

AP 3.1 – Lattergas: Udvikling af beregninger og præsentation af data	Ansvarlig	atch
	Oprettet	15-09-2022
	Side	1 af 14

Projekt: 7854, Mod en klimaneutral planteproduktion

Beregninger for N₂O-udledning på markniveau

For at landmanden kan agere og tilpasse produktionen i en klimavenlig retning, er der behov for, at der kan sættes tal på emissionerne af drivhusgasser på markniveau. I samarbejde med projekterne StyrN (bevilget af GUDP og Promilleafgiftsfonden, 2018-2020) og Landbrugets klimaværktøj (Bevilget af landbrugsstyrelsen, 2020-2021) udvikles her beregningerne, og infrastrukturen skabes, til at udarbejde klimaregnskaber på markniveau.

I Landbrugets klimaværktøj arbejdes med klimaregnskaber på bedriftsniveau. Her indhentes data fra gødningsregnskabet, som kun rummer et totalt forbrug af kvælstofgødning på bedriftsniveau. For at kunne lave klimaregnskabet på markniveau, er det derfor nødvendigt at anvende data, hvor gødningstildelingen pr mark er angivet. Dette kan hentes i relevante mark- og gødningsplaner. Der skal udarbejdes beregninger, der kan estimere lattergasudledningen på markniveau ved udarbejdelse af mark- og gødningsplanen. Herved får den enkelte landmand mulighed for at se den estimerede lattergasudledning fra hver enkelt mark efter han har lagt sin mark- og gødningsplan.

I dette notat er der beskrevet, hvilke beregninger der skal anvendes ved hhv. direkte og indirekte udledninger af lattergas på markniveau.

Beregning af direkte emissioner af lattergas

Den dyrkningsrelaterede emission af N₂O beregnes efter de regler, der er gældende for den nationale opgørelse af drivhusgasemissioner – og som i øvrigt bygger på retningslinjerne fra IPCC (2006).

Beregning af emission af lattergas (N₂O-N) fra handelsgødning pr mark

Emissionen af lattergas fra udbragt N i handelsgødning beregnes for den enkelte mark i gødningsplanåret – metoden benyttes ligeledes i landmandens klimaværktøj. Her beregnes lattergasemissionen på baggrund af tilført N i handelsgødning (angivet i gødningsplanen) og en fastlagt emissionsfaktor.

$$N_2O-N_{\text{handelsgødning}} = EF_{\text{handelsgødning}} \times N_{\text{handelsgødning}}$$

Emissionsfaktoren ($EF_{\text{Handelsgødning}}$) for handelsgødning er 0,01.

For omregning til CO₂e bruges omregningsfaktor 44/28 (Fra N₂O-N til N₂O) og potentialet for global opvarmning (GWP) = 298.

Beregning af emission af lattergas (N₂O-N) fra udbragt husdyrgødning – ikke nedfældet

Udbragt husdyrgødning – ikke nedfældet omfatter både flydende og fast husdyrgødning. Lattergasemissionen beregnes ud fra udbragt N (total-N) i husdyrgødning på den enkelte mark i gødningsplanåret (registreret i gødningsplanen) og en fastsat emissionsfaktor. Der er behov for at skelne mellem nedfældet husdyrgødning og andre udbringningsmetoder, som også er muligt at angive i diverse gødningsplaner.

$$N_2O-N_{\text{husdyrgødning}} = EF_{\text{husdyrgødning}} \times N_{\text{husdyrgødning}}$$

Lattergas-emissionsfaktoren ($EF_{\text{Husdyrgødning}}$) for husdyrgødning, der ikke er nedfældet, er 0,01.

For omregning til CO₂e bruges omregningsfaktor 44/28 (Fra N₂O-N til N₂O) og potentialet for global opvarmning (GWP) = 298.

Beregning af emission af lattergas (N₂O-N) fra udbragt husdyrgødning- nedfældet

Lattergasemissionen beregnes ud fra den andel af udbragt N (total-N) i husdyrgødning, der er nedfældet, hvilket er angivet i gødningsplanen, samt en fastlagt emissionsfaktor.

$$N_2O-N_{\text{Nedfældet}} = EF_{\text{Nedfældet}} \times N_{\text{Nedfældet}}$$

Lattergas-emissionsfaktoren ($EF_{\text{Nedfældet}}$) for nedfældet husdyrgødning er 0,01.

For omregning til CO₂e bruges omregningsfaktor 44/28 (Fra N₂O-N til N₂O) og potentialet for global opvarmning (GWP) = 298.

Beregning af emission af lattergas (N₂O-N) fra husdyrgødning afsat under afgræsning

Lattergasemissioner fra husdyrgødning afsat under afgræsning ($N_{\text{Afgræsning}}$) beregnes som en selvstændig post.

$$N_2O-N_{\text{Afgræsning}} = EF_{\text{Afgræsning}} \times N_{\text{Afgræsning}}$$

Lattergas-emissionsfaktoren $EF_{\text{Afgræsning}}$ er 0,02.

For omregning til CO₂e bruges omregningsfaktor 44/28 (Fra N₂O-N til N₂O) og potentialet for global opvarmning (GWP) = 298.

Kvælstoffiksering

Der beregnes ikke emission af lattergas fra kvælstoffiksering.

Beregning af emission af lattergas (N₂O-N) fra afgrøderest-hovedafgrøde

Til beregning af N₂O emissioner fra afgrøderester, benyttes en metode der bruges i forbindelse med det nationale regnskab over emissioner af drivhusgasser. Her er der opstillet retningslinjer for beregning af N i afgrøderest. Det svarer til Tier 1 retningslinjerne fra IPCC (2006). Metoden benyttes ligeledes i landmandens klimaværktøj.

I beregningerne indgår fire afgrødefraktioner for hovedafgrøder, nemlig 1) høstudbytte, f.eks. kerneudbytte, 2) overjordisk afgrøderest (inkl. halm, top mv.), 3) halm eller top, der bjærges og 4) underjordisk afgrøderest. Overjordisk afgrøderest beregnes som en fraktion i forhold til det høstede udbytte.

Ud over afgrøderest fra hovedafgrøden er der afgrøderest fra udlæg og efterafgrøder. Disse afgrøder behandles i næste afsnit.

Overjordisk afgrøderest:

$$\text{Afgrøderest overjordisk}_{\text{Total}} = (\text{Udbytte}_{\text{kg tørstof/1000}}) \times \text{Hældning} + \text{Intercept}$$

Hældning og intercept til beregning af overjordisk afgrøderest (total) tabellægges for hver afgrøde. Udgangspunktet er værdierne i tabel 1, der stammer fra IPCC (2006). For sammenlignelige afgrøder anvendes de samme værdier.

Tabel 1. Hældning og intercept (ton tørstof) til beregning af overjordisk afgrøderest samt N-indhold i overjordisk afgrøderest for hovedafgrøder (IPCC, 2006).

Afgrøde	Hældning	Intercept (ton tørstof)	N-indhold
Vinterhvede	1,61	0,4	0,006
Vårhvede	1,29	0,75	0,006
Vinterbyg	0,98	0,59	0,007
Vårbyg	0,98	0,59	0,007
Havre	0,91	0,89	0,007
Rug	1,09	0,88	0,005
Majs	1,03	0,61	0,006
Markært	1,13	0,85	0,008
Hestebønner	1,13	0,85	0,008
Kartofler	0,1	1,06	0,019
Roer	1,07	1,54	0,016
Græs	0,3	0	0,015
Kløvergræs	0,3	0	0,025

Udbyttet af halm og top bjærget er enten planlagt eller registreret. Hvis halm eller top nedmuldes, dvs. ikke fjernes fra marken, så sættes udbyttet til 0.

Dernæst beregnes overjordisk afgrøderest efterladt på marken som overjordisk afgrøderest (total) minus halm eller top bjærget.

$\text{Afgrøderest overjordisk}_{\text{Ej fjernet}} = \text{Afgrøderest overjordisk}_{\text{Total}} - \text{Halm el. top bjærget (kg tørstof/ha)}$

Der regnes med samme N-indhold i halm eller top og resterende overjordisk afgrøderest (afgrødespecifikt). N i afgrøderest kan derfor beregnes ud fra tabellagte eller registrerede værdier for N-indhold i halm eller top eller ud fra de værdier, der fremgår af tabel 12.

$N \text{ i Afgrøderest overjordisk}_{\text{Ej fjernet}} = \text{Afgrøderest overjordisk}_{\text{Ej fjernet}} \times N\text{-indhold}_{\text{overjordisk}}$

Underjordisk afgrøderest:

Underjordisk afgrøderest beregnes med en faktor for forholdet mellem underjordisk afgrøderest og overjordisk biomasse ($\text{Underjordisk afgrøderest} / (\text{udbytte} + \text{overjordisk afgrøderest})$).

$\text{Afgrøderest underjordisk} = (\text{Udbytte} + \text{Afgrøderest overjordisk}_{\text{Total}}) \times \text{Faktor}_{\text{Afgrøderest underjordisk}}$

N-indholdet i underjordisk afgrøderest er højere end i overjordisk afgrøderest. N mængden i underjordisk afgrøderest beregnes med de værdier, der fremgår af tabel 2.

$N \text{ i Afgrøderest underjordisk} = \text{Afgrøderest underjordisk} \times N\text{-indhold}_{\text{Underjordisk}}$

Tabel 2. Faktor til beregning af underjordisk afgrøderest samt N-indhold i underjordisk afgrøderest for hovedafgrøder (IPCC, 2006).

Afgrøde	Faktor Underjordisk afgrøderest	N-indhold
Vinterhvede	0,23	0,009
Vårhvede	0,28	0,009
Vinterbyg	0,22	0,014
Vårbyg	0,22	0,014
Havre	0,25	0,008
Rug	0,22	0,011
Majs	0,22	0,007
Markært	0,19	0,008
Hestebønner	0,19	0,008
Kartofler	0,20	0,014
Roer	0,20	0,014
Græs	0,54	0,012
Kløvergræs	0,80	0,016

Den samlede N-mængde i afgrøderest beregnes da som summen af N i Afgrøderest overjordisk_Ej fjernet og N i Afgrøderest underjordisk.

Emission af lattergas fra N i overjordisk afgrøderest beregnes årligt for etårige afgrøder. For flerårige afgrøder beregnes emission af lattergas fra N i overjordisk afgrøderest kun i forbindelse med omlægning, dvs. emission af lattergas fra overjordisk afgrøderest i flerårige afgrøder som f.eks. kløvergræs beregnes i tilknytning til afgrødens sidste brugsår (høstår).

$$N_{\text{Afgrøderest}} = N \text{ i Afgrøderest overjordisk_Ej fjernet} \times F_{\text{Omlæg}} + N \text{ i Afgrøderest underjordisk}$$

$F_{\text{Omlæg}}$ kan antage værdierne 0 eller 1. Værdien er 1 for alle etårige afgrøder og for flerårige afgrøder i det sidste brugsår/høstår. Værdien er 0 for flerårige afgrøder undtagen det sidste høstår.

Lattergas-emissionsfaktoren ($EF_{\text{Afgrøderest}}$) for afgrøderest efter udlægsafgrøder og efterafgrøder er 0,01.

$$N_2O-N_{\text{Afgrøderest}} = EF_{\text{Afgrøderest}} \times N_{\text{Afgrøderest}}$$

For omregning til CO₂e bruges omregningsfaktor 44/28 (Fra N₂O-N til N₂O) og potentialet for global opvarmning (GWP) = 298.

Beregning af emission af lattergas (N₂O-N) fra afgrøderest-udlæg og efterafgrøde

I beregningerne af afgrøderest fra udlæg og efterafgrøder indgår tre afgrødefraktioner, nemlig 1) høstudbytte/høstbart udbytte, 2) stub mv.) og 3) underjordisk afgrøderest.

For alle udlægsafgrøder og efterafgrøder fastsættes normudbytter (høstbare del) uanset om afgrøden høstes eller nedmuldes. Stub mv. beregnes som en fraktion i forhold til det høstede eller høstbare udbytte. Hældning og intercept til beregning af overjordisk afgrøderest (total) tabellægges for hver afgrøde.

$$\text{Stub mv.} = (\text{Udbytte_kg tørstof/1000}) \times \text{Hældning} + \text{Intercept}$$

Tabel 3. Hældning og intercept (ton tørstof) til beregning af overjordisk afgrøderest samt N-indhold i overjordisk afgrøderest for udlægsafgrøder og efterafgrøder.

Udlægsafgrøder og efterafgrøder	Hældning	Intercept (ton tørstof)	N-indhold
Græs	0,3	0	0,015
Kløvergræs	0,3	0	0,025
Olieræddike			
Gul sennep			
Osv. (alle efterafgrøder)			

Det skal fremgå ud fra den valgte udlægsafgrøde eller efterafgrøde i Mark Online, om afgrøden høstes eller nedmuldes (Nedmuld = 1/0). For afgrøder, der høstes, er der et planlagt eller registreret udbytte. For afgrøder, der ikke høstes, skal der være tabellagt et "høstbart" udbytte.

Afgrøderest overjordisk_{Nedmuldet} = Udbytte x Nedmuld (1/0) + Stub mv.

N i afgrøderest overjordisk_{Nedmuldet} = Afgrøderest overjordisk_{Nedmuldet} X N-indhold_{overjordisk}

Underjordisk afgrøderest beregnes med en faktor for forholdet mellem underjordisk afgrøderest og overjordisk biomasse (Underjordisk afgrøderest / (udbytte + overjordisk afgrøderest)). Overjordisk biomasse er summen af høstet udbytte eller høstbart udbytte og stub mv.

Afgrøderest underjordisk = (Udbytte + Stub mv.) * Faktor_{Afgrøderest underjordisk}

N-indholdet i underjordisk afgrøderest er højere end i overjordisk afgrøderest. N mængden i underjordisk afgrøderest beregnes med de værdier, der fremgår af tabel 4.

N i Afgrøderest underjordisk = Afgrøderest underjordisk x N-indhold_{underjordisk}

Tabel 4. Faktor til beregning af underjordisk afgrøderest samt N-indhold i underjordisk afgrøderest for udlægsafgrøder og efterafgrøder.

Afgrøde	Faktor Underjordisk afgrøderest	N-indhold
Græs	0,54	0,012
Kløvergræs	0,80	0,016
Olieræddike		
Gul sennep		
Osv. (alle efterafgrøder)		

Den samlede N-mængde i afgrøderest beregnes da som summen af N i Afgrøderest overjordisk_{Ej Fjernet} og N i Afgrøderest underjordisk

Der beregnes kun emission af lattergas fra overjordisk afgrøderest, hvis udlægsafgrøden (eller efterafgrøden) omlægges til en anden afgrøde det efterfølgende høstår.

N_{Efterafgrøde} = N i Afgrøderest overjordisk_{Ej Fjernet} X F_{Omlæg} + N i Afgrøderest underjordisk

F_{Omlæg} kan antage værdierne 0 eller 1. Værdien er 1, når udlægsafgrøden eller efterafgrøden omlægges til en anden afgrøde i det følgende høstår – ellers er værdien 0.

Lattergas-emissionsfaktoren ($EF_{\text{Efterafgrøde}}$) for afgrøderest er 0,01.

$$N_2O-N_{\text{Efterafgrøde}} = EF_{\text{Efterafgrøde}} \times N_{\text{Efterafgrøde}}$$

For omregning til CO_2e bruges omregningsfaktor 44/28 (Fra N_2O-N til N_2O) og potentialet for global opvarmning (GWP) = 298.

Beregning af emission af lattergas (N_2O) fra netto mineralisering af organisk jordpulje på mineraljord

Ifølge IPCC (2006) bidrager ammonium og nitrat fra netto mineraliseringen af den organiske pulje i jorden til dannelse af lattergas på linje med andre kvælstofkilder. Til det nationale danske klimaregnskab beregnes dette kvælstofbidrag med C-tool, der opererer med tre jordpuljer, nemlig 1) Frisk organisk stof, 2) Humificeret organisk stof og 3) Modstandsdygtigt organisk stof. Organisk stof i de tre puljer har halveringstider på henholdsvis 0,6-0,7 år, 50 år og 600-800 år. Lattergas fra omsætningen af organisk stof i puljen "Frisk organisk stof" er indeholdt i bidraget fra afgrøderester ($N_2O_{\text{Afgroderest}}$). Lattergas fra netto mineralisering omfatter de to andre puljer: Humificeret organisk stof og modstandsdygtigt organisk stof. Der beregnes kun et lattergas-bidrag, hvis der er en netto nedgang i disse to puljer på årlig basis. Der sker ingen "modregning", hvis der nogle år sker en stigning i puljerne. Hvis der netto sker en opbygning af puljerne, så sættes lattergas-bidraget til 0.

Nedenstående beregning af lattergas fra mineralisering gælder kun for mineraljord, dvs. alle danske jordtyper undtagen JB11.

I Mark Online modellen fx er der kun én organisk pulje med langsom omsætning, nemlig pulje 2. Det antages, at vi som en tilnærmet metode kan beregne emission af lattergas fra netto mineralisering ud fra den årlige ændring i pulje 2.

$$N_{\text{Mineralisering}} = \text{Pulje 2}_{31.\text{marts år-1}} - \text{Pulje 2}_{31.\text{marts}} \text{ (kg N/ha)}$$

Hvis $N_{\text{Mineralisering}} < 0$, så $N_2O-N_{\text{Mineralisering}} = 0$, ellers

$$N_2O-N_{\text{Mineralisering}} = EF_{\text{Mineralisering}} \times N_{\text{Mineralisering}}$$

Lattergas-emissionsfaktoren ($EF_{\text{Mineralisering}}$) for mineralisering er 0,01.

Hvis der ikke kan beregnes en relevant ændring i pulje 2 i Mark Online, så sættes $N_2O-N_{\text{Mineralisering}}$ til 0.

For omregning til CO_2e bruges omregningsfaktor 44/28 (Fra N_2O-N til N_2O) og potentialet for global opvarmning (GWP) = 298.

Beregning af emission af lattergas (N_2O) fra dyrkning af organogen jord

Fra organogen jord er der emissioner af drivhusgasser fra nedbrydning af det organiske stof og fra anvendelse af gødning og andre hjælpestoffer. Emissioner fra anvendelse af gødning, kalk, nitratudvaskning mv. opgøres som for andre, ikke-organogene marker. Denne beregning omfatter kun N_2O fra nedbrydning af organisk stof i jorden.

Beregningen følger fremgangsmåde, der anvendes i det nationale danske klimaregnskab. Desuden anvendes metoden også i Landmandens klimaværktøj. I beregningen skelnes der mellem om jorden har 6-12% organisk bundet kulstof (SOC) eller > 12% organisk bundet kulstof. JB11 har per definition minimum 10% organisk stof, hvilket ca. svarer til minimum 6% organisk bundet kulstof (SOC). Hvis der findes en teksturanalyse, så kan JB11 marker inddeles i de to klasser. Teksturoplysninger findes ikke for ret mange JB11 marker. Det kan overvejes – som et alternativ til teksturanalyser – at inddele JB11

marker i de to klasser ud fra den nationale jordbundskortlægning (Tørv kortlægningen). Hvis der for JB11 marker ikke findes oplysninger om indholdet af organisk bundet kulstof, så antages det, at indholdet er 6-12%.

Emission af lattergas fra dyrkning af organogen jord differentieres endvidere efter, om jorden er i omdrift (Cropland) eller ligger ud i græs og om arealet er drænet eller har høj vandstand. Det fremgår af tabel 5, hvor store arealer, der indgår i de forskellige kategorier i det nationale klimaregnskab.

Tabel 5. Fordeling af dyrkede arealer med organogen jord 2017.

Kategori	Antal ha
Omdrift (Cropland), > 12% SOC	49.100
Græsareal, > 12% SOC	15.900
Græsareal, høj vandstand, > 12% SOC	4.300
Omdrift (Cropland), 6-12% SOC	30.900
Græsareal, 6-12% SOC	10.000
Græsareal, høj vandstand, 6-12% SOC	2.200

Emission af lattergas fra dyrkning af organogen jord ($N_2O-N_{\text{Organogen}}$) estimeres med en fast værdi afhængig af arealanvendelse og dræningstilstand, jf. tabel 6.

Tabel 6. Standardværdier for emission af lattergas fra dyrkning af organogen jord.

Kategori	Kg N_2O-N
Omdrift (Cropland), > 12% SOC	13,0
Græsareal, > 12% SOC	8,2
Græsareal, høj vandstand, > 12% SOC	1,6
Omdrift (Cropland), 6-12% SOC	6,5
Græsareal, 6-12% SOC	4,1
Græsareal, høj vandstand, 6-12% SOC	0,8

Det er pt. ikke afklaret, om der findes en national kortlægning af arealer inden for hver af de seks kategorier. Det antages, at der kan skelnes mellem omdriftsarealer og græsarealer ud fra afgrødekoden. Det kan overvejes, om brugerne skal have mulighed for at angive dræningstilstand. "Høj vandstand" kan dog kun kombineres med lavtydende græsafrøder eller en afgrødekode uden udbytte.

$$N_2O-N_{\text{organogen jord}} = \text{Std. Værdi emission } N_2O-N \times \text{Antal Ha.}$$

For omregning til CO_2e bruges omregningsfaktor 44/28 (Fra N_2O-N til N_2O) og potentialet for global opvarmning (GWP) = 298.

Beregning af emission af lattergas (N_2O) fra deposition

I kvælstofregnskabet indgår posten "Atmosfærisk deposition"; som omfatter nedfald af kvælstof med nedbør og ved tørdeposition. I klimaregnskabet beregnes emission af lattergas i forhold til de kilder, der bidrager med kvælstof til den samlede deposition. De landbrugsrelaterede kilder omfatter NH_3 og NO_x fra husdyrgødning, stalde, husdyrgødningslagre, organisk og uorganisk gødning samt afgrøder.

Da der beregnes emission af lattergas ud fra kildebidragene, så skal depositionen ikke indgå i klimaregnskabet, da der så vil være tale om kontering af den samme post to gange.

Beregning af indirekte emissioner af lattergas

De indirekte emissioner af lattergas omfatter emissioner i forbindelse med kvælstofudvaskning og i forbindelse med emissioner af NH_3 og NO_x . De indirekte emissioner af lattergas indgår ikke i grundlaget for beregning af denitrifikation (N_2) i næringsstofregnskabet.

Beregning af emission af lattergas (N_2O) fra nitratudvaskning

Nitratudvaskning beregnes som en selvstændig post i næringsstofregnskabet. Beregning af emission af lattergas fra udvaskning af nitrat forudsætter, at information om kvælstofretentionen, herunder både retention i grundvand, overfladevand og total, knyttes til alle marker. Emissionen beregnes i tre trin ud fra tilførslen af nitrat til henholdsvis grundvand, overfladevand og kystvand.

Lattergas-emissionsfaktorerne $\text{EF}_{\text{Grundvand}}$, $\text{EF}_{\text{Overfladevand}}$ og $\text{EF}_{\text{Kystvand}}$ er hver 0,0025.

Emissionen kan herefter udregnes:

$$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{Udvaskning}} = \text{N}_{\text{Udvaskning}} \times \text{EF}_{\text{Grundvand}} + \text{N}_{\text{Udvaskning}} \times (1 - \text{Retention}_{\text{Grundvand}}) \times \text{EF}_{\text{Overfladevand}} + \text{N}_{\text{Udvaskning}} \times (1 - \text{Retention}_{\text{Total}}) \times \text{EF}_{\text{Kystvand}}$$

For omregning til CO_2e bruges omregningsfaktor 44/28 (Fra $\text{N}_2\text{O-N}$ til N_2O) og potentialet for global opvarmning (GWP) = 298.

I landbrugets klimaværktøj, beregnes klimaaftryk fra nitratudvaskning på afgrødeniveau. Der tages på dette niveau ikke hensyn til jordtype og geografiske forskelle i afstrømning (nedbør). Det vil sige, at klimaaftrykket beregnes ud fra den estimerede gennemsnitlige nitratudvaskning i hver enkelt afgrøde på tværs af jordtyper og geografisk placering. Der er på baggrund af N-LES5 modellen beregnet typetal for nitratudvaskning for alle afgrøder. Typetallene udtrykker den udvaskningseffekt en afgrøde har i et sædskifte samlet set. Typetallene for nitratudvaskning er som udgangspunkt beregnet med gødskning alene med handelsgødning. Der er tillagt en merudvaskning som følge af anvendelse af husdyrgødning. Der er regnet med en gennemsnitlig anvendelse af husdyrgødning. Typetallene for nitratudvaskning kan ses her: [Udvaskning LKV.xlsx](#)

Ved beregning af klimaaftryk på markniveau, hvor retentionen er angivet/beregnet i Markstyringsprogrammet, benyttes fremgangsmåden hvor udvaskning beregnes på baggrund af kvælstofretention. Her er det muligt at beregne udvaskningen på den givne mark med angivet jordtype og retention, hvilket ikke er muligt i landmandens klimaværktøj, hvor data hentes fra gødningsregnskabet – og kun på bedriftsniveau.

Beregning af indirekte N_2O -emission fra NH_3 -udledning fra handelsgødning

Der er fastsat ammoniak-emissionsfaktorer for forskellige typer handelsgødning, jf. tabel 1. I tabel 1 er forbruget af de forskellige gødningstyper i 2017 også angivet. Der er i 2016 fastsat nye emissionsfaktorer for alle handelsgødninger (2016 EMEP/EEA Guidebook). For de fleste gødningstyper er emissionsfaktoren øget betydeligt. Er der taget hensyn til udbringningsmetode og krav til anvendelse af ureaseinhibitor?

Tabel 1. NH₃ emissionsfaktorer for forskellige typer handelsgødning 2011-2017, kg NH₃-N pr. kg N (Efter Nielsen, 2019 – tabel 5.17, side 367 – og tidligere afrapporteringer).

Gødningstype	NH ₃ emissionsfaktor kg NH ₃ -N pr. kg N				Forbrug 2017 Tons N
	2011	2012 2013 2014	2015 2016 2017	2018	
Calcium- og bor calciumnitrat	0,01	0,11	0,05		0,2
Ammoniumsulfat (svovlsur ammoniak)*	0,01	0,01	0,09		8,2
Calcium ammonium nitrat	0,01	0,02	0,008		109,1
Ammoniumnitrat	0,01	0,04	0,015		3,5
Flydende ammoniak	0,02	0,01	0,019		6,0
Urea*	0,13	0,24	0,155		1,0
Andre kvælstofgødninger?*	0,06	0,04	0,01		37,9
Magnesium gødninger	0,01	0,11	0,05		0
NPK-gødninger	0,01	0,04	0,05		70,3
Diammonfosfat	0,01	0,11	0,05		3,2
Andre NP-gødninger	0,01	0,11	0,05		7,9
NK-gødninger	0,01	0,04	0,015		1,5
Andre gødninger			0,026		0
Samlet forbrug					248,7

*) Svovlsur ammoniak og amidholdige gødninger er fra 2020 underlagt regler, der skal begrænse ammoniakfordampningen (krav om tilsætning af ureaseinhibitor).

I Mark Online tilknyttes en NH₃-emissionsfaktor til hver gødningstype. Emissionsfaktoren bør afhænge af udbringningsmetode, men der mangler emissionsfaktorer, der er differentieret efter udbringningsmetode (tjek Guidebook og spørg Mette Hjorth Mikkelsen, DCE).

Ammoniakfordampningen beregnes da som kg N udbragt x emissionsfaktoren.

Den gennemsnitlige ammoniakemission fra anvendelsen af handelsgødning baseret på forbruget og fordelingen af gødningstyper for årene 2015-2017 er 0,025 kg NH₃-N pr. kg N-handelsgødning eller 0,031 kg NH₃ per kg N-handelsgødning (Hjort Mikkelsen, 2020).

Den gennemsnitlige ammoniak-emissionsfaktor for handelsgødning er i 2021 fastsat til 0,05 kg NH₃-N pr. kg N tilført i handelsgødning. Der skal udvikles en tabel i Mark Online, så der kan regnes med differentierede emissionsfaktorer for forskellige typer handelsgødning.

Beregning af indirekte N₂O-emission fra NH₃-udledning fra organisk gødning

Ammoniak-emission fra organisk gødning beregnes med afsæt i den markeffekt af kvælstof, som det faglige program beregner eller som er angivet af brugeren. Markeffekt af kvælstof er den udnyttelsesgrad af totalt kvælstof i gødningen, som vurderes tilgængeligt og kan udnyttes af den afgrøde, som gødningen tildeles til. Det tilgængelige kvælstof vil bestå dels af ammonium og dels af organisk bundet kvælstof, som mineraliseres i den periode, hvor afgrøden optager kvælstof.

Udnyttelsesgraden af ammonium er bestemt af evnen til at minimere ammoniak emission ved udbringning. Ammoniak tabet er i høj grad bestemt af vejrforholdene og dermed tidspunkt for udbringning, udbringningsteknik og afgrøde. Ligeledes bestemmende for ammoniak emission er karakteristikkene af den organiske gødning i form af tørstofprocenten, indhold af Ammoniumkvælstof og organisk bundet kvælstof, samt pH (forsuret/afgasset) på gødningen.

Model for beregning af markeffekt af kvælstof

Faktorerne er modelleret og faktorerne er bestemt ud fra, at den beregnede markeffekt er i overensstemmelse med den markeffekt som er fundet i en række markforsøg.

Modelbeskrivelse

Gødningens aktuelle tørstof% og N-indhold findes via **KFManureStorageSpecifiedAmountIncludeAnalysis**

Forsuring [J/N] læses i [NutrientSupply.Acidification]
Afgasset [J/N] finder der en gyldig analyse med [J] for afgasset ellers [N] via
KFManureStorageSpecifiedAmountIncludedAnalysis.Degasified

Dato læses fra dyrkningsplanen.

Udbringningsteknik læses fra [NutrientSupply.applicationTechNumber]

Disse parametre anvendes ved opslag i tabel NUtilizationRateCalcConstant og forventet markeffekt af N beregnes ved formlen

$$\text{MarkEff N} = \text{NH}_4\text{Andel} - \text{NH}_4\text{tab} + \text{OrgNMin} + \text{pHEffekt}$$

Hvor

$$\text{NH}_4\text{Andel} = \text{NH}_4 * 100 / \text{TotalN}$$

$$\text{NH}_4\text{tab} = (\text{NH}_4\text{Andel} * k1/100 - k2 * \text{Tørstof\%}) * k3$$

$$\text{OrgNmin} = (100 - \text{NH}_4\text{Andel}) * k4/100$$

$$\text{pHEffekt} =$$

$$\text{HVIS forsuring} = \text{J}, \text{ SÅ pHEffekt} = k5$$

$$\text{ELLERS HVIS Afgasset} = \text{J}, \text{ SÅ pHEffekt} = k6$$

$$\text{ELLERS pHEffekt} = 0$$

HVIS applicationTechNumber = 0 eller Null

SÅ MarkEffN = læs værdi på lageret

[ManureStorageOnline.nUtilizationValue]

Modelresultat for beregnet markeffekt af kvælstof

Eksempler på beregnet markeffekt i forskellige afgrøder, tidspunkt, gylletype, og udbringningsteknik er vist her.

Afgrøde	Periode	Forsuring	Std. udbr.teknik	Markeffekt i pct.	
				Svinegylle	Kvægylle
Vårsæd, roer og majs	Før såning	Nej	Nedfældet	80-82	70-72
	1. feb til 30. apr.	Ja	Slangeudlagt	80-82	70-72
	Forår	Nej	Slangeudlagt	65	52
	1. maj til 31. maj	Ja		75	62
vinterkorn	Sommer	Nej	Slangeudlagt	57	46
	1. juni og frem	Ja		67	56
	Tidlig forår	Nej	Slangeudlagt	64	51
	1. feb. Til 30. apr.	Ja		69	56
	Forår	Nej	Slangeudlagt	61	45
	1. maj til 15. maj	Ja		66	51
	Sommer	Nej	Slangeudlagt	56	40
	16. maj og frem	Ja		61	46

Beregning af ammoniak tab

I modellen for markeffekt er ammoniaktab beskrevet ved

$$NH_4\text{tab} = (NH_4\text{Andel} * k1/100 - k2 * \text{Tørstof}\%) k3$$

Hvor konstanterne

k1, k2 og k3 er differentierede ved forskellige kombinationer af tørstofniveau, ammoniummængde, samt en differentieret k3 efter afgrødetype, tidspunkt og udbringningsteknik

Den mængde af ammoniumindholdet, som ikke er beregnet tabt ved ovenstående model indgår så i den beregnede markeffekt sammen med en effekt af organisk bundet kvælstof.

Brugeren kan på basis af egne erfaringer og de aktuelle vejrforhold angive en egen værdi for forventet markeffekt for den enkelte udbringning.

Det antages, at bidraget fra mineraliseret er konstant, jf. ovenstående model, og derfor kan denne andel trækkes ud af den samlede markeffekt af kvælstof og den resterende andel af markeffekten anslås at stamme fra udnyttelse af ammoniumkvælstof.

Restandel af ammoniumkvælstof-indholdet i gødningen, som ikke indgår som kg kvælstof i markeffekten, antages at være tabt ved ammoniak-emission ved udbringning og de efterfølgende dage.

Eksempel på beregningen

A) 25 t kvæggylle pr. ha nedfældet 1. april til vårbyg

8 pct tørstof

4,65 kg total N pr. ton

2,79 kg NH₄-N pr. ton

Her er markeffekt af kvælstof fx. beregnet til 72 pct. (eller angivet af brugeren).

Tilførsel af total N pr ha: 116,25 kg total N

Udnyttet kg N pr ha: $116,25 \times 0,72 = 83,7$ kg N

Andel af udnyttet kg N fra organisk bundet kvælstof:

Org.N: $(4,65 - 2,79) \times 25 \text{ ton} = 46,5$ kg N

Mineraliseret og udnyttet N fra org.N: $\text{Org.N} * k4/100 = 46,5 \times 40 / 100 = 18,6$ kg N

Udnyttet N fra ammonium:

Udnyttet i alt minus udnyttet org. N = $83,7 - 18,6 = 65,1$ kg N

Ammoniak-emission:

Tilført NH₄-N minus udnyttet NH₄-N: $(25 \times 2,79) - 65,1$ kg N = 4,65 kg N

Ammoniak-mission i procent af tilført NH₄-N:

$4,65 * 100 / 69,75 = 6,7 \%$

B) 25 t kvæggylle pr. ha slangeudlagt 20. maj til vårbyg (efter fremspiring)

Her er markeffekt af kvælstof fx beregnet til 57 pct. (eller angivet af brugeren).

Tilførsel af total N pr. ha: 116,25 kg total N

Udnyttet kg N pr ha: $116,25 \times 0,57 = 66,3$ kg N

Andel af udnyttet kg N fra organisk bundet kvælstof:

Org.N: $(4,65 - 2,79) \times 25 \text{ ton} = 46,5$ kg N

Mineraliseret og udnyttet N fra org.N: $\text{Org.N} \times k4/100 = 46,5 \times 30 / 100 = 13,95$ kg N

Udnyttet N fra ammonium:

Udnyttet i alt minus udnyttet org. N = $66,3 - 13,95 = 52,3$ kg N

Ammoniak-emission:

Tilført $\text{NH}_4\text{-N}$ minus udnyttet $\text{NH}_4\text{-N}$: $(25 \times 2,79) - 52,3$ kg N = 17,45 kg N

Ammoniak-emission i procent af tilført $\text{NH}_4\text{-N}$:

$17,45 \times 100 / 69,75 = 25 \%$

Ammoniak-emission beregnet som resultat af angivet markeffekt af kvælstof

Eksemplerne viser, hvorledes ammoniak-emissionen er beregnet ud fra angivet markeffekt.

Ved anvendelse af 25 tons kvæggylle pr. ha anslås markeffekten til 72% ved nedfældning før etablering af vårbyg estimeres ammoniak-emissionen til at udgøre 4,65 kg N eller 6,7 % af tilført ammonium, mens en markeffekt på 57 % af slangeudlagt kvæggylle midt i maj i vårbyg-afgrøden betyder, at ammoniak-emissionen beregnes til at udgøre 17,45 kg N eller 25 % af tilført ammonium,

Beregning af total N_2O -udledning pr mark

Den totale N_2O -udledning beregnes som en sum af N_2O -emissioner for de forskellige poster tidligere beskrevet, og som ligeledes er listet i tabel 7.

Tabel 7. Kildebidrag til 'Emission af lattergas (N_2O)' i et klimaregnskab for markbruget.

Lattergas bidrag	Type emission
$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{handelsgødning}}$	Direkte
$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{husdyrgødning}}$	Direkte
$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{Nedfældet}}$	Direkte
$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{Afgræsning}}$	Direkte
$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{Afgrøderest}}$	Direkte
$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{Efterafgrøde}}$	Direkte
$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{Mineralisering}}$	Direkte
$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{Organogen}}$	Direkte
$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{Deposition}}$	Direkte
$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{Udvaskning}}$	Indirekte
$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{Ammoniak}}$	Indirekte

For omregning til CO_2e bruges omregningsfaktor 44/28 (Fra $\text{N}_2\text{O-N}$ til N_2O) og potentialet for global opvarmning (GWP) = 298.

Præsentation af N₂O data

Efter beregningerne er foretaget, er det vigtigt at få præsenteret resultaterne så landmanden får størst mulig nytteværdi. Med nytteværdi menes der at landmanden skal kunne se på resultatet og herved få en ide om hvor på bedriften han kan planlægge anderledes, med et reduceret klimaaftryk til følge.

Når resultatet skal præsenteres vil det som udgangspunkt ske på markniveau, da det er på dette niveau beregningerne foretages. Det skal dog være muligt at få resultaterne på bedriftsniveau, evt. på afgrøde niveau også.

For hver mark kan landmanden altså se sit klimaaftryk forbundet med lattergasemissionen. Desuden skal det opgives på de forskellige emissionskilder som skitseret i nedenstående tabel:

Emissionskilde	Emission CO ₂	Emission CH ₄	Emission N ₂ O	Emission CO ₂ -ækv
Handelsgødning				
Husdyrgødning				
Husdyrgødning, afgræsning				
Afgrøderest, rod og stub				
Afgrøderest, halmnedmuldning				
Efterafgrøde, høstes				
Efterafgrøde, høstes ikke				
Mineralisering				
Kulstofrig jord				
Udvaskning				
Ammoniak-fordampning				
I alt				

Afgrøderest er her splittet op i halmnedmuldning og rod og stub, da rod og stub umiddelbart ikke er noget landmanden kan gøre noget ved. Emissionen forbundet med afgrøderester når halmen nedmuldes kan derimod påvirkes alt efter om halmen nedmuldes eller ej. Ved halmnedmuldning vil N₂O-emissionen stige pga. øget tilførsel af kvælstof til marken. Her er det dog vigtigt at der samtidig drages en parallel til den ekstra kulstof der tilføres marken hvilket øger kulstoflagringen. Det er derfor, i dette tilfælde, vigtigt at præsentere dette sammen med kulstoflagring. Det er dog ikke medtaget i dette notat.

Det samme gør sig gældende for efterafgrøder, alt efter om de efterlades i marken, eller om de høstes. Det er dog på nuværende tidspunkt ikke noget der registreres i markstyringsprogrammerne, hvorfor dette resultat kun er relevant, såfremt en sådan registrering indføres.

Med de beregningsmetoder vi har i dag, er det den måde hvorpå resultaterne kan præsenteres til størst nytte for landmanden. Det giver den enkelte landmand et overblik over lattergas-emissionen forbundet med primærproduktionen på den enkelte mark, og hvor emissionerne kommer fra. Ved ændringer i planlægningen i markstyringsprogrammet, vil han derfor også kunne se hvordan den planlagte ændring vil påvirke lattergasemissionen på markniveau.

Lige nu sker der et stort stykke arbejde med at udvikle differentierede emissionsfaktorer, der vil gøre det muligt at beregne mere præcist hvor stor emissionen af lattergas er koblet til fx jordtype, handels- vs. husdyrgødning, eller på forskellige afgrøder. Når sådanne differentierede emissionsfaktorer er klar til brug i den nationale opgørelse, vil de også kunne implementeres i beregninger i markstyringsprogrammerne. Præsentationen af data vil herefter skulle differentieres mere. Den samlede opgørelse for bedriften, vil skulle differentieres på de samme faktorer hvorved der forefindes differentierede emissionsfaktorer, altså fx jordtype, gødningstype og afgrøder.

Skal landmanden for alvor have nytteværdi af de præsenterede emissioner for lattergas, krævet det at beregningsmetoderne udvikles, så det er muligt at identificere risikohændelser. Dette ligger i fremtiden, men vil kræve en modellering af lattergasemissionerne fra markerne. Ved en modellering på daglig basis vil faktorer som vejrforhold og markhandlinger på de givne dage tages med i betragtning og modellerne vil bevæge sig mere over mod et styringsværktøj. Ved modellering af lattergasemissioner vil landmanden kunne se hvad det er for handlinger og klimaforhold der udløser lattergasemissioner, og en præsentation af den type data vil være mere handlingsorienteret.