

Beregning af N ₂ O-emission og denitrifikation (N ₂)	Ansvarlig	skh
	Oprettet	22-01-2020
	Side	1 af 16

Projekt: 4171 StyrN



Beregning af N₂O-emission og denitrifikation (N₂)

Denitrifikation og N₂O-emission er på linje med nitratudvaskning og ammoniakfordampning tabsposter i kvælstofregnskabet for en afgrøde.

I StyrN projektet er det besluttet, at beregningen af denitrifikation i forbindelse med næringsstofregnskabet i Mark Online baseres på SimDen modellen fra 2004. SimDen modellen vil ikke blive implementeret 1:1; men beregningsstrukturen og niveauet for denitrifikation vil bygge på SimDen modellen.

Denitrifikationen beregnes for den kvælstofomsætning, der finder sted i rodzonen til 1 meters dybde. Den denitrifikation, der sker ved reduktion af udvasket nitrat fra rodzonen, kan inddrages, hvis næringsstofregnskabet udvides til også at omfatte transportvejene fra rodzonen til det marine vandmiljø.

I SimDen beregnes denitrifikationen som en sum af baggrunds-denitrifikation og denitrifikation som følge af udbragt kvælstof i handelsgødning, husdyrgødning og kvælstoffiksering. Både baggrundsdenitrifikationen og den øvrige denitrifikation beregnes som emissionen af N₂O multipliceret med forholdet mellem N₂ og N₂O. I SimDen anvendes forskellige N₂O-emissionsfaktorer for kvælstofbidrag via henholdsvis handelsgødning, husdyrgødning og kvælstoffiksering. N₂/N₂O forholdet er fastsat forskelligt afhængig af jordtype, gødningstype og frugtbarhed/dyrkningshistorie mht. tilførsel af organisk materiale.

Baggrundsemission af lattergas (N₂O)

I SimDen fastsættes en baggrundsemission af lattergas afhængig af jordtype og forhistorie mht. tilførsel af organisk materiale, jf. tabel 1.

Tabel 1. Baggrundsemission af lattergas (kg N₂O-N/ha/år) anvendt i SimDen.

Værdierne er fra SimDen 2.0

JB	Forhistorie – organisk materiale		
	Lav	Middel	Høj
JB1	0,00	0,25	0,50
JB2	0,30	0,50	0,70
JB3	0,55	0,75	0,95
JB4	0,80	1,00	1,20
JB5	1,20	1,50	1,80
JB6	1,45	1,75	2,05
JB7	1,70	2,00	2,30
JB8	2,00	2,50	3,00

I Mark Online er forhistorien mht. tilførsel af organisk materiale karakteriseret ved kvælstofindholdet i kvælstofpulje 2 i Mark Onlines kvælstofmodul. Pulje 2 beregnes i Mark Online i forhold til et reference-scenarie, der repræsenterer et korndomineret sædskifte, hvor halmen fjernes og der kun sjældent

tilføres husdyrgødning eller kun mindre mængder. En marks forhistorie kan som udgangspunkt i Mark Online placeres i én af 5 grupper, jf. tabel 2.

Tabel 2. Kvælstofindhold i Mark Onlines kvælstofpulje 2 i forhold til et referencescenarie afhængig af markens forhistorie. Anvendes til indplacering af marken ved opstart i Mark Online. Efter opstart beregnes indholdet i pulje 2 på årlig basis.

Markens forhistorie	Organisk N i pulje 2	Mineralisering pr. år
Kornsædsskifte, halm fjernet og ingen husdyrgødning de sidste 20-30 år. Meget lille eftervirkning.	-1.000 kg N/ha	-25 kg N/ha
Korndomineret sædskifte, halm fjernet og kun sjælden tilførsel af husdyrgødning. Lille eftervirkning.	0	0
Alm. Sædskifte. Jævnlig tilførsel af organisk stof. Middel eftervirkning.	+1.000 kg N/ha	25 kg N/ha
Kløvergræs og husdyrgødning i sædskiftet. Stor eftervirkning.	+2.000 kg N/ha	50 kg N/ha
Kløvergræs og afgræsning. Meget stor eftervirkning.	+3.000 kg N/ha	75 kg N/ha

NB: Vi bør overveje, at puljerne i tabel 2 kan "oversættes" til et absolut antal kg total-N i rodzonen til 1 meters dybde. Brugerfladen i Mark Online indeholder allerede en mulighed for registreret af målt total-N.

I tabel 3 er foreslået en fremgangsmåde til fastsættelse af baggrundsemissionen af lattergas som angivet i tabel 1 på baggrund af puljeinddelingen som angivet i tabel 2. De 3 klasser mht. forhistorie i SimDen er opdelt på 5 klasser i Mark Online svarende til de 5 klasser, der allerede findes i Mark Online mht. markernes forhistorie. De to ekstra klasser er fastsat som gennemsnit af henholdsvis "Lav", "Middel" og "Middel", "Høj".

Tabel 3. Baggrundsemission af lattergas (kg N₂O-N/ha/år) som funktion af jordtype og pulje 2 niveau i Mark Online.

	Forhistorie – tilførsel af organisk materiale (pulje 2)				
	Lav	Lav-Middel	Middel	Middel-Høj	Høj
Pulje 2, kg N	< -500 kg N	-500 – 500	500 -1.500	1.500 – 2.500	> 2.500
JB1	0,00	0,125	0,25	0,375	0,50
JB2	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70
JB3	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95
JB4	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20
JB5	1,20	1,35	1,50	1,65	1,80
JB6	1,45	1,60	1,75	1,90	2,05
JB7	1,70	1,85	2,00	2,15	2,30
JB8	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
JB9	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
JB10					
JB11					

SimDen opererer kun med JB1-JB8. JB9, som der stort set ikke findes noget af i Danmark, kan sættes til det samme som JB8. SimDen er ikke gældende for organogen jord. Der kan derfor ikke umiddelbart fastsættes værdier for JB11.

Nedbørregime

Det fremgår af SimDen modellen, at de tre klasser vedrørende markens forhistorie med hensyn til tilførsel af organisk materiale også kan anvendes til inddeling af markerne i forhold til nedbørniveau. Klassen "Lav" svarer til lav nedbør, "Middel" til middelhøj nedbør og "Høj" til høj nedbør. Det fremgår ikke, hvordan man kombinerer nedbørregime med forhistorie med hensyn til tilførsel af organisk stof. Det burde nok være en matrix med $3 \times 3 = 9$ kombinationer af nedbør og forhistorie.

Nedbørniveau spiller en ret væsentlig rolle for størrelsen af denitrifikationen. Det foreslås derfor, at alle marker i Mark Online inddeles i nedbørklasser. Det skal afklares, hvor mange klasser det er relevant at have. Tre eller fem klasser er formentlig passende. Inddelingen baseres på normal årsnedbør. For hver klasse fastsættes en faktor, som ganges med den baggrundsemission, der fremgår af tabel 3. Værdierne i tabel 3 skal da betragtes som gældende ved middel nedbør.

Som udgangspunkt foreslås det at anvende tre nedbørklasser med de korrektionsfaktorer, der fremgår af tabel 4. Korrektionen svarer stort set til den differentiering af baggrundsemissionen man også vil få i SimDen ved at bruge værdierne i tabel 1 som udtryk for tre nedbørklasser.

Tabel 4. Korrektionsfaktor for baggrundsemission af lattergas afhængig af nedbørregion.

JB	Nedbørregion		
	Lav	Middel	Høj
Alle JB	0,8	1,0	1,2

Dyrkningsrelateret denitrifikation

SimDen har forskellige lattergas-emissionsfaktorer for handelsgødning og husdyrgødning. I SimDen beregnes kun denitrifikation i forhold til udbragt uorganisk N i husdyrgødning. For kvælstoffiksering beregnes kun emission af lattergas for den andel af det fikserede kvælstof, der ikke høstes.

Tabel 5. Andel af tilført N, der indgår i emissionsberegning, og lattergas-emissionsfaktorer anvendt i SimDen.

	Andel af N, der indgår i emissionsberegning	Emissionsfaktor for lattergas
Handelsgødning	100 %	0,008
Husdyrgødning	70 %	0,025
Kvælstoffiksering	40 %	0,025

De lattergas-emissionsfaktorer, der er anvendt i SimDen og som fremgår af tabel 5, afviger væsentligt fra de emissionsfaktorer, der anvendes til den årlige, nationale opgørelse af drivhusgasemissioner og som er baseret på retningslinjer fra IPCC (2006). I SimDen indgår kun kvælstof fra gødninger og kvælstoffiksering. Kvælstof i afgrøderester, herunder efterafgrøder, kan bidrage væsentligt til den samlede denitrifikation. I Mark Online ønskes derfor en mere differentieret beregning af emissioner af lattergas end der findes i SimDen. Beregningerne vil derfor i stedet tage udgangspunkt i den metodik, der anvendes i forbindelse med den årlige nationale opgørelse af drivhusgasemissioner.

Tabel 6. Andel af tilført N, der indgår i emissionsberegning, og lattergas-emissionsfaktorer, der foreslås anvendt i Mark Online.

	Andel af N, der indgår i emissionsberegning	Emissionsfaktor for lattergas
Handelsgødning	100 %	0,01
Husdyrgødning (total-N)	100 %	0,01
Kvælstoffiksering	-	0
Afgrøderest	100 %	0,01
Mineralisering	100 %	0,01
Deposition	100 %	0,01

Ved beregning af emissioner af lattergas indgår normalt også et bidrag for omsætning af nitrat, der er udvasket fra rodzonen. Denitrifikation efter udvaskning fra rodzonen vedrører imidlertid ikke næringsstofregnskabet, hvis regnskabet afgrænses til kun at omfatte det, der foregår på marken og i rodzonen. Ved udarbejdelse af et klimaregnskab er der imidlertid ingen tvivl om, at lattergas fra reduktion af udvasket nitrat også skal indgå. Det foreslås derfor at udbygge næringsstofregnskabet til også at omfatte transporten af nitrat fra rodzonen til det marine vandmiljø. Emission af lattergas fra udvasket nitrat kan beregnes disaggregeret, dvs. opdelt på et bidrag fra reduktion af nitrat i henholdsvis grundvand, overfladevand og kystvand. Emissionsfaktorer mv. fremgår af tabel 7.

Tabel 7. Andel af N, der indgår i emissionsberegning, og lattergas-emissionsfaktorer, for kvælstof udvasket som nitrat fra rodzonen.

Udvasket nitrat	Andel af N, der indgår i emissionsberegning	Emissionsfaktor for lattergas
I grundvand	100 %	0,0025
I overfladevand	100 % - retention i grundvand	0,0025
I kystvand	100 % - total retention	0,0025

N₂/N₂O forhold

Når emissionen af lattergas er beregnet, så er næste skridt at beregne emissionen af frit kvælstof (N₂) ved at gange emissionen af lattergas med en faktor, der angiver N₂/N₂O forholdet. I SimDen er N₂/N₂O forholdet differentieret efter jordtype og forhistorie med hensyn til tilførsel af organisk stof på samme måde som baggrundsemissionen af lattergas. Derudover er der i SimDen en differentiering ud fra udbringningsmetoden for husdyrgødning.

Tabel 8. N₂/N₂O forhold som funktion af jordtype og forhistorie anvendt i SimDen. Værdierne er fra SimDen 2.0

JB	Forhistorie – organisk materiale		
	Lav	Middel	Høj
JB1	1,0	1,3	1,5
JB2	1,5	2,0	2,5
JB3	2,5	3,0	3,5
JB4	3,5	4,5	5,5
JB5	4,0	5,0	6,0
JB6	5,0	6,0	7,0
JB7	6,0	7,0	8,0
JB8	7,0	8,0	9,0

I tabel 3 er foreslået en fremgangsmåde til fastsættelse af baggrundsemissionen af lattergas som angivet i tabel 1 på baggrund af puljeinddelingen som angivet i tabel 2. De 3 klasser mht. forhistorie i SimDen er opdelt på 5 klasser i Mark Online svarende til de 5 klasser, der allerede findes i Mark Online

mht. markernes forhistorie. De to ekstra klasser er fastsat som gennemsnit af henholdsvis "Lav" og "Middel" og "Middel" og "Høj".

Tabel 9. N_2/N_2O forhold som funktion af jordtype og pulje 2 niveau i Mark Online.

	Forhistorie – tilførsel af organisk materiale (pulje 2)				
	Lav	Lav-Middel	Middel	Middel-Høj	Høj
Pulje 2, kg N	< -500 kg N	-500 – 500	500 -1.500	1.500 – 2.500	> 2.500
JB1	1,0	1,15	1,3	1,4	1,5
JB2	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5
JB3	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5
JB4	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
JB5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
JB6	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
JB7	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
JB8	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
JB9	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
JB10					
JB11					

SimDen opererer kun med JB1-JB8. JB9, som der stort set ikke findes noget af i Danmark, kan sættes til det samme som JB8. SimDen er ikke gældende for organogen jord. Der kan derfor ikke umiddelbart fastsættes værdier for JB11.

Nedbørregion

Det fremgår af SimDen modellen, at de tre klasser vedrørende markens forhistorie med hensyn til tilførsel af organisk materiale også kan anvendes til inddeling af markerne i forhold til nedbørniveau. Klassen "Lav" svarer til lav nedbør, "Middel" til middelhøj nedbør og "Høj" til høj nedbør. Det fremgår ikke, hvordan man kombinerer nedbørniveau med forhistorie med hensyn til tilførsel af organisk stof. Det burde nok være en matrix med $3 \times 3 = 9$ kombinationer af nedbør og forhistorie.

Nedbørniveau spiller en ret væsentlig rolle for størrelsen af denitrifikation. Det foreslås derfor, at alle marker i Mark Online inddeles i nedbørklasser (nedbørregioner). Det skal afklares, hvor mange klasser det er relevant at have. Tre eller fem klasser er passende. Inddelingen baseres på normal årsnedbør. For hver klasse fastsættes en faktor, som ganges med den baggrundsemission, der fremgår af tabel 3. Værdierne i tabel 9 skal da betragtes som gældende ved middel nedbør.

Som udgangspunkt foreslås det at anvende tre nedbørklasser med de korrektionsfaktorer, der fremgår af tabel 10. Korrektionen svarer stort set til den differentiering af baggrundsemissionen man også vil få i SimDen ved at bruge værdierne i tabel 1 som udtryk for tre nedbørklasser.

Tabel 10. Korrektionsfaktorer ved fastsættelse af N_2/N_2O forhold afhængig af nedbørregion.

JB	Nedbørregion		
	Lav	Middel	Høj
Alle JB	0,80	1,0	1,20

Husdyrgødning og anden organisk gødning

I SimDen øges N_2/N_2O forholdet med 0,5, når der er tale om husdyrgødning. Det betyder, at der tillægges 0,5 til de N_2/N_2O -forhold, der fremgår af tabel 9. Tillægget foretages for alle typer organisk gødning, herunder også gødning afsat under afgræsning.

Udbringningsmetode for husdyrgødning

I SimDen er beregningen af denitrifikation desuden differentieret i forhold til udbringningsmetoden for husdyrgødning. Nedmuldet (nedharvet eller nedpløjet) husdyrgødning og gylle, der er overfladeudbragt med slæbeslanger, giver i SimDen halvt så meget denitrifikation som direkte nedfældet husdyrgødning. SimDen indeholder ikke noget om forsuret gylle. Ifølge katalog over virkemidler til reduktion af landbrugets klimagasser har forsuring i forbindelse med udbringning af gylle ikke nogen direkte effekt på emissionen af drivhusgasser.

I Mark Online bliver udbringningsmetoden estimeret ud fra husdyrgødningstypen, udbringningstidspunktet og afgrøden. Det kan enten angives på lagerniveau (lager for husdyrgødning) eller i tilknytning til den enkelte udbringning, om gyllen er forsuret.

SimDen korrektionsfaktor

I SimDen er der anvendt nogle emissionsfaktorer for lattergas, som afviger fra de faktorer, der anvendes nu. Da denitrifikationen (N_2) beregnes ud fra den beregnede emission af lattergas, så kan det betyde, at denitrifikationen (N_2) i Mark Online kommer til at afvige noget fra det oprindelige SimDen. Det foreslås derfor, at der i beregningen indføres en yderligere faktor, der kan sikre, at den beregnede denitrifikation (N_2) er i samme størrelsesorden i Mark Online som i SimDen selv om vi anvender de nye emissionsfaktorer for lattergas.

Forskellige jordtyper til 1 meters dybde

SimDen beregner denitrifikationen i jordprofilen til 1 meters dybde. Både baggrundsemissionerne af lattergas, jf. tabel 1 og 3, og N_2/N_2O forholdene i tabel 8 og 9 forudsætter, at der er samme jordtype i hele jordprofilen til 1 meters dybde. I SimDen er der mulighed for at beregne denitrifikationen under hensyntagen til forskellige jordtyper i de forskellige lag. Jordprofilen til 1 meters dybde inddeles i 4 lag a 25 cm. Det er forudsat, at 80% af denitrifikationen foregår i 0-25 cm, 10% i 25-50 cm og 5% i hver af lagene 50-75 cm og 75-100 cm.

Indregning af effekten af forskellige jordtyper foretages ved at vægte både baggrundsemissionen af lattergas og N_2/N_2O forholdet efter jordtypen (JB nr.) i hver af de fire lag.

JB-vægtet baggrundsemission af lattergas:

$$\text{Baggrundsemission}_{\text{vægtet}} = 0,8 \times \text{Baggrundsemission}_{\text{JB0-25}} + 0,1 \times \text{Baggrundsemission}_{\text{JB25-50}} + 0,05 \times \text{Baggrundsemission}_{\text{JB50-75}} + 0,05 \times \text{Baggrundsemission}_{\text{JB75-100}}$$

JB-vægtet N_2/N_2O forhold:

$$N_2/N_2O \text{ forhold}_{\text{vægtet}} = 0,8 \times N_2/N_2O \text{ forhold}_{\text{JB0-25}} + 0,1 \times N_2/N_2O \text{ forhold}_{\text{JB25-50}} + 0,05 \times N_2/N_2O \text{ forhold}_{\text{JB50-75}} + 0,05 \times N_2/N_2O \text{ forhold}_{\text{JB75-100}}$$

I den aktuelle udgave af Mark Online kan man kun angive JB nr. for pløjelaget. JB i underjorden bliver automatisk sat til samme JB som i pløjelaget. Det skal afklares, om vi skal implementere muligheden for at vægte beregningen i fht. forskellige JB i forskellige dybder – ud fra en forventning om, at det formentlig på et tidspunkt bliver muligt at have forskellige JB i forskellige dybder.

Implementering i Mark Online

Beregning af emission af lattergas (N₂O)

Baggrundsemissionen af N₂O beregnes som i SimDen. 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 baggrundsemission af lattergas (N₂O-N)

Beregnes ud fra markens JB (evt. lagdelt til 1 meters dybde), forhistorie mht. anvendelse af organisk materiale udtrykt ved pulje 2-niveauet og nedbørregion.

For hvert jordlag til 1 meters dybde slås baggrundsemissionen op i en tabel (som tabel 3 nedenfor) som en funktion af JB og pulje 2-niveau. SimDen angiver ingen baggrundsemission for JB11 og JB12; men her er valgt, at JB11 og JB12 har samme baggrundsemission som JB4.

Tabel 3 (gentaget). Baggrundsemission af lattergas (kg N₂O-N/ha/år) som funktion af jordtype og pulje 2 niveau i Mark Online.

	Forhistorie – tilførsel af organisk materiale (pulje 2)				
	Lav	Lav-Middel	Middel	Middel-Høj	Høj
Pulje 2, kg N	< -500 kg N	-500 – 500	500 -1.500	1.500 – 2.500	> 2.500
JB1	0,00	0,125	0,25	0,375	0,50
JB2	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70
JB3	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95
JB4	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20
JB5	1,20	1,35	1,50	1,65	1,80
JB6	1,45	1,60	1,75	1,90	2,05
JB7	1,70	1,85	2,00	2,15	2,30
JB8	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
JB9	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
JB10	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
JB11	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20
JB12	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20

Dernæst beregnes den vægtede baggrundsemission:

$$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{Baggrund_vægtet}} = 0,8 \times \text{N}_2\text{O-N}_{\text{Baggrund_JB0-25}} + 0,1 \times \text{N}_2\text{O-N}_{\text{Baggrund_JB25-50}} + 0,05 \times \text{N}_2\text{O-N}_{\text{Baggrund_JB50-75}} + 0,05 \times \text{N}_2\text{O-N}_{\text{Baggrund_JB75-100}}$$

Hvis der ikke er oplysninger om JB under pløjelaget, så anvendes samme JB for alle jordlag.

Dernæst korrigeres baggrundsemissionen for nedbørregion. Nedbørregion er en fast oplysning tilknyttet hver enkelt mark. Nedbørregion fastlægges på kommuneniveau. Faktoren fremgår af tabel 4.

$$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{Baggrund_korr}} = \text{Faktor}_{\text{Nedbørregion}} \times \text{N}_2\text{O-N}_{\text{Baggrund_vægtet}}$$

Tabel 4 (gentaget). Korrektionsfaktor for baggrundsemission af lattergas afhængig af nedbørregion.

JB	Nedbørregion		
	Lav	Middel	Høj
Alle JB	0,80	1,00	1,2

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

Beregnes ud fra udbragt N i handelsgødning på den enkelte mark i gødningsplanåret. "Udbragt N i handelsgødning" indgår også som en selvstændig post i næringsstofregnskabet.

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

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

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

Udbragt husdyrgødning – ikke nedfældet omfatter både flydende og fast husdyrgødning. Beregnes ud fra udbragt N (total-N) i husdyrgødning på den enkelte mark i gødningsplanåret. Der er behov for at skelne mellem nedfældet husdyrgødning og andre udbringningsmetoder. "Udbragt N i husdyrgødning" indgår som en selvstændig post i næringsstofregnskabet; men bør altså splittes op i en nedfældet og ikke-nedfældet del. I Mark Online bliver det automatisk angivet, om gyllen forventes nedfældet eller udbragt på anden måde..

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

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

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

Beregnes ud fra den andel af udbragt N (total-N) i husdyrgødning, der er nedfældet.

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

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

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

Husdyrgødning afsat under afgræsning ($N_{\text{Afgræsning}}$) beregnes som en selvstændig post i næringsstofregnskabet.

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

Lattergas-emissionsfaktoren $EF_{\text{Afgræsning}}$ er 0,01.

Kvælstoffiksering

Der beregnes ikke emission af lattergas fra kvælstoffiksering.

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

I forbindelse med det nationale regnskab over emissioner af drivhusgasser er der opstillet retningslinjer for beregning af N i afgrøderest. Det svarer til Tier 1 retningslinjerne fra IPCC (2006).

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:

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

Hældning og intercept til beregning af overjordisk afgrøderest (total) tabellægges for hver afgrøde. Udgangspunktet er værdierne i tabel 12, der stammer fra IPCC (2006). For sammenlignelige afgrøder anvendes de samme værdier.

Tabel 12. 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.

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

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.

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

Underjordisk afgrøderest:

Underjordisk afgrøderest beregnes med en faktor for forholdet mellem underjordisk afgrøderest og overjordisk biomasse (Underjordisk afgrøderest / (udbytte + overjordisk afgrøderest)).

$$\text{Afrøderest underjordisk} = (\text{Udbytte} + \text{Afrøderest overjordisk}_{\text{Total}}) * \text{Faktor}_{\text{Afrøderest underjordisk}}$$

N-indholdet i underjordisk afgrøderest er højere end i overjordisk afgrøderest. N mængden i underjordisk afgrøderest beregnes med de værdier, der fremgår af tabel 13.

$$\text{N i Afrøderest underjordisk} = \text{Afrøderest underjordisk} \times \text{N-indhold}$$

Tabel 13. 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 afgrøderet 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.

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

Beregning af emission af lattergas (N_2O-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 14. 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 en "høstbart" udbytte. Det kan overvejes, om brugeren af Mark Online skal kunne angive et registreret "høstbart" udbytte, sådan at der kan indgå en differentiering efter, hvor kraftig en efterafgrøde, der har været. Der bliver formentlig også mulighed for, at oplysninger om det "høstbare" udbytte kan genereres fra satellitdata.

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

N i afgrøderest overjordisk_{Nedmuldet} = Afgrøderest overjordisk_{Nedmuldet} x N-indhold

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 15.

N i Afgrøderest underjordisk = Afgrøderest underjordisk x N-indhold

Tabel 15. 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

$F_{\text{Omlæg}}$ 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.

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

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 ($N_2O_{\text{Afgrøderest}}$). 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 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.

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

Beregningen følger fremgangsmåde, der anvendes i det nationale danske klimaregnskab. 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 16, hvor store arealer, der indgår i de forskellige kategorier i det nationale klimaregnskab.

Tabel 16. 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 ($N_2O-N_{Organogen}$) estimeres med en fast værdi afhængig af arealanvendelse og dræningstilstand, jf. tabel 17.

Tabel 17. 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.

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.

Men af hensyn til næringsstofregnskabet på markniveau, så bør der beregnes denitrifikation i forhold til depositionen, der indgår i næringsstofregnskabet som en selvstændig post. Depositionen indgår som et fast årligt tal afhængig af markens geografiske placering. Deposition kan tabellægges på kommuneniveau i Mark Online.

$$N_2O-N_{Deposition} = EF_{Deposition} \times N_{Deposition} \text{ (kg N/ha)}$$

Lattergas-emissionsfaktoren ($EF_{Deposition}$) for deposition er 0,01.

Beregning af denitrifikation (N₂)

Denitrifikation (N₂) beregnes ved at gange emissionen af lattergas med en faktor, der angiver N₂/N₂O forholdet.

Til beregning af posten denitrifikation (N₂) i næringsstofregnskabet indgår der bidrag fra de emissioner af lattergas (N₂O), der fremgår af tabel 18.

Tabel 18. Kildebidrag til emission af lattergas (N₂O), der indgår i beregningen af denitrifikation (N₂), lattergas emissionsfaktorer samt tillæg til faktor for N₂/N₂O forhold og en SimDen faktor (F_{SimDen}), der sikrer samme emissionsniveau som med SimDen modellen.

Lattergas bidrag	Lattergas emissionsfaktor (EF _{xx})	Tillæg N ₂ /N ₂ O forhold	SimDen faktor (F _{SimDen})
N ₂ O-N _{Baggrund_korr}		0	1,00
N ₂ O-N _{handelsgødning}	0,01	0	0,80
N ₂ O-N _{husdyrgødning}	0,01	0,5	1,00
N ₂ O-N _{Nedfældet}	0,01	0,5	1,75
N ₂ O-N _{Afgræsning}	0,01	0,5	0,80
N ₂ O-N _{Afgrøderest}	0,01	0	1,00
N ₂ O-N _{Efterafgrøde}	0,01	0	1,00
N ₂ O-N _{Mineralisering}	0,01	0	1,00
N ₂ O-N _{Organogen}	0,01	0	1,00
N ₂ O-N _{Deposition}	0,01	0	1,00

Selv om der i tabel anvendes samme lattergas emissionsfaktor for de forskellige kvælstofkilder til lattergas emission, så bør emissionsfaktorerne tabellægges individuelt for hver kilde, da der muligvis senere skal foretages en differentiering af emissionsfaktorerne.

Faktorer for N₂/N₂O forhold fremgår af tabel 9. I SimDen er der ikke fastsat N₂/N₂O forhold for JB11. Her er valgt, at JB11 har samme N₂/N₂O forhold som JB4.

Tabel 9 (gentaget). N₂/N₂O forhold som funktion af jordtype og pulje 2 niveau i Mark Online.

	Forhistorie – tilførsel af organisk materiale (pulje 2)				
	Lav	Lav-Middel	Middel	Middel-Høj	Høj
Pulje 2, kg N	< -500 kg N	-500 – 500	500 -1.500	1.500 – 2.500	> 2.500
JB1	1,0	1,15	1,3	1,4	1,5
JB2	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5
JB3	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5
JB4	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
JB5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
JB6	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
JB7	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
JB8	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
JB9	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
JB10	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
JB11	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5

De N₂/N₂O forhold, der fremgår af tabel 9, korrigeres for nedbørregion ved gange med en faktor for nedbør (F_{Nedbør}), jf. tabel 10.

Tabel 10 (gentaget). Korrektionsfaktor ($F_{\text{Nedbør}}$) ved fastsættelse af $\text{N}_2/\text{N}_2\text{O}$ forhold afhængig af nedbør-region.

JB	Nedbørregion		
	Lav	Middel	Høj
Alle JB	0,80	1,00	1,20

$$\text{Denitrifikation (N}_2\text{)} = \text{N}_2\text{O-N}_{\text{xx}} \times (F_{\text{N}_2/\text{N}_2\text{O}} + \text{Tillæg}) \times F_{\text{SimDen}} \times F_{\text{Nedbør}}$$

Den beregnede denitrifikation summeres for alle lattergasbidrag, jf. tabel 14.

Præsentation i næringsstofregnskabet

Emission af lattergas ($\text{N}_2\text{O-N}$) og denitrifikation (N_2) præsenteres som separate poster i næringsstofregnskabet.

Posten "Lattergas emission" omfatter summen af de bidrag, der fremgår af tabel 19. Det er valgt, at posten "Lattergas emission" skal omfatte netop de poster, der også vil indgå i et klimaregnskab, selv om det afviger lidt fra de lattergasbidrag, der indgår i beregningen af denitrifikation. Afvigelsen har ingen kvantitativ betydning for kvælstofbalancen. Formålet er at undgå, at der optræder forskellige tal for lattergas emission i et næringsstofregnskab og et klimaregnskab.

Tabel 19. Kildebidrag til posten 'Emission af lattergas (N_2O)' i næringsstofregnskabet og i et klimaregnskab for markbruget. Baggrundsemission af lattergas indgår ikke.

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
$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{Afgøringsning}}$	Direkte
$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{Afgørderest}}$	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

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 $EF_{\text{Grundvand}}$, $EF_{\text{Overfladevand}}$ og EF_{Kystvand} er hver 0,0025.

$$N_2O-N_{\text{Udvaskning}} = N_{\text{Udvaskning}} \times EF_{\text{Grundvand}} + N_{\text{Udvaskning}} \times (1 - Retention_{\text{Grundvand}}) \times EF_{\text{Overfladevand}} + N_{\text{Udvaskning}} \times (1 - Retention_{\text{Total}}) \times EF_{\text{Kystvand}}$$

Beregning af emission af lattergas (N_2O) fra emission af NH_3 og NO_x

Der beregnes emissioner af NH_3 og NO_x , jf. notat.

Der indgår følgende kilder til NH_3 -fordampning:

- Handelsgødning
- Husdyrgødning udbragt
- Husdyrgødning afsat under afgræsning
- Spildevandsslam og anden organisk gødning
- Afgrøder

Der indgår følgende kilder til emission af NO_x :

- Handelsgødning
- Husdyrgødning udbragt
- Husdyrgødning afsat under afgræsning
- Spildevandsslam og anden organisk gødning

For både NH_3 -N og NO_x -N er lattergasemissionsfaktoren 0,01.