



Klimastatus og –fremskrivning 2022 (KF22):

Landbrugsarealer

Sektornotat nr. 10C

Opdateret juni 2022

Kontor/afdeling
Systemanalyse

Dato
01-07-2022

J nr. 2022-4923

frst/skbn/jmoe

Indholdsfortegnelse

1. KF22 forløbet: Status og fremskrivning til 2035.....	2
Landbrugsarealernes rolle for drivhusgasudledninger	2
2. Analyse af KF22 forløbet	5
2.1 Overordnet udvikling i sektoren frem til 2035.....	5
2.2 Tilbageværende udledninger i sektoren i 2030	12
3. Kvalificering af KF22 forløbet.....	12
3.1 Sammenligning med sektorens udledninger i KF21	12
3.2 Usikkerhed og følsomhedsberegninger	15
3.3 Planlagt udvikling fremadrettet	18
4. Kilder	18
5. Bilag	19
Bilag 5.1 Biogene udledninger fra sektoren	19
Bilag 5.2. Indikatorer for sektoren	19

Dette sektornotat er en del af Klimastatus og –fremskrivning 2022 (KF22). KF22 er en såkaldt frozen policy fremskrivning, hvilket indebærer, at udviklingen i fremskrivningen er betinget af et "politisk fastfrossent" fravær af nye tiltag på klima- og energiområdet ud over dem, som Folketinget eller EU har besluttet før 1. januar 2022 eller som følger af bindende aftaler. KF22 resultaterne og de bagvedliggende analyser i sektornotaterne skal derfor ses i denne frozen policy kontekst. For yderligere information om frozen policy tilgangen, se KF22 forudsætningsnotat 2C om Principper for frozen policy.

Det skal endvidere bemærkes, at forudsætningerne for KF22, herunder også forudsætninger ift. brændselspriser og CO₂-kvotepris, er fastlagt ultimo 2021. Udviklingen i Ukraine og de deraf afledte effekter på energimarkeder og kvotemarked mv. i første kvartal 2022 er derfor ikke afspejlet i KF22 fremskrivningen.

Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

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

www.ens.dk



1. KF22 forløbet: Status og fremskrivning til 2035

Landbrugsarealernes rolle for drivhusgasudledninger

Danmark er blandt de lande i EU, der har den højeste andel af landbrugsareal¹ svarende til knap to tredjedele af Danmarks areal. Dertil kommer, at en del af det landbrugsareal, som opgøres i LULUCF-sektoren², også omfatter udyrkede arealer, læhegn, markkrat mv.

Planter optager CO₂ fra atmosfæren, når de vokser. Når planterester, rødder og andet organisk materiale efterlades på marken vil en del af kulstoffet under nedbrydning indarbejdes som jordens organisk materiale og bidrage til opbygning af jordens samlede kulstofpulje. Afhængig af forholdet mellem den årlige kulstof tilførsel og den årlige nedbrydning, vil der ske en netto udledning eller optag af CO₂. Der er store mængder organisk kulstof på landbrugsarealerne, som er bundet i både biomasse (kornafgrøder, rødder mv.) og især i jorden. Derfor har arealanvendelse inden for landbruget og arealændringer (afskovning, skovrejsning og vådområdeetablering) en relativ stor betydning for drivhusgasregnskabet, fordi selv små ændringer i meget store kulstofpuljer i mellem år kan have en mærkbar effekt.

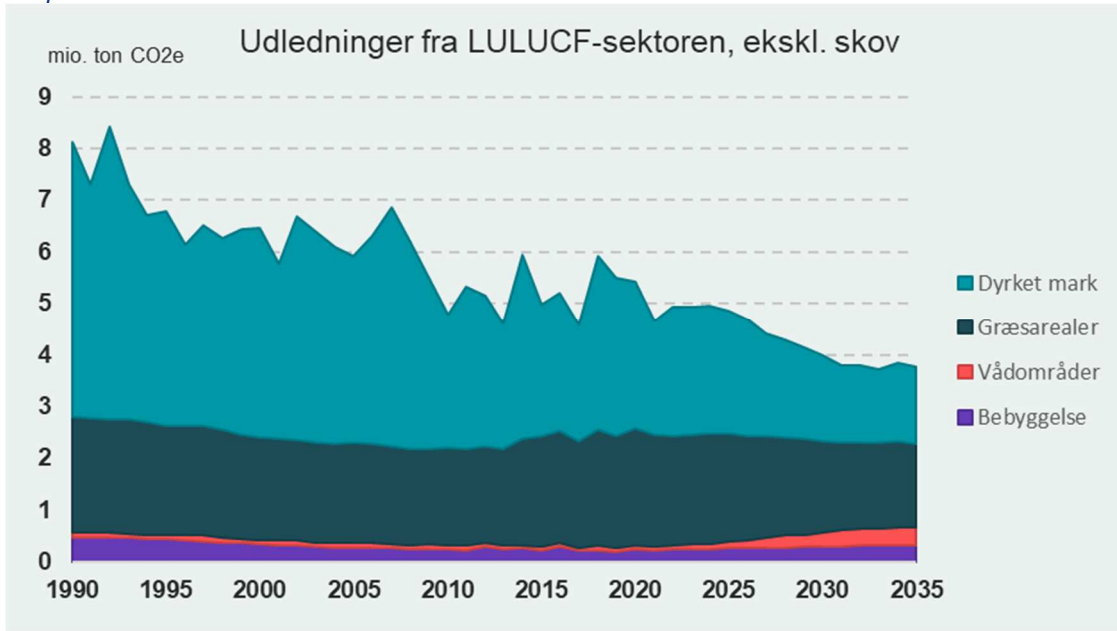
Dette sektornotat omhandler landbrugsarealernes forventede optag og udledninger af drivhusgasser, som opgøres som en del af LULUCF-udledningerne og står for en stor del af udledningerne (Figur 1)³. Samlet set udgjorde udledningerne fra landbrugets arealanvendelse 5,1 mio. ton CO₂e i 2020. I 2030 forventes den samlede udledning at være 3,4 mio. ton CO₂e.

¹ <https://www.dst.dk/da/Statistik/nyheder-analyser-publ/nyt/NytHtml?cid=32409>

² *Land Use, Land-Use Change and Forestry*.

³ I LULUCF-sektoren opgøres al arealanvendelse i CRF-kategori 4. Landbrugets arealanvendelse omfatter dyrket mark og græsarealer, hvor kulstofpuljeændringer opgøres i hhv. CRF-kategori 4B og 4C. Herudover indholder kategorien også arealklasserne vådområder, bebyggelse og skov, hvor sidstnævnte beskrives i KF22 sektornotat 10D.

Figur 1: Udledninger fra LULUCF-sektoren, eksklusiv skov og høstede træprodukter.



Kilde: Energistyrelsen (2022a) pba. af tal fra DCE.

Anm.: Udledninger fra arealanvendelse i by- og vådområder indgår i LULUCF sektoren, men ikke som en del af opgørelsen af landbrugets udledninger.

Dyrkning af kulstofrige jorder er hovedkilden til udledninger mens kulstofbalancen i de mineralske landbrugsjorder er i en nogenlunde ligevægt. De fremskrevne udledninger fra landbrugsarealerne fordeler sig relativt lige mellem dyrkede marker og græsarealer, da begge er placeret på kulstofrig jord (se evt. Tabel 2). Græsarealet på mineral jord er betydelig mindre end mineraljordsarealet i kategorien dyrket mark, hvorfor DCE opgør udledninger og optag fra mineral jord under dyrket mark. Udledningerne fra græsarealer er derfor relativt stabile, da de næsten udelukkende stammer fra kulstofrig jord, mens der er større årlig variation for dyrket mark pga. ændringer i mineraljordens kulstofpulje (Figur 1).

Udledningerne fra landbrugets arealanvendelse især af om det er kulstofrig (humusjord) eller mineral jord, der dyrkes. Fordelingen af Danmarks landbrugsareal på mineral og kulstofrig jord kan ses af Tabel 1.

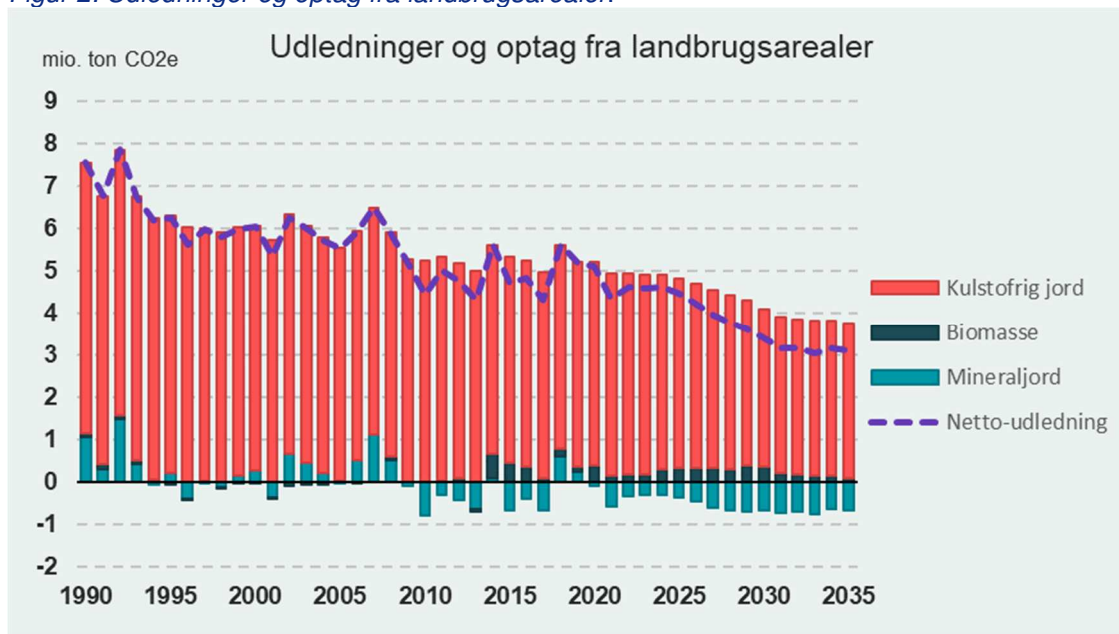
Tabel 1: Landbrugsarealet fordeling på mineral og kulstofrig jord.

Landbrugsarealet (ha)					
	1990	2020	2025	2030	2035
Mineral jord	2.924.266	2.800.408	2.767.428	2.726.206	2.710.717
Kulstofrig jord	215.290	170.429	159.597	133.488	131.688

Som det fremgår af Figur 2 stammer nettoudledningen fra landbrugsarealerne hovedsagelig fra dyrkning og dræning af kulstofrig landbrugsjord, der er defineret som jord med mindst 6 pct. organisk kulstof. Arealer med kulstofrig landbrugsjord udgør kun ca. 6 pct. af det samlede danske landbrugsareal, men forventes i 2035 at udlede ca. 3,7 mio. ton CO₂e. Til sammenligning forventes de samlede udledninger (inkl. optag) fra landbrugsarealerne at udgøre 3,1 mio. ton CO₂e i 2035.

For mineraljord, der udgør ca. 94 pct. af det samlede danske landbrugsareal, svinger udledninger over årene. I fremskrivningsårene ses på kort sigt et mindre optag omkring 0,2-0,3 mio. ton CO₂e, men på lidt længere sigt (efter 2026) forventes et nettooptag, som ligger på ca. 0,6 mio. ton CO₂e frem mod 2030 og omkring 0,7 mio. ton CO₂e fra 2030 til 2035. Historisk set kan ændringerne i mineraljordens kulstofpulje svinge meget fra år til år afhængigt af bl.a. temperaturen og afgrødeudbyttet (Figur 2). Det er komplekse non-lineære interaktioner, der modelleres, hvilket vanskeliggør at fremskrive de præcise årlige udledninger. De årlige svingninger kan samtidig være relativt store og påvirke opgørelserne af udledninger. For de fremskrevne år 2021-2035 har optaget således svinget inden for et spænd på ca. 0,4 mio. ton CO₂.

Figur 2: Udledninger og optag fra landbrugsarealer.



Kilde: Energistyrelsen 2022c pba. af tal fra DCE.

Biomasse, der omfatter levende og død biomasse i bl.a. frugttræer, bærbuske, markkræt og læhegn, samt afskovning til landbrugsarealer, forventes at udlede mellem 0,1 og 0,4 mio. ton CO₂e årligt i fremskrivningsårene frem til 2035.

Som følge af tiltagene i *Aftale om Grøn omstilling af dansk landbrug* (herefter landbrugsaftalen) og EU's landbrugspolitik CAP 2023-27 forventes udledningerne fra landbrugsjorden samlet set at falde fra 5,1 (2020) til 3,4 (2030) og 3,1 (2035) mio. ton CO₂e. Faldet skyldes i høj grad tiltag vedrørende permanent udtagning og vådgøring af kulstofrig jord. For en nærmere beskrivelse af forudsætningerne for beregningerne til nærværende Klimafremskrivning, herunder også beskrivelse af frozen policy (inkl. tiltag fra landbrugsaftalen og CAP 2023-27) henvises til KF22 forudsætningsnotat 10C om landbrugsarealer (Energistyrelsen 2022e).

2. Analyse af KF22 forløbet

2.1 Overordnet udvikling i sektoren frem til 2035

I dette afsnit beskrives udviklingen i de tre typer af udledninger fra Figur 2, dvs. 1) udledninger fra dyrket og drænet kulstofrig jord, 2) udledninger og optag fra mineraljord og 3) udledninger og optag i levende og død biomasse.

Landbrugsarealets fordeling på dyrket mark og græsarealer og på jordens kulstofindhold (< 6 pct., 6-12 pct., eller >12 pct. organisk kulstof, OC) påvirker udledningerne fra de kulstofrige arealer og mineraljordsarealerne. Fordelingen kan ses af Tabel 2.

Tabel 2: Landbrugsarealets fordeling mellem dyrket mark og græsarealer, samt fordeling på jordtype fra 1990 og frem til 2035.

Landbrugsarealets fordeling (ha)					
	1990	2020	2025	2030	2035
Dyrket mark					
Mineral jord	2.859.469	2.711.413	2.684.442	2.652.553	2.639.437
Kulstofrig > 12 % OC*	54.082	30.348	27.640	21.113	20.663
Kulstofrig 6-12 % OC	79.618	58.717	56.009	49.482	49.032
Udenfor Internet markkort	-	1.442	1.442	1.442	1.442
Græsarealer					
Mineral jord	64.798	88.995	82.986	73.653	71.280
Kulstofrig > 12 % OC	46.668	42.273	39.565	33.037	32.587
Kulstofrig 6-12 % OC	34.922	37.649	34.941	28.414	27.964

*Kilde: Energistyrelsen (2022a) pba. af tal fra DCE. * OC = organisk carbon (kulstofindhold)
Anm.: Arealer er opgjort af DCE ud fra principperne i den nationale emissionsopgørelse og kan derfor afvige fra arealopgørelser fra Danmarks statistik.*

2.1.1. Udledninger fra dyrket kulstofrig jord

Kulstofrig jord er jord med et højt kulstofindhold, herunder drænedede arealer på tidligere mosejord (såkaldte lavbundsjord) og andre arealer, der tidligere har stået

under vand. Fra disse jorder udledes meget CO₂ ved dyrkning når jorden er drænet og dermed iltet. Kulstofrig jord inddeles i to klasser: jorder med 6 til 12 pct. organisk kulstof og jorder med over 12 pct. organisk kulstof (tørvejorder). Det antages i emissionsopgørelsen, at udledninger fra 6-12 pct. jorderne er halvt så store som fra tørvejorderne. Siden 1990 er arealet med kulstofrig jord reduceret. Det skyldes både, at kulstofindholdet i de kulstofrige jorder er blevet mineraliseret (frigivet til atmosfæren pga. iltning) og arealet derfor er blevet omklassificeret fra kulstofrig jord til mineraljord med under 6 pct. kulstof, og at vådområder er reetableret. Der er en betydelig usikkerhed knyttet til både det historiske og nutidige kortgrundlag for arealer med kulstofrig jord.

Jævnfør Figur 2 er udledninger fra dyrket kulstofrig jord mindsket fra 6,4 i 1990 til 4,8 mio. ton CO₂ i 2020. Det er hovedsagelig en konsekvens af en reduktion af arealet med dyrket kulstofrig jord men også, at andelen af arealet med drænet kulstofrig jord i højere grad anvendes til græs end til korn og andre et-årige afgrøder (Tabel 3). Kulstofrig jord, som dyrkes med græs, udleder mindre CO₂ end når det dyrkes med korn og andre et-årige afgrøder.

Tabel 3: Andel af kulstofrig jord som er græsarealer over årene 1990 til 2035 (procent).

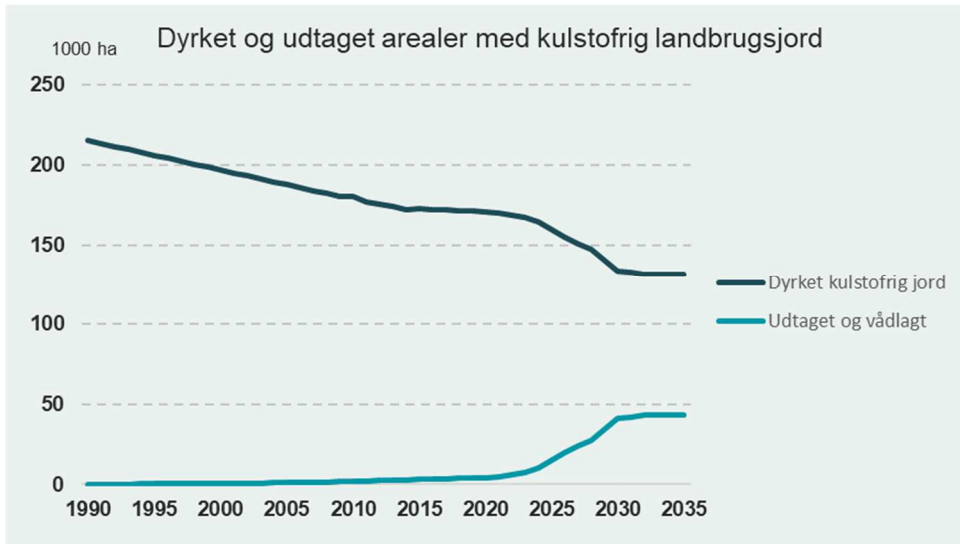
	1990	2020	2025	2030	2035
Andel af > 12 % SOC med græs	46	58	59	61	61
Andel af 6-12 % SOC med græs	30	39	38	36	36

Udtagning af dyrkede arealer med kulstofrig jord

Udledningerne fra kulstofrig jord kan reduceres ved at vådgøre de dræned, kulstofrige jorder. I fremskrivningen er årsagen til den yderligere reduktion af udledninger fra dyrket kulstofrig jord derfor, at der sker en reetablering af vådområder som resultat af udtagning, hvilket resulterer i reduktion på ca. 1 mio. ton CO_{2e} i 2035 ift. 2020 (Figur 2). Udtag og vådgøring af kulstofrig jord forventes at ske primært som følge af vedtagne politikker og afsatte midler fra 2018 og frem, herunder midler til udtagning fra FL20 og FL21, landbrugsaftalen og CAP 2023-27. I KF22 antages, at der udtages omkring 38.700 ha kulstofrig landbrugsjord frem mod 2032, og ikke yderligere efter 2032, da der på nuværende tidspunkt ikke er afsat yderligere midler (Figur 3). Det svarer til knap en fjerdedel af det kulstofrige areal, der dyrkes i 2020.



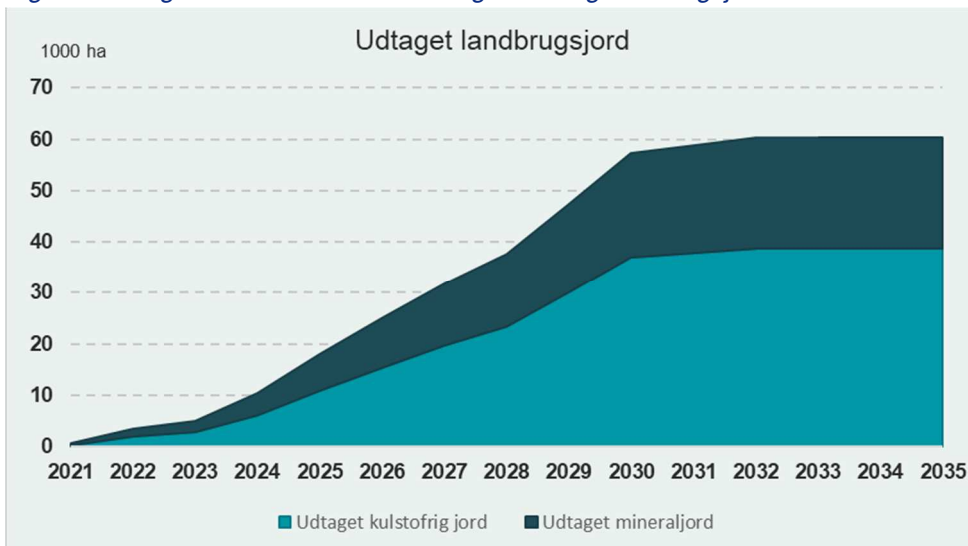
Figur 3: Dyrket og udtaget areal med kulstofrig landbrugsjord fra 1990 til 2035.



Kilde: DCE 2022b og på baggrund af oplysninger fra landbrugsstyrelsen.

Når der udtages kulstofrig landbrugsjord til vådområder oversvømmes samtidig arealer med mineraljord, som dermed udtages af produktion. Det samlede udtaget areal, kaldet projektarealet, som forventes at udgøre ca. 60.000 ha i 2032 og derefter (Figur 4).

Figur 4: Udtagne arealer med mineral og kulstofrig landbrugsjord fra 2021 til 2035.



Kilde: DCE 2022b på baggrund af oplysninger fra landbrugsstyrelsen.

Note: Arealer antages udtaget tre år efter bevillingsåret, hvorfor figur 3 starter i 2021, hvor de første yderligere arealer udtages som følge af første bevillingsår i 2018.

Der er stor usikkerhed forbundet med antagelserne om udtagning og vådlægning af kulstofrig jord. Usikkerheden angår både perioden mellem bevilling og realisering,



som antages at være 3 år, og størrelsen på udtagingsarealet, herunder fordelingen over årene. Disse usikkerheder er beskrevet i afsnit 3.2.

I KF22 er der endvidere også indregnet ekstensivering af 38.000 ha med kulstofrig jord. Ekstensivering defineres som ophør af gødskning men fortsat dyrkning med slæt (høst af biomasse). Ekstensivering påvirker ikke udledningen fra jorden på de kulstofrige arealer, da arealerne skal vådlægges før det har en effekt på nedbrydningen. Ekstensivering vil dog reducere gødningsforbruget, hvilket er indregnet i fremskrivningen af landbrugsprocessernes udledning (jf. KF22 sektornotat 10B om Landbrugsprocesser).

2.1.2. Ændringer i kulstofpuljen i mineraljord

Udledninger og optag af kulstof i mineraljord afhænger af samspillet mellem tilførslen af organisk materiale (plantemateriale og husdyrgødning), vejrforhold, jordtypen og dyrkningshistorikken. Over årene varierer især udbytter og vejrforhold, hvilket vanskeliggør forudsigelsen af kulstofpuljeændringerne i mineraljord. Det kan resultere i stor årlig variation i udledninger, der kan være negative og positive over årene. I forhold til 1990 ses der nu og i fremskrivningen en tendens til flere år med nettooptag af CO₂, som overordnet kan tilskrives udbyttetigning og øget etablering af efterafgrøder. Men selvom der udlægges store arealer med efterafgrøder, kan det stadig resultere i nettoudledninger pga. øget temperaturer i enkelte år.

Temperaturstigning

Årlige temperaturudsving har stor indflydelse på ændringen i kulstofpuljen i mineraljord i enkelte år. Øgede temperaturer vil alt andet lige medføre en større nedbrydning af det eksisterende organiske materiale i mineraljord og resultere i nettoudledning. Omvendt vil køligere år medføre en lavere nedbrydning af jordens organiske materiale og dermed øge kulstofbindingen og nettooptaget (f.eks. 2021 i Figur 2). I C-TOOL-modellen er temperaturens effekt på kulstofpuljernes mineralisering modelleret med en ikke lineær responsfunktion, hvorfor det er nødvendigt at køre foretage flere kørsler med C-TOOL med forskellige temperaturscenarier. Til brug for dette har Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) udarbejdet klimascenarier, som bruges i KF22. I år har DMI foretaget en fejlrettelse fordi de hidtidig anvendte scenarier (i fremskrivningerne fra 2019-2021) var fejlbehæftet med en systematisk underestimering. Yderligere har DMI opdateret temperaturscenarierne, som er baseret på FN's klimascenarie RCP4.5 og skaleret til danske forhold ved at anvende lokale observerede temperaturer for perioden 1980-2021 for de otte landsdele (Nordjylland, Sydjylland, Østjylland, Vestjylland, Fyn, Hovedstaden / Nordsjælland, Sjælland inkl. Lolland-Falster og Bornholm). De i KF22 anvendte temperaturscenarier ligger højere end de forrige temperaturscenarier.



Det er generelt vanskeligt at forudsige fremtidige vejrforhold, hvilket bidrager til den samlede usikkerhed forbundet med fremskrivning af kulstofpuljeændringerne i mineraljord.

Tilførsel af organisk materiale til jorden

Øget tilførsel af organisk materiale sker både som konsekvens af en ændret afgrødesammensætning, forventede udbyttetigninger, øget udbredelse af efterafgrøder og ved øget halmnedmulding. Etablering af efterafgrøder sker med henblik på at minimere risiko for kvælstofudvaskning, men øget brug af efterafgrøder kan også øge jordens kulstofpulje, da plantematerialer efterlades på marken. Ligeledes kan øget tilførsel af halm (eller pyrolyseret halm som biokul) øge jordens kulstofpulje. I realiteten er klimaeffekten af øget tilførsel af organisk materiale betinget af jordens kulstofindhold og dyrkningshistorik. Hvis et areal allerede har et højt kulstofindhold og en forhistorie med tilførsel af husdyrgødning i et sædskifte med meget græs vil effekten af halmnedmulding og efterafgrøder, alt andet lige, være relativt mindre, end hvis forhistoren er en ensidig kornmark uden halmnedmulding.

Efterafgrøder

Efterafgrødeordninger omfatter den målrettede regulering, pligtige- og husdyrefterafgrøder og MFO-efterafgrøder⁴, hvor sidstenævnte ordning forventes udfaset i 2023. Der udlægges også efterafgrøder uden for ordning i begrænset omfang. Den i KF22 indregnede udvikling i det samlede efterafgrødeareal kan ses af Figur 5.

Forventningerne om øget efterafgrødeareal er baseret på, at der i landbrugsaftalen er fastlagt et kvælstofindsatsbehov under den målrettede regulering frem til 2030. Den målrettede regulering har til formål at reducere kvælstofudvaskning, men øger også jordens kulstofpulje via øget tilførsel af organisk materiale ved brug af bl.a. efterafgrøder.

⁴ MFO står for miljøfokusområder og er med til at beskytte og forbedre biodiversiteten på landbrugsarealerne samt minimere risiko for kvælstofudvaskning.

Figur 5: Areal udlagt med efterafgrøder fra 1990 til 2035.



Kilde: DCE 2022b og på baggrund af oplysninger fra landbrugsstyrelsen.

Halmnedmuldning

Den halm, som ikke bliver brugt til foder, strøelse eller fyring, nedmuldes i jorden. Til KF22 har DCE brugt den gennemsnitlige mængde produceret halm i årene 2012-2021, og derefter fratrukket den mængde som anvendes til andre formål. Der er ikke taget hensyn til at bl.a. øget biogasproduktion af halm eller at pyrolyse potentielt kan påvirke mængden af halm, som nedmuldes.

Udbyttestigninger

Det årlige udbytt niveau påvirkes særligt af vejrforholdene, men også af genetiske og dyrkningsmæssige faktorer. Derfor kan et år med høje temperaturer resultere i lave udbytter og i sidste ende nettoudledning fra mineraljorderne. Det gennemsnitlige udbytt niveau har dog historisk set været stigende, og denne tendens forventes at fortsætte i fremskrivningsårene. I KF22 forventes en årlig gennemsnitlig udbyttstigning på omkring 0,7 pct. (og varierer fra 0,4-1,0 mellem afgrøderne). Den forventede udbyttstigning er i sagens natur behæftet med usikkerhed og påvirkes af de fremskrevne temperaturændringer i enkelte år. Derfor har DCE udført en følsomhedsanalyse af den forventede udbyttstigning, som beskrives i afsnit 3.2.

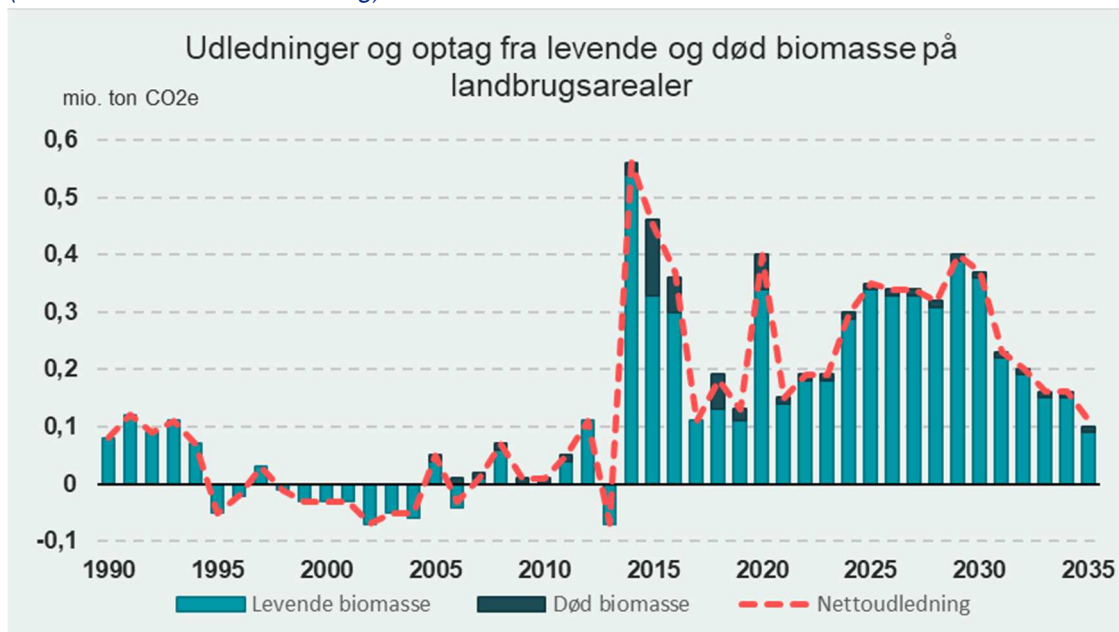
2.1.3 Ændringer i kulstofpuljen i levende og død biomasse

Kulstofpuljen i levende biomasse inkluderer frugttræer, bærbuske, poppel, pil og andre vedholdige flerårige afgrøder, samt ikke-produktive elementer så som læhegn og markkrat. Disse optag/udledninger er meget små og betyder meget lidt for landbrugets samlede udledninger, men medtages her for fuldkommenhedens

skyld. Ifølge IPCCs regneregler opgøres puljeændringer årligt, hvorfor etårige afgrøder ikke giver anledning til hverken udledninger eller optag på nationalt niveau. De årlige ændringer i kulstofpuljen, som medfører både udledninger og optag, skyldes dermed vækst, tilplantning eller fældning af disse planter. Ændringer i kulstofpuljen af død biomasse, skyldes arealændringer, når skov omlægges til landbrugsarealer. Den efterladte døde biomasse fra skoven (nedfaldne blade, kviste og delvis omsatte træstumper) nedbrydes efterfølgende, hvilket fører til udledning. Disse udledninger afreporteres under landbrugsarealer hvis afskovningen sker til dyrket mark eller græsarealer.

Siden 1990 har der over årene været både udledninger og optag forbundet med ændringer i biomassens kulstofpulje. Fra 2021 og fremad fremskrives hovedsageligt netto-udledninger fra biomasse af varierende størrelse fra år til år (Figur 6). De øgede udledninger som forventes i perioden 2021-2032 skyldes hovedsagelig ændringer i den stående biomasse som findes på eksisterende arealer ved ændring af landbrugsarealer til vådområder og skovrejsning. Både udtag til vådområder og skovrejsning leder samlet set til udledningsreduktioner alle udledningskilder og kulstofpuljer medregnes. De samlede udledninger fra levende biomasse skyldes også en kombination af vækst og fældning af de vedholdige afgrøder, samt ændringer i de ikke-produktive elementer. Det er muligt at plantning af læghegn, markkrat og øget udbredelse af skovlandbrug vil bidrage til at reducere udledninger fra biomasse og endda føre til nettooptag.

Figur 6: Udledninger og optag fra levende og død biomasse på landbrugsarealer (uden non-CO₂ fra afbrænding).



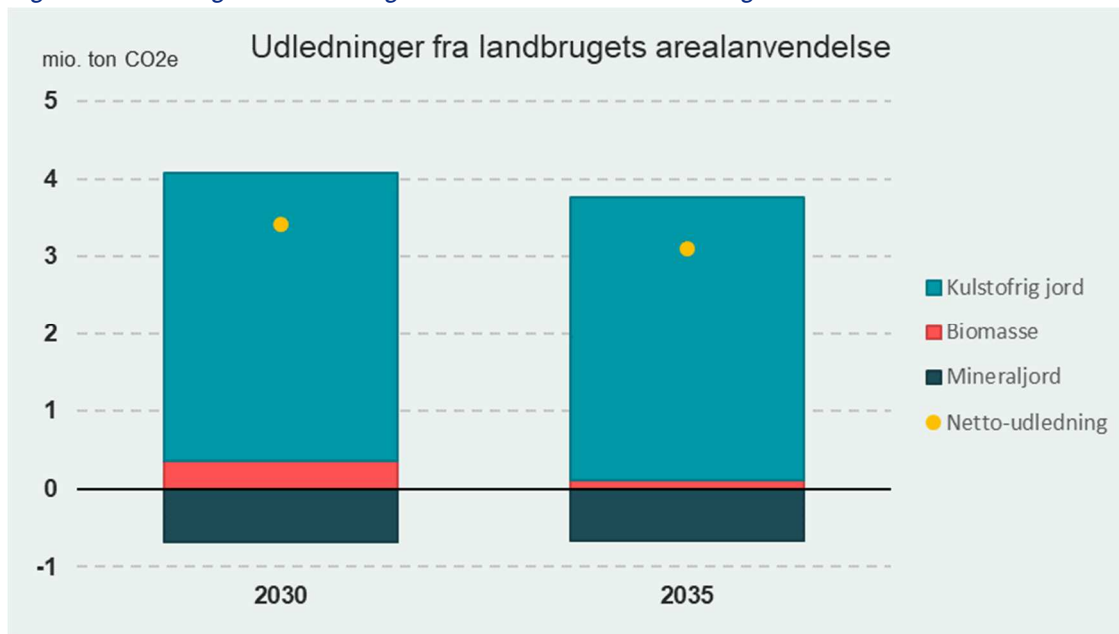
Kilde: Energistyrelsen, 2022c pba. tal fra DCE.

2.2 Tilbageværende udledninger i sektoren i 2030

Klimafremskrivningen er en del af klimalovens årshjul og fungerer som input for regeringens årlige klimaprogram, der kommer til efteråret. Et af elementerne i klimaprogrammet er en opgørelse af tekniske reduktionspotentialer for forskellige sektorer. Som input til denne opgørelse sættes der derfor i dette afsnit fokus på de tilbageværende udledninger i sektoren i hhv. 2030 og 2035.

I 2030 forventes de samlede udledninger fra landbrugets arealanvendelse at udgøre ca. 3,4 mio. ton CO₂e, med forventet fald til ca. 3,1 mio. ton CO₂e i 2035.

Figur 7: Udledninger fra landbrugets arealanvendelse i 2030 og 2035.



Kilde: Energistyrelsen, 2022c, pba. tal fra DCE.

Den største kilde til udledninger fra landbrugsarealerne er fortsat kulstofrig jord (Figur 7). Udledninger herfra forventes at udgøre ca. 3,7 mio. ton CO₂e i begge år, mens udledningerne fra biomasse forventes at falde fra 0,4 (2030) til 0,1 mio. ton CO₂e (2035). Omvendt forventes et optag af CO₂ fra mineraljorderne på omkring 0,7 mio. ton CO₂e i begge år. Der er dog stor usikkerhed omkring kulstofpuljeændringer i mineraljord i enkelte år, da de afhænger af flere forskellige usikre faktorer, som beskrevet i afsnit 2.1.2.

3. Kvalificering af KF22 forløbet

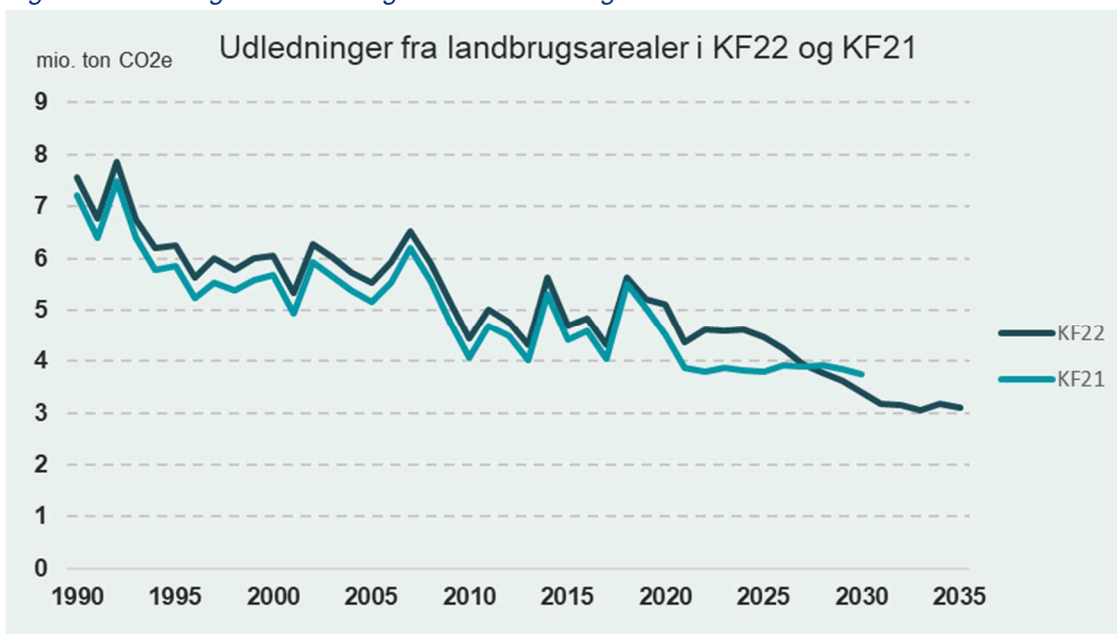
3.1 Sammenligning med sektorens udledninger i KF21

I dette afsnit sammenlignes sektorens samlede udledninger i KF22 med de tilsvarende udledninger for sektoren i KF21. Det skal i denne forbindelse

bemærkes, at det generelt ikke vil være muligt entydigt at forklare alle ændringerne fra KF21 til KF22, da disse ændringer vil være det samlede resultat af både politiktiltag og ændrede generelle forudsætninger ift. fx priser og teknologi samt afledte effekter mellem sektorerne. I nogle tilfælde kan resultaterne endvidere også være påvirket af metode- og modeludvikling (som bl.a. beskrevet i KF22 forudsætningsnotaterne).

Der er i forbindelse med den historiske opgørelse af landbrugets arealanvendelse for perioden 1990-2020 foretaget nogle metodiske og datamæssige ændringer, som påvirker både den historiske og fremskrevne opgørelse. De historiske udledninger, der gengives i KF22, ligger lidt højere end de der indgik i KF21, hvilket skyldes en ændring i inputparameteren for specifikt hvede i C-TOOL beregningerne. Denne ændring har betydning både historisk og i fremskrivningerne (Figur 8). For fremskrivningsperioden er den vigtigste ændring en opjustering af DMI's temperaturscenarier, som er anvendt i KF22 kombineret med at i KF21 er der kun indregnet pligtige efterafgrøder fra 2023 mens der i KF22 er indregnet et større areal med målrettede efterafgrøder. Fra 2028 og fremad er udledningerne fra landbrugsarealerne i KF22 lavere end i KF21.

Figur 8: Udledninger fra landbrugsarealer i KF22 og KF21.

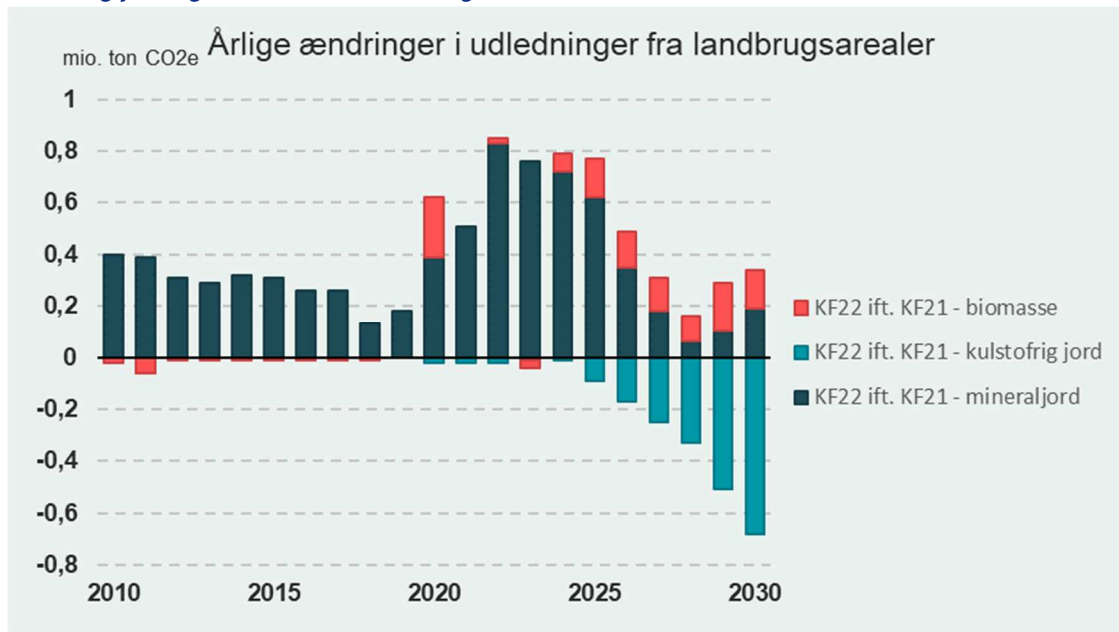


Kilde: Energistyrelsen 2022a og Energistyrelsen 2021 pba. tal fra DCE.

En opdeling af forskellene i udledningerne i KF22 ift. KF21 på kulstofrig jord, mineraljord og biomasse (Figur 9) viser at de største forskelle er relateret til mineraljordernes kulstofpulje, hvor optagene er blevet mindre både i de historiske og fremskrevne år. I KF22 var udledning fra biomassen generelt mindre historisk end i KF21, hvor de i fremskrivningsårene har en lidt større udledning. Der ses

endvidere lavere udledninger fra kulstofrig jord i fremskrivningsårene særligt fra 2025 og fremad (Figur 9).

Figur 9: Årlige ændringer i udledninger fordelt på udledningskilderne mineral jord, kulstofrig jord og biomasse fra landbrugsarealer i KF22 ift. KF21



Kilde: Energistyrelsen, 2022c og Energistyrelsen, 2021

Ændringer i udledninger fra dyrket kulstofrig jord

I KF22 er der i 2030 en øget reduktion i udledningerne fra kulstofrig jord ift. KF21 på omkring 0,7 mio. ton CO₂e (Figur 9). Det øgede fald i udledningerne skyldes et forventet større areal af kulstofrig jord, som tages permanent ud af drift og vådgøres som følge af nye besluttede tiltag, som beskrevet i afsnit 2.1.1. Der er ikke foretaget nogle beregningsmetodiske ændringer for denne udledningskilde, men hvad der dyrkes på de kulstofrige jorder (et-årige afgrøder eller græs) påvirker også udledningerne..

Ændringer i udledninger og optag fra mineral jord

Der er foretaget flere ændringer i C-TOOL modellering som påvirker KF22 resultatet for mineraljordernes kulstofpuljeændringer. De mest afgørende ændringer er en korrigerende af strållængden for vinterhvede, opdatering af de fremskrevne temperaturscenarier, og en ny vurdering af fremtidig udbyttetigning. Derudover er der indregnet konsekvens af implementerede politikker, herunder øget areal med efterafgrøder. Fremskrivningen af udledninger og optag fra mineraljord er dermed ændret både som følge af metodeforbedringer og ændrede inputdata til C-TOOL modellen.



For den historiske opgørelse er der korrigeret for en fejl i C-TOOL modelleringen. Det skyldes, at strå længden for vinterhvede var sat for højt. En kortere strå længde medfører, at der tilføres mindre kulstofinput fra halmnedmuldning til jorden og dermed sker et mindre optag af kulstof i mineraljorderne ift. KF21. Denne ændring påvirker også den fremskrevne opgørelse.

Temperaturscenarie

Ligesom i KF21 trækker DCE til KF22 ti uafhængige kørsler ud fra 100 forskellige temperaturscenarier udviklet af DMI. Til KF22 er temperaturscenarierne opdateret til at inkludere de observerede temperaturer de sidste år (til og med 2021), samt at DMI har fejlrrettet en systematiske underestimering af de temperaturer som blev anvendt i KF21. I KF22 forventes der således højere temperaturer end tidligere antaget, hvilket alt andet lige medfører et mindre optag i mineraljord.

Udbytteændringer

Den indregende fremtidige udbyttestigning er revurderet på baggrund af dataanalyser fra DCA. De forventede udbytter beregnes på baggrund af høstudbytter fra Danmarks Statistik for de seneste 10 år, hvor der er korrigeret for stærkt afvigende udbytter og restriktioner for kvælstoftilførslen. Det gennemsnitlige udbyttensniveau er i KF22 baseret på lineær regression på fem års glidende gennemsnit frem for enkeltår, som tidligere har været anvendt. Trods en naturlig stor usikkerhed ved estimerne forventes denne opdaterede metode at være mere robust. Den gennemsnitlige udbyttestigning er mindre i KF22 end i KF21 og opdateringen medfører isoleret set et mindre optag i KF22 end i KF21.

Efterafgrødeareal

I KF22 er der indregnet en række nye politikker på baggrund af landbrugsaftalen og CAP 2023-27, som bl.a. bidrager til øget kulstofbinding i mineraljorderne. Det gælder målrettede efterafgrøder, som i KF22 er betydelig opjusteret ift. KF21. I KF21 antoges det således, at der fra 2023 og frem ville være 280.000 ha efterafgrøder, mens der i KF22 forventes 537.000 ha efterafgrøde fra 2023 til 2025, 651.000 ha i 2026, og 770.000 ha fra og med 2027.

Ændringer i udledninger og optag fra biomasse

I KF22 ses øget fremskrevne udledninger fra biomasse sammenlignet med KF21, som især skyldes en i KF22 intern afregningsteknisk opgørelse mellem dyrket mark og græsarealer jf. IPCCs guidelines samt ændringer i hegnsopgørelsen.

3.2 Usikkerhed og følsomhedsberegninger

Generelt vurderes det, at opgørelsen af udledninger og optag i LULUCF-sektoren er forbundet med en større usikkerhed end for de fleste andre sektorer i klimaregnskabet. Det skyldes, at nettoudledninger og –optag er et resultat af små ændringer i meget store kulstofpuljer, hvilket er vanskeligt at måle, og af biologiske non-linære interaktioner, som bedst lader sig modellere ved relativt komplekse



modeller (C-TOOL). De mere enkle udledningsmodeller afhænger tillige af en række antagelser, f.eks. mængden af fritlagt organisk materiale i den drænedede kulstofrige jord, og dermed hvor stor en del af denne kulstofmængde, der reelt nedbrydes årligt. Disse antagelser afhænger især af jordernes dræningstilstand, som ikke modelleres eksplicit i den nuværende beregningsmodel.

Emissionsfaktorer for kulstofrig jord

DCE beregner udledninger fra kulstofrig jord baseret på gennemsnitlige nationale emissionsfaktorer opdelt på to kulstofindholdsintervaller, samt om der er tale om vedvarende græsarealer eller arealer i omdrift (f.eks. korn eller andre etårige afgrøder). Foreløbige indikationer peger på, at dyrkede kulstofrige landbrugsjorder er mindre drænedede og dermed mere vandmættede, end der er lagt til grund for DCE's opgørelse og fremskrivning. Det betyder, at udledningen fra kulstofrig jord kan tænkes at være lavere end beregnet og dermed også at den beregnede udtagnings effekt er lavere. Der er også usikkerhed om den nuværende antagelse om, at jorder med 6-12 pct. kulstof har en emission svarende til halvdelen af jorderne med >12 pct. kulstof, hvilket kan betyde, at udledningen fra kulstofrig jord er højere end beregnet og dermed også, at udtagnings effekten potentielt er højere. Bl.a. på baggrund af dette er der igangsat et arbejde med at sikre bedre viden om udledningerne jf. afsnit 3.3.

Udtagning til vådområder

Der er generel usikkerhed omkring hvornår effekten af udtaget kulstofrig landbrugsjord vil indfinde bl.a. fordi det er usikkert hvor mange år der vil gå fra bevilling til vådområdet gives og indtil arealer reelt udtages og vådgøres, og udledningerne dermed reduceres. Ligesom i KF21, anvendes i DCE's beregninger til KF22 en antagelse om, at der går tre år fra bevilling til effekten indtræder, men der er tilfælde, hvor det tager længere tid. Det skyldes bl.a. at udtagsordningerne er baseret på frivillighed og kan kræve at flere lodsejere indgår sammen i projektet. Det bidrager til usikkerhed ved fordelingen af udtagningsarealet over årene, da den reelle udtagning afhænger af den enkelte landbruger, hvilket kan betyde, at det udtagne areal muligvis bliver lavere end antaget.

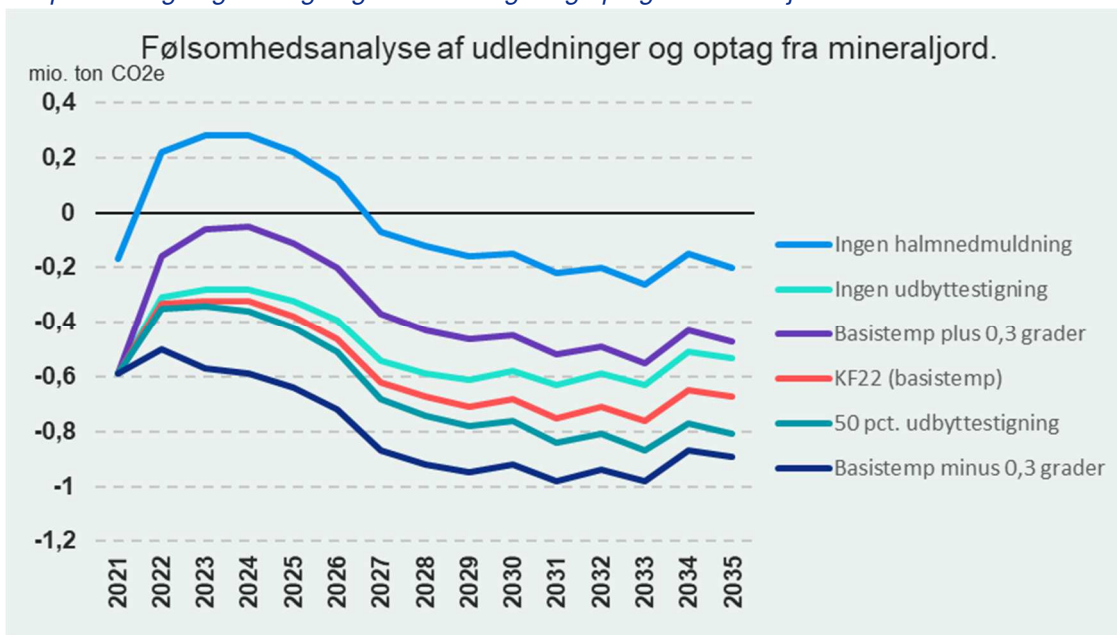
I KF22 grundforløbet er der antaget 100 pct. afløb for midlerne i eksisterende udtagningsordninger. DCE har til KF22 foretaget en følsomhedsanalyse, hvor det antages, at der udtages 75 pct. og 50 pct. af det areal af kulstofrig jord, som i KF22 forventes udtaget og vådgjort på baggrund af afsatte midler. I tilfælde af, at der kun opnås en udtagning af kulstofrig jord på 75 pct. af det målsatte vil udledningen være ca. 0,25 mio. ton CO₂e større end i KF22. Hvor kun 50 pct. af den målsatte udtagning opnås forventes det at udledningen vil være ca. 0,5 mio. ton CO₂e højere end i KF22.

Følsomheder i C-TOOL modellering af kulstofpuljen i mineraljorden

Udledninger og optag fra landbrugsarealer er følsomme over for vejret og følgelig har nettoudledningerne de sidste 10 år svinget meget. De fremtidige udledninger og optag afhænger derfor af fremtidens vejr-situation, som i sagens natur er vanskeligt at forudsige. Følsomhedsanalyser for C-TOOL udført af DCE viser at tillægges 0,3 °C grader til det af DMI vurderet i basis temperaturscenarie, ville det i 2030 mindske kulstofoptaget i jordpuljen med 0,23 mio. ton CO₂. Skulle temperaturen være 0,3 °C grader mindre en basis scenariet, ville det medføre et yderligere kulstofoptag på ca. 0,24 mio. ton CO₂ (Figur 10).

Vejret har stor indflydelse på det fremtidige udbytt niveau, som også påvirker de årlige udsving i udledninger og optag fra landbrugets arealanvendelse. Der er usikkerhed knyttet til fremskrivningen af udbytteudviklingen. Følsomhedsberegning af den fremtidige udbyttestigning i C-TOOL med ingen udbyttestigning og en udbyttestigning på 50 pct. ud over den i KF22 anvendte, indikerer hhv. øgede udledninger på ca. 0,10 mio. ton CO₂ og reduceret udledninger ca. 0,08 mio. ton CO_{2e} i 2030 ift. KF22 (Figur 10).

Figur 10: Følsomhed overfor antaget udbyttestigning, halmnedmuldning og temperaturstigning i beregning af udledninger og optag fra mineraljorden.



En følsomhedsanalyse af betydningen af halmnedmuldning i C-TOOL viser, at hvis al halm fjernes fra markerne vil udledninger øges med ca. 0,5 mio. ton CO₂ i 2030 (Figur 10).



Implementering af politiske aftaler

Afslutningsvis skal det bemærkes, at landbrugsaftalen og den nationale CAP-plan begge er nye aftaler, hvorfor der i efterfølgende klimafremskrivninger kan forekomme justeringer af forudsætningerne i takt med, at tiltagenes implementering bliver mere konkret. Forudsætningerne til KF22 er baseret på den nuværende viden om implementering og skal derfor betragtes som bedste bud på nuværende tidspunkt. For CAP-planen gælder det, at den nuværende nationale implementeringsplan skal godkendes af Europa-Kommissionen i løbet af 2022, hvorfor der ligeledes kan forekomme ændringer heri. Landbrugsstyrelsen vurderer det dog sandsynligt, at den danske CAP-plan godkendes uden væsentlige justeringer.

3.3 Planlagt udvikling fremadrettet

Klima-, Energi-, og Forsyningsministeriet har igangsat et forskningsarbejde, der skal sikre bedre viden om, hvordan udledningerne fra kulstofrige jorder kan beregnes mere retvisende. I den forbindelse kan udledningsestimaterne forventes at blive revideret, men da der er tale om et omfattende dokumentationsarbejde, forventes dette ikke at kunne indarbejdes allerede i forbindelse med Klimafremskrivningen i 2023. Resultaterne forventes implementeret i den nationale emissionsopgørelse til EU og FN fra januar 2024.

Der vil fremadrettet endvidere blive arbejdet på at kunne opdele den samlede udledningsopgørelse i klimafremskrivningen i særskilte udledningsopgørelser fra hhv. økologisk og konventionel produktion. For landbrugsarealerne vurderes dette dog kun muligt på udledninger fra kulstofrig jord samt for nogle kulstofpuljeændringer i levende biomasse.

4. Kilder

DCE 2022a: Nielsen et al. 2022. Denmark's National Inventory Report 2022. Emission Inventories 1990-2020 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 969 pp. Scientific Report No. 494
<http://dce2.au.dk/pub/SR494.pdf>

DCE 2022b: Projection of greenhouse gases 2021-2040, endnu ikke offentliggjort, tidligere udgaver er offentliggjort her: <https://envs.au.dk/en/research-areas/air-pollution-emissions-and-effects/air-emissions/greenhouse-gases/projection/>.

Energistyrelsen, 2022a. Dataark for resultater, *KF22 resultater CRF-tabel*,
<https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/klimastatus-og-fremskrivning-2022>



Energistyrelsen, 2022b. Dataark for resultater, *KF22 dataark - Landbrug*, <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/klimastatus-og-fremskrivning-2022>

Energistyrelsen, 2022c. Dataark for resultater, *KF22 dataark - LULUCF*, <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/klimastatus-og-fremskrivning-2022>

Energistyrelsen, 2022d. Forudsætningsnotat 10B om landbrugsprocesser til Klimafremskrivning 2022, [10B KF22 forudsætningsnotat - Landbrugsprocesser \(ens.dk\)](https://ens.dk)

Energistyrelsen, 2022e. Forudsætningsnotat 10C om landbrugsarealer og øvrige arealer (ekskl. skov) til Klimafremskrivning 2022, [10C KF22 forudsætningsnotat - Landbrugsarealer og øvrige arealer LBST+FVM DEP FRST \(ens.dk\)](https://ens.dk)

Energistyrelsen 2021. Klimafremskrivning 2021, <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/klimastatus-og-fremskrivning-2022>

5. Bilag

Bilag 5.1 Biogene udledninger fra sektoren

N/A

Bilag 5.2. Indikatorer for sektoren

I Klimahandlingsplan 2020 blev der opstillet en række indikatorer, der fremadrettet kan bidrage til at vurdere fremdriften i omstillingen af de enkelte sektorer. I dette bilag præsenteres data for de indikatorer, der er relevante for landbrugets arealanvendelse.

Som indikator for landbrugets arealanvendelse er der i Figur 3 i afsnit 2.1.1. vist den forventede udvikling i udtag og vådgøring af kulstofrig jord som følge af tidligere vedtagne politikker og afsatte midler fra 2018 og frem, herunder udtagningsordninger fra FL20 og FL21, landbrugsaftalen og CAP 2023-27. I KF22 forventes der at blive udtaget omkring 38.700 ha kulstofrig landbrugsjord frem mod 2035. Ved etablering af vådområder udtages også mineraljord, og der forventes i alt at blive udtaget 60.000 ha i 2032 og derefter.

Derudover er der indregnet ekstensivering af 38.000 ha med kulstofrig jord.