



## Klimastatus og –fremskrivning 2022 (KF22): DCE's beregningsmetoder for landbrug, LULUCF og affald

Forudsætningsnotat nr. 1D

**Kontor/afdeling**  
Systemanalyse

**Dato**  
13-01-2022

**J nr.** 2021-15863

/FRST/SKBN/STNI

### Indholdsfortegnelse

1. DCE's rolle i det samlede modelkompleks .....	2
1.1 DCE's udledningsberegninger .....	2
1.2 DCE's modelkompleks .....	3
2. Landbrug .....	4
2.1 Metode og antagelser .....	4
2.2 Metodeudvikling siden KF21 .....	6
2.3 Kritiske antagelser og parametre i metoden .....	6
2.4 Planlagt metodeudvikling fremadrettet .....	7
3. LULUCF .....	7
3.1 Metode og antagelser .....	7
3.2 Metodeudvikling siden KF21 .....	10
3.3 Kritiske antagelser og parametre i metoden .....	10
3.4 Planlagt metodeudvikling fremadrettet .....	11
4. Affald .....	11
4.1 Metode og antagelser .....	11
4.2 Metodeudvikling siden KF21 .....	12
4.3 Kritiske antagelser og parametre i metoden .....	12
4.4 Planlagt metodeudvikling fremadrettet .....	12
4. Kilder .....	12
5. Bilag .....	13
5.1 Beregning af ændringer i jordens kulstofpulje .....	13

*Dette forudsætningsnotat er en del af Klimastatus og -fremskrivning 2022 (KF22). KF22 er en såkaldt frozen policy fremskrivning, hvilket indebærer, at forudsætningerne for fremskrivningen afspejler et "politisk fastfrosset" 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. For yderligere information om frozen policy tilgangen, se KF22 forudsætningsnotat 2C om Principper for frozen policy.*

**Energistyrelsen**

Carsten Niebuhrs Gade 43  
1577 København V

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

www.ens.dk



## 1. DCE's rolle i det samlede modelkompleks

Dette notat beskriver den overordnede metodetilgang og antagelser, der anvendes af Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitet til beregning af udledninger fra landbrug, LULUCF<sup>1</sup> og affaldssektoren.

### 1.1 DCE's udledningsberegninger

DCE står for at udarbejde den nationale udledningsopgørelse og fremskrivning af drivhusgasser, herunder for landbrug, LULUCF og affald, som afrapporteres til FN og EU samt anvendes som input til Energistyrelsens årlige Klimastatus og – fremskrivning (KF).

Opgørelsen og fremskrivningen af udledningerne beregnes i overensstemmelse med de internationale IPCC retningslinjer og beregningsmetoder. Udledningerne fra landbrug, LULUCF og affald opgøres derfor fordelt på en række underkategorier (CRF-kategorier).<sup>2</sup> Udledningerne fra landbruget (CRF-kategori 3) omfatter udledninger af primært metan og lattergas relateret til den primære landbrugsproduktion (herunder husdyrfordøjelse, gødningshåndtering og gødsning på markerne), dog med undtagelse af de energirelaterede udledninger fra landbruget. Udledninger i LULUCF-sektoren (CRF-kategori 4) omfatter udledninger relateret til forvaltning af arealer, herunder primært landbrugs<sup>3</sup>- og skovarealer, hvorfra der primært udledes CO<sub>2</sub>, men også metan og lattergas. Udledninger fra affaldssektoren (CRF-kategori 5) omfatter bl.a. metan- og lattergasudledninger fra deponi, spildevand og metanlækage fra biogasanlæg, men ikke affaldsforbrænding, som i stedet indgår som del af de energirelaterede udledninger (CRF-kategori 1).

DCE beregner også udledningerne fra F-gasser, der stammer fra f.eks. kølemidler, varmepumper mm. I CRF-tabellerne indgår F-gasserne som en del af procesudledninger (CRF-kategori 2).<sup>4</sup> Udover F-gasser omfatter CRF-kategori 2 også procesudledninger fra bl.a. cementproduktion – disse er beskrevet i KF22 forudsætningsnotat 6B. Herudover beregner DCE tillige udledninger af metan og lattergas fra energi, transport og erhverv og udledninger af f.eks. kulmonoxid og VOC (Volatile Organic Compound), der indirekte genererer CO<sub>2</sub> i atmosfæren. Metoden bag beregningen af disse udledninger ligger dog uden for dette notat.

---

<sup>1</sup> LULUCF står for "Land Use, Land-Use Change and Forestry", der kan oversættes til "arealanvendelse, arealændringer og skovbrug".

<sup>2</sup> For yderligere information om CRF-tabellerne se også KF22 forudsætningsnotat 2B.

<sup>3</sup> Landbrugsarealer omfatter CRF kategorierne 4B Cropland (dyrket mark) og 4C Grassland (græsarealer).

<sup>4</sup> Da det ikke var muligt at sektoropdele F-gasserne til KF21 blev de her afrapporteret sammen med affaldsudledningerne. Til KF22 søges F-gasserne at blive fordelt på sektorer.



## 1.2 DCE's modelkompleks

Fremskrivningen af udledningerne foregår ud fra DCE's modelkompleks og bygger på samme struktur og metoder, som anvendes i Danmarks historiske udledningsopgørelse. Dette sikrer konsistens mellem historiske og fremskrevne udledningsopgørelser. Der er dog forskelle i de internationale dokumentationskrav til opgørelsen og fremskrivningen, hvilket bevirker at der i fremskrivning f.eks. er indregnet brugen af luftrensningsanlæg i svinestalde, mens dette ikke indgår i opgørelsen. Endvidere gælder det, at de historiske data, der anvendes i den nationale opgørelse, er erstattet med en række forudsætninger og forenklinger i fremskrivningen. Forsimpelt kan det siges, at udledningerne fra underkategorierne opgøres ved at gange aktiviteten (A) med en emissionsfaktor (EF) for den pågældende aktivitet. Aktivitet kan f.eks. være antal husdyr eller antal ha dyrket areal, mens emissionsfaktorer er en funktion af mange forskellige faktorer<sup>5</sup>, der har indflydelse på udledningerne for den pågældende aktivitet.

Kompleksiteten i de anvendte metoder varierer. IPCC angiver en række metodeniveauer, såkaldte Tiers:

- Tier 1: Baseres på gennemsnitlige beregningsmetoder og standard emissionsfaktorer fra IPCC Guidelines.
- Tier 2: Baseres på en beregning, der inkluderer landespecifikke data, hvilket kan gælde både aktivitetsdata og emissionsfaktorer.
- Tier 3: Baseres på beregningsmodeller og/eller målinger, som reflekterer de landsspecifikke landbrugs- og klimaforhold.

Således stiger detaljeringsniveauet for metodegrundlaget fra Tier 1 til Tier 3 med stigende krav til data. For de udledningskilder, hvor nationale data ikke er tilgængelige, anvendes en Tier 1 metode med standard emissionsfaktorer anbefalet af IPCC. Såfremt en udledningskilde bidrager signifikant i forhold til den totale nationale drivhusgasudledning, betragtes kilden som en "key source", og dermed skal der som minimum anvendes en Tier 2 beregning. En Tier 2 beregning betyder, at der i et vist omfang anvendes nationale data – f.eks. for foderindtag eller stalddtype, men at beregningsmetoden grundlæggende stemmer overens med IPCC's beregningsmetode. Tier 3 er væsentligt anderledes end de øvrige Tier niveauer, fordi der her er tale om beregning baseret på en landespecifik beregningsmodel, baseret på nationale målinger og/eller modellering, som dermed afspejler de faktiske klima- og landbrugspraksisser i det pågældende land. Beregningen er dog ikke nødvendigvis alene baseret på nationale data, men kan

---

<sup>5</sup> Det kan f.eks. være stalld- og gødningstype, årlige vejrforhold, jordens dræningstilstand, dyrenes tørstof- og kvælstofudskillelse og gyllens opholdstid i stalden.

også være estimeret ved en kombination af målinger/modeller fra andre lande med sammenlignelige klima- og landbrugsforhold.

Foruden de anvendte standardværdier fra IPCC, tager DCE's beregninger i høj grad udgangspunkt i forskellige datakilder og ekspertantagelser fra bl.a. forskellige institutter på Aarhus Universitet, Københavns Universitet, men også fra ministerier, styrelser og eksterne aktører såsom Landbrugets Rådgivningstjeneste SEGES.

Figur 1 viser et overordnet overblik over hovedleverandørerne af datainput til DCE's fremskrivning af udledninger fra landbrug, LULUCF og affald.

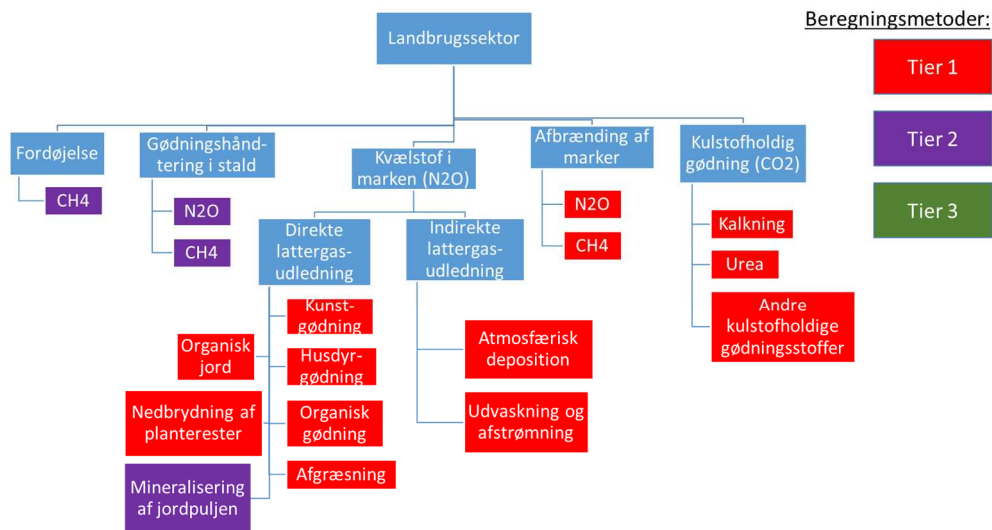


Figur 1: Overblik over eksterne inputdata og –leverandører for fremskrivning af udledninger i landbrug, LULUCF og affald (ekskl. forbrænding)

## 2. Landbrug

### 2.1 Metode og antagelser

Ifølge IPCC guidelines opgøres udledninger fra landbrug i 17 forskellige underkategorier, der beregnes ved mere eller mindre særskilte metoder. I udgangspunktet anvendes de samme beregningsmetoder og værdier for emissionsfaktorerne i fremskrivningen, som dem der er brugt i de historiske udledningsopgørelser. Som angivet i Figur 2 dækker metodeniveauerne i landbrugssektoren over Tier 1 og 2.



Figur 2: Oversigt over udledninger fra landbruget

Beregning af udledningerne fra de 17 forskellige udledningskilder (angivet med Tier niveau) varierer fra simpel til kompleks afhængig af metode og data. For mange af de mindre udledningskilder anvender DCE standardværdier angivet af IPCC med relativt simple formler og ligninger. For de større kilder såsom gødningshåndtering og fordøjelse er beregningsmetoderne mere komplekse, da DCE her anvender nationale data og modeller på Tier 2 niveau

DCE beregner de forventede udledninger fra landbruget ved hjælp af en databasebaseret model kaldet IDA-frem, som er en forkortelse af Integrated Database model for Agricultural Emissions (Albrektsen *et al.*, 2021)<sup>6</sup>. IDA-frem er en relationel database i MS Access, som består af ca. 50 tabeller med inputdata samt omkring 130 forespørgsler, der udfører mellemregninger, samler beregninger og i sidste ende genererer udledninger fra landbruget fordelt på de pågældende CRF-kategorier ved hjælp af særskilte beregningsmetoder for hver kategori.

Som første led i DCE's beregninger indsamles data fra flere forskellige kilder, som illustreret i Figur 1. Herefter behandles data, inden det importeres til IDA-frem. Som input til DCE's udledningsberegninger laves en lang række bagvedliggende antagelser og modelberegninger. Nogle af disse bagvedliggende beregninger er foretaget af DCE, mens andre også er lavet af bl.a. Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug (DCA) ved Aarhus Universitet. Mængden af databehandling afhænger af den enkelte kilde og strækker sig fra lidt til omfattende. F.eks. foretages der for visse husdyrkatogier en databehandling af antallet af dyr, fordi DCE har behov for

<sup>6</sup> En tilsvarende database benyttes til den historiske opgørelse under navnet IDA.



en anden opdeling af antallet af dyr end den, der leveres fra IFRO's Landbrugsfremskrivning (Jensen, 2022), således at data svarer til DCE's beregningsopsætning og strukturen i normtalssystemet for husdyrgødning, som DCA leverer<sup>7</sup>.

På baggrund af de mange særskilte metoder og detaljerede aktivitetsdata består DCE's samlede beregning af udledninger fra landbruget således af et stort, kompliceret beregnings set-up. Set-uppet spænder bredt med mange detaljerede og lange beregningskæder under hensynstagen til aktivitetsdata såsom husdyrkategori og stald- og gødningstype. Beregningerne afhænger ikke direkte af hinanden på tværs af udledningskilder i DCE's modelkompleks, idet der ikke er tale om en samlet dynamisk model.

For en yderligere beskrivelse og dokumentation af IDA-frem og DCE's beregningsmetoder henvises til Albrechtsen *et al.* (2021).

## 2.2 Metodeudvikling siden KF21

Der er grundlæggende ikke foretaget større ændringer i DCE's metodegrundlag for beregning af udledninger og optag fra landbrugets produktion siden KF21.

## 2.3 Kritiske antagelser og parametre i metoden

Den forventede udvikling i antallet af husdyr samt fordelingen af stald- og gødningstyper har stor betydning for beregningerne af drivhusgasudledninger fra landbruget. For disse forudsætninger og andre, såsom handelsgødningsforbruget, normdata for foderindtag og dyrenes tørstof- og kvælstofudskillelse via gødning og arealanvendelse, sker der en årlig opdatering. Mange inputdata opdateres dermed løbende, men er samtidig forbundet med betydelig usikkerhed, ligesom IPCC's egne standardemissionsfaktorer er behæftet med relativ høj usikkerhed. Det skyldes bl.a., at det ikke er muligt at måle de faktiske udledninger på hver enkelt bedrift. I stedet må der anvendes emissionsfaktorer baseret på generelle antagelser om den danske landbrugssektor eller IPCC standardværdier. Endvidere er der betydelig variation i udledninger, ikke bare fra bedrift til bedrift, men også fra dag til dag, som ikke fanges af de generelle emissionsfaktorer og standardværdier. Det skyldes, at landbrugets udledninger afhænger af biologiske processer, hvor både de fysiske- og driftsmæssige forhold, som fx vejrforhold, konstant ændrer sig og dermed påvirker udledningerne.

---

<sup>7</sup> For kvæg gælder det f.eks., at der er 5 overordnede kategorier; malkekøer, kalve, tyre, kvier og ammekøer, der yderligere er opdelt på vægtklasser og racer. Samlet eksisterer der 39 forskellige husdyrkatogier i IDA-frem. Endvidere er husdyrkatogierne fordelt på stald- og gødningstyper, der i alt giver 269 kombinationer af husdyrtypen og stald- og gødningstyper, der indgår som input i emissionsberegningerne.



## 2.4 Planlagt metodeudvikling fremadrettet

Der er endnu ikke fastlagt væsentlig metodeudvikling fremadrettet. Landbrugsstyrelsen har igangsat et længerevarende forskningsarbejde med Århus Universitet, der har til formål at se nærmere på udvikling af det nuværende danske Normtalssystem, herunder for kulstofudledninger fra husdyrgødningen. Målet er, at resultaterne kan indgå som input i den nationale opgørelse for landbrugets drivhusgasudledninger.

## 3. LULUCF

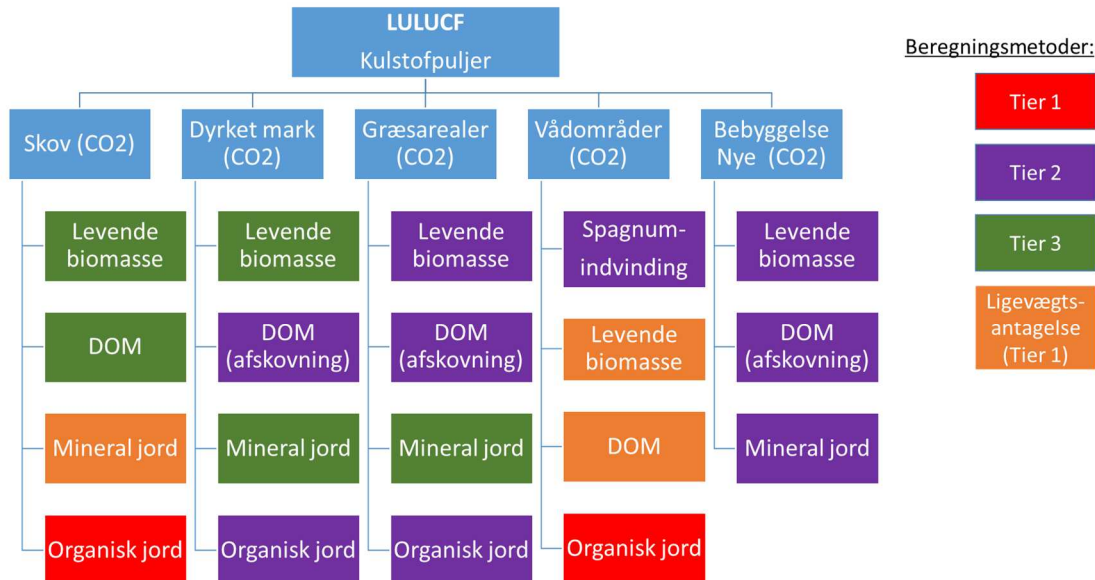
### 3.1 Metode og antagelser

Ifølge IPCC guidelines opgøres udledninger fra arealer og skove under kategorien LULUCF. LULUCF omfatter hovedsageligt CO<sub>2</sub>-udledninger som følge af ændringer i kulstofpuljerne i biosfæren<sup>8</sup>, men også lattergas fra omsætning af jordens organiske kvælstofpulje i forbindelse med arealændringer og metan fra våde kulstofrige lavbundsjord. De forskellige typer LULUCF-udledninger for kulstofpuljer er vist i figur 3, mens figur 4 viser andre typer LULUCF-udledninger, herunder fra ændringer i arealanvendelsen. For hver udledningskilde beregnes udledningerne med særskilte metoder på baggrund af de internationale retningslinjer. For så vidt angår DCE's beregning af kulstofpuljeændringer på landbrugsarealer og øvrige arealer, udføres disse med forskellige metoder for hver kulstofpulje.

Af Figur 3 og 4 ses, at de fleste anvendte metoder er Tier 2 eller 3 niveau, hvilket betyder, at de baseres på detaljerede, nationale målinger og/eller dynamisk modellering. For enkelte kilder anvendes en mere simpel tilgang baseret på IPCC's standardværdier- og emissionsfaktorer på Tier 1 niveau. Det gælder især beregning af lattergasudledningerne ved omsætning af organisk materiale i jorden som følge af ændringer i anvendelsen af jorden.

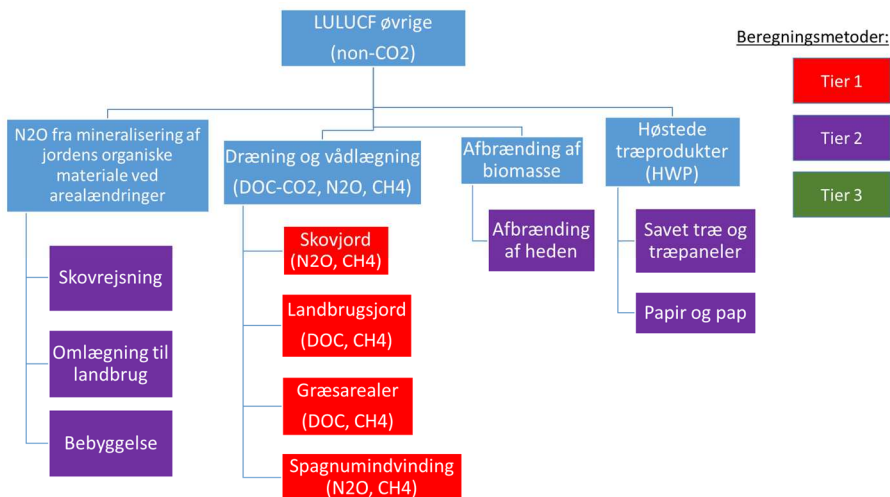
---

<sup>8</sup> Kulstofpuljer er bl.a. levende biomasse, dødt organisk materiale (DOM), jord og træprodukter, som vist i figur 3 og 4.



DOM: dødt organisk materiale (skovbund og dødt ved). Ligevægtsantagelse svarer til nul udledninger.

Figur 3: Oversigt over typer af LULUCF-udledninger for kulstofpuljer.



Figur 4: Oversigt over andre typer af LULUCF-udledninger. DOC (Dissolved Organic Carbon) kan oversættes til opløst organisk kulstof.

#### Estimering af landbrugsareal og afgrødesammensætning

Til estimering af landbrugsarealet og afgrødesammensætningen anvender DCE Landbrugsfremskrivningen (Jensen, 2022) og data fra Internet Mark Kort (IMK) sammen med data fra forskellige arealregistre for udvikling af Danmarks samlede fremskrevne areal. Endvidere inddeles arealet i de seks IPCC-definerede





arealklasser: skov, dyrket mark, græsarealer, vådområder, bebyggelse og andre arealer. IMK offentliggøres af Landbrugsstyrelsen og er et detaljeret kort over afgrøder og jordbundstyper på markniveau. IMK benyttes sammen med Tekstur2014 kortet over kulstofindholdet i jorden, som bestemmer, om jorden har mellemhøjt (6-12 pct.) eller højt (over 12 pct.) indhold af organisk kulstof.

#### *Beregning af udledninger fra landbrugsarealer og øvrige arealer*

DCE er ansvarlig for udarbejdelsen og beregningen af drivhusgasudledninger og optag af kulstof for den del af LULUCF-sektoren, der omhandler arealanvendelse og arealændringer. Udledningerne stammer primært fra landbrugsarealer, men der er også mindre udledninger fra andre arealer som bebyggede arealer og vådområder. Udledningerne fra landbrugsarealet stammer fra flere forskellige kilder, hvoraf ændringer i de mineralske landbrugsjorders kulstoflager og kulstofrige jorder udgør de største udledningskilder.

Mineraljorder omfatter ler- og sandjorder og karakteriseres ved deres lave indhold af organisk kulstof. Mineraljord dækker over de allerfleste jordtyper i det danske jordbundsklassificeringssystem, JB. I fremskrivningen antages disse samlet set at have et lille CO<sub>2</sub>-optag i modsætning til de kulstofrige/organiske landbrugsjorder (også kaldet lavbundsjorder), som mister organisk materiale som CO<sub>2</sub>. Kulstofrig jord inddeles i jorder med 6 til 12 pct. organisk kulstof og jorder med over 12 pct. organisk kulstof i den nationale emissionsopgørelse og fremskrivning. Kulstofrig jord med over 6 pct. organisk kulstof udgør ca. 6 pct. af det samlede danske landbrugsareal.

DCE beregner ændringer i mineraljordspuljen ved brug af en dynamisk model (C-TOOL), der kan kategoriseres som Tier 3 metode, mens jordens tab af organisk kulstof fra kulstofrige jorder beregnes ved brug af Tier 2 metode ved brug af nationalt bestemte emissionsfaktorer. Disse to beregningsmetoder er beskrevet nærmere i bilag 5.1.

#### *Udledninger fra skove og høstede træprodukter*

Fremskrivningen af udledninger og optag fra skove, inklusiv høstede træprodukter, udarbejdes af Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning (IGN) ved Københavns Universitet, som leveres som input til DCE's samlede LULUCF-udledningsfremskrivning.

Til brug for KF22 har Energistyrelsen bestilt en ny skovfremskrivning fra IGN (Johannsen *et al*, 2022). Skovfremskrivningen fremskriver forventninger til optag og udledninger fra skovarealer samt kulstofpuljen i træprodukter. For en gennemgang af antagelser og forudsætninger til fremskrivning af udledninger og optag fra skove og høstede træprodukter henvises til forudsætningsnotat 10D om skov.



### 3.2 Metodeudvikling siden KF21

Der er grundlæggende ikke foretaget større ændringer i DCE's metodegrundlag for beregning af udledninger og optag fra landbrugsarealer og øvrige arealer siden KF21.

### 3.3 Kritiske antagelser og parametre i metoden

Generelt vurderes fremskrivningen af udledninger og optag fra skove og øvrig arealanvendelse at være forbundet med en større usikkerhed end andre sektorer udenfor LULUCF. Det skyldes, at nettoudledninger og -optag er et resultat af en langsom dynamik, og at selv små ændringer i de meget store kulstofpuljer vil påvirke opgørelser af udledninger og optag.

Udledninger fra landbrugsarealer er især følsomme over for vejret. Udledningerne har de sidste 10 år svinget mellem 4 og 6 mio. ton CO<sub>2e</sub>, som primært skyldes vejrbedingede udsving i de årlige høstudbytter på mineraljorder samt årets temperaturer. Her giver en kombination af et dårligt høstår og høje temperaturer et tab af CO<sub>2</sub>, mens et godt høstår kombineret med normale temperaturer giver en binding. De fremtidige udledninger afhænger derfor også af fremtidens vejr-situation og udbytter fra de enkelte afgrøder.

For så vidt angår udledninger fra kulstofrige jorder har især antagelsen om, at jorderne er fuldt drænede afgørende betydning for udledningsniveauet. I praksis forventes arealerne ikke at være fuldt drænede, selv om det antages i fremskrivningen. Det betyder alt andet lige, at klimaeffekten af udtagningerne kan være mindre, end den beregningstekniske antagelse tilsiger. Samtidig er der også usikkerhed omkring, hvorvidt antagelsen om, at jord med 6-12 pct. kulstof har en emission svarende til halvdelen af jord med >12 pct. kulstof er korrekt. Dette kan isoleret set betyde, at udledningen muligvis er højere, end den beregningstekniske antagelse tilsiger.

Opgørelsen og fremskrivningen af udledninger og optag fra skove baseres på data fra 10 års målinger for at sikre en mere robust rapportering. De historiske opgørelser af skovenes optag og udledninger svinger relativt meget i forhold til andre sektorer udenfor LULUCF. Fra og med KF21 er udsvingene dog forsøgt udjævnet mere end tidligere ved at lave glidende gennemsnit for de årlige udledninger og optag over en tiårig periode. Der er indtil nu konstateret en afvigelse mellem IGN's fremskrivning, hvori det forventes, at skoven vil overgå til at være nettoudledende, og de historiske opgørelser, som har vist, at skoven hidtil har haft et nettooptag af CO<sub>2</sub>. Denne forskel skyldes bl.a., at skovsammensætningen fremover er relativt aldrende og at der indtil videre er blevet fældet færre træer end forventet i fremskrivningerne. For yderligere beskrivelse heraf henvises til figur nr. 45 i den danske skovregnskabsplan til EU fra december 2019 (Johannsen et al).



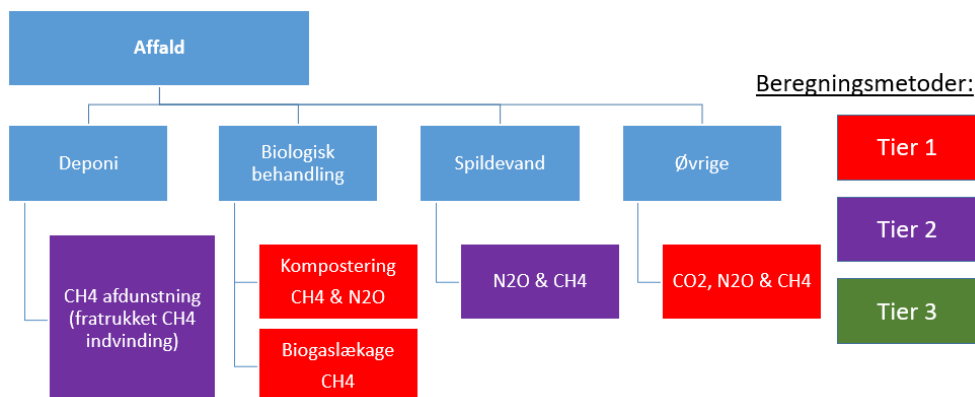
### 3.4 Planlagt metodeudvikling fremadrettet

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

## 4. Affald

### 4.1 Metode og antagelser

Ifølge IPCC guidelines opgøres udledningerne fra affaldssektoren i 5 underkategorier, der varierer både i typer af drivhusgasser og anvendt metodeniveau. Som vist i Figur 5 fordeler de særskilte beregningsmetoder sig på Tier 1 og 2 niveau og dermed fra simple til komplicerede metoder.



Figur 5: Oversigt over udledninger fra affald (ekskl. forbrænding)

Udledningerne fra sektoren stammer overvejende fra affaldsbehandling. Hvis der ses bort fra affaldsforbrænding, stammer affaldssektorens udledninger således fra afgangning af metan fra affaldsdeponier, metantab fra biogasanlæg, afgangning af metan og lattergas fra kompostering af have- og parkaffald samt udledninger af metan og lattergas fra spildevand m.v.

Udledningerne fra deponianlæg baseres på estimater for mængden af organisk affald, der historisk antages at være blevet deponeret, samt en standard afgangningsmodel fra IPCC for forskellige typer af organisk affald. På grund af manglende viden om affaldsmængder deponeret på de – historisk set – flere tusinde danske deponier behandles den samlede mængde deponeret affald beregningsteknisk som ét deponi. For alle aktive anlæg foreligger der



anlægsspecifikke aktivitetsdata for perioden 2010-2019 og for et mindre antal anlæg, som er med i regeringens biocoverordning, er der foretaget tilbageskrivninger af deponerede mængder af affald fordelt på typer. Den manglende viden om de historiske deponerede mængder af organisk affald gør, at der i realiteten er stor usikkerhed forbundet med de estimerede udledninger fra deponier.

Udledningen fra biogasanlæg beregnes på baggrund af Energistyrelsens antagelser om produktionsomfang samt en af DCE antaget lækagefaktor baseret på et nyligt måleprogram, som har frembragt ny viden om metantab fra danske biogasanlæg (Energistyrelsen, 2021). For en nærmere beskrivelse heraf henvises til forudsætningsnotat 9B om affald.

Udledninger fra kompostering og spildevandshåndtering beregnes på baggrund af antagelser om aktivitetsniveau og emissionsfaktorer.

#### 4.2 Metodeudvikling siden KF21

Den væsentligste ændring i KF22 er, at lækagefaktoren fra biogasanlæg revideres på baggrund af et måleprogram, idet den historiske lækagefaktor reduceres ift. den faktor, der hidtil har været anvendt i den historiske drivhusgasopgørelse, mens den fremtidige forventede lækagefaktor opjusteres ift. den faktor, der blev anvendt i KF21-fremskrivningen.

#### 4.3 Kritiske antagelser og parametre i metoden

Udledningerne fra deponianlæg baseres på usikre estimater for mængden af organisk affald, der historisk antages at være blevet deponeret samt en standard afgasningsmodel fra IPCC for forskellige typer af organisk affald. Udledningen fra biogasanlæg baseres på en usikker lækagefaktor, da udledningerne er vanskelige at måle, og da der ifølge et måleprogram er stor variation i lækageraterne blandt eksisterende anlæg. Udledninger fra kompostering og spildevandshåndtering beregnes på baggrund af antagelser om aktivitetsniveau og emissionsfaktorer, hvorom der også er usikkerhed. Den største usikkerhed med betydning for KF22 er at lækageraten for biogasanlæg i historiske år reduceres, mens den opjusteres i fremskrivningen set ift. KF21.

#### 4.4 Planlagt metodeudvikling fremadrettet

Der er ikke aktuelle planer om metodeudvikling fsa. udledninger fra affald.

## 4. Kilder

Albrektsen, R., Mikkelsen, M.H. & Gyldenkærne, S. (2021) Danish emission inventories for agriculture. Inventories 1985 – 2018. Aarhus University, DCE –



Danish Centre for Environment and Energy, 202 pp. Scientific Report No. 443.

<https://dce2.au.dk/pub/SR443.pdf>

Energistyrelsen 2021, <https://presse.ens.dk/news/ny-rapport-om-metantab-fra-danske-biogasanlaeg-432900>.

IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

IPCC (2014): 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds). Published: IPCC, Switzerland.

Jensen J.D. (2022) Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2040, IFRO rapport nr. xxx. [LINK indsættes efter publicering].

Johannsen et al 2022, Skovfremskrivning 2022, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet, [LINK indsættes efter offentliggørelse]. Forventes offentliggjort ultimo januar 2022.

Johannsen et al, Danish National Forest Accounting Plan 2021-2030 – resubmission, December 2019, [https://staticcuris.ku.dk/portal/files/232139225/DNFAP\\_revised\\_2019\\_web20191220.pdf](https://staticcuris.ku.dk/portal/files/232139225/DNFAP_revised_2019_web20191220.pdf).

## 5. Bilag

### 5.1 Beregning af ændringer i jordens kulstofpulje

#### *Udledninger og optag fra mineraljorder*

DCE beregner ændringer i mineraljordspuljen ved brug af en dynamisk model (C-TOOL), hvorfor metoden kategoriseres som Tier 3, som vist i Figur 3. I modellen beregnes den samlede årlige tilførsel af organisk kulstof fra alle afgrøder (avner, stakke, halm, stub og rødder), inkl. efterafgrøder og husdyrgødning for hvert år. C-TOOL er en dynamisk 3-puljet jordkulstofmodel. Modellen består således af tre kulstofpuljer, som repræsenterer "klumper" af organisk materiale, der nedbrydes med forskellige hastigheder. I modellen nedbrydes det organiske kulstof efter første-ordens henfald med halveringstider på hhv. 0,6-0,7 år, 50 år og 600-800 år for de tre forskellige kulstofpuljer. Modellen er kalibreret eksplicit for otte regioner i Danmark, der hver har 2-3 forskellige mineraljordstyper. Baseret på det årlige input af organisk materiale beregner C-TOOL den årlige ændring i den samlede



kulstofpulje og dermed udledning eller binding af CO<sub>2</sub>. Ud over tilførslen af organisk materiale er modellen meget følsom over for ændringer i vejret, hvilket kan medføre nettoudledninger fra mineraljordspuljen i år med varme tørre somre, jf. ovenfor.

#### *Udledninger fra kulstofrig jorder*

Ved beregning af ændring i puljen af kulstofrige jorder benytter DCE en Tier 2 metode, som betyder, at der anvendes en lidt mere simpel tilgang end den modelbaserede tilgang for mineraljorder. Beregningerne er dog i høj grad baseret på nationale emissionsfaktorer, hvorfor der ikke er tale om Tier 1. For udledninger fra kulstofrig jord beregnes der både metan og CO<sub>2</sub>-udledninger, hvor sidstnævnte yderligere er opdelt på direkte CO<sub>2</sub>-udledninger og indirekte CO<sub>2</sub>-udledning via forgasning af opløste kulstofholdige forbindelser (Dissolved Organic Carbon, DOC). Overordnet beregnes udledningerne med en relativ simpel tilgang ved at gange emissionsfaktorer med aktivitetsdata, dvs. arealer fremkommet ved overlapsanalyser. For emissionsfaktorerne for metanudledningerne og DOC-afledt CO<sub>2</sub> udledning anvendes standardfaktorer, hvorimod der for den direkte CO<sub>2</sub>-udledning bruges nationale emissionsfaktorer baseret på målinger. Emissionsfaktorerne er ydermere bestemt af arealanvendelsen – f.eks. om arealet er i omdrift eller græsareal, og af om jorden har mellemhøjt eller højt indhold af organisk kulstof. Trods den simple metodetilgang, bevirker den detaljerede inddeling af emissionsfaktorer, at der i alt bruges 18 forskellige faktorer.