brug af halm til biogas.

For *bioaffald, husdyrgødning og afgasset biomasse* afhænger klimaaftrykket af, hvilken systemafgrænsning der anvendes. Hvis man ser bort fra udledninger fra før biomassen blev til bioaffald og husdyrgødning (såkaldte opstrøms-emissioner) og forudsætter, at landbrugs- og fødevarereproduktionen ikke kan undlade at producere disse typer "affaldsbiomasse", så kan disse biobrændsler betragtes som CO<sub>2</sub>-neutrale. Fx er dette for bioaffald afspejlet i, at bioaffaldet ville være rådnet op i løbet af kort tid (med CO<sub>2</sub>-udledning til følge), hvis det ikke var blevet anvendt til energiformål. Hvis man også inddrager udledningerne fra før biomassen blev til hhv. bioaffald og husdyrgødning, afhænger klimaaftrykket af en lang række forhold, så som fodersammensætningen i husdyrproduktionen (Klimarådet, 2022). Opstrøms-emissioner vil være opgjort i producentlandets LULUCF-regnskab efter FN's opgørelsesregler samt i transportsektoren.

Ved forbrænding af *træbiomasse* udledes CO<sub>2</sub> svarende til den mængde CO<sub>2</sub>, som træet har optaget under væksten, og når træet er fældet, vil tilvækst af nye træer kunne genoptage CO<sub>2</sub> fra atmosfæren. Det har tidligere ført til en betragtning om, at biomasse "i sig selv" er CO<sub>2</sub>-neutral, fordi udledningen modsvares af et tilsvarende tidligere eller senere optag. Dette er imidlertid generelt ikke tilfældet. Det skyldes





bl.a.<sup>15</sup>, at forbrændingen af biomasse ikke i alle situationer modsvarer af et optag (fx hvis der sker skovrydning); og selvom der sker et optag, vil der være en tidsforskydning i mellem forbrænding og optag eller alternativ udledning ved forrådnelse af resttræ fra skovbrug. Når træ brændes af frigives CO<sub>2</sub> øjeblikkeligt, mens genoptag af CO<sub>2</sub> i ny skovvækst samt alternativ forrådnelse af resttræ sker over en relativt lang årrække. Denne tidsforskydning resulterer i en nettoudledning, som er høj ved tidspunktet for energiproduktion og derefter er faldende over tid (Energistyrelsen, 2022a). Denne biogene nettoudledning medregnes jf. FN-reglerne i LULUCF-sektorens regnskab i det land, hvor træet høstes. Forenklet sagt består nettoudledningen af den CO<sub>2</sub>, som udledes fra skorstenen ved energiproduktionen, og som var lagret i det træ, der blev hentet i skoven; fratrukket den årlige alternative udledning fra træets alternative skæbne, fx gradvis forrådnelse. Tidsforskydningen har klimamæssig betydning, fordi koncentrationen af CO<sub>2</sub> i atmosfæren er afgørende for hvor hurtigt og voldsomt klimaforandringerne indtræffer (Energistyrelsen, 2020). Hertil kommer en udledning fra fossile brændsler og brændstoffer, som bruges i forarbejdning og transport af træbiomassen.

I KP22-scenarierne er netto-CO<sub>2</sub>-udledningen fra danskproduceret træbiomasse indregnet ud fra emissionsfaktorer i Energistyrelsen (2022a).

CO<sub>2</sub>-udledningen fra dansk energiproduktion baseret på importeret biomasse afspejles ikke i det danske klimaregnskab (Energistyrelsen, 2021a). Der er i 2021 indført nye bæredygtighedskrav for biomasse i Danmark og EU, som indeholder et kriterium om, at oprindelseslandet skal medregne LULUCF-sektoren i sit klimaregnskab. Der er imidlertid ikke fuld sikkerhed for, at medregningen sker retvisende. Derfor kan det være problematisk at sætte CO<sub>2</sub>-udledningen fra forbrænding af træbiomasse i energisektoren til nul; især når det gælder træbiomasse importeret fra lande uden for EU.

Bioenergianvendelsen i KP22-scenarierne er i 2050 imidlertid begrænset til et niveau, som teknisk set vil kunne leveres med danskproduceret biomasse alene. Dermed betinges langsigtet klimaneutralitet i KP22-scenarierne ikke af en fortsættelse af dagens betydelige biomasseimport. Til gengæld vil en realisering af den forudsatte høje udnyttelse af danske restprodukter i scenariet med det høje bioenergiforbrug kræve en stor omstilling samt de rette økonomiske incitament, som kan være juridisk og politisk vanskelige at anvende.

Som led i en transitionsfase indgår der som nævnt en vis import af træbiomasse i 2030 i scenarierne, hvor det samlede biomasseforbrug er ca. 190-230 PJ sammenlignet med det historiske forbrug på ca. 190 PJ for 2019.

---

<sup>15</sup> Desuden udleder afbrændingen af biomasse i de fleste tilfælde mere CO<sub>2</sub> end den fossile energi, som den erstatter. Dette skyldes et lavere energiindhold pr. kg kulstof i træbiomasse sammenlignet med fx kul, og i de fleste tilfælde også en lavere effektivitet i konverteringen til fx el (Energistyrelsen, 2020).



## Bilag B - Biomasse til materialer

Danmarks forbrug af materialer vil også spille en rolle i den grønne omstilling, i det omfang fossile materialer på sigt skal udfases; og behovet for bioressourcer til materialer forventes at stige.

Energikrævende og udledningstunge materialer i byggeriet, herunder beton og stål, vil sandsynligvis til en vis grad skulle erstattes med træ eller andre biomaterialer. Det forventede behov for biomaterialer til bygninger/boliger i 2050 er med et groft skøn omtrent 20-40 PJ (Rasmussen et al., 2022)<sup>16</sup>. Dette bioressourceforbrug er noget højere end den nuværende årlige hugst af gavntræ i de danske skove, som udgør ca. 12 PJ (Danmarks Statistik, 2020)<sup>17</sup>. En del af dette eksporteres i dag (enten uforarbejdet eller som møbler mm).

Hvis alle fossile materialer på langt sigt skal udfases i Danmark, skønnes der dertil et behov for bioressourcer på omkring 20 PJ til papir/pap og 5-6 PJ til tekstiler (Rasmussen et al., 2022).

Derudover vil udfasning af fossile materialer kræve et betydeligt behov for kulstofholdige materialer til plast (ca. 50 PJ) samt andre materialer og kemikalier (ca. 50 PJ) (Rasmussen et al., 2022). For gruppen plast, kemikalier og andre materialer er det dog primært kulstofindholdet i sig selv, som er vigtigt; ikke den molekylære struktur. Dette materialebehov vil derfor ligeså vel kunne dækkes med syntetiske fremstillede råvarer (PtX-materialer), hvor opfanget CO<sub>2</sub> anvendes som kulstofkilde. Det afspejles også i, at en del af den forventede PtX-produktion på 4-6 GW elektrolyse jf. PtX-målsætningen er tiltænkt materialeproduktion. Det vil i givet fald reducere behovet for bioressourcer til materialer fra 145-165 PJ til ca. 45-65 PJ (jf. Tabel 1).

---

<sup>16</sup> Primært i form af træ i gulve, lofter, døre, vinduer, køkkener og møbler, dernæst konstruktionstræ samt byggematerialer som fx PIR/PUR skum og anden isolering.

<sup>17</sup> Brændværdi for nåletræsbrænde baseret på Energistatistik 2020 er anvendt. Gavntræshugsten består primært af nåletræ, men løvtræ har en højere brændværdi, så de 12 PJ angivet er konservativt.



Tabel 1. Estimerede behov for kulstofholdige materialer i Danmark ved en langsigtet udfasning af fossile materialer.

	<b>Estimat (PJ/år)</b>	<b>Mest oplagt kulstofkilde**</b>
Bygninger/boliger*	20-40	Bio
Papir/pap	20	Bio
Tekstiler*	5-6	Bio
Plast	50	PtX / Bio
Andre materialer & kemikalier	50	PtX / Bio
Totalt behov for kulstofholdige materialer	145-165	
Heraf min. behov for bioressourcer	45-65	

Kilde: Rasmussen et al., (2022).

\* Det er antaget, at halvdelen af tekstilerne er af bomuld og den anden halvdel er syntetisk (Rasmussen et al. 2022). \*\* Egen vurdering.

Der er ikke allokeret en given mængde biomasse til materialer i KP22-scenarierne. Det er svært at forudse det kommende behov for årligt input af nye bioressourcer til materialer. Så længe materialer er i anvendelse, holder de på deres indhold af kulstof. Graden af cirkularitet vil sandsynligvis stige fremover, hvilket sænker udledningerne totalt set, selv om der kan ske udledninger i forbindelse med genanvendelse og genbrug af materialerne.

I dag dækkes det danske forbrug af pap/papir og tekstiler langt overvejende med import, og dermed indgår udledningerne ikke i det nationale klimaregnskab efter gældende FN-opgørelsesregler, men derimod i producentlandets LULUCF-regnskab. Det er ikke vurderet, hvor stor en del af det fremtidige behov af bioressourcer til materialer, som skal dækkes af danske bioressourcer.

Træ og andre bioressourcer i alle slags produkter udgør også i sig selv et kulstoflager, som kan optimeres. Når træ fx anvendes til byggematerialer vil lageret af kulstof i træprodukter samlet set stige, dvs. resultere i en fortsat lagring af træets kulstof. Puljen af træprodukter opgøres i *Klimastatus- og fremskrivning* som en del af skovsektorens klimaregnskab efter gældende opgørelsesregler (*harvested wood products*). Dette indgår som et fælles udgangspunkt for alle scenarier. Puljens størrelse er dynamisk og beregnes ved hjælp af forskellige standardhalveringstider for forskellige typer af træprodukter.

I to af scenarierne, hhv. Adfærd og Nye Markeder, indgår der ekstra skovrejsning. En del af dette areal ville kunne levere bioressourcer, som i 2050 kan anvendes til biomaterialer, dvs. til udfasning af fossile materialer, herunder særligt i bygninger/boliger. Dette er ikke analyseret. Mulighederne for kulstoflagring i produkter fra ny skovrejsning der plantes i de kommende årtier forventes dog umiddelbart at være relativt begrænset mod 2050; og mere markant på den helt lange bane. Det skyldes, at trætyper anvendt til materialer typisk har lange levetider, før de fældes og anvendes.



## 5. Kilder

CONCITO (2021). *Danmarks forbrug af biomasse bør halveres frem mod 2030*. *Pressemeddelelse*. 11. oktober 2021.

<https://concito.dk/nyheder/danmarks-forbrug-biomasse-boer-halveres-frem-mod-2030>

Danmarks Statistik (2020). *Statistikbanken.dk/SKOV6: Hugsten i skove og plantager i Danmark efter tid, areal, område og træsort*.

DCA (2022). *Danish agricultural biomass production and utilization in 2030. Advisory memorandum from DCA – Danish Centre for Food and Agriculture*. Mortensen, Ø. E., Jørgensen, U. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. Aarhus Universitet.

Energiforsk et al. (2021). *Nordic clean energy scenarios*. Energiforsk, Ea Energianalyse a/s, Energy Modelling Lab, IVL Svenska Miljöinstitutet, Norwegian University of Life Sciences, VTT Technical Research Centre of Finland, Profu, Thema og Tøkni. Projekt udført for Nordisk Energiforskning (Nordic Energy Research). <https://pub.norden.org/nordicenergyresearch2021-01/#69027>.  
Fuld rapport kan bestilles på: <https://www.nordicenergy.org/article/nordic-clean-energy-scenarios/>

Energistyrelsen (2020). *Biomasseanalyse*, maj 2020. Energistyrelsen.  
[https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse\\_final\\_ren.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse_final_ren.pdf)

Energistyrelsen (2021a). *Biomassens rolle i Power-to-X*. (notat, 22. november 2021). Energistyrelsen.  
[https://ens.dk/sites/ens.dk/files/ptx/biomassens\\_rolle\\_i\\_ptx\\_opdateret.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/ptx/biomassens_rolle_i_ptx_opdateret.pdf)

Energistyrelsen (2021b). *Energistatistik 2020 - Data, tabeller, statistikker og kort*. Udgivet i december 2021.  
<https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/energistatistik2020.pdf>

Energistyrelsen (2022a). *Global afrapportering 2022*.  
<https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/global-afrapportering-2022>

Energistyrelsen (2022b). *Klimastatus- og fremskrivning 2022*.  
[https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/kf22\\_-\\_samlet\\_rapport.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/kf22_-_samlet_rapport.pdf)

Ejrnæs et al. (2019). *Virkemiddelkatalog for natur: De vigtigste mål i biodiversitetsforvaltningen og deres tilhørende virkemidler*. Ejrnæs, R; Bruun, H.H.; Heilmann-Clausen, J; Strandberg, B. Aarhus Universitet.

EU-Kommissionen (2020). *EU Biodiversity Strategy for 2030*. COM(2020) 380.  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0380>



European Commission (2018). *A Clean Planet for all: A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*. Bruxelles, d. 28. November, 2018 COM (2018) 773 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773>

FPS Public Health (2021). *Scenarios for a climate neutral Belgium by 2050*. FPS Public Health - DG Environment Climate Change Section. <https://climat.be/doc/climate-neutral-belgium-by-2050-summary.pdf>

IEA (2021). *World Energy Outlook 2021*. Flagship report, October 2021. IEA. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>

IPCC (2018). *Global Warming of 1.5 °C*. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty (full report). [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15\\_Full\\_Report\\_High\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf)

IPCC (2022). *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change*. IPCC Sixth Assessment Report (AR6) (IPCC full report). IPCC. [https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC\\_AR6\\_WGIII\\_FinalDraft\\_FullReport.pdf](https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_FinalDraft_FullReport.pdf)

Klimarådet (2022). *Statusrapport 2022 – Danmarks nationale klimamål og internationale forpligtelser (februar 2022)*. Klimarådet. <https://klimaraadet.dk/da/rapporter/statusrapport-2022>.

Larson et al. (2021). *NET-ZERO AMERICA: Potential Pathways, Infrastructure, and Impacts* Larson, E; Greig, C; Jenkins, J., Mayfield, E.; Pascale, A. et. al. Princeton University. Final report, October 29, 2021. [file:///C:/Users/b039913/Downloads/Princeton%20NZA%20FINAL%20REPORT%20\(29Oct2021\).pdf](file:///C:/Users/b039913/Downloads/Princeton%20NZA%20FINAL%20REPORT%20(29Oct2021).pdf)

Lund et al. (2021). *IDAs Klimasvar 2045 – Sådan bliver vi klimaneutrale*. Lund, H; Mathiesen, B.V.; Thellufsen, J. Z; Sorknæs, P.; Chang, M.; Kany, M.S.; Skov, I.R. Aalborg Universitet. [https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/413672453/IDAs klimasvar 2045 ver 02062021.pdf](https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/413672453/IDAs_klimasvar_2045_ver_02062021.pdf)

Rasmussen et al. (2022). *Scenarier for anvendelse af biomasseressourcer i fremtidens produktionssystemer for fødevarer, energi og materialer inden for rammerne af gældende politik for landbrug, miljø, klima, natur og energi*. Rasmussen, C.; Mortensen, E.Ø.; Wenzel, W.; Ambye-Jensen, M.; Jørgensen, U. Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.



[https://fvm.dk/fileadmin/user\\_upload/FVM.dk/Dokumenter/Foedevarer/AAU\\_Scenarioer\\_for\\_anvendelse\\_af\\_biomasseressourcer\\_i\\_fremtidens\\_produktionssystemer.pdf](https://fvm.dk/fileadmin/user_upload/FVM.dk/Dokumenter/Foedevarer/AAU_Scenarioer_for_anvendelse_af_biomasseressourcer_i_fremtidens_produktionssystemer.pdf)

Regeringen et al. (2019). *Aftale om klimalov af 6. december 2019*. Regeringen (Socialdemokratiet), Venstre, Dansk Folkeparti, Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti og Alternativet.

<https://kefm.dk/Media/1/D/aftale-om-klimalov-af-6-december-2019%20FINAL-a-webtilg%C3%A6ngelig.pdf>

Regeringen et al. (2021). *Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug, af 4. oktober 2021 mellem regeringen, Venstre, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti, Nye Borgerlige, Liberal Alliance og Kristendemokraterne*. <https://fm.dk/media/25215/aftale-om-groen-omstilling-af-dansk-landbrug.pdf>.

Wenzel et al (2020). *Energiafgrødeanalysen*. Wenzel, H; Triolo, J.M, Toft; L.V., Østergaard, N. SDU og SEGES. ISBN: 978-87-93413-18-4.

[https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/energiafgrødeanalysen\\_med\\_bilag.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/energiafgrødeanalysen_med_bilag.pdf)