



MULIGHEDER FOR AT REDUCERE UDLEDNINGEN AF DRIVHUSGASSER FRA PLANTEPRODUKTIONEN

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Nye politiske målsætninger om at reducere den globale klimapåvirkning betyder, at der er stigende interesse for landbrugets klimapåvirkning, da landbruget bidrager betydeligt til den danske udledning af drivhusgas-serne metan og lattergas.

I det følgende beskrives teknologier, der har potentiale til at reducere udledningen af drivhusgasser fra plan-teproduktionen, samt en vurdering af i hvor høj grad disse teknologier kan bidrage til at reducere landbrugets samlede klimapåvirkning.

Indhold

- [Baggrund](#)
- [Forsuring](#)
- [Nitrifikationshæmmere](#)
- [Vurdering af de klimamæssige konsekvenser ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til handelsgødning](#)
- [Vurdering af de klimamæssige konsekvenser ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til den totale danske gyllemængde](#)
- [Referencer](#)

BAGGRUND

EU har besluttet at reducere udledningen af drivhusgasser med 40 pct. inden 2030 for at imødekomme de globale klimaudfordringer. I den forbindelse er det blevet aftalt, hvor meget de enkelte lande i EU skal bi-drage med for at nå denne målsætning. Målsætningen skal nås ved

både at reducere emissionen af driv-husgasser fra kvotesektoren, og fra den del af økonomien der ikke er indeholdt i kvotesektoren, dvs. trans-port, boliger og landbrug. Udenfor kvotesektoren har EU en målsætning om at reducere udledningen af drivhusgasser med 30 pct. inden 2030, og denne målsætning er blevet fordelt på de enkelte medlemslande. Danmark har fået en af de højeste klimaforpligtelser i EU, hvilket bl.a. betyder, at vi inden 2030 samlet skal reducere vores udledning af drivhusgasser fra transport, boliger og landbrug med 39 pct. sammenlignet med udledningen i 2005. Forpligtelsen betyder, at der er stor interesse for, hvilke muligheder der er for at reducere landbrugets drivhusgasudledning.

Landbruget bidrager primært til klimapåvirkningen ved udledning af drivhusgasserne metan og lattergas. Hovedparten af lattergasudledningen sker i forbindelse med kvælstofgødskning af landbrugsjord, mens landbrugets metanudledning primært stammer fra den metan der dannes i husdyrs fordøjelsessystem, samt i lagre af husdyrgødning. Landbruget bidrager markant til den samlede danske udledning af både metan og lattergas. En opgørelse udført af DCE ved Aarhus Universitet viser således, at landbruget i 2013 samlet bidrog med ca. 88 pct. af den danske udledning af lattergas og 78 pct. af den samlede danske udledning af metan (Nielsen et al., 2015).

Den største del af landbrugets metanudledning stammer fra husdyrs fordøjelseskanal (enterisk fermentering), primært fra drøvtyggende husdyr som kvæg, men også lagre af husdyrgødning udleder betydelige mængder metan. Udledningen af metan fra husdyrgødningslagre er således i 2013 opgjort til at udgøre ca. 28 pct. af den samlede danske metanudledning (Nielsen et al., 2015).

Udledningen af lattergas udgøres hovedsageligt af lattergasudledning fra landbrugsjord. Lattergasemissionen fra landbrugsjord er korreleret med tilførslen af kvælstof, jo højere kvælstoftildeling, jo højere lattergas-udledning, men også andre forhold som vandmætning, iltningforhold og jordstruktur spiller ind. Ved beregning af lattergasemissionen fra landbrugsjord antages det, at 1 pct. af den tilførte kvælstofmængde bliver omdannet til lattergaskvælstof (IPCC, 2007). En dansk opgørelse har beregnet, at udledningen af lattergas fra landbrugsjord i 2013 udgjorde 73 pct. af den samlede danske lattergasudledning (Nielsen et al., 2015). Der udledes dog også betydelige mængder lattergas fra husdyrgødningslagre. Denne udledning er beregnet til at udgøre 15 pct. af den samlede danske lattergasudledning (Nielsen et al., 2015).

En umiddelbar metode til at reducere landbrugets klimapåvirkning kunne være at reducere tildelingen af kvælstof til landbrugsjord og/eller at reducere bestanden af husdyr og dermed også mængden af husdyrgødning. Dette vil imidlertid have betydelige økonomiske og socioøkonomiske konsekvenser, hvorfor man undersøger og vurderer andre muligheder for at reducere landbrugets klimapåvirkning.

Der er derfor et arbejde i gang med at udarbejde et katalog over teknologiske muligheder (virkemidler) som kan benyttes i landbruget til at bidrage til at nå de ønskede målsætninger på klimaområdet. Virkemiddelkataloget indeholder en vurdering af effekt, økonomi og begrænsninger ved inddragelse af række teknologier.

I det følgende indgår der en kort beskrivelse og vurdering af teknologier, som kan indgå som virkemidler i planteproduktionen med henblik på at reducere landbrugets klimapåvirkning.

[Til top](#)

FORSURING

Forsuring af gylle har potentiale til at reducere landbrugets udledning af klimagasser. Forsuringen gennemføres normalt ved tilsætning af svovlsyre med henblik på at reducere gyllens pH. Formålet med forsuringen er at begrænse risikoen for ammoniaktab, men forsuringen påvirker også dannelsen af metan i gyllelagre. Den metanreducerende effekt af forsuring er undersøgt i flere danske og udenlandske undersøgelser. Disse har fundet, at forsuring af gylle til pH mellem 5,5 og 6,5 kan reducere metanudledningen fra gyllelagre med mellem 61 og 90 pct., mens det ikke er fundet, at forsuringen har direkte effekt på udledningen af lattergas (Sommer et al., 2017, Misselbrook et al., 2016, Petersen et al., 2014, Petersen et al., 2012).

Forsuring af gylle har primært effekt på udledningen af metan fra gyllelagre. Teknologien har dog en indirekte effekt på lattergasudledningen, idet lavere ammoniaktab indirekte reducerer lattergasudledningen. Det skyldes, at den udledte ammoniak efter nedfald indgår i de processer, der danner lattergas. Som standard beregnes den indirekte lattergas emission af ammoniakfordampningen ved at 1 pct. af kvælstofindholdet i den fordampede ammoniak bliver til lattergas-kvælstof (N₂O-N).

Forsuring af gylle er derfor en teknologi der reducerer udledningen af drivhusgasser fra landbruget. Man skal dog være opmærksom på, at der i landbruget benyttes tre forskellige typer af gylleforsuring, hhv. stald-, lager- og markforsuring. Ved staldforsuring sænkes pH i den gylle der er i stalden. Dette fører normalt også til lavere pH i gyllen ved efterfølgende lagring og udbringning. Det betyder, at staldforsuring påvirker den metanudledning der finder sted i både i stald og lager. Ved lager- og markforsuring forsures gyllen i forbindelse med gyllens udbringning, hvilket betyder, at der ikke kan indregnes en lavere direkte klima-påvirkning ved disse forsuringsteknologier.

NITRIFIKATIONSHÆMMERE

Der findes en række nitrifikationshæmmere på markedet, som bruges i landbruget med henblik på at øge kvælstofudnyttelsen og reducere risikoen for nitratudvaskning af tilført kvælstofgødning. Nitrifikationshæmmere hæmmer aktiviteten af de mikroorganismer der omdanner ammoniumkvælstof til nitrat (nitrifikati-on). Brugen af nitrifikationshæmmer kan derfor reducere risikoen for kvælstofudvaskning, da ammonium er mindre labilt i jordfasen end nitrat. Dette kan reducere behovet for tilførsel af kvælstofgødning og dermed udledningen af lattergas.

Effekten af nitrifikationshæmmere afhænger som nævnt af en række forhold. Ikke mindst har det betydning hvor hurtigt og i hvor høj grad afgrøden er i stand til at optage den tilførte

gødningsmængde. Jo tidligere den tilførte kvælstofmængde optages af afgrøden, jo lavere effekt kan man forvente ved tilsætning af nitrifikationshæmmerne. Der kan derfor forventes højst effekt i afgrøder, som har sen og langsom vækst. Eksempelvis ved dyrkning af majs, hvor der går lang tid fra tilførslen af husdyrgødning til majsens optagelse af den tilførte kvælstofgødning. Derimod kan man forvente lavere effekt ved eksempelvis tilførsel af kvælstofgødning til vintersæd i foråret pga. afgrødens hurtige optagelse af den tilførte gødningsmængde.

Tilsætningen af nitrifikationshæmmere til ammoniumholdige kvælstofgødninger kan reducere dannelsen og udledningen af lattergas ved at hæmme nitrificeringen af det tilførte ammoniumkvælstof. Et nyere studie vurderer, at tilsætningen af nitrifikationshæmmere til ammoniumholdige gødninger kan have et potentiale til at reducere lattergasudledningen med ca. 35 pct. (Ruser & Schulz, 2015). Effekten er dog endnu ikke tilstrækkeligt undersøgt, og afhænger i høj grad af jordforhold, samt af de dyrkningsmæssige og klimatiske forhold.

Nitrifikationshæmmere har potentiale som et klimareducerende tiltag både ved tilsætning til gylle og til ammoniumholdige handelsgødninger. Ved tilsætning til gylle blandes nitrifikationshæmmerne typisk i gyllen i forbindelse med gyllens udbringning. Ved tilsætning til handelsgødning er der observeret højst effekt ved tilsætning direkte på gødningskornene eller ved omhyggelig opblanding i flydende handelsgødninger (Ruser & Schulz, 2015).

[Til top](#)

VURDERING AF DE KLIMAMÆSSIGE KONSEKVENSER VED TILSÆTNING AF NITRIFIKATIONSHÆMMERE TIL HANDELSGØDNING

Tilsætning af nitrifikationshæmmere til ammoniumbaserede handelsgødning har potentiale til at reducere den emission af lattergas der kan ske i forbindelse med gødnings ammoniumkvælstof nitrificeres til nitrat-kvælstof. Tilsætningen af nitrifikationshæmmere til handelsgødning er ikke normal praksis, men hvis det antages, at der tilsættes nitrifikationshæmmere til den andel af handelsgødningen der indeholder ammoniumkvælstof kan klimaeffekten beregnes. I det følgende er der derfor udarbejdet en vurdering af, hvad en generel tilsætning af nitrifikationshæmmere til ammoniumholdige gødninger vil betyde for udledningen af drivhusgassen lattergas.

I Danmark udbringes der årligt ca. 200.000 tons kvælstof i handelsgødning (Oversigt over landsforsøgene, 2017, Landbrugsstyrelsen, 2017). Kvælstof i handelsgødning kan tilføres i nitrat-, ammonium eller på amid (urea) form. I NPK-gødninger og NS-gødninger er ca. halvdelen på ammonium- og nitratform. I flydende gødninger er en stor del af kvælstof på amidform. Kun en meget begrænset andel af den udbragte kvælstofgødning udbringes som

ren nitratgødning (Landbrugsstyrelsen, 2017), men den relative høje andel af gødninger der indeholder både ammonium- og nitratkvælstof betyder, at ca. 43 pct. af kvælstofmængden i handelsgødning udbringes som nitratkvælstof (Piil K., pers med., 2017). Da nitrifikationshæmmere kun kan forventes at have effekt på den andel af kvælstoffet der ikke udbringes på nitratform, indregnes der kun effekt på de ca. 57 pct. af kvælstoffet der ikke udbringes som nitratkvælstof. Da hovedparten af de kvælstofholdige handelsgødninger indeholder amid, ammonium eller både ammonium- og nitratkvælstof, vil der dog i praksis skulle tilføres nitrifikationshæmmere til langt hovedparten af den udbragte mængde af kvælstofgødning.

Hvis det antages, at der tilsættes nitrifikationshæmmere til den samlede mængde kvælstof der udbringes som handelsgødning, og at tilsætningen reducerer udledningen af lattergas med 35 pct. kan den lattergas-begrænsende effekt beregnes.

En årlig udbringning på ca. 200.000 tons handelsgødningskvælstof fører ifølge nuværende opgørelser til en emission på 2.000 tons lattergas kvælstof, svarende til 3.143 tons lattergas. Da klimaeffekten af et tons lattergas svarer til klimaeffekten af 298 tons CO₂ (IPCC, 2007) svarer denne lattergasudledning til en samlet klimaeffekt på 0,94 mio. tons CO₂ ækvivalenter årligt.

Hvis det antages, at tilsætning af nitrifikationshæmmere til handelsgødning reducerer lattergasemissionen med 35 pct. (Ruser & Shultz, 2015) og der kun indregnes en effekt på de ca. 57 pct. af den samlede kvælstofmængde der ikke udbringes som nitratkvælstof, vil en generel tilsætning af nitrifikationshæmmere til den samlede udbragte mængde handelsgødningskvælstof reducere udledningen af lattergas med ca. 0,19 mio. tons CO₂ ækvivalenter årligt.

Landbrugets samlede årlige udledning af drivhusgasser udgør ca. 9,9 mio. tons CO₂ ækvivalenter (Nielsen et al. 2015). Den klimaeffekt der kan opnås ved at tilsætte nitrifikationshæmmere til den samlede mængde kvælstof der udbringes i form af handelsgødning vil derfor kunne reducere landbrugets samlede drivhus-gasudledning med ca. 1,9 pct. Bemærk, at vurderingen er gennemført ved antagelser om, at tilsætningen af nitrifikationshæmmere til handelsgødningskvælstof reducerer lattergasudledningen med 35 pct., at tilsætningen af nitrifikationshæmmer ikke forventes at have effekt på den andel af kvælstoffet der udbringes som nitrat, og at den ekstraomkostning der vil være ved tilsætningen af nitrifikationshæmmerne ikke påvirker mængden af kvælstof der udbringes i dansk landbrug.

Omkostningen ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til handelsgødning udgør afhængig af type og dose-ring normalt omkring 2 kr. pr. kg N (Piil K, Pers. med., 2017). Hvis det antages, at der gennemsnitligt udbringes 200.000 tons kvælstof årligt i handelsgødning vil landbrugets årlige ekstraomkostning ved en generel tilsætning af nitrifikationshæmmere til denne mængde svare til ca. 400 mio. kr.

[Til top](#)

VURDERING AF DE KLIMAMÆSSIGE

KONSEKVENSER VED TILSÆTNING AF NITRIFIKATIONSHÆMMERE TIL DEN TOTALE DANSKE GYLLEMÆNGDE

Tilsætningen af nitrifikationshæmmere til gylle kan under givne forhold føre til højere udbytter i nogle afgrøder. Effekten er højst på sandede jorder og i afgrøder med sen og langsom vækst som eksempelvis majs. Tilsætningen af nitrifikationshæmmere til gylle vil i de fleste afgrøder og situationer ikke føre til økonomiske merudbytter, hvorfor der i dag kun tilsættes nitrifikationshæmmere til en meget begrænset andel af den udbragte gylle. I det følgende er der udarbejdet en vurdering af hvad det vil betyde, hvis der generelt tilsættes nitrifikationshæmmere til den samlede mængde gylle der udbringes til landbrugsjord.

Forsøg har vist, at tilsætning af nitrifikationshæmmere til ammoniumholdige handelsgødninger kan reducere lattergasemissionerne med ca. 30-70 % (Smith et al., 1997; Clough et al., 2007; Ruser & Shulz, 2015). Ruser og Shulz (2015) har i et nyere opgørelse vurderet, at den gennemsnitlige reduktion formentlig ligger omkring 35 pct. Der er dog stadig en række usikkerheder knyttet til effektiviteten under realistiske markforhold (Saggar et al., 2008).

Nitrifikationshæmmere kan også blandes i gylle, men effekten er typisk mindre end ved tilsætning til handelsgødning, idet husdyrgødningens organiske indhold binder det aktive stof i nitrifikationshæmmerne og omsætningen i gødningen fremmer dets nedbrydning. Den lattergas reducerende effekt af tilsætningen af nitrifikationshæmmere til gylle kendes derfor ikke præcist, men hvis det antages, at tilsætningen af nitrifikationshæmmere til gylle reducerer lattergasudledningen med 30 pct. kan den klimamæssige effekt ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til den samlede danske gyllemængde beregnes.

I Danmark udbringes der årligt ca. 170.000 tons kvælstof i form af gylle (Birkmose, pers. med. 2017). Denne kvælstofmængde fører ifølge nuværende opgørelser til en emission på 1.700 tons lattergas kvælstof, svarende til 2.671 tons lattergas. Da klimaeffekten af et tons lattergas svarer til klimaeffekten af 298 tons CO₂ (IPCC, 2007) svarer denne lattergasudledning til en samlet klimaeffekt på 0,80 mio. tons CO₂ ækvivalenter årligt.

Hvis det antages, at tilsætning af nitrifikationshæmmere til gyllen kan reducere lattergasemissionen med 30 pct. vil tilsætning af nitrifikationshæmmere til alt gylle der udbringes kunne reducere den samlede udledning af lattergas fra udbragt husdyrgødning med 0,24 mio. tons CO₂ ækvivalenter.

Landbrugets samlede årlige udledning af drivhusgasser udgør ca. 9,9 mio. tons CO₂ ækvivalenter (Nielsen et al. 2015). Den klimaeffekt der kan opnås ved at tilsætte nitrifikationshæmmere til alt gylle vil derfor kunne reducere landbrugets samlede udledning af drivhusgasser med ca. 2,4 pct. Beregningen er gennemført ved en antagelse om, at tilsætningen af nitrifikationshæmmere til gylle reducerer lattergasudledningen med 30 pct.

Omkostningen ved tilsætning af nitrifikationshæmmere til gylle udgør afhængig af type og

dosering normalt omkring 200 kr. pr. ha. Hvis det antages, at der gennemsnitligt udbringes 120 kg gyllekvælstof pr. ha. vil den samlede kvælstofmængde i gylle på ca. 170.000 tons blive udbragt på ca. 1.4 mio. ha. landbrugsjord. Ved et hurtigt overslag kan det således beregnes, at en generel tilsætning af nitrifikationshæmmere til gylle vil give landbruget en ekstra årlig bruttoomkostning på ca. 283 mio. kr. Fordeles denne omkostning på den samlede kvælstofmængde der udbringes i form af gylle, giver det en ekstraomkostning på ca. 1,70 kr. pr. kg kvælstof udbragt i gylle.

[Til top](#)

REFERENCER

Birkmose T. Torkild Birkmose er landskonsulent i gødning ved SEGES, med speciale i gødskning af afgrøder, miljø-teknologier i landbruget og biomasser.

IPCC 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) fourth assessment report (2007).

Landbrugsstyrelsen, 2017. Salg af handelsgødning i Danmark i 2015 og 2016.

http://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Virksomheder/Handelsgoedning/Statistik_sæ16___Korrigeret_.pdf

Misselbrook T., Hunt J., Perazzolo F., Provolo G. 2016. Greenhouse gas emission from slurry storage: Impacts of temperature and potential mitigation through covering (pig slurry) and acidification (cattle slurry). *Journal of environmental quality* 45:5, 1520-1530.

Nielsen, O.K.; M.S. Plejdrup; M. Winther; M. Nielsen; S. Gyldenkærne; M.H. Mikkelsen; R. Albrektsen; M. Thomsen; K. Hjelgaard; P. Fauser; H.G. Bruun; V.K. Johannsen; T. Nord-Larsen; L. Vesterdal; I.S. Møller; E. Schou; K. Suadicani; O.H. Caspersen; E. Rasmussen; S.B. Petersen; L. Baunbæk & M.G. Hansen. 2015. Denmark's National Inventory Report 2015. Emission Inventories 1990-2013 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy.

Nguyen Q. V., Wu D., Kong X., Bol R., Petersen S.O. Jensen L.S., et al. 2017. Effects of cattle slurry and nitrification inhibitors application on spatial soil O₂ dynamics and N₂O production pathways. *Soil Biology and biochemistry* 114: 200-209.

Oversigt over landsforsøgene, 2017. Oversigt over landsforsøgene SEGES. Side 16, tabel 6.

Petersen S.O., Andersen A.J., Eriksen J. 2014. Methane community changes and emission of methane and other gasses during storage of acidified and untreated pig slurry. *Journal of applied microbiology* 117:1 160–172

Petersen S.O., Hojbjerg O., Poulsen M., Schwab C., Eriksen J. 2012. Slurry Acidification on Ammonia and Methane Evolution during Storage. *J. Environ. Qual.* 41: 88–94.

Piil K. 2017. Kristoffer Piil er konsulent i gødskning ved SEGES med speciale i

næringsstofudvaskning, retention og omsætning af kvælstof og kulstof.

Ruser R., Schulz R. 2015. The effect of nitrification inhibitors on the nitrous oxide (N₂O) release from agricultural soils – a review. *Journal of Nutr. Soil Sci.* 178: 171-188.

Saggar, S. ; Tate, KR; Giltrap, DL; Singh, J 2008. Soil-atmosphere exchange of nitrous oxide and methane in New Zealand terrestrial ecosystems and their mitigation options: a review. *Journal of plant and soil* 309:(1-2), pp 25-42.

Sommer S.G., Clough T.J., Balaine N., Hafner S.D., Cameron K.C. 2017. Transformation of organic matter and the emissions of methane and ammonia during storage of liquid manure as affected by acidification. *Journal of environmental quality* 46:3, 514-521.

[Til top](#)