



18 Landbrugsarealer og øvrige arealer

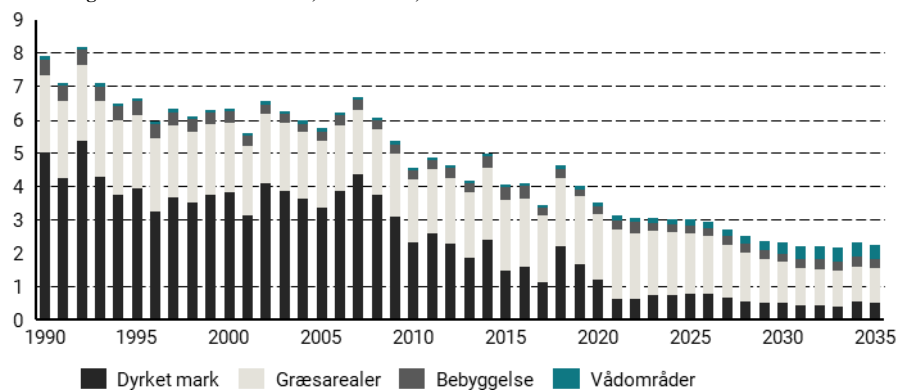
Dette kapitel omhandler udviklingen i landbrugsarealernes og øvrige arealers forventede optag og udledninger af drivhusgasser ekskl. skov, der indrapporteres under den IPCC-definerede LULUCF-sektor (CRF-kategori 4) i den nationale emissionsopgørelse. Kapitlet omfatter landbrugsarealerne dyrket mark og græsarealer, hvor kulstofpuljeændringer opgøres i hhv. CRF-kategori 4B og 4C. Herudover indeholder kapitlet også arealklasserne reetablerede vådområder (CRF 4D) og omlægning af landområder til by og infrastruktur (CRF 4E). Skov (CRF 4A og 4G) beskrives separat i *kapitel 19 Skov og høstede træprodukter*.¹

Danmark anvender knap to tredjedele af sit areal på landbrug. Dertil kommer, at en del af det landbrugsareal, som opgøres i LULUCF-sektoren, 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 i jorden som organisk materiale og bidrage til at vedligeholde jordens samlede kulstofpulje. Afhængig af forholdet mellem den årlige kulstof-tilførsel og den årlige nedbrydning vil der ske en nettoudledning eller et nettooptag af CO₂. Der er store mængder organisk kulstof på landbrugsarealerne, som er bundet i både biomasse som kornafgrøder, rødder mv. og især i jorden. Derfor har arealanvendelse inden for landbruget og arealændringer som afskovning, skovrejsning og vådområdeetablering en relativ stor betydning for drivhusgasregnskabet, fordi selv små ændringer i meget store kulstofpuljer i mellem år kan medføre betydelige udledninger eller optag.

Udledninger fra landbrugsarealer og øvrige arealer har udgjort en væsentlig del af Danmarks samlede CO₂e-udledninger. Udledningerne er faldet væsentligt fra 1990 til 2022, *jf. figur 18.1*, og skønnes at udlede 2,3 mio. ton CO₂e i 2030 svarende til ca. 9 pct. af Danmarks samlede CO₂e-udledninger.

¹ Udledningerne omfatter hovedsageligt CO₂-udledninger og -optag forbundet med ændringer i kulstofpuljerne på arealerne. Herudover inkluderes også metanudledninger fra kulstofrig jord, som sker som led i en naturlig proces af langsom nedbrydning af organisk materiale under iltfattige forhold samt lattergasudledninger som følge af arealanvendelsesændringer mellem landbrug og skov. Lattergasudledninger fra kulstofrig jord inkluderes i sektor for landbrugets processer som beskrevet i *kapitel 17 Landbrugsprocesser*.

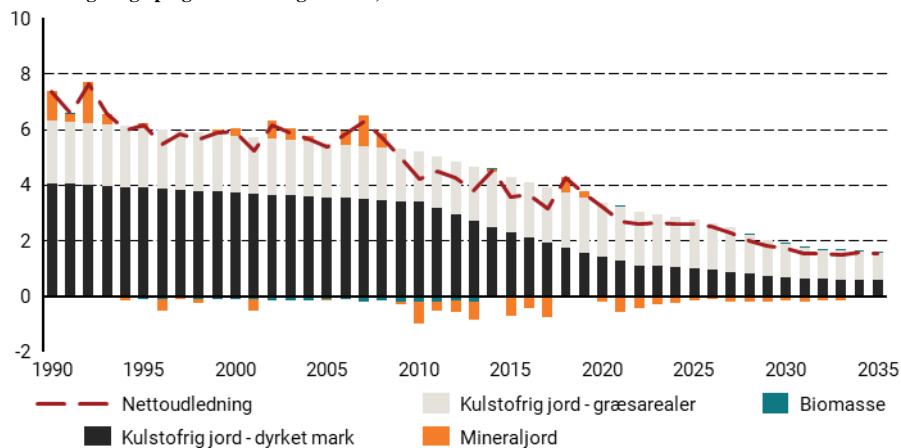
Figur 18.1

Udledninger fra LULUCF-sektoren, ekskl. skov, mio. ton CO₂e

Kilde: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet på baggrund af tal fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitet.

Landbrugsarealerne står for de største udledninger, og afhænger især af, om det er *kulstofrig jord* eller *mineraljord*, der dyrkes. Det er dyrkningen af kulstofrig jord, der er hovedkilden til udledninger fra arealerne, mens kulstofbalancen i mineralisk landbrugsjord er i nogenlunde ligevægt ved nuværende arealanvendelse. Det er derfor primært placeringen af de to areal typer - dyrket mark og græsarealer - på kulstofrig jord, som afgør størrelsen af udledningerne fra landbrugsarealerne, jf. figur 18.2.

Figur 18.2

Udledninger og optag fra landbrugsarealer, mio. ton CO₂e

Kilde: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet på baggrund af tal fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitet.

Arealer med kulstofrig landbrugsjord forventes at udgøre ca. 2,6 pct. af det samlede danske landbrugsareal i 2030, men forventes at udlede ca. 1,9 mio. ton CO₂e i 2030 svarende til 109 pct. af de samlede udledninger fra landbrugsarealerne. Altså udleder de kulstofrige arealer mere end den

samlede nettoudledning fra landbrugsarealerne. Dette skyldes, at mineraljordene trækker i den anden retning, idet de bidrager til et optag af CO₂e, og dermed en lavere nettoudledning. Til landbrugsarealerne hører også udledninger og optag fra biomasse, der omfatter levende og død biomasse i bl.a. frugttræer, bærbuske, markkrat og læhegn, samt afskovning til landbrugsarealer.

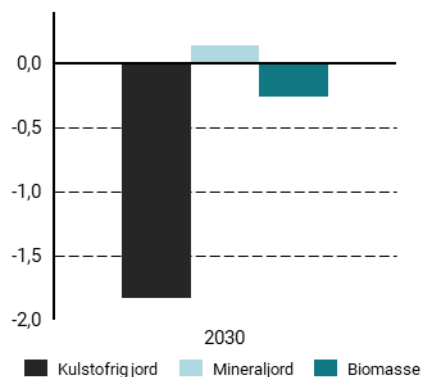
Udledningerne fra vådområder er marginalt stigende i fremskrivningen, idet vådområdearealet stiger som følge af udtagning og vådlægning af kulstofrig landbrugsjord. Samlet set medfører vådlægning af kulstofrige arealer dog betydelig lavere udledninger end når arealerne dyrkes. Udledninger fra omlægelse til bebyggelse ændres ikke væsentligt frem mod 2035.

Udledningerne i KF24 er væsentligt lavere i forhold til KF23, *jf. figur 18.3*. KF24-fremskrivningsudledningerne ligger 2,1 mio. ton CO₂e lavere i 2025 samt 1,9 mio. ton CO₂e lavere i både 2030 og 2035 sammenlignet med KF23.

Figur 18.3
Landbrugs- og øvrige arealers samlede udledninger i KF23 og KF24, ekskl. skov



Figur 18.4
Væsentlige ændringer i udledninger i 2030 fra KF23 til KF24



Kilde: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet på baggrund af tal fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitet.

De store forskelle fra KF23 til KF24, *jf. figur 18.4*, skyldes hovedsageligt, at der er foretaget større metodiske ændringer på flere af parametrene i beregningerne for landbrugsarealerne. De er beskrevet enkeltvis nedenfor.

Ændringer i udledninger fra kulstofrig jord sammenlignet med KF23

Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug ved Aarhus Universitet (DCA) har udarbejdet en ny kortlægning af arealer med kulstofrig jord, i denne forbindelse er landbrugsarealet med kulstofrig jord nedjusteret fra 172.124 ha i 2021 med den tidligere kortlægning (Tekstur2014) til 116.802 ha i 2021 med den nye kortlægning (Tørv2022). Derudover er der til KF24 medregnet en årlig mineralisering af jordene, der medvirker en årlig reduktion i antallet af arealer med kulstofrig jord, som ikke har været medregnet i tidligere opgørelser og fremskrivninger. Begge ændringer

har medført stor reduktion i udledningerne fra arealerne med kulstofrig jord fra 2010, hvor seneste kortlægning blev udarbejdet og frem mod 2035. Disse ændringer har primært påvirket dyrket mark og i mindre omfang græsarealerne.

Fødevareministeriet har justeret forudsætninger om antal af arealer i udtagingsordningerne frem mod 2032. Til KF24 forventes udtaget ca. 30.500 ha kulstofrig jord i 2032 sammenlignet med ca. 38.700 ha i samme år i KF23. Derudover er antal år fra bevillingsgivning til implementering af vådområder ændret fra tre til fem år. De ændrede forudsætninger er beskrevet i sektorforudsætningsnotatet om landbrugsprocesser, arealer og skov og usikkerhederne forbundet med forudsætningerne i afsnit 3.2.1.

De samlede CO₂- og metanreduktioner fra kulstofrig jord fra KF23 til KF24 er 1,8 mio. ton CO₂e i 2030². Hertil udledes også lattergas ved dyrkning af kulstofrig jord, disse er inkluderet i sektoren for landbrugets processer og beskrevet i *kapitel 17 Landbrugsprocesser*, og skønnes at yderligere reducere udledninger fra de kulstofrige arealer på 0,2 mio. ton CO₂e i 2030 sammenlignet med KF23.

Ændringer i udledninger og optag fra mineraljord sammenlignet med KF23

Der er foretaget mindre metodiske ændringer, som kun begrænset har påvirket kulstofpuljeændringer i mineraljord i KF24 sammenlignet med KF23. Fx er kulstofinput fra husdyrgødning nedjusteret marginalt både historisk og i fremskrevne år til KF24. KF24 indeholder realiserede tal for høstudbytter og temperaturer for 2023, hvilket danner nyt udgangspunkt for fremskrivningerne, ligesom der er ændret lidt i forventningerne til fremtidige høstudbytter.

Til KF23 var der behov for at ændre på den forventede afgrødesammensætning ved at nedskrive vinterhvedearealet og tilsvarende opjustere arealet med vårbyg, for at imødekomme forudsætninger fra Fødevareministeriet om forventet efterafgrødeareal ved målrettet regulering på landbrugsarealet. Forudsætningerne fra Fødevareministeriet er ændret til KF24, så der ikke er behov for at nedjustere vinterhvedearealet. Da vinterhvede giver højere udbytter end vårbyg giver dette et større input af halm til C-TOOL i KF24, som afleder et tilsvarende større optag i mineraljord fra halm end forventet i KF23. Hertil forventes dog et mindre input af organisk materiale fra efterafgrøder som følge af nedjusteret areal med efterafgrøder, der dog ikke opvejer det større input af halm fra vinterhvede i forhold til vårbyg.

Ændringer i udledninger og optag fra biomasse sammenlignet med KF23

Til KF24 anvendes Internet Markkort til at opgøre levende biomasse, hvor der til tidligere opgørelser er anvendt data fra Danmarks Statistik. Metodeændringen har medført reducerede udledninger historisk og fremskrevet og forventes bedst at afspejle de reelle forhold. Udledninger og optag fra mængden af levende biomasse skyldes primært vurderingen af arealet med frugttræer og -buske samt modelleringen af mængden af biomasse i levende hegn, og giver isoleret en reduktion på 0,3 mio. ton CO₂e i 2030 i forhold til KF23.

18.1 Overordnet udvikling frem til 2035

Arealanvendelse samt jordens kulstofindhold på dyrket mark og græsarealer påvirker udledningerne fra arealerne. Arealer med mineraljord er defineret til at have mindre end 6 pct. organisk

² I denne udregning korrigeres ikke for ændrede udledninger tilbage til 1990.

kulstof, hvorimod arealer med kulstofrig jord inddeles i arealer med 6-12 pct. og i arealer med mere end 12 pct. organisk kulstof (tørvejord).

I Danmark er landbrugsarealerne med dyrket mark og græsarealer faldet over årene samtidig med at arealer med vådområder og bebyggelse er steget som følge af udtagning og vådlægning af kulstofrig jord samt omlægning af landbrugsareal til by og infrastruktur, *jf. tabel 18.1.*

Tabel 18.1					
Landbrugs- og øvrige arealers fordeling og udledninger fra 1990 frem til 2035					
	1990	2022	2025	2030	2035
Dyrket mark					
Mineraljord (ha)	2.841.608	2.734.707	2.717.596	2.683.168	2.672.728
- Udledninger (mio. t CO ₂ e)	1,0	-0,4	-0,1	-0,2	<0,1
Kulstofrig jord >12 pct. OC (ha)	52.502	10.741	10.050	7.284	6.352
Kulstofrig jord 6-12 pct. OC (ha)	75.897	28.217	24.031	16.476	12.547
- Udledninger (mio. t CO ₂ e)	4,1	1,1	1,0	0,7	0,6
Græsarealer					
Mineraljord (ha)	69.842	101.557	99.260	99.001	103.905
- Udledninger (mio. t CO ₂ e)	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kulstofrig jord >12 pct. OC (ha)	48.636	34.844	32.794	20.598	17.474
Kulstofrig jord 6-12 pct. OC (ha)	36.038	43.000	38.567	28.663	23.625
- Udledninger (mio. t CO ₂ e)	2,3	1,9	1,8	1,2	1,0
Samlet areal (ha)	3.124.523	2.954.435	2.922.298	2.855.190	2.836.632
Samlede udledninger (mio. t CO₂e)	7,3	2,6	2,6	1,7	1,5
Andel af kulstofrig jord på græs 1990-2035					
Andel af >12 pct. OC med græs (pct.)	48	76	77	74	73
Andel af 6-12 pct. OC med græs (pct.)	32	60	62	63	65
Øvrige arealer					
Vådområder (ha)	109.330	133.812	148.190	187.539	190.507
- udledninger (mio. t CO ₂ e)	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4
Bebyggelse (ha)	498.602	544.149	552.180	565.560	578.949
- udledninger (mio. t CO ₂ e)	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3

Anm.: Arealer er opgjort af DCE ud fra principperne i den nationale emissionsopgørelse og kan derfor afvige fra arealopgørelser fra Danmarks Statistik. *OC = organic carbon (kulstofindhold). Tallene i tabellen er afrundede, og summen kan derfor afvige fra totalerne. Årstallene 2025, 2030 og 2035 er fremskrevne år.

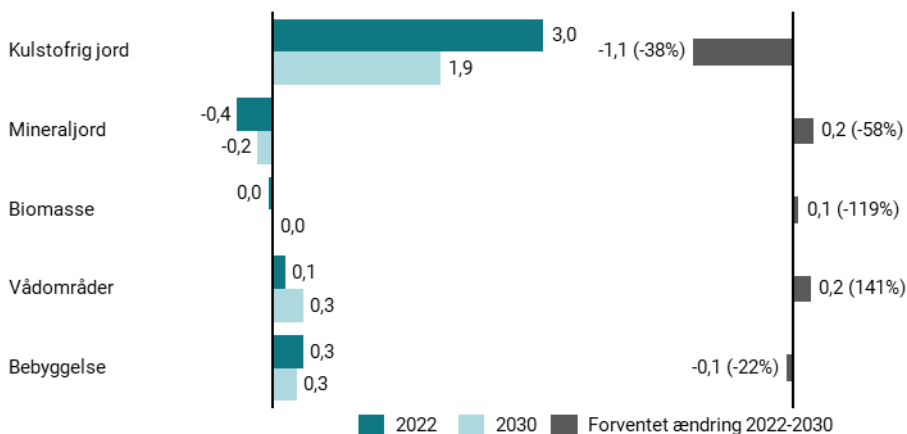
Kilde: Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitet.

18.2 Ændringer i udledninger fra landbrugsarealer og øvrige arealer frem mod 2030

Udledningerne fra landbrugsarealerne skønnes samlet set at falde frem mod 2030, hvorimod udledninger fra øvrige arealer, dvs. vådområder og bebyggelse, skønnes at stige frem mod 2030, *jf. figur 18.5.*

Figur 18.5

Udvikling i udledninger fra 2022 til 2030



Kilde: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet på baggrund af tal fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitet.

Udviklingen i udledninger skyldes primært de listede grunde herunder, der yderligere uddybes senere i kapitlet:

Landbrugsarealer:

- Der pågår en mineralisering af kulstofrig jord når arealerne er dræned ved dyrkning, som betyder, at det organiske materiale i jordene løbende nedbrydes til CO₂. Mineraliseringen indebærer, at arealerne omklassificeres til mineraljord hvis kulstofprocenten falder under 6 pct. og der forventes derfor færre arealer med kulstofrig jord i 2030. De pågældende arealer vil dermed udlede mindre CO₂ i 2030.

Politiske tiltag:

- Permanent udtagning og vådlægning af kulstofrig jord som følge af midler fra FL20-FL21, Landdistriktsordning, Landbrugsaftalen og fosfor- og kvælstofvådområder reducerer udledningerne fra kulstofrig jord fremadrettet.
- Ekstensiveringsordninger fra Landbrugsaftalen og EU's landbrugspolitik for 2023-2027 (CAP 2023-27) vil resultere i øget omlægning af omdriftsarealer med korn til vedvarende græsarealer og brak. Disse ekstensiverede afgrødetyper indregnes i beregningsmodellen³ med et lavere kulstofinput end omdriftsarealer med korn og vil dermed bidrage til et lille fald i kulstofoptaget i mineraljord fremadrettet. Dertil hører også krav om reduceret gødskning der mindsker lattergasudledninger fra markerne, reduktionseffekten fra gødning indregnes i sektoren for landbrugets processer som beskrevet i *kapitel 17 Landbrugsprocesser*. Der er tale om disse frivillige ekstensiveringsordninger:
 - Bioordning for ekstensivering med slæt.
 - Bioordning for biodiversitet og bæredygtighed.

³ Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug ved Aarhus Universitet (DCA) arbejder på at konsolidere denne parameterisering til beregningsmodellen C-TOOL.

- GLM 8 – krav om ikke-produktive elementer.
- Bioordning Miljø- og klimavenligt græs. Denne ordning indregnes ikke i KF, da ordningen bibeholder græs på allerede etablerede græsmarker og bidrager dermed ikke til kulstofpuljeændringer.
- Måltrettet regulering som erstattes af ny reguleringsmodel vil øge kulstofoptaget i mineraljord fremadrettet ved dyrkning af flere efterafgrøder.
- Udtagning af landbrugsarealer til skovrejsning som følge af midler fra FL20-22, Klimaskovfonden samt tilskud til privat skovrejsning fra Landbrugsaftalen vil resultere i et kulstofoptag i mineralske skovjorde. Dvs. effekten regnes med i udledningerne beskrevet i sektoren for skov i *kapitel 19 Skov og høstede træprodukter* og ikke i dette kapitel.

Andre naturlige processer på landbrugsarealerne:

- Stigende temperaturer som øger nedbrydningshastigheden af organisk stof i landbrugsarealerne vil reducere optag i mineraljord.
- Forventede stigende udbytter vil øge input af organisk materiale og dermed optag af kulstof i mineraljord.

Øvrige arealer:

- Øget udtagning og vådlægning af kulstofrig landbrugsjord til reetablering af vådområder vil øge udledninger fra kategorien øvrige arealer.⁴

For en nærmere beskrivelse af forudsætningerne for beregningerne til nærværende Klimafremskrivning, herunder også beskrivelse af frozen policy, der inkluderer tiltag fra Landbrugsaftalen samt EU's landbrugs politik CAP 2023-27, henvises til KF24 Forudsætningsnotat om landbrugsprocesser, landbrugsarealer og skov.

18.3 Udledninger fra dyrket og drænet kulstofrig jord frem til 2035

Arealer med kulstofrig jord er tidligere moser (såkaldt lavbunds jord) og andre arealer, der tidligere har stået under vand. Jordene har et højt kulstofindhold, så når arealerne drænes (og dermed iltes) ved dyrkning udledes store mængder CO₂. Det antages i emissionsopgørelsen, at arealer med 6-12 pct. organisk kulstof udleder halvt så meget CO₂e som arealer med over 12 pct. organisk kulstof. Siden 1990 er arealet med kulstofrig jord væsentligt reduceret. Det skyldes dels, at det forbedrede kortgrundlag med Tørv2022 har anskueliggjort, at kulstofindholdet er blevet mineraliseret (frigivet til atmosfæren pga. iltning) og nogle arealer derfor årligt er blevet omklassificeret fra kulstofrig jord til mineraljord med under 6 pct. organisk kulstof, og dels at vådområder er reetablerede ved udtagning og vådlægning.

I efteråret 2023 har DCA udarbejdet en opdateret kortlægning af arealer med kulstofrig jord (Tørv2022), der viser, at udbredelsen af arealer med kulstofrig jord er betydeligt mindre end tidligere antaget. Udledninger fra dyrket kulstofrig jord er derfor reduceret fra 6,3 mio. ton CO₂e i 1990 til 3,0 mio. ton CO₂ i 2022.

⁴ De øgede udledninger herfra er dog meget lavere end de reducerede udledninger der samtidig sker på landbrugsarealer ved udtagning og vådlægning af kulstofrig landbrugsjord.

Det er primært de dyrkede marker med korn og andre ét-årige afgrøder (omdriftsarealer), der er blevet reduceret med det nye Tørv2022 kort. Afledt heraf er andelen af areal med dyrket kulstofrig jord på græsarealer stigende. Kulstofrig jord på græsarealer udleder mindre CO₂ end dyrket kulstofrig jord på omdriftsarealer, hvilket derfor også medvirker til et fremadrettet fald i udledningerne udover mineralisering og udtagning.

Udtagning af dyrkede arealer med kulstofrig jord

Udledningerne fra kulstofrig jord kan reduceres ved at vådgøre de drænedes, kulstofrige arealer. Udover den årlige mineralisering skyldes yderligere reduktion af udledninger fra dyrket kulstofrig jord i fremskrivningen derfor, at der sker en reetablering af vådområder som resultat af udtagning. I KF24 antages, at der udtages og vådlægges ca. 26.000 ha kulstofrig landbrugsjord frem mod 2030 og akkumuleret ca. 30.500 ha i 2032⁵, og ikke yderligere derefter, da der på nuværende tidspunkt ikke er afsat yderligere midler. Det svarer til, at der efter udtagning og den løbende mineralisering forventes at være ca. 65.000 ha kulstofrig jord på landbrugsarealer i 2032.

Når der oprettes vådområder udtages samtidig tilstødende arealer med mineraljord, hvor nogle arealer er inden for landbrugsarealet, som dermed udtages af produktion og nogle af de tilstødende arealer er uden for landbrugsarealet. Det samlede udtagne areal, kaldet projektarealet, forventes at udgøre ca. 70.000 ha i 2032, hvoraf ca. 55.000 ha ligger inden for landbrugsarealet.

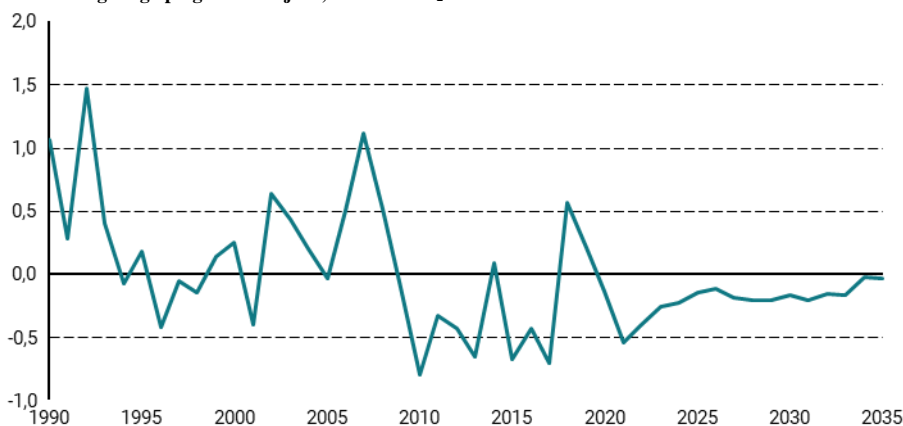
Der er stor usikkerhed forbundet med antagelserne om udtagning og vådlægning af kulstofrig jord. Usikkerheden angår både perioden mellem bevilling og realisering, som antages at være 5 år i KF24, og størrelsen på udtagingsarealet, herunder fordelingen over årene.

18.4 Udledninger og optag i mineraljord frem til 2035

For mineraljord, der udgjorde ca. 96 pct. af det samlede danske landbrugsareal i 2022, svinger udledninger og nettooptag over årene, *jf. figur 18.6*. Ændringerne i mineraljordens kulstofpulje afhænger af samspillet mellem tilførsel af organisk materiale som plantemateriale og husdyrgødning, vejrforhold, jordtype og dyrkningshistorik. Det er komplekse non-lineære interaktioner, der modelleres, og især udbytter og vejrforhold varierer fra år til år, hvilket medfører en betydelig usikkerhed tilknyttet de fremskrevne årlige udledninger.

⁵ DCE laver en nedjustering af de forventede udtagne arealer på 9 pct. af de udtagne arealer opgivet af Fødevareministeriet pga. antagelse om at nogle af vådområderne vil overlappe med arealer som alligevel vil overgå til mineraljord med mindre end 6 pct. organisk kulstof.

Figur 18.6

Udledninger og optag i mineraljord, mio. ton CO₂e

Kilde: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet på baggrund af tal fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitet.

Siden 1990 ses en tendens til svagt stigende optag i arealerne med mineraljord, som overordnet kan tilskrives udbyttestigninger, der forventes at fortsætte i fremskrivningsårene. I KF24 forventes en årlig gennemsnitlig udbyttestigning på omkring 0,5 pct. og varierer fra 0,3-0,6 pct. mellem afgrøderne. Den forventede udbyttestigning er behæftet med usikkerhed og påvirkes af de fremskrevne temperaturændringer i enkelte år. I de fremskrevne år ligger nettooptaget dog relativt jævnt i mineraljordene, da det forventes, at jordene er i næsten ligevægt ved nuværende arealanvendelse, dog med forskelle mellem jordbundstyperne. I de fremskrevne år er kulstofpuljeændringerne påvirket af modsatrettede forventede tiltag; øget etablering af efterafgrøder forventes at bidrage til øget optag, hvorimod omlægning af omdriftsarealer med korn til ekstensiverede vedvarende græsarealer og brak vil medvirke til at reducere kulstofoptaget, da ugedet græs og brak indregnes med et lidt lavere kulstofinput end omdriftsarealer med korn⁶. Samtidig vil udtagning af landbrugsarealer til skov resultere i et øget optag på disse arealer, der dog regnes med i skovsektoren.

Temperatur

Årlige temperaturudsving har stor indflydelse på ændringen i kulstofpuljen i mineraljord i enkelte år. Øgede temperaturer vil alt andet lige medføre større nedbrydning af det eksisterende organiske materiale i mineraljorden og resultere i udledning. Omvendt vil et køligere år medføre en lavere nedbrydning af jordens organiske materiale og dermed øge kulstofbindingen og nettooptaget.

Til KF24 benyttes DMI's opdaterede temperaturscenarier baseret på FN's klimascenarie RCP4.5 og skaleret til danske forhold ved at anvende lokale observerede temperaturer for perioden 1980-2022 for de otte landsdele (Nordjylland, Sydjylland, Østjylland, Vestjylland, Fyn, Hovedstaden /

⁶ Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug ved Aarhus Universitet (DCA) arbejder på at konsolidere denne parameterisering til beregningsmodellen C-TOOL.

Nordsjælland, Sjælland inkl. Lolland-Falster og Bornholm). DMI's prognose viser stigende temperaturer frem mod 2050.

Tilførsel af organisk materiale til jorden

Øget tilførsel af organisk materiale sker både som konsekvens af en ændret afgrødesammensætning, forventede udbyttestigninger, øget udbredelse af efterafgrøder, brug af husdyrgødning og ved øget halmnedmuldning. Nogle afgrøder optager - og derfor efterlader - mere organisk materiale end andre afgrøder i jorden. Derfor kan en ændret afgrødesammensætning medvirke til både optag og udledning af kulstof afhængig af dyrkningshistorikken og hvad der vælges at dyrke på marken det efterfølgende år. Ligeledes efterlader højere udbytter en højere andel afgrøderester i jorden, der medvirker til kulstofopbygning. Etablering af efterafgrøder sker med henblik på at minimere risiko for kvælstofudvaskning, men øget anvendelse af efterafgrøder bidrager også til jordens kulstofpulje, da plantematerialet efterlades på marken. Ligeledes kan øget tilførsel af halm/husdyrgødning (eller pyrolyseret halm/gylle som biokul) øge jordens kulstofpulje. I realiteten er klimaeffekten af øget tilførsel af organisk materiale betinget af jordens aktuelle kulstofindhold og dyrkningshistorik. Hvis et areal allerede har et højt kulstofindhold og en forhistorie med tilførsel af husdyrgødning i et sædskifte med meget græs i omdrift hvor kulstofinput er højt, vil effekten af øget input af organisk materiale, fx halmnedmuldning og efterafgrøder, alt andet lige, være relativt mindre, end hvis forhistorien er en ensidig kornmark uden halmnedmuldning.

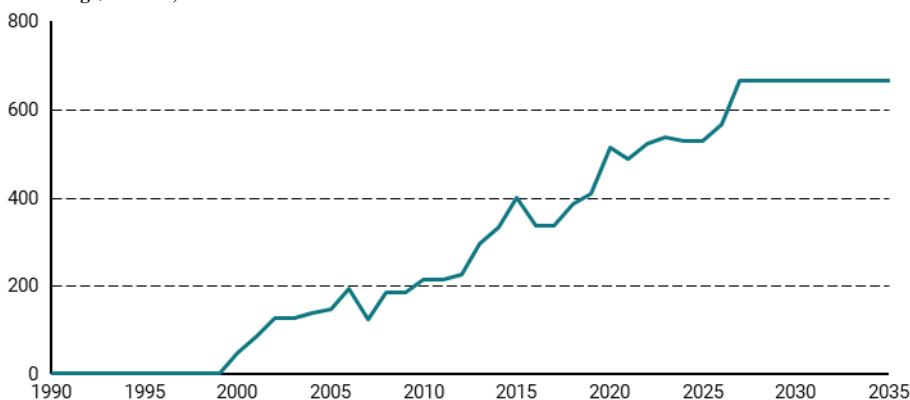
Efterafgrøder

Der forventes et øget efterafgrødeareal fremadrettet baseret på, at der i Landbrugsaftalen er fastlagt et kvælstofindsatsbehov under den målrettede regulering frem til 2025, herefter erstattet af ny reguleringsmodel fra 2026. Disse ordninger forventes at medføre en gradvis stigning i efterafgrødearealet med fuld udmøntning i år 2027, *jf. figur 18.7*. Den målrettede regulering samt ny reguleringsmodel har til formål at reducere kvælstofudvaskning, men øger også jordens kulstofpulje via øget tilførsel af organisk materiale i form af bl.a. efterafgrøder. Efterafgrødeordninger omfatter også pligtige- og husdyrefterafgrøder og MFO-efterafgrøder⁷, hvor sidstnævnte ordning forventes udfaset i 2023. Der udlægges også efterafgrøder uden for ordning i begrænset omfang. Den i KF24 indregnede udvikling i det samlede efterafgrødeareal kan ses af Figur 18.7.

⁷ MFO står for miljøfokusområder og er med til at beskytte og forbedre biodiversiteten på landbrugsarealerne samt minimere risiko for kvælstofudvaskning.

Figur 18.7

Efterafgrødeareal, 1000 ha



Kilde: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet på baggrund af tal fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitet.

18.5 Udledninger og optag i levende og død biomasse frem til 2035

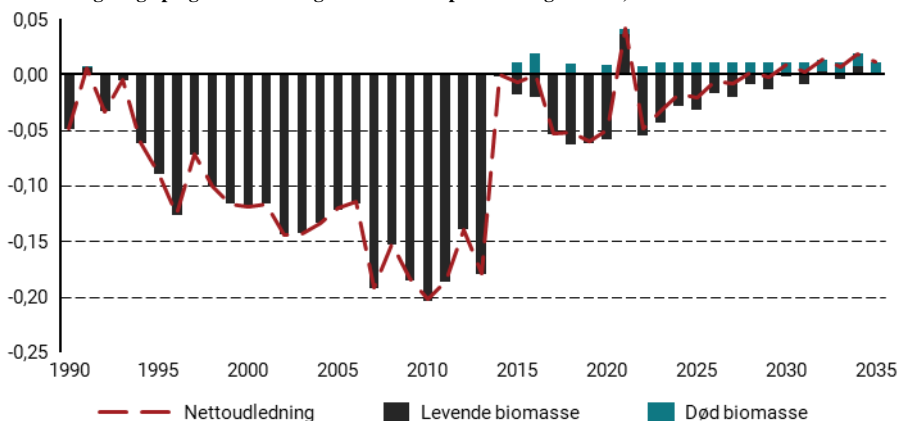
Kulstofpuljen i levende biomasse inkluderer frugttræer, bærbuske, pil og andre flerårige vedplante-afgrøder, samt ikke-produktive elementer så som læhegn og markkrat. Optag/udledninger herfra betyder meget lidt for landbrugets samlede udledninger. Ifølge IPCCs regneregler opgøres kulstofpuljeændringer årligt, hvorved de årlige ændringer skyldes vækst, tilplantning eller fældning af disse planter. Levende biomasse i ét-årige afgrøder giver derfor ikke anledning til hverken udledninger eller optag på nationalt niveau foruden afgrøderesterne der efterlades i marken, *jf. afsnit 18.4.*

Kulstofpuljen i død biomasse inkluderer nedfaldne blade, kviste og delvist omsatte træstumper i skovbunden. Ændringer i kulstofpuljen af død biomasse på landbrugsarealer skyldes arealændringer, når skov omlægges til landbrug, og den efterladte døde biomasse nedbrydes efterfølgende, hvilket fører til udledning. Disse udledninger afreporteres under landbrugsarealer, hvis afskovningen sker til dyrket mark eller græsarealer. Udledning og optag fra levende og død biomasse skønnes at gå fra et lille optag i 2022 til en lille udledning i 2035, begge dog under 0,1 mio. ton CO₂e.

Siden 1990 har der over årene været både udledninger og optag forbundet med ændringer i biomassens kulstofpulje, *jf. figur 18.8.* I 2021 var der en større overgang af dyrket mark til græsarealer hvilket resulterede i et netto-tab af biomasse fra arealerne, da biomassemængden på græsarealer generelt forventes at være lavere end på dyrket mark. Fra 2022 og fremad fremskrives svagt stigende udledninger fra biomasse. De svagt stigende udledninger, som skønnes i de fremskrevne år, skyldes hovedsagelig ændringer i den stående biomasse (biomassen der er tilstede oven jorde), som findes på eksisterende arealer ved udtagning af landbrugsarealer til vådområder og skov. De samlede udledninger fra levende biomasse skyldes også en kombination af vækst og fældning af vedplanterne. Øget plantning af læhegn, markkrat og stigende udbredelse af skovlandbrug vil bidrage til at øge kulstofoptag for kategorien levende og død biomasse.

Figur 18.8

Udledninger og optag fra levende og død biomasse på landbrugsarealer, mio. ton CO₂e

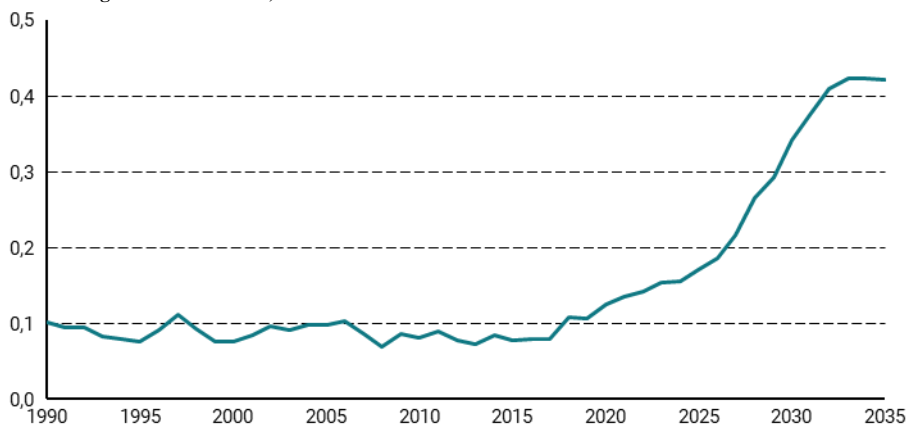


Kilde: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet på baggrund af tal fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitet.

18.6 Udledninger og optag fra vådområder og bebyggelse frem til 2035

Udledninger og optag fra vådområder omfatter reetablerede vådområder siden 1990. Disse arealer er enten fuldt vanddækkede områder såsom søer og floder, samt delvis vanddækkede områder med højt grundvandsspejl hvor arealer oversvømmes dele af året, såsom moser. Derudover inkluderes også drænedes områder der anvendes til tørvegravning. CO₂-udledninger og optag herfra skyldes tørvegravning samt udledninger og optag fra levende biomasse ved vådlægning af dyrket mark, græsarealer og skov. Derudover inkluderes metanudledninger fra genvædet kulstofrig jord. Udledningerne fra vådområder stiger fra 0,1 mio. ton CO₂e i 2022 til 0,3 mio. ton CO₂e i 2030 og 0,4 mio. ton CO₂e i 2035 som følge af udtagning og vådlægning af kulstofrig landbrugsjord, *jf. figur 18.9.*

Figur 18.9

Udledninger fra vådområder, mio. ton CO₂e

Kilde: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet på baggrund af tal fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitet.

Udledninger fra bebyggelse stammer fra omlægning af landområder til by og infrastruktur, disse skyldes fjernelse af levende biomasse samt nedbrydning af jordens kulstofpulje ved etablering af bebyggelse. For allerede etableret bebyggelse antages kulstofpuljerne at være i balance og der rapporteres ikke udledninger herfra. Udledningerne fra omlægning til bebyggelse ligger relativt konstant på 0,3 mio. ton CO₂e i 2022 frem til 2035, *jf. figur 18.1*.

18.7 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 klimafremskrivningen. Det skyldes, at nettoudledninger og -optag er et resultat af små ændringer i meget store kulstofpuljer, hvilke både er vanskelige at måle, men også at de biologiske processer bedst lader sig modellere ved relative komplekse modeller (C-TOOL). De mere enkle udledningsmodeller afhænger tillige af en række antagelser, fx mængden af fritlagt organisk materiale i drænet kulstofrig jord, og dermed hvor stor en del af denne kulstofmængde, der reelt nedbrydes årligt. Disse antagelser afhænger især af jordens dræningstilstand, som ikke modelleres eksplicit i den nuværende beregningsmodel.

Usikkerheder ved udledninger fra kulstofrig jord

I 2020 påbegyndtes et forskningsprojekt finansieret af Klima-, Energi-, og Forsyningsministeriet, der skal resultere i en forbedret emissionsopgørelse for arealer med kulstofrig jord. I projektet indgår forskellige dellerancer, hvor én dellerance er den nye kortlægning fra DCA, som er indarbejdet i KF24 beregningerne. Der afventes fortsat den endelige nye model for den forbedrede opgørelse over udledninger fra arealerne med kulstofrig jord, hvor der også tages højde for de øvrige dellerancer i projektet, herunder opdatering af emissionsfaktorer og kortlægning af vandstanden på arealerne.

Til KF24 udregnes udledninger fra kulstofrig jord med gennemsnitlige nationale emissionsfaktorer opdelt på to kulstofindholdsintervaller, hvor der antages, at arealer med 6-12 pct. organisk

kulstof har en udledning svarende til halvdelen af arealerne med >12 pct. organisk kulstof, samt en opdeling på vedvarende græsarealer eller arealer i omdrift (fx. korn eller andre etårige afgrøder). Nye laboratoriemålinger peger på, at overjorden i 6-12 pct. arealerne udleder samme mængde CO₂ som jord med højere indhold pct. OC, hvilket isoleret set peger på, at udledningerne fra arealer med kulstofrig jord er højere end beregnet til KF24. GEUS har endvidere udført en kortlægning over vandstanden på de dyrkede kulstofrige landbrugsarealer, der viser, at arealerne er mindre dræned end tidligere antaget, hvilket isoleret set peger på en lavere udledning fra flere af arealerne end beregnet til KF24.

I løbet af 2024 vil disse nye resultater blive samlet i en fælles model for udledninger fra danske kulstofrige arealer, hvilket forventes at blive indarbejdet i næste års fremskrivning.

Der er også generel usikkerhed omkring, hvornår effekten af udtaget kulstofrig landbrugsjord vil indfinde sig, bl.a. fordi det er usikkert hvor mange år, der vil gå fra bevilling gives og indtil arealer reelt udtages og vådgøres, og udledningerne dermed reduceres. Til KF24 anvendes en antagelse om, at der i gennemsnit går fem år fra bevilling til effekten indtræder på baggrund af en analyse foretaget på tværs af Landbrugsstyrelsens, Miljøstyrelsens og Naturstyrelsens erfaringer med udtagningsstid i de nuværende frivillige ordninger. Der forventes at være tilfælde, hvor det kan tage kortere eller længere tid, ligesom løbende justeringer af ordningerne kan påvirke udtagningshastigheden. Udtagningsarealet, herunder fordelingen over årene, er således behæftet med stor usikkerhed.

Følsomhedsanalyse af ændret tab af kulstofrig landbrugsjord

Det årlige tab af arealer med kulstofrig landbrugsjord til både mineralisering og udtagning er som tidligere nævnt behæftet med stor usikkerhed. Til KF24 har DCE derfor lavet en følsomhedsanalyse der antager at det årlige tab til både mineralisering og udtagning er 20 pct. højere og 20 pct. lavere end beregnet i KF24. Som det ses i tabel 18.2 vil 20 pct. højere mineraliseringsrate samt 20 pct. flere udtagne landbrugsarealer med kulstofrig jord give anledning til en lavere udledning i 2030 på 0,2 mio. ton CO₂e i forhold til beregningerne til KF24. Tilsvarende vil 20 pct. lavere mineraliseringsrate samt 20 pct. færre udtagne landbrugsarealer med kulstofrig jord give anledning til en højere udledning i 2030 på 0,2 mio. ton CO₂e i forhold til beregningerne til KF24.

Tabel 18.2

Effekt af ændret tab af kulstofrig landbrugsjord

	KF24	20 pct. opjusteret mineralisering og udtag	20 pct. nedjusteret mineralisering og udtag
Udledning kulstofrig landbrugsjord i 2030 (inkl. CO ₂ , metan og lattergasudledninger)	2,1	1,9	2,3
Samlet ændring i forhold til KF24		-0,2	0,2

Usikkerheder ved udledninger og optag i mineraljord

Der er mange parametre, der påvirker udledninger og optag i mineraljord, og derfor er usikkerhederne med fremskrivningsresultater for mineraljord forbundet med stor usikkerhed. I KF23 blev foretaget følsomhedsanalyser med udgangspunkt i ingen tilførsel af halm eller husdyrgødning til mineraljord. Dette viste en merudledning på 0,5 mio. ton CO₂e i perioden 2025-2030 ved ingen

halmtilførsel, og en merudledning på 2,1 mio. ton CO₂e i 2025 og 1,8 mio. ton CO₂e i 2030 ved ingen tilførsel af husdyrgødning.

Usikkerheder ved implementering af politiske aftaler

Afslutningsvis skal det bemærkes, at implementeringen af Landbrugsaftalen og den nationale CAP-plan begge løbende justeres. For at indregne disse aftaler har Fødevarerministeriet leveret forudsætninger og implementeringsplaner, hvor der forventes fuldt afløb for de frivillige tilskudsordninger. I fremtidige klimafremskrivninger kan forekomme justeringer af forudsætningerne, både i takt med at tiltagens implementering konkretiseres yderligere samt når der er et bedre vidensgrundlag for tilslutning til ordningerne. Dette gælder bl.a., hvis ny reguleringsmodel ikke erstatter målrettet regulering allerede i 2026.