

Tekniske Reduktionspotentialer, 2030 og 2035

Kontor/afdeling
SYS

Dato
23-09-2022

J nr.

/MTHR, AEDG, MHVD

Indhold

1 Indledning.....	2
1.1 Baggrund.....	3
1.2 Definition af tekniske reduktionspotentialer.....	3
2 Overordnet metode og usikkerhed	5
2.1 Metode for vurdering af tekniske reduktionspotentialer	5
2.2 Udvælgelseskriterier for omstillingselementer	5
2.3 Usikkerhed	6
3 Tekniske reduktionspotentialer	7
3.1 Tilbageværende udledninger i 2030 og 2035	7
3.2 Samlet opgørelse over tekniske reduktionspotentialer i 2030 og 2035	8
3.3 Sektorvis opgørelse af tekniske reduktionspotentialer.....	12
4 Potentielle energisystemeffekter.....	20
4.1 Påvirkning på VE-andelen i ledningsgassen.....	20
5 Andre potentielle klima- og miljøhensyn	24
5.1 Mulige påvirkninger af udvalgte omstillingselementer	26
5.2 Arealforbrug og biomasse som knap ressource	27
6 Kildeliste	30

Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

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

www.ens.dk



1 Indledning

Formålet med analysen af tekniske reduktionspotentialer er at skabe overblik over tekniske muligheder for CO₂-reduktion knyttet til realisering af udvalgte omstillingselementer frem mod 2030 og 2035. Det er første gang at der opgøres reduktionspotentialer for 2035.

I kapitel 2 rammesættes de tekniske reduktionspotentialer i forhold til de forventede udledninger med gældende politik og deraf forventet reduktionsmanko for opfyldelse af klimamålet i 2030. I Energistyrelsens seneste *Klimastatus og – fremskrivning* (KF22) er de samlede udledninger fremskrevet til 33,5 mio. ton CO₂ i 2030 og 30,2 mio. ton i 2035.¹ For at opfylde målet om 70 pct. reduktion af udledningerne i 2030 ift. udledningerne i 1990 udestår en reduktionsmanko på 10,1 mio. ton CO₂ i 2030. Det bemærkes at klimafremskrivningen ikke indeholder politiske aftaler indgået efter 1. januar 2022.

Det samlede reduktionspotentiale i 2030 for de angivne omstillingselementer er ca. 25-35 mio. ton CO₂, hvilket langt overstiger reduktionsmankoen. Det betyder, at det er teknisk muligt at opfylde 70 pct. målsætningen med de pågældende omstillingselementer. Det samlede reduktionspotentiale i 2035 er ca. 25-34 mio. ton CO₂. Der er ikke sat reduktionsmål i 2035, og der kan derfor ikke angives en reduktionsmanko.

Kapitel 3 beskriver metode bag vurderingen af de reduktionspotentialerne, udvælgelseskriterierne og usikkerhed forbundet med vurderingen.

En realisering af omstillingselementerne har en påvirkning på VE-andelen i ledningsgassen, som potentielt kan bringes over 100 pct. i 2030 og 2035, hvilket betyder, at hele ledningsgasforbruget formodentlig kan dækkes af opgraderet biogas. Dette beskrives i kapitel 4.

I kapitel 5 beskrives andre potentielle klima- og miljøhensyn. Biomasse er en knap ressource, hvilket bør tages i betragtning idet der ofte er alternativer, der ikke trækker på biomasseressourcer i samme grad. Alternativerne til biomasseforbrug er primært elektrificering og brug af PtX-brændstoffer. Der kan ligeledes være hensyn til og arealforbrug samt potentielle miljøhensyn som bør tages i betragtning ved en afvejning mellem forskellige reduktionsveje. For de omstillingselementer, der fordrer øget brug af biomasseressourcer, er der ofte mulige alternativer, der ikke trækker på biomasseressourcer i samme grad. Alternativerne til biomasseforbrug er primært elektrificering og brug af PtX-brændstoffer.

De angivne reduktionspotentialer tager ikke højde for udledninger forbundet med udvinding af materialer, produktion og bortskaffelse for de enkelte

¹ Energistyrelsen, *Klimastatus og -fremskrivning 2022* (KF22), april 2022



omstillingselementer. Derudover tager omstillingselementerne ikke stilling til eventuelle afledte effekter på udledninger i udlandet, i tråd med klimalovens rammer for opgørelse af udledninger. Disse aspekter er også beskrevet kvalitativt i afsnit 5.

1.1 Baggrund

Notat om tekniske reduktionspotentialer er en teknisk, faglig redegørelse for de teknisk mulige CO₂-reduktioner i 2030 og 2035 knyttet til en række omstillingselementer.

Ifølge lov om klima af 18. juni 2020 (herefter kaldet klimaloven), skal regeringen årligt præsentere en anskueliggørelse af, hvordan regeringen vil realisere målet om 70 pct. CO₂-reduktion i 2030, relativt til udledningerne i 1990. De tekniske reduktionspotentialer indgår som en del af regeringens årlige redegørelse (*klimaprogrammet*).

1.2 Definition af tekniske reduktionspotentialer

Et teknisk reduktionspotentiale defineres som den teknisk mulige CO₂-reduktion knyttet til realisering af et givent omstillingselement inden for en given tidsramme. De omstillingselementer, der præsenteres i notatet, udgør ikke en udtømmende liste, men repræsenterer en række relevante reduktionsmuligheder.

Der tilstræbes i vurderingen en uændret kvalitet i de leverede tjenester, som fx energitjenester herunder transporttjenester, opvarmning af bygninger, tilsvarende produktion mm.² Hvis omstillingselementet ikke ubetinget overholder denne betingelse, så anmærkes dette tydeligt (dette kan fx være tilfældet for nogle omstillingselementer i landbruget).

Der tages alene højde for tidsmæssige og tekniske begrænsninger for realisering af omstillingselementerne, mens der ses bort fra økonomiske, juridiske, ressourcemæssige, virkemiddelmæssige eller politiske begrænsninger. Dette er for at give så rent et billede af omstillingselementets tekniske muligheder som muligt.

Desuden gælder en række potentialespecifikke afgrænsninger:

- Reduktionspotentialet indeholder ikke en opgørelse af evt. indirekte effekter i andre sektorer ved realisering af et enkelt omstillingselement, med undtagelse af reduceret brug af ledningsgas, som kan hæve VE-andelen i ledningsgas til over 100 pct., og dermed bidrage til reduktioner i andre sektorer, hvor ledningsgas anvendes.
- For omstillingselementer i transporten, som indføres løbende og vedrører mange aktører (fx elbiler), gælder, at potentialet er afgrænset af den forventede udskiftningstakt alt andet lige, jf. *Klimastatus og –fremskrivning* (KF22) (fx salget af nye biler).

² Jf. bl.a. Energistyrelsens arbejde med fx energieffektivisering



- For omstillingselementer i landbruget, der er arealafhængige, som fx skovrejsning og udtag af lavbundsjord, vil det tekniske reduktionspotentiale kræve en antagelse om det tilgængelige areal. Her foretages en kvalitativ vurdering, der tager udgangspunkt i hele Danmarks areal, hvorefter arealpotentialet indskrænkes ved individuelle afgrænsninger, der vurderes relevante for det enkelte omstillingselement.

De tekniske reduktionspotentialer vurderes for årene 2030 og 2035. Udgangspunktet for vurderingen af reduktionspotentialer er KF22, og reduktionspotentialerne afspejler det, der kan reduceres ud over KF22. Reduktionspotentialerne opgøres inden for klimalovens rammer for opgørelse af 70 pct.-målet, hvilket indebærer, at biomasse opgøres som CO₂-neutral ved afbrændingsstedet. Der er ikke taget hensyn til, om realisering af de enkelte omstillingselementer kan føre til stigninger i CO₂e-udledninger uden for Danmarks grænser (CO₂e-lækage). I beregninger af reduktionspotentialer antages det, at strøm i 2030 og 2035 er CO₂-neutral.

I flere tilfælde vil der være flere muligheder for at reducere de samme udledninger. Der vurderes fx at være et vist overlap mellem de opgjorte tekniske reduktionspotentialer inden for transportsektoren, fx mellem elektrificering og iblanding af VE-brændstoffer. Hvis det fulde potentiale for elektrificering via elbiler indfries, vil reduktionspotentialet ved iblanding af VE-brændstoffer i fossilbiler være mindre grundet en nedgang i bestanden af fossilbiler– og omvendt. Der korrigeres for overlap mellem reduktionspotentialer i sektorsummer og i den samlede sum af reduktionspotentialer.

Det bemærkes, at der er en klar forskel på *omstillingselementer* og *virkemidler*. Et omstillingselement er fx når en aktivitet, der er årsag til CO₂-udledninger, omstilles til en aktivitet, der ikke er årsag til CO₂-udledninger (fx kørsel i fossilbiler, der erstattes af kørsel i elbiler). Et virkemiddel er den lovmæssige ændring, som tilvejebringer omstillingen af aktiviteten (fx omlægning af registreringsafgiften til fordel for elbiler).

Den vurderede CO₂-reduktion ved et konkret *virkemiddel* vil oftest være mindre end det fulde *tekniske potentiale*. Det skyldes, at virkemidlet kan omfatte hensyn til økonomiske, politiske og ressourcemæssige forhold foruden adfærdsmæssige eller regulatoriske barrierer, som begrænser virkemidlets gennemslagskraft.



2 Overordnet metode og usikkerhed

2.1 Metode for vurdering af tekniske reduktionspotentialer

De tekniske reduktionspotentialer er vurderet individuelt for hvert omstillingselement. Metodebeskrivelse for hvert omstillingselement fremgår af de respektive delnotater, herunder antagelser og usikkerhed forbundet med beregning af det tekniske reduktionspotentiale.

Reduktionspotentialerne beregnes ud fra antagelser om ændret udledningsaktivitet i forhold til KF22 og emissionsfaktorer, som fx:

- Ændring i fossilt brændselsforbrug (fx olie og naturgas) anvendt til transport, opvarmning i husholdninger, brug af maskiner i industrien osv. ganget med emissionsfaktorer for de fossile brændsler
- Reduktion i udledning grundet fangst og lagring af CO₂ fra røggas på CO₂-udledende punktkilder såsom kraftvarmeværker og affaldsforbrænding
- Ændring i antal dyr i landbruget eller emissionsfaktorer fra dyrenes fordøjelse baseret på antagelser om virkning af fodertilsætningsstoffer.
- Ændring i landbrugsarealer og emissions- og optagsfaktorer for de pågældende landbrugsarealer

Energisystemeffekter i forbindelse med realisering af de enkelte omstillingselementer er i udgangspunktet ikke analyseret. Dog præsenteres systemeffekt ved realisering af omstillingselementer, der påvirker forbrug af ledningsgas og mængden af ledningsgas til rådighed.

Det samlede reduktionspotentiale og de opgjorte sektorsummer er korrigeret for overlap mellem reduktionspotentialer. Overlappet mellem de enkelte omstillingselementers reduktionspotentialer er vurderet og fratrukket summen af potentialerne i sektoren. Bilag *Overlap mellem reduktionspotentialer* beskriver metode for håndtering af overlap.

2.2 Omstillingselementerne udgør ikke en udtømmende liste

De omstillingselementer, der præsenteres i notatet udgør ikke en udtømmende liste, men repræsenterer en række relevante reduktionsmuligheder.

Omstillingselementerne tager afsæt i Energistyrelsens løbende arbejde med teknologier og omstillingsmuligheder, herunder i arbejdet med strategier og analyser (*Strategi for Power-to-X*, *Analyse af elektrificering af olie- og gasindvinding i Nordsøen*, *CCS-strategi* mm), *KF22*, *Teknologikatalog* mm.

Der er set bort fra omstillingselementer med oplagte begrænsninger, som gør dem mindre attraktive i stor skala i en dansk kontekst. Dette gælder fx ressourcehensyn.



2.3 Usikkerhed

De tekniske reduktionspotentialer er generelt behæftede med betydelig usikkerhed, hvad angår både størrelsen af de enkelte reduktionspotentialer og overlap mellem potentialerne. En beskrivelse af usikkerhed ved hvert enkelt omstillingselement fremgår af delnotaterne.

Usikkerhederne skyldes bl.a. følgende forhold:

- Reduktionspotentialerne er baseret på en række følsomme antagelser. Fx anvendes der emissionsfaktorer til at beregne udledningerne for de enkelte omstillingselementer. Emissionsfaktorer for de forskellige udledningsaktiviteter kan ændre sig i lyset af ny viden, jf. KF22. På samme måde kan forventningerne til aktivitetsniveauet også ændre sig, fx hvis ny viden viser en ændret tendens i transportarbejdet eller aktiviteten i industri og landbrug. Begge dele har betydning for både de forventede udledninger og de tekniske reduktionspotentialer.
- En række af reduktionspotentialerne er baseret på teknologi, som i dag har en begrænset udbredelse i det danske energisystem. Dette introducerer en række usikkerheder. For nogle af disse er der usikkerhed på hvor stor reduktionseffekten er, idet teknologiens modenhed er på demonstrations- eller pionerstadie. Her kan ny viden og teknologiudvikling betyde at forventningen til teknologierne ændrer sig. For de teknologier som er på prækommercielt stadie eller modent stadie, men som antages skaleret væsentligt op i forhold til i dag, kan der også opstå ny viden som ændrer på forudsætningerne for udledningerne eller aktiviteten, fx ændrede forventninger til hvor stor en andel af CO₂'en der kan opfanges i røggassen eller ændrede forventninger til muligheden for genanvendelse af affald osv. Det er også muligt, at der kan forekomme teknologispring for teknologier, som ikke indgår i de præsenterede omstillingselementer, og som potentielt kan lede til yderligere reduktioner. Samlet betyder usikkerheden på teknologierne at reduktionspotentialet for den enkelte teknologi kan vise sig at blive større eller mindre end angivet her.
- Skalaen for udbredelse af de forskellige teknologier er vurderet skønsmæssigt. Dette introducerer en usikkerhed, idet det kan vise sig at teknologierne af forskellige årsager ikke kan udbredes i den skala som er antaget her, fx kan forhold som sikkerhed, miljøfaktorer, motoregenskaber, energisystemeffekter osv. spille ind.
- De fleste af de tekniske reduktionspotentialer omfatter kun reduktion af CO₂, og ikke reduktion af andre drivhusgasser som metan og lattergas, hvilket kan give en mindre underestimering af reduktionspotentialerne. Reduktionspotentialerne for omstillingselementer i landbrugssektoren og



affald indeholder dog reduktionseffekter fra reduceret udledning af metan og lattergas.

2.4 Adfærdsændringer er ikke inkluderet

Der er ikke i reduktionspotentialerne indregnet ændrede adfærdsmønstre som kan lede til reduktion i udledninger, selvom der vurderes at være et reduktionspotentiale her. Ændrede adfærdsmønstre med reduktionseffekt dækker fx over transportvaneændringer, hvor en stigning i kollektiv transport, cykling og hjemmearbejde kan erstatte en del af personbilkørslen. Det samme kan gøre sig gældende for transportvaneændringer inden for indenrigs luftfart, hvor der er et potentiale for reduktioner ved transportvaneændringer. Der kan også være ændrede adfærdsmønstre indenfor bygge-anlægssektoren og fremstillingserhverv, hvor fx et mindre forbrug af cement kan slå igennem som reduceret aktivitet på cementproduktion, og dermed reducerede udledninger.

Der er ikke til arbejdet med reduktionspotentialer inkluderet effekter fra ændrede adfærdsmønstre som eksemplificeret ovenfor, men disse er indarbejdet som en del af scenarierne til KP22 og beskrevet yderligere i det tilhørende baggrundsmateriale.

3 Tekniske reduktionspotentialer

3.1 Tilbageværende udledninger i 2030 og 2035

Reduktionspotentialerne skal ses i kontekst af de forventede udledninger, jf. KF22. Energistyrelsen fremskriver hvert år de nationale udledninger på baggrund af den nuværende politik i fravær af nye tiltag, en såkaldt Frozen Policy-tilgang.³ I KF22 indgår kun aftaler frem til 1. januar 2022.

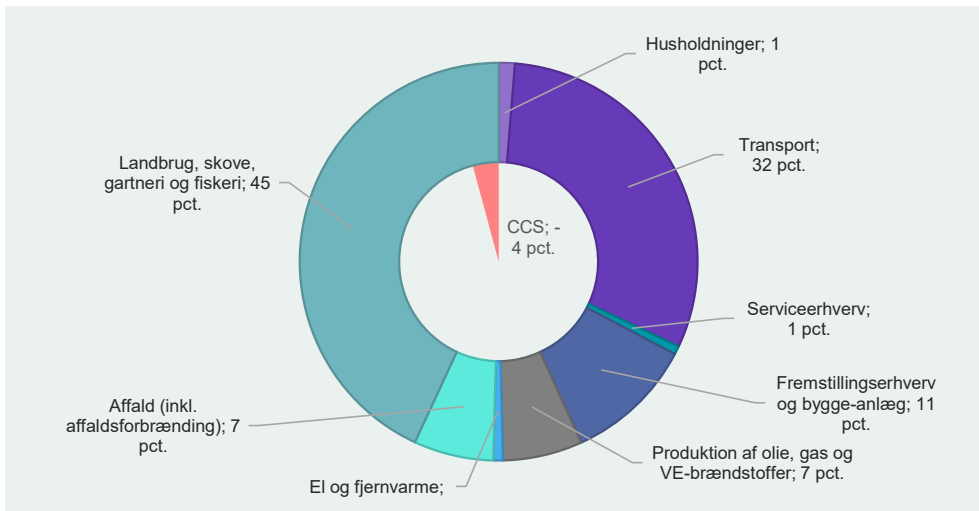
Den seneste klimafremskrivning viser, at de samlede netto-udledninger med den nuværende vedtagne politik forventes at falde til 33,5 mio. ton CO₂e i 2030, jf. KF22. Det svarer til en reduktion på 57 pct. i 2030 ift. 1990-niveauet.

Fremskrivningen viser også, at der ift. klimalovens reduktionsmål om 70 pct. reduktion i 2030 skønnes at udestå en reduktionsmanko på 10,1 mio. ton CO₂e i 2030. I 2035 forventes de samlede netto-udledninger at være yderligere reduceret til 30,2 mio. ton CO₂e. Der er ikke sat reduktionsmål for 2035, og der kan derfor ikke opgøres en reduktionsmanko.

De samlede, forventede udledninger i 2030, fordelt på sektorer, er vist i Figur 1. Som det fremgår, forventes udledningerne i 2030 at være domineret af udledninger fra landbrugssektoren og transportsektoren. I 2030 forventes udledningerne fra

³ Energistyrelsen, *Klimastatus og -fremskrivning 2022 (KF22)*, april 2022

landbrugssektoren (landbrug, skove, gartneri og fiskeri) samt transportsektoren tilsammen at udgøre ca. 77 pct. af de samlede udledninger. Udledningerne fra landbrugssektoren forventes at udgøre 45 pct. af de samlede udledninger i 2030, mens transportsektorens forventes at udgøre 32 pct. af de samlede udledninger i 2030.



Figur 1. Sektorenes andel af de samlede netto-udledninger i 2030 under fravær af nye tiltag.⁴ Kilde: Klimastatus og –fremskrivning 2022 (KF22)

3.2 Samlet opgørelse over tekniske reduktionspotentialer i 2030 og 2035

Tabel 1 viser en oversigt over de tekniske reduktionspotentialer i 2030 og 2035. Potentialerne er summeret på sektorniveau og i en samlet sum, og der er i summerne taget højde for overlap mellem de enkelte potentialer. For hver sektor er også angivet de tilbageværende udledninger i sektoren under fravær af nye tiltag, som fremskrevet i KF22. De samlede udledninger i fravær af nye tiltag i 2030 og 2035 er også angivet.

Reduktionsmankoen i 2030 er ca. 10,1 mio. ton CO₂, og det samlede reduktionspotentiale i 2030 korrigeret for overlap overstiger langt reduktionsmankoen.

Nogle af reduktionspotentialerne falder fra 2030 til 2035 pga. forventede reduktioner i udledningerne, jf. KF22. Det gælder fx brug af varmepumper og fjernvarme i husholdninger og serviceerhverv. Omvendt stiger nogle af de tekniske reduktionspotentialer fra 2030 til 2035 pga. bedre mulighed for at indfase de omstillingselementer som tager tid, når mållåret ligger længere ude i fremtiden. Det gælder fx elektrificering og brint i vejtransport og søfart.

⁴ I KF22 håndteres CCS rent teknisk som ikke-sektorfordelt, negativ udledning



Bemærk at nogle af omstillingselementerne giver anledning til negative udledninger (optag)

- CCS på biogen CO₂: CCS kan give anledning til reduktioner, der overstiger udledningen i sektoren. Det skyldes, at biogen CO₂ opgøres som CO₂-neutralt ved afbrænding, og dermed kan der opnås negative udledninger ved fangst og lagring af biogen CO₂.
- Skovrejsning: Skovrejsning giver anledning til optag fra skoven
- DAC: Direct Air Capture med efterfølgende lagring giver anledning til et optag af CO₂
- Biokul fra pyrolyse: Lagring af biokul fra pyrolyse giver anledning til et optag af CO₂

Ovenstående betyder også at reduktionspotentialerne i nogle tilfælde kan overstige udledningerne i sektoren. Herudover har nogle af omstillingselementerne betydning for brug af ledningsgas eller mængden af biogas i ledningsgassen, hvilket kan give en højere VE-andel i ledningsgassen eftersom biogas opgøres som neutralt ved afbrænding. En højere VE-andel i ledningsgas kan reducere udledninger i andre sektorer.

Tabel 1. Oversigt over tekniske reduktionspotentialer for en række omstillingselementer. For hver sektor er angivet et samlet reduktionspotentiale og de tilbageværende udledninger i sektoren uden yderligere tiltag, jf. Klimastatus og -fremskrivning 2022 (KF22). Bemærk at reduktionspotentialet kan overstige udledningerne idet der er indberegnet negative udledninger fra fx optag i skove og CCS på biogene CO₂-kilder.

Mio. ton CO ₂	2030		2035	
	Udledninger		Udledninger	
	KF22	Reduktions- potentiale	KF22	Reduktions- potentiale
Husholdninger ¹	0,5	0,7	0,3	0,2
Varmepumper og fjernvarme i husholdninger ^{2,4}		0,7		0,2
Energibesparelser i husholdninger ²		0,1		0,1
Transport ¹	10,7	7,2 - 7,7	8,8	6,7 - 7,2
Elektrificering og brint i vejtransport		4,2		5,0
Elektrificering og brint i søfart		0 - 0,1		0,1
Bio- og PtX-brændstoffer i vejtransport		5,3 - 5,4		4,3 - 4,4
Bio- og PtX-brændstoffer i søfart		0,4 - 0,6		0,5 - 0,7
Bio- og PtX-brændstoffer i luftfart		0 - 0,2		0 - 0,2
Serviceerhverv ³	0,2	0,3	0,2	0,2
Varmepumper og fjernvarme i serviceerhverv ^{2,4}		0,3		0,2
Fremstillingserhverv og bygge-anlæg ¹	3,7	1,8 - 4,1	3,2	1,1 - 3,4
Energieffektivisering i procesenergi og intern transport ²		0,4		0,2
Elektrificering i procesenergi og intern transport ²		0,8		0,2
Bio- og PtX-brændstoffer i intern transport		0,2 - 0,4		0,2 - 0,4
Gas og PtX-brændsler i direkte fyrede processer ²		0,6 - 0,7		0,6
CCS i fremstillingserhverv		0 - 2,8		0 - 2,8
Produktion af olie, gas og VE-brændstoffer ¹	2,3	0,6 - 2,6	2,1	0,9 - 2,0
Elektrificering af raffinaderier		0,4 - 0,7		0,7 - 0,9
Skift til bio-feedstock på raffinaderier		0,3 - 0,5		0,5 - 0,7
CCS på raffinaderier		0 - 0,9		0 - 0,9
Elektrificering af olie- og gasindvinding i Nordsøen		0,2 - 0,9		0,2 - 0,9
Metanisering af CO ₂ fra biogasanlæg		0 - 0,8		0 - 0,2
Ei og fjernvarme ¹	0,3	0,5 - 4,0	0,15	0,9 - 3,8
Biogasomlægning fra kraftvarme til opgradering ²		0,1 - 0,3		0 - 0,1
CCS på el-, fjernvarme- og biogasanlæg ⁵		0,4 - 3,7		0,9 - 3,7
Affald ¹	2,3	0,3 - 2,4	2,0	0,5 - 2,4
Genanvendelse og affaldsreduktion		0,3		0,2
CCS på affaldsforbrændingsanlæg ⁵		0 - 2,4		0,5 - 2,4
Landbrug, landbrugsarealer, skove, gartneri og fiskeri ¹	15,1	10,6 - 13,1	14,4	10,9 - 13,4
Fodertilsætningsstoffer ⁶		1		1
Håndtering af gylle og gødning ⁶		1,4		1,5
Udtag af lavbundsgrunde ⁶		1,5 - 2,4		1,5 - 2,4
Omlægning til økologi ⁶		3,4		3,4
Biokul fra pyrolyse af halm		1,0 - 2,3		1,0 - 2,3
Omstilling fra animalsk produktion til planteproduktion ⁷		6,5		6,3
Skovrejsning ⁶		0,3		0,8
Energieffektiviseringer i procesenergi og intern transport		0,1		0,1
Elektrificering i procesenergi og intern transport		0,1		0,1
Bio- og PtX-brændstoffer i intern transport		0,4 - 0,8		0,4 - 0,8
Andet	-	3-4	-	3-4
Regneeksempel for DAC (baseret på 1 GW havvind)		3-4		3-4
I alt ^{1,2}	33,5	25 - 35	30,2	25 - 34
Reduktionsmanko	10,1		-	

Anm. 1: Sektorsummer og samlet sum er korrigeret for overlap mellem reduktionspotentialer

Anm. 2: Den øvre grænse for reduktionspotentialet er afgrænset ved en reduktion svarende til den tilbageværende fossile andel af ledningsgassen, se afsnit om VE-andel i ledningsgas.

Anm. 3: Energieffektivisering i procesenergi og intern transport i serviceerhverv og Elektrificering i procesenergi og intern transport i serviceerhverv er beregnet og begge vurderet til 0,0 mio. ton CO₂ i 2030 og 2035.

Anm 4: Bemærk at reduktionspotentialet overstiger de tilbageværende udledninger i sektoren, hvor en andel af reduktionerne tilskrives reduktioner i andre sektorer. Det skyldes, at en realisering af dette omstillingselement medfører en reduktion i ledningsgasforbruget, hvilket betyder, at det samlede ledningsgasforbrug i alle sektorer kan dækkes af den forventede mængde af opgraderet biogas, jf. KF22.

Anm 5. Bemærk at omstillingselementet omhandler fangst og lagring af biogen CO₂, der opgøres som klimaneutralt ved afbrænding, og dermed er årsag til negative udledninger ved lagring. Det betyder også, at reduktionspotentialet kan overstige de tilbageværende udledninger.

Anm 6. Reduktionspotentialer vurderet af FVM eller MiM

Anm 7. Omstillingselementet afviger fra de øvrige ved at omhandle en omlægning af selve aktiviteten fra produktion af animalske fødevarer til produktion af plantebaserede fødevarer, og er inkluderet her idet omstillingselementet spiller en væsentlig rolle i udarbejdelsen af scenarierne ifm. baggrundsmaterialet til KP22.

Tabel 1a, 1b, og 1c viser det samlede reduktionspotentialer for hhv. CCS, PtX og elektrificering. Reduktionspotentialer for CCS er anslået til 3-8 mio. ton CO₂ i 2030 og 4-9 mio. ton CO₂ i 2035. Reduktionspotentialer for PtX er anslået til samlet 7-8 mio. ton CO₂ i 2030 og 6-7 mio. ton CO₂ i 2035, hvor det mindre potentialer i 2035 sammenlignet med 2030 skyldes at der forventes en højere grad af elektrificering i 2035, jf. KF22, fx en større andel af elbiler. Der er i mange tilfælde overlap mellem elektrificeringspotentialer og potentialer for PtX. Det samlede reduktionspotentialer for elektrificering er 6-7 mio. ton CO₂ i 2030 og 7-8 mio. ton CO₂ i 2035. Reduktionspotentialer for elektrificering vokser fra 2030 til 2035 fordi der er bedre tid til at udrulle fx elbiler, som antages at blive udskiftet med den almindelige udskiftningstakt.

Tabel 1a. Oversigt over tekniske reduktionspotentialer for CCS samt det samlede reduktionspotentialer for CCS regnet i forhold til udledninger i KF22

Mio. ton CO ₂	2030		2035	
	Lavt skøn	Højt skøn	Lavt skøn	Højt skøn
Tekniske reduktionspotentialer				
CCS på el, fjernvarme, biogasanlæg	0,4	3,7	0,9	3,7
CCS på raffinaderier	0,0	0,9	0,0	0,9
CCS på affaldsforbrændingsanlæg	0,0	2,4	0,5	2,4
CCS i fremstillingserhverv	0,0	2,8	0	2,8
<i>Reserveret til CCS-puljer</i>	<i>-1,4</i>	<i>-1,4</i>	<i>-0,9</i>	<i>-0,9</i>
Sum ¹	3,2	8,3	3,7	8,8

Anm. 1: Det samlede potentialer er justeret for effekten af CCS-puljerne vedtaget ved tilblivelsen af KF22

Tabel 1b. Oversigt over tekniske reduktionspotentialer for omstillingselementer med Bio- og PtX-brændstoffer samt det samlede reduktionspotentiale for Bio- og PtX-brændstoffer regnet i forhold til udledninger i KF22

Mio. ton CO ₂	2030		2035	
	Lavt skøn	Højt skøn	Lavt skøn	Højt skøn
Tekniske reduktionspotentialer				
Bio- og PtX-brændstoffer i vejtransport	5,3	5,4	4,3	4,4
Bio- og PtX-brændstoffer i søfart	0,4	0,6	0,5	0,7
Bio- og PtX-brændstoffer i luftfart	0,0	0,2	0,0	0,2
Bio- og PtX-brændstoffer i intern transport i fremstillings erhverv og bygge-anlæg	0,2	0,4	0,2	0,4
Konvertering til gas og PtX-brændsler i direkte fyrede processer i fremstillings erhverv og bygge-anlægssektoren	0,6	0,7	0,6	0,6
Bio- og PtX-brændstoffer i intern transport i landbrugssektoren	0,4	0,8	0,4	0,8
Sum	6,9	8,1	6,0	7,1

Tabel 1c. Oversigt over tekniske reduktionspotentialer for omstillingselementer med elektrificering samt det samlede reduktionspotentiale for elektrificering regnet i forhold til udledninger i KF22

Mio. ton CO ₂	2030		2035	
	Lavt skøn	Højt skøn	Lavt skøn	Højt skøn
Tekniske reduktionspotentialer				
Elektrificering og brint i vejtransport	4,2	4,2	5,0	5,0
Elektrificering og brint i søfart	0,0	0,1	0,1	0,1
Varmepumper og fjernvarme i husholdninger ¹	0,7	0,7	0,2	0,2
Varmepumper og fjernvarme i serviceerhverv ¹	0,3	0,3	0,2	0,2
Elektrificering i procesenergi og intern transport i fremstillings erhverv og bygge-anlægssektoren	0,2	0,4	0,2	0,4
Elektrificering af raffinaderier	0,4	0,7	0,7	0,9
Elektrificering af olie- og gasindvinding i Nordsøen	0,2	0,9	0,2	0,9
Elektrificering i procesenergi og intern transport i landbrugssektoren	0,1	0,1	0,1	0,1
Sum	6,0	7,3	6,7	7,8

Anm. 1: Det er til denne sum antaget at hele reduktionspotentialet dækkes af elektrificering via varmepumper.

3.3 Sektorvis opgørelse af tekniske reduktionspotentialer

Nedenfor opsummeres hovedkonklusionerne for reduktionspotentialer sektorvis. Der henvises til delnotaterne om metode og antagelser for beregning af reduktionspotentialer for omstillingselementerne.

3.3.1 Husholdninger

Husholdningssektoren består af udledninger ifm. opvarmning af boliger og udledninger fra fossilt drevne plæneklippere, terrassevarmere og lignende. Husholdningernes udledninger forbundet med el og fjernvarme indgår i el- og fjernvarmesektoren.

Husholdningssektoren forventes under fravær af nye tiltag at udlede hhv. 0,5 mio. ton CO_{2e} i 2030 og 0,3 mio. ton CO_{2e} i 2035 svarende til hhv. 1,4 pct. og 1 pct. af Danmarks samlede udledninger.

Det samlede reduktionspotentiale præsenteret for sektoren er 0,7 mio. ton CO₂ i 2030 og 0,2 mio. ton CO₂ i 2035. Det svarer til, at det er teknisk muligt at eliminere hele sektorens udledning i 2030 og 2035, og derudover reducere udledninger i andre sektorer. Det skyldes, at realisering af dette omstillingselement medfører en reduktion i ledningsgasforbruget, hvilket betyder, at det samlede ledningsgasforbrug i alle sektorer kan dækkes af den forventede mængde af opgraderet biogas, jf. KF22.

Der kan stadig være udledninger tilbage, som ikke er adresseret. Det omfatter i denne sektor terrassevarmere, græsslåmaskiner osv.

Tabel 2. Reduktionspotentiale for husholdninger regnet i forhold til udledninger i KF22

Mio. ton CO ₂	2030		2035	
	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale
Husholdninger	0,5	0,7	0,3	0,2
Varmpumper og fjernvarme i husholdninger		0,7		0,2
Energibesparelser i husholdninger		0,1		0,1

3.3.2 Transport

Transportsektoren omfatter individuel og kollektiv transport samt godstransport. Udledninger kommer fra brug af fossile brændsler i forbrændingsmotorer. Følgende transportkategorier er indbefattet:

- Vejtransport
- Banetransport
- Indenrigsluffart
- Indenrigssøfart
- Øvrig transport (forsvar og fritidsfartøjer)

Indenrigsluffart og –søfart omfatter indenrigsruter samt ruter mellem Danmark og hhv. Grønland og Færøerne. I overensstemmelse med FN's opgørelsesmetode indgår udledninger fra udenrigs luft- og søfart ikke i det danske klimaregnskab, og indgår derfor ikke i 70 pct.-målet.

Transportsektoren forventes under fravær af nye tiltag at udlede hhv. 10,7 mio. ton CO₂ i 2030 og 8,8 mio. ton CO₂ i 2035 svarende til ca. 30 pct. af Danmarks samlede udledninger i begge år. Selvom udledningerne i transportsektoren forventes at falde fra 2030 til 2035, falder de øvrige udledninger også, hvilket gør, at transportsektorens andel af de samlede udledninger forventes at være stort set uændret.

Der er identificeret en række omstillingselementer for transportsektoren, som falder i tre kategorier: Elektrificering, VE-brændstoffer og transportvaneændringer. Der er væsentlige overlap mellem omstillingselementerne, fx kan udledninger fra fossile personbiler reduceres ved at udskifte med elbiler, ved at iblande VE-brændstoffer i benzin og diesel og ved ændrede transportvaner, som fx øget hjemmearbejde, større udbredelse af onlinemøder samt overgang til kollektiv transport.

Korrigeret for overlap er det samlede reduktionspotentiale i sektoren 7-8 mio. ton CO₂ i 2030 og ca. 7 mio. ton CO₂ i 2035. Det svarer til hovedparten af sektorens udledninger.

Tabel 3. Reduktionspotentiale for transport regnet i forhold til udledninger i KF22

Mio. ton CO ₂	2030		2035	
	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale
Transport	10,7	7,2 - 7,7	8,8	6,7 - 7,2
Elektrificering og brint i vejtransport		4,2		5,0
Elektrificering og brint i søfart		0 - 0,1		0,1
Bio- og PtX-brændstoffer i vejtransport		5,3 - 5,4		4,3 - 4,4
Bio- og PtX-brændstoffer i søfart		0,4 - 0,6		0,5 - 0,7
Bio- og PtX-brændstoffer i luftfart		0 - 0,2		0 - 0,2

3.3.3 Serviceerhverv

Sektoren omfatter en bred vifte af serviceerhverv, som listet herunder:

- privat service: fx restauranter, pengeinstitutter og datacentre mm.
- offentlig service: fx daginstitutioner, skoler, hospitaler og offentlig administration
- detail- og engroshandel: fx supermarkeder og bilforhandlere

Udledningerne fra sektoren kommer fx fra brug af olie- og gasfyr til opvarmning af individuelle forretninger, dvs. rumvarme. Udledninger ifm. transport og el- og fjernvarmebrug opgøres i hhv. transportsektoren og i el- og fjernvarmesektoren. Serviceerhverv forventes under fravær af nye tiltag at udlede 0,2 mio. ton CO_{2e} i 2030 og 2035, svarende til ca. 1 pct. af Danmarks samlede udledninger i begge år.



Der er identificeret et enkelt omstillingselement i serviceerhverv, nemlig varmepumper og fjernvarme til rumvarme. Det samlede reduktionspotentiale i sektoren er dermed kun udgjort af dette omstillingselement, og er estimeret til ca. 0,3 mio. ton CO₂ i 2030 og 0,2 mio. ton CO₂ i 2035. Det svarer til, at det er teknisk muligt at eliminere hele sektorens udledning i 2030 og 2035, og derudover reducere udledninger i andre sektorer. Det skyldes, at realisering af dette omstillingselement medfører en reduktion i ledningsgasforbruget, hvilket betyder, at det samlede ledningsgasforbrug i alle sektorer kan dækkes af den forventede mængde af opgraderet biogas, jf. KF22.

Tabel 4. Reduktionspotentiale for serviceerhverv regnet i forhold til udledninger i KF22

Mio. ton CO ₂	2030		2035	
	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale
Serviceerhverv³	0,2	0,3	0,2	0,2
Varmpumper og fjernvarme i serviceerhverv		0,3		0,2

Anm. 3: Energieffektivisering i procesenergi og intern transport i serviceerhverv og Elektrificering i procesenergi og intern transport i serviceerhverv er beregnet og begge vurderet til 0,0 mio. ton CO₂ i 2030 og 2035.

3.3.4 Fremstillingserhverv og bygge-anlægssektoren

Fremstillingserhverv omfatter virksomheder, der producerer varer som fx fødevarer, tekstiler, medicin, byggematerialer og maskiner. Bygge-anlægssektoren omfatter virksomheder inden for byggeri og anlægsarbejde. Udledningerne fra fremstillingserhvervene er kendetegnet ved at have en stor andel procesudledninger ift. andre sektorer. Den største kilde til procesudledninger fremkommer når ler og kridt opvarmes til høje temperaturer, fx ved fremstilling af cement og tegl. Derudover har sektoren energirelaterede udledninger når fossile brændsler anvendes til procesvarme og intern transport. Intern transport dækker her over ikke-vejgående maskiner som fx rendegravere og kraner.

Fremstillingserhverv og bygge-anlægssektoren forventes under fravær af nye tiltag at udlede ca. 3,7 mio. ton CO_{2e} i 2030 og 3,2 mio. ton CO_{2e} i 2035 svarende til hhv. 10,9 pct. og 10,4 pct. af Danmarks samlede udledninger.

De energirelaterede udledninger kan håndteres ved at skifte fra fossile brændsler, ligesom i fx transportsektoren, og der er overordnet tre måder at reducere udledningerne på: elektrificering, energieffektivisering og VE-brændsler. Procesudledningerne er derimod svære at reducere, idet udledningerne kommer fra kemiske processer i selve fremstillingsprocessen. Kulstoffangst og -lagring udgør derfor en stor del af reduktionspotentialet for denne sektor. Det samlede reduktionspotentiale i sektoren er 2-4 mio. ton CO₂ i 2030 og 1-3 mio. ton CO₂ i 2035. Det svarer til at mellem halvdelen og det fulde af sektorens udledning kan

reduceres. Reduktionspotentialet overstiger udledningerne i det høje skøn pga. CCS på biogen CO₂, der opgøres som negative udledninger.

Tabel 5. Reduktionspotentiale i fremstillingserhverv og bygge-anlægssektoren regnet i forhold til udledninger i KF22

Mio. ton CO ₂	2030		2035	
	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale
Fremstillingserhverv og bygge-anlæg	3,7	1,8 - 4,1	3,2	1,1 - 3,4
Energieffektivisering i procesenergi og intern transport i fremstillingserhverv og bygge-anlægssektoren		0,4		0,2
Elektrificering i procesenergi og intern transport i fremstillingserhverv og bygge-anlægssektoren		0,8		0,2
Bio- og PtX-brændstoffer i intern transport i fremstillingserhverv og bygge-anlægssektoren		0,2 - 0,4		0,2 - 0,4
Gas/PtX-brændsler i direkte fyrede processer i fremstillingserhverv og bygge-anlægssektoren		0,6 - 0,7		0,6
CCS i fremstillingserhverv		0 - 2,8		0 - 2,8

3.3.5 Produktion af olie, gas og VE-brændsler

Sektoren omfatter indvinding af olie og gas i Nordsøen, raffinaderierne, produktion af biogas, biobrændstoffer samt PtX-produkter. Den primære årsag til udledninger er egetforbrug af fossile brændsler til olie- og gasindvinding og på raffinaderierne. Derudover er sektoren årsag til udledninger i forbindelse med flaring, som er afbrænding af gas uden nyttiggørelse på indvindingsplatformene og raffinaderierne. Udledninger forbundet med elforbrug og brug af ledningsgas ifm. produktion af VE-brændsler (biogas, biobrændstoffer og PtX-produkter) indgår i andre sektorer.

Produktion af olie, gas og VE-brændsler forventes under fravær af nye tiltag at udlede 2,3 mio. ton CO_{2e} i 2030 og 2,1 mio. ton CO_{2e} i 2035 svarende til hhv. 6,9 pct. og 7,0 pct. af Danmarks samlede udledninger.

Der er identificeret en række omstillingselementer for sektoren. Egetforbrug af fossile brændsler til at dække energiforbrug kan erstattes af elektrificering, raffinaderierne kan omstille fra at raffinere fossile produkter til at raffinere biogene produkter, og derudover vurderes kulstoffangst- og lagring på raffinaderierne teknisk muligt. Det samlede reduktionspotentiale i sektoren er 1-3 mio. ton CO₂ i 2030 og 1-2 mio. ton CO₂ i 2035. Det svarer til at mellem halvdelen og det fulde af sektorens udledning kan reduceres. Reduktionspotentialet overstiger udledningerne i det høje skøn pga. CCS på biogen CO₂, der opgøres som negative udledninger.

Tabel 6. Reduktionspotentiale for produktion af olie, gas og VE-brændsler regnet i forhold til udledninger i KF22

Mio. ton CO ₂	2030		2035	
	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale
Produktion af olie, gas og VE-brændsler	2,3	0,6 - 2,6	2,1	0,9 - 2,0
Elektrificering af raffinaderier		0,4 - 0,7		0,7 - 0,9
Skift til bio-feedstock på raffinaderier		0,3 - 0,5		0,5 - 0,7
CCS på raffinaderier		0 - 0,9		0 - 0,9
Elektrificering af olie- og gasindvinding i Nordsøen		0,2 - 0,9		0,2 - 0,9
Metanisering af CO ₂ fra biogasanlæg		0 - 0,8		0 - 0,2

3.3.6 El og fjernvarme

Sektoren omfatter her de anlæg, der forsyner Danmark med el og fjernvarme, dog undtaget affaldsforbrændingsanlæg, der i stedet indgår i affaldssektoren. I sektoren indgår kraftvarmeverker, der producerer både el og fjernvarme, vindmøller og solceller, der producerer el, samt kedler, solvarmeanlæg og varmepumper, der producerer fjernvarme. Sektoren udleder CO₂ ved forbrænding af fossile brændsler som kul, olie og naturgas.

Den danske elproduktion forventes under fravær af nye tiltag at være baseret primært på sol- og vindenergi, og den resterende del af elproduktionen og fjernvarmen vil hovedsageligt være baseret på biomasse, der opgøres som CO₂-neutral ved afbrændingsstedet. El og fjernvarme forventes under fravær af nye tiltag at udlede 0,3 mio. ton CO₂e i 2030 og 0,15 mio. ton CO₂e i 2035 svarende til hhv. 0,8 pct. og 0,5 pct. af Danmarks samlede udledninger.

Den primære mulighed for CO₂-reduktioner i sektoren er gennem CCS, som kan bidrage til negative udledninger ved fangst og lagring af biogen CO₂, og omlægning af nuværende biogasanlæg fra kraftvarmeproduktion til opgradering til biogas der kan indgå i ledningssystemet. Det samlede reduktionspotentiale i sektoren er 1-4 mio. ton CO₂ i 2030 og 2035. Det samlede reduktionspotentiale overstiger dermed udledningen i sektoren, idet der kan opnås negative udledninger gennem CCS på biogen CO₂.

Tabel 7. Reduktionspotentiale for el og fjernvarme regnet i forhold til udledninger i KF22

Mio. ton CO ₂	2030		2035	
	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale
El og fjernvarme	0,3	0,5 - 4,0	0,15	0,9 - 3,8
Biogasomlægning fra kraftvarme til opgradering		0,1 - 0,3		0 - 0,1
CCS på el-, fjernvarme- og biogasanlæg		0,4 - 3,7		0,9 - 3,7

3.3.7 Affald

Affaldssektoren omfatter behandling af affald og spildevand fra husholdninger, serviceerhverv og industri, kompostering af have- og parkaffald samt metanlækage fra biogasanlæg. Udledningerne skyldes dels afbrænding af den fossile del af affaldsmængden, dels deponi, metanlækage fra biogasanlæg, kompostering og behandling af spildevand.

Affaldssektoren forventes under fravær af nye tiltag at udlede 2,3 mio. ton CO_{2e} i 2030 og 2,0 mio. ton CO_{2e} i 2035, svarende til 7 pct. af de samlede udledninger begge år.

Der er primært identificeret to måder at omstille affaldssektoren på, dels reduktion af affaldsmængden, dels kulstoffangst og –lagring på affaldsforbrændingsanlæg. Det samlede reduktionspotentiale i sektoren er 0,3-2 mio. ton CO₂ i 2030 og 1-2 mio. ton CO₂ i 2035. Det svarer til at mellem halvdelen og det fulde af sektorens udledning kan reduceres. De oplyste omstillingselementer adresserer ikke udledninger fra kompostering og deponi.

Tabel 8. Reduktionspotentiale for affaldssektoren regnet i forhold til udledninger i KF22

Mio. ton CO ₂	2030		2035	
	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale
Affald	2,3	0,3 - 2,4	2,0	0,5 - 2,4
Genanvendelse og affaldsreduktion		0,3		0,2
CCS på affaldsforbrændingsanlæg		0 - 2,4		0,5 - 2,4

3.3.8 Landbrug, gartneri, skove og fiskeri

Landbrugssektoren dækker her over følgende:

- Udledninger fra husdyrenes fordøjelse, gødningshåndtering og gødskning
- Udledninger og optag fra landbrugsarealer
- Udledninger og optag fra skov
- Udledninger fra energiforbruget i landbrug, gartneri, skovbrug og fiskeri

Landbrugssektoren forventes under fravær af nye tiltag samlet at udlede 15,1 mio. ton CO_{2e} i 2030 og 14,4 mio. ton CO_{2e} i 2035, svarende til hhv. 45 pct. og 48 pct. af Danmarks samlede udledninger. De største udledninger kommer fra det animalske landbrug (husdyrenes fordøjelse, gødningshåndtering og gødskning), som tegner sig for 10,2 mio. ton CO₂ i 2030 og 2035, og landbrugsarealer, som i 2030 og 2035 tegner sig for hhv. 3,5 mio. ton CO₂ og 3,1 mio. ton CO₂.

Energiforbruget i landbrug, gartneri, skovbrug og fiskeri forventes at udlede 1,0 mio. ton CO₂ i 2030 og 0,9 mio. ton CO₂ i 2035. Udledningerne skyldes brug af

fossile brændsler, og disse kan reduceres på tre måder: Energieffektivisering, elektrificering og brug af VE-brændsler.

Det samlede reduktionspotentiale i landbrugssektoren er 11-13 mio. ton CO₂ i 2030 og 11-13 mio. ton CO₂ i 2035. Det svarer til hovedparten af sektorens udledninger.

Eftersom en stor del af udledningerne fra sektoren skyldes det animalske landbrug, er en væsentlig del af reduktionspotentialet knyttet til dels et mindre husdyrhold ved omlægning fra animalsk produktion til planteproduktion, dels ændringer i udledninger ved den nuværende animalske produktion gennem en række tiltag, der skal reducere dyrenes tilknyttede metan- og lattergasudledninger gennem fodertilsætningsstoffer og ændret håndtering af gylle og gødning.

Reduktionspotentialerne forbundet med brug af fodertilsætningsstoffer, ændret håndtering af gylle og gødning, udtag af lavbundsjord er vurderet af Fødevarerministeriet, mens reduktionspotentialet forbundet med skovrejsning er vurderet af Miljøministeriet. Forudsætninger og metode er beskrevet i de tilhørende delnotater.

Tabel 9. Reduktionspotentiale i landbrugssektoren regnet i forhold til udledninger i KF22

Mio. ton CO ₂	2030		2035	
	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale
Landbrug, landbrugsarealer, skove, gartneri og fiskeri ¹	15,1	10,6 - 13,1	14,4	10,9 - 13,4
Fodertilsætningsstoffer		1		1
Håndtering af gylle og gødning		1,4		1,5
Udvidet lavbundspotentiale		1,5 - 2,4		1,5 - 2,4
Omlægning til økologi		3,4		3,4
Biokul fra pyrolyse af halm		1,0 - 2,3		1,0 - 2,3
Omlægning fra animalsk produktion til planteproduktion		6,5		6,3
Skovrejsning		0,3		0,8
Energieffektiviseringer i procesenergi og intern transport i landbrugssektoren		0,1		0,1
Elektrificering i procesenergi og intern transport i landbrugssektoren		0,1		0,1
Bio- og PtX-brændstoffer i intern transport		0,4 - 0,8		0,4 - 0,8

Anm. 1: Reduktionspotentiale vurderet af FVM eller MiM

3.3.9 Andet

CO₂-optag fra atmosfærisk luft (DAC) kan ikke tilskrives en enkelt sektor, og opgøres derfor under kategorien 'Andet'.

Reduktionspotentialet for DAC er angivet som et regneeksempel, hvor det antages, at DAC-anlægget drives af strømmen fra en dedikeret havvindmøllepark på 1 GW. Det samlede tekniske reduktionspotentiale for dette regneeksempel er 3-4 mio. ton CO₂ i 2030 og 2035.

Tabel 10. Reduktionspotentiale for Direct Air Capture (DAC) regnet i forhold til udledninger i KF22

Mio. ton CO ₂	2030		2035	
	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale	Udledninger KF22	Reduktions- potentiale
Andet	-	3-4	-	3-4
Regneeksempel for DAC (baseret på 1 GW havvind)		3-4		3-4

4 Potentielle energisystemeffekter

De præsenterede omstillingselementer og deres tilhørende reduktionspotentialer er opgjort uden hensyn til systemsammenhæng. I dette afsnit præsenteres påvirkning af systemsammenhænge for VE-andelen i ledningsgassen. Der kan være andre systemeffekter, ud over de her beskrevne.

4.1 Påvirkning på VE-andelen i ledningsgassen

Ledningsgassen består af en blanding af naturgas, som er fossil, og biogas opgraderet til naturgaskvalitet, også kaldet bionaturgas. Bionaturgassen opgøres som vedvarende energi, og bionaturgassens andel af ledningsgassen repræsenterer VE-andelen i ledningsgassen. Under fravær af nye tiltag forventes VE-andelen af ledningsgassen at være 75 pct. i 2030 og 92 pct. i 2035. Udledninger forbundet med forbrug af ledningsgas tilskrives de sektorer, der forbruger ledningsgassen.

Produktionen af bionaturgas antages at være upåvirket af efterspørgslen på ledningsgas, idet produktionen er drevet af støtteordninger. Et lavere forbrug af ledningsgas forventes derfor at slå fuldt igennem på naturgas, og giver dermed en højere andel bionaturgas i gasnettet. Den øgede VE-andel i gasnettet fører til CO₂-reduktioner i de sektorer, der bruger ledningsgas.

I Tabel 11 fremgår den tilbageværende mængde fossil gas i ledningsgassen uden nye tiltag i 2030 og 2035, jf. KF22. En reduktion i ledningsgasforbrug ud over de anførte ca. 13,5 PJ i 2030 og 3,5 PJ i 2035 fører ikke til yderligere CO₂-reduktioner, idet ledningsgassen udelukkende vil bestå af opgraderet biogas, der opgøres som CO₂-neutralt i anvendelsen.



Tabel 11. Ledningsgassens VE-andel og anledning til CO₂-udledninger uden nye tiltag.

Kilde: Energistyrelsen, KF22

Ledningsgassens VE-andel uden nye tiltag	2030	2035
Ledningsgassens VE-andel uden nye tiltag (pct.)	75	92
Tilbageværende fossil andel af gas i ledningsgassen (PJ)	13,5	3,5
CO ₂ -udledning fra den fossile del af ledningsgassen (mio. ton CO ₂)	0,78	0,20

Anm. Emissionsfaktor for naturgas er 57,41 ton CO₂/TJ i 2030 og 57, 58 ton CO₂/TJ i 2035.

Tabel 12 viser en række omstillingselementers påvirkning på forbruget af ledningsgas. Samlet giver omstillingselementerne et reduceret ledningsgasforbrug på ca. 29-31 PJ i 2030 og ca. 6-8 PJ i 2035, hvor forskellen skyldes, at en stor del af ledningsgassen til rumvarme forventes udfaset i perioden.



Tabel 12. Omstillingselementer påvirkning på ledningsgasforbrug

Ændring i ledningsgasforbrug (PJ)	Påvirkning på ledningsgassen	2030	2035
Husholdninger			
Varmpumper/fjernvarme i husholdninger	Mindre forbrug	-11,7	-3,5
Energibesparelser i husholdninger	Mindre forbrug	-2,1	-1,3
Serviceerhverv			
Varmpumper/fjernvarme i serviceerhverv	Mindre forbrug	-5,1	-2,6
Fremstillingserhverv og bygge-anlæg			
Energieffektiviseringer i procesenergi og intern transport	Mindre forbrug	-7,1	-3,5
Elektrificering i procesenergi og intern transport	Mindre forbrug	-13,6	-3,5
Gas/PtX-brændsler i direkte fyrede processer	Højere forbrug	12,2-13,9	10,4-12,2
Landbrug, gartneri, skovbrug og fiskeri			
Energieffektiviseringer i procesenergi og intern transport i landbruget	Mindre forbrug	-2,2	-2,1
Elektrificering i procesenergi og intern transport i landbruget	Mindre forbrug	-1,5	-2,0
I alt	Mindre forbrug	-29-31	-6-8

Anm. Negativt fortegn indikerer mindre forbrug, positivt fortegn indikerer mere forbrug af ledningsgas

Anm. Det antages, at hele CO₂-reduktionen skyldes mindre forbrug af ledningsgas, dvs. at intern transport eller mindre forbrug af olie ignoreres

Anm: Emissionsfaktor for naturgas antages at være 57,41 ton CO₂/TJ i 2030 og 57, 58 ton CO₂/TJ i 2035.

Tabel 13 viser en række omstillingselementers påvirkning på mængden af opgraderet biogas i ledningsgassen. Samlet kan der produceres yderligere 6-34 PJ opgraderet biogas i 2030 og 3-28 PJ opgraderet biogas i 2035. Det store spænd skyldes forskellige antagelser om hvor meget opgraderet biogas som metanisering af CO₂ fra biogasanlæg kan give anledning til.

Tabel 13. Omstillingselementer påvirkning på mængde af opgraderet biogas i ledningsgassen

Ændring i mængde af opgraderet biogas (PJ)	Påvirkning på ledningsgassen	2030	2035
EI- og fjernvarme			
Biogasomlægning fra kraftvarme til opgradering	Mere biogas	1,7-5,2	0-1,7
Metanisering af CO ₂ fra biogasanlæg	Mere biogas	3,8-29,2	2,7-26,0
Sum	Mere biogas	6-34	3-28



Tabel 14 viser effekten på VE-andelen ved realisering af de oplyste omstillingselementer. Samlet betyder det, at VE-andelen i ledningsgassen kan øges til over 100 pct. i både 2030 og 2035. En VE-andel på over 100 pct. betyder, at der produceres mere opgraderet biogas til ledningsgasnettet end der forbruges i ledningsgassen. Den overskydende mængde opgraderet biogas kan udgøre 20-50 PJ i 2030 og 10-30 PJ i 2035.

Tabel 14. Omstillingselementers påvirkning på VE-andelen i ledningsgas

Effekt på VE-andelen i ledningsgas	2030	2035
Total mængde produceret opgraderet biogas, KF22 (PJ)	40	38
Ændring i mængde opgraderet biogas, tekniske potentialer (PJ)	6-34	3-28
Produktion af opgraderet biogas, i alt (PJ)	46-75	41-66
Total ledningsgasforbrug, KF22 (PJ)	54	42
Ændring i ledningsgasforbrug, tekniske potentialer (PJ)	-29-31	-6-8
Forbrug af ledningsgas, i alt (PJ)	23-24	34-35
VE-andel i ledningsgas (pct.)	200-310 pct.	120-190 pct.
Overskud af opgraderet biogas (PJ)	20-50 PJ	10-30 PJ

Det er værd at bemærke at en produktion af biogas der overstiger det danske forbrug giver mulighed for eksport af biogas. Ovenstående omstillingselementer, der bidrager til højere VE-andel i ledningsgassen er ikke en udtømmende liste, og der er ikke specifikt søgt efter eller analyseret på tiltag, der kan reducere forbruget af ledningsgas eller øge mængden af opgraderet biogas.

5 Andre potentielle klima- og miljøhensyn

Formålet med analysen af de tekniske reduktionspotentialer er, at skabe overblik over tekniske muligheder for CO₂-reduktion. Analysen vil bidrage til at belyse de tekniske muligheder for opfyldelse af målet om 70 pct. reduktion af drivhusgasudledningerne i 2030 som fastsat i klimaloven. Denne målfastsættelse ift. niveauet i 1990 er på de nationale udledninger, i anvendelses- eller brugsfasen.

Ser man ud over formålet med analysen kan der være andre meget relevante miljø- og klimamæssige hensyn at belyse, som er direkte eller afledte effekter af gennemførelse af analysens reduktionspotentialer.



Boks 1: Livscyklusanalyser

Livscyklusanalyser (LCA) er en udbredt og standardiseret betegnelse for en række metoder til at vurdere, hvilke potentielle miljø- og klimapåvirkninger, samt ressourceforbrug, der er knyttet til et produkt eller en service gennem dets levetid – fra udvindingen af materialer til bortskaffelse.

I en LCA kan man betragte hele produktets livscyklus fra vugge til grav – fra udvinding af råmaterialer, til produktion, brugsfasen og sidst bortskaffelse eller genanvendelse af alle restprodukter. Hele livscyklussen er relevant, fordi der sker påvirkning af miljøet hele vejen gennem livsforløbet. Det er dog forskelligt fra produkt til produkt, hvor de vigtigste påvirkninger finder sted. For nogle produkter ligger de vigtigste påvirkninger således i udvindingsfasen. For andre produkter ligger påvirkningerne primært i produktions-, brugs- eller bortskaffelsesfasen.

I en LCA favnes der bredere end blot en klimamæssig konsekvensvurdering. Der arbejdes i en LCA typisk med 15 miljøpåvirkninger, herunder klima, forsurening, ozon nedbrydning, mangel på mineralske og fossile ressourcer, energi, affald til deponering, arealanvendelse m.fl.

En LCA kan således hjælpe til at give et billede af et produkts miljø- og klimapåvirkning og dermed også til at sammenligne produktet med alternative produkter med samme funktion eller som opfylder samme tjeneste.

Traditionelt opgøres landes klimaaftryk ved at se på de drivhusgasudledninger, som sker inden for landets grænser. Danmarks 70 pct.-målsætning og indrapporteringer til FN er således bundet op omkring Danmarks territoriale, eller nationale, drivhusgasudledninger.

Mange af de produkter, som forbruges i Danmark, er dog produceret i udlandet. Dermed sker en væsentlig del af de drivhusgasudledninger, som er knyttet til de produkter, der forbruges i Danmark, uden for Danmarks grænser. Det kan dermed være relevant at betragte udledninger forbundet med *hele* teknologiernes levetid/livscyklus lige fra udvindingen af materialer, til produktion og bortskaffelse.

Derudover er det væsentligt at betragte andre potentielle miljø- og klimamæssige hensyn som følge af analysens reduktionspotentialer. Dette kunne fx være udledning forbundet med kølemidler fra varmepumper, skrotning af olie og gasfyr, ressource og miljøpåvirkninger af udvinding af sjældne jordmetaller til brug i batterier til elektrificering af transportarbejdet, samt betragtning af genanvendelse og cirkulær økonomi.

Dette kapitel vil forsøge at skitsere andre potentielle miljøhensyn og globale ressourcetræk, som ikke indgår i analysen af de tekniske reduktionspotentialer.



5.1 Mulige påvirkninger af udvalgte omstillingselementer

De tekniske reduktionspotentialer er opgjort ud fra den mulige CO₂ reduktion fra brugsfasen. Som forklaret ovenfor, er det i høj grad relevant at betragte udledninger forbundet med *hele* teknologiernes levetid/livscyklus, lige fra udvindingen af materialer, til produktion og bortskaffelse, for at opnå et mere retvisende billede af de samlede miljø og klimapåvirkninger af omstillingselementerne.

En stor andel af de tekniske reduktionspotentialer indebærer udenlandsk producerede produkter. Dette kunne være varmepumper, elbiler, materialer til anlægsprojekter (herunder DAC og CCS), som vi i Danmark ikke producerer, eller overordnet set er importører af. Således kan en gennemførelse af et omstillingselement med dansk reduktionspotentiale, der forudsætter dansk import, føre til øgede udledninger uden for Danmarks grænser.

For produkter produceret udelukkende eller delvist i Danmark, vil der også være territoriale udledninger forbundet med produktionsfasen. Disse vil heller ikke være afspejlet i arbejdet med reduktionspotentialerne, om end man i KF22 har fremskrevet en vis øget vækst i produktionsbranchen, som dermed implicit indgår i reduktionspotentialerne, da reduktionsmængderne pr. definition er en additionalitet til KF22.

Miljø og klimamæssige påvirkninger forbundet med andet en brugs og produktionsfasen er forsøgt illustreret i nedenstående eksempler af udvalgte typer af omstillingselementer.

5.1.1 Udskiftning til varmepumpe

I nærværende notat angives reduktionspotentialer for omstillingselementer, der vedrører udskiftning til varmepumper inden for husholdninger og serviceerhverv. De tekniske reduktionspotentialer forbundet med omstillingselementerne er hver især beregnet på baggrund af den fortrængte fossile varmeproduktion.

Der er altså i udregningerne ikke taget højde for udledninger forbundet med; produktion (både indenlandsk og udenlandsk) af varmepumperne, udvinding af råmaterialerne til produktionen, udledning forbundet med kølemidler, vedligehold af varmepumpen, skrotningen af fx olie- eller gasfyret. Der er desuden ikke foretaget betragtninger af eventuelle miljøpåvirkninger af omstillingselementerne såsom potentiel ressourcemangel ved udvinding af råmaterialer, korrekt miljømæssig bortskaffelse/blanding af gammel olietank, mm.

5.1.2 Elektrificering af transportarbejdet

For elektrificering af transportarbejdet er der i KP22 sat tekniske reduktionspotentialer på; vejtransporten (personbiler, busser, varebiler samt, lastbiler), intern transport i serviceerhverv (trucks, mfl.), landbrug (traktorer,



mejetærskere, mfl.), fremstillingserhverv samt bygge og anlæg (trucks, mfl.). Der er ligeledes et reduktionspotentiale forbundet med elektrificering af søfarten (primært mindre færger). De tekniske reduktionspotentialer forbundet med omstillingselementerne er hver især beregnet på baggrund af den fortrængte fossile brændsel.

På samme måde som for eksemplet med udskiftning til varmepumpe er der i udregningerne ikke taget højde for udledninger forbundet med; produktion af køretøjer samt el-færger, udvinding af råmaterialer til produktion, skrotning af gamle fossildrevne køretøjer samt færger. Eventuelle miljøpåvirkninger som følge af omstillingselementerne kunne være; potentiel ressourcemangel ved udvinding af sjældne jordmetaller til batterierne, partikelforurening mfl.

5.1.3 Større bygge- og anlægsprojekter

De tekniske reduktionspotentialer omhandlende CCS, DAC og Pyrolyse betragtes som større anlægsprojekter. De tekniske reduktionspotentialer er regnet som den mængde CO₂, der teknisk kan optages fra anlæggene, eller fra brun bioraffinering som fx pyrolyse.

Der er i udregningerne af disse reduktionspotentialer ikke taget højde for de udledninger, der måtte være i forbindelse med produktion og anlæggelse af projekterne (herunder beton, stål, rørføringer mm.), transport, m.fl. Da anlægsprojekterne endda kunne kræve en vis mængde plads, kan der desuden foretages en arealbetragtning, herunder evt. nedfældning af skov, nedrivning af andre bygninger mm. Konsekvenserne af dette uddybes i næste afsnit.

5.2 Arealforbrug og biomasse som knap ressource

De tekniske reduktionspotentialer kan have en direkte og en afledt effekt på ændringer i areal og arealforbrug. Som i eksemplet ovenfor kan fx større anlægsprojekter, der kræver betydeligt arealomlægning, medføre nedfældning af skov, omlægning af landbrug mm.

Derudover er areal en begrænset ressource. Behovet for areal til mad, foder og materialer vil øges i takt med, at verdens befolkning forventes at stige, samtidig med at Danmark og EU også vil afsætte flere arealer til biodiversitet. Derfor ville en arealomlægning i Danmark fra fødevarer/foderproduktion til energiafgrøder, skovrejsning mm. 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, 2022b).

Biomasse er en begrænset ressource på globalt plan. Det skyldes, at areal er en begrænset ressource, som skal bruges til mange forskellige formål som produktion af fødevarer, foder og materialer (Klimarådet, 2022). Behovet for biomasse til mad,



foder og materialer forventes tilmed at stige i takt med, at verdens befolkning stiger (Energistyrelsen, 2020).

Danmark har i dag et betydeligt forbrug af biomasse til varme, el og transport både i form af biobrændsler og biomasseråvarer. Halvdelen af de anvendte biobrændsler stammer fra dansk biomasse, mens resten er importeret (Energistyrelsen, 2021b). Danmark er det land i EU, der importerer mest biomasse per indbygger (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, fødevarereproduktion og priser (IPCC, 2018). De 100 EJ vil svare til et bioenergiforbrug på 10 GJ pr. verdensborger i 2050, hvis dette blev fordelt ligeligt. Til sammenligning er Danmarks nuværende forbrug af bioenergi per indbygger omtrent 35 GJ.

Det kan bemærkes, at hvis verden som helhed ændrer sin landbrugsproduktion til færre husdyr og dermed mindre foderproduktion, vil der kunne frigives arealer, og en del af disse arealer vil kunne målrettes biomasseproduktion. Det vil kunne øge den bæredygtige mængde af biomasse i verden og dermed også det bæredygtige biomassepotentiale. Energy Transitions Commission vurderer fx, at hvis der på globalt plan sker et markant skift i retning af plantebaseret kost og dertil effektiv indsamling af bioaffald og algeproduktion, vil bioenergi-potentialet kunne stige til 12 GJ pr. verdensborger (Klimarådet, 2022).

Biomasse som knap ressource, arealforbrug samt potentielle miljøhensyn bør tages i betragtning når der ses på tekniske reduktionspotentialer forbundet med de omstillingselementer, hvor et øget forbrug af biomasse potentielt indgår. Tabel 15 viser en række af de listede omstillingselementer, hvor reduktionspotentialet kan indfries med både biobrændstoffer og PtX-brændstoffer. For at reducere brugen af biomasseressourcer kan reduktionspotentialerne med fordel indfries med PtX-brændstoffer. Iblant PtX-brændstoffer kan brint og ammoniak fremstilles uden brug af kulstof, hvilket yderligere minimerer brug af biomasseressourcer.^{5 6}

⁵ Energistyrelsen, Baggrundsmateriale til PtX-strategien, 2021
Energistyrelsen. Punktkilder til CO₂ – potentialer for CCS og CCU. 2021
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/ptx/punktkilder_til_co2_potentialer_for_ccs_og_ccu.pdf

⁶ Energistyrelsen, Biomassens rolle i Power-to-X, 2021
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/ptx/biomassens_rolle_i_ptx_opdateret.pdf



Tabel 15. Omstillingselementer med påvirkning på biomasseressourcer samt mulig håndtering, der minimerer påvirkning på bioressourcer

Omstillingselementer der påvirker biomasseressourcer	Mulig håndtering med reduceret påvirkning på bioressourcer
Produktion af olie, gas og VE-brændstoffer	
Skift til bio-feedstock på raffinaderier	-Elektrificering og grøn brint på raffinaderier, dog ændrer elektrificering af raffinaderier ikke fossil brændstofproduktion alt andet lige. -CCS på raffinaderier, dog kan dette give potentielt lock-in på fossil brændstofproduktion
Fremstillingserhverv og bygge-anlæg	
Bio- og PtX-brændstoffer i intern transport i fremstillingserhverv og bygge-anlægssektoren	- Elektrificering frem for flydende brændstoffer - Brug af PtX-brændstoffer frem for biobrændstoffer
Transport	
Bio- og PtX-brændstoffer i vejtransport	-Elektrificering og brint i vejtransport -Brug af PtX-brændstoffer frem for biobrændstoffer
Bio- og PtX-brændstoffer i søfart	-Brug af PtX-brændstoffer frem for biobrændstoffer, og så vidt muligt brug af ammoniak fremfor kulstoffoldige PtX-brændstoffer
Bio- og PtX-brændstoffer i luftfart	-Brug af e-jetfuel frem for biojetfuel
Landbrug, gartneri, skovbrug og fiskeri	
Bio- og PtX-brændstoffer i intern transport i landbrugssektoren	- Brug af PtX-brændstoffer frem for biobrændstoffer



6 Kildeliste

Energistyrelsen (2021), *Klimastatus og -fremskrivning 2021* (KF21), april 2021

Energistyrelsen (2022a), *Klimastatus og -fremskrivning 2022* (KF22), april 2022

Energistyrelsen (2022b), *Global Afrapportering 2022* (GA22), april 2022

Energistyrelsen, *Energistatistik*, 2019

CONCITO (2021). *Danmarks forbrug af biomasse bør halveres frem mod 2030*. *Pressemeldelse*. 11. oktober 2021. <https://concito.dk/nyheder/danmarks-forbrug-biomasse-boer-halveres-frem-mod-2030>

Energistyrelsen (2020). *Biomasseanalyse*, maj 2020. Energistyrelsen. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Bioenergi/biomasseanalyse_final_ren.pdf

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

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

Energistyrelsen. *Punktkilder til CO₂ – potentialer for CCS og CCU*. 2021 https://ens.dk/sites/ens.dk/files/ptx/punktkilder_til_co2_potentialer_for_ccs_og_ccu.pdf

Energistyrelsen, *Biomassens rolle i Power-to-X*, 2021 https://ens.dk/sites/ens.dk/files/ptx/biomassens_rolle_i_ptx_opdateret.pdf