

Til Landbrugsstyrelsen

Følgebrev

Dato 27. februar 2020

Journal 2019-0035910

Revideret version af levering på bestillingen "Opdatering af effekter og potentialer af klimavirkemidler til anvendelse i landbrug"

Landbrugsstyrelsen har i en bestilling sendt d. 20. december 2019 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug – om udfylde et skema med en oversigt udarbejdet af MFVM over mulige virkemidler med angivelse af klimæffekter og potentialeopgørelser. Bestillingen er opdelt i to leverancer, hvor første delleverance bestod i et udkast til tabellen, hvor udvalgte virkemidler var udfyldt, men ikke fagfællebedømt. Delleverance 1 blev leveret den 17. januar 2020, og Landbrugsstyrelsen har kommenteret på dette udkast. Kommentarakket kan findes via dette [LINK](#). Foreliggende leverance er anden delleverance, dvs. det udfyldte skema. Skemaet er delt i to (Opgørelse_NIR_BF og Effekter_potentialer), således at der for hvert virkemiddel er udfyldt i begge skemaer.

Den endelige besvarelsen blev indsendt d. 7. februar, men efterfølgende ønskede Landbrugsstyrelsen to ting præciseret, der blev rettet i en revision af besvarelsen indsendt den 19. februar 2020:

- 1) I notatet er der tilføjet en sætning vedr. de tre virkemidler: Omlægning til økologi, Reduktion af kvæg og Reduktion af svin, hvor det tydeliggøres at effekten af disse virkemidler er ikke angivet i skemaet.
- 2) I skemaet AU modtog fra Landbrugsstyrelsen var første kolonne 'prioritet'. Denne kolonne var til prioritering af hvilke virkemidler der skulle leveres som udkast i delleverance 1, og altså ikke en prioritering af virkemidlerne per se.

I denne levering (version 2) er der foretaget en mindre korrektion i forudsætningen for effekt af – og dermed værdien af - virkemidlet 'Fodring med øget fedt til malkekvæg' og en korrektion af effekt af virkemidlet 'Energiafgrøder'. Desuden er der foretaget mindre korrektioner i en række virkemidler, som også indgår i N-virkemiddelkataloget jf forbehold i første version af besvarelsen (se nedenfor). Forfatterlisten i følgebrev og notat er tilrettet, så den svarer til forfattere og fagfællebedømmere angivet ved de enkelte virkemidler i skemaet, sidste side, og i skemaet er der sket en præcisering så der er tydelig angivelse af forfattere og fagfællebedømmere i forhold til begge skemaer. Endelig er kolonnen 'prioritet' fjernet, idet denne kan misforstås som en prioritering af virkemidlerne (se pkt. 2 til den reviderede version 19.02.2020).

DCA ønsker at understrege, at det også i denne version er nødvendigt at tage forbehold for mulige ændringer i visse af værdierne for klimæffekter, idet en række af virkemidlerne også indgår i processen med at opdatere N-virkemidlerne. Dette forhold er nævnt i den forrige version af besvarelsen. N-virkemidlerne er som bekendt i interessant høring og har ikke været igennem fagfællebedømmelse ligesom der pågår



en opdatering af visse forudsætninger, såsom forbruget af direkte energi i afgrøde dyrkning. Disse processer kan således give anledning til yderligere korrektioner af de værdier, som indgår i nærværende version.

I bestillingsskemaet var de sidste ti kolonner: 'Indgår effekten i emissionsopgørelse til UNFCCC?', 'Max potentiale i 2030' (2 kolonner), 'Enhed' (2 kolonner), 'Potentiale for 2030 i baseline', 'Usikkerhedsvurdering' og 'Bemærkninger' (3 kolonner). Efter aftale blev der lavet et ekstra skema med seks kolonner 'Indgår effekten i emissionsopgørelser til UNFCCC?', 'Indgår effekten i Basisfremskrivningen BF19?', 'forudsætninger for potentiale indregnet i BF19 for 2030', 'Enhed', 'Bemærkninger' (2 kolonner). Aftalen blev misforstået, idet AU forventede at det nye skema erstattede de førstnævnte kolonner. Da misforståelsen blev afdækket var det udenfor opgavens tidsramme at få udfyldt kolonnerne, hvorfor max potentiale ikke er angivet for virkemidlerne. I øvrigt henvises til klimavirkemiddelkataloget (Olesen et al., 2018) for max potentiale for udvalgte virkemidler.

Den vedlagte besvarelse er udarbejdet af seniorforsker Nicholas John Hutchings, seniorforsker Poul Erik Lærke, professor Lars Munkholm, professor Søren O. Petersen, seniorforsker Uffe Jørgensen, seniorforsker Lars Elsgaard, seniorforsker Troels Kristensen, og seniorforsker Jim Rasmussen fra Institut for Agroøkologi v. AU, professor Peter Lund og seniorrådgiver Christian Børsting fra Institut for Husdyrvidenskab v. AU, adjungeret seniorforsker Anders Peter Adamsen*, lektor Anders Feilberg, seniorforsker Henrik B. Møller og seniorrådgiver Michael J. Hansen fra Institut for Ingeniørvidenskab v. AU, Peter Løvendahl fra Institut for Molekylærbiologi og Genetik v. AU, specialkonsulent Mette Hjorth Mikkelsen og seniorforsker Steen Gyldenkerne fra institut for Environmental Science v. AU. Fagfællebedømmelsen er foretaget af professor Jørgen E. Olesen og seniorforsker Troels Kristensen fra Institut for Agroøkologi, professor Martin R. Weisbjerg fra Institut for Husdyrvidenskab, seniorrådgiver Lise B. Guldberg og seniorrådgiver Tavs Nyord, Institut for Ingeniørvidenskab samt specialkonsulent Mette Hjorth Mikkelsen, akademisk medarbejder Rikke Albrektsen og seniorforsker Steen Gyldenkerne fra institut for Environmental Science. Ansvarlig forfatter og fagfællebedømmer er angivet ved hvert virkemiddel.

*Adjungeret seniorforsker Anders Peter Adamsen er desuden selvstændig rådgiver via eget firma APSA.

Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening mellem Miljø- og Fødevarerministeriet og Aarhus Universitet" under ID 2.24 i "Ydelsesaftale Planteproduktion 2020-2023".

Venlig hilsen
Lene Hegelund
Specialkonsulent, kvalitetssikrer f. DCA-centerenheden

Opdatering af effekter og potentialer af klimavirkemidler til anvendelse i landbrug

Af Nicholas John Hutchings¹, Poul Erik Lærke¹, Lars Munkholm¹, Lars Elsgaard¹, Troels Kristensen¹, Jim Rasmussen¹, Peter Lund², Christian Børsting², Peter Løvendahl³, Mette Hjorth Mikkelsen⁴, Rikke Albrektsen⁴, Steen Gyldenkærne⁴, Henrik B. Møller⁵, Michael J. Hansen⁵, Anders Feilberg⁵, Anders Peter Adamsen^{5*}

¹ Institut for Agroøkologi, AU

² Institut for Husdyrvidenskab, AU

³ Institut for Molekylærbiologi og Genetik, AU

⁴ Institut for Environmental Science, AU

⁵ Institut for Ingeniørvidenskab, AU

* Enkeltmandsfirmaet APSA, <https://apsa.dk/om-apsa/>

Baggrund

Af en bestilling dateret 20. december 2019 fra Landbrugsstyrelsen (LBST) til Aarhus Universitet (AU) fremgår at LBST har brug for input til arbejdet med den kommende nationale klimahandlingsplan. I bestillingen ønsker LBST at få udfyldt og vurderet en vedlagt tabel over klimaeffekten og potentialet af virkemidler til reduktion af drivhusgasser i landbruget, så den er i overensstemmelse med den nyeste viden.

AU's forskere bedes vurdere, om de er enige i de angivne effekter og potentialeopgørelser, udfylde tomme celler og foretage rettelser efter behov. Hvis AU har kendskab til relevante virkemidler, som ikke er på listen, bedes disse tilføjet. Listen skal være fuldt dækkende for mulighedsrummet. Der må gerne tilføjes virkemidler, hvor effekten pt. ikke er kendt, men som har potentiale for at have en effekt i 2030.

Besvarelse

I den vedlagte tabel har vi opdateret klimaeffekt og potentiale for en række virkemidler. Tabellen findes i form af en excelfil med to faneblade: 'Opgørelse_NIR_BF' og 'Effekter_potentialer'. Endelig er der et faneblad, hvor forfatter og fagfællebedømmer er angivet for de enkelte virkemidler.

I fanen 'Opgørelse_NIR_BF' er angivet om virkemidlerne indgår i emissionsopgørelser til UNFCCC og basisfremskrivningen BF19, samt forudsætninger for potentiale indregnet i BF19 til 2030 (kolonne B-I).

I fanen 'Effekter_potentialer' er virkemidlernes drivhusgaseffekter angivet, herunder om der er en sikker positiv klimaeffekt (Kolonne B-L).

Klimatabellen indeholder virkemidler med meget varierende karakteristika. For virkemidler som har en teknisk karakter, har vi forsøgt at inddrage den seneste viden i udfyldelse af virkemidlernes drivhusgas-effekter. I forbindelse med virkemidler på marken, har vi i en række tilfælde benyttet beregninger fra udkast til det nye N-virkemiddelkatalog, herunder deres klima sideeffekter. Det har ikke været muligt med den korte proces for denne bestilling at bygge på de endelige resultater fra det nye N-virkemiddelkatalog. Arbejdet med N-virkemiddelkataloget er endnu ikke afsluttet, og derfor heller ikke fagfællebedømt endnu. Der tages derfor forbehold for eventuelle rettelser og revisioner, som måtte resultere fra denne kvalitetssikringsproces.

Vi har forsøgt, at imødekomme ønsket om kvantitative estimater for alle numeriske poster. Dette har ikke i alle tilfælde været muligt fordi effektiviteten er meget afhængig af de specifikke forhold under implementering, kvalitetssikrede tal kan kun skaffes igennem en ny redegørelse eller man mangler empirisk bevis.

Tre virkemidler ('Omlægge til økologi', 'Reduktion af kvæg' og 'Reduktion af svin'), betragter vi ikke som tekniske virkemidler, dels fordi effekterne vil være meget afhængig af hvordan de implementeres og dels fordi de vil påvirke landbrugets struktur og funktion, især under en omfattende implementering. Det er vigtigt at tage disse forhold i betragtning. Effekten af disse virkemidler er derfor ikke angivet i skemaet.

Et 'Nej' i kolonne K, 'Sikker positiv klimaeffekt, ja/nej' kunne være fordi effekten med sikkerhed er negativ, eller fordi der mangler bevis for en positiv effekt. Tilsvarende, kunne et 'Ja' dække over situationer hvor effekten vurderes til at være positiv, men hvor der er stor usikkerheden over hvor stor effekten er. Til at nuancere kolonne K, er der tilføjet en ekstra kolonne L, udfyldt efter følgende metode:

1. Veldokumenteret virkemiddel som dog kunne variere meget, afhængig af de specifikke omstændigheder.
2. Et virkemiddel som man forventer kan bidrage til en reduktion men vil kræve en ny redegørelse til at dokumentere effekten.
3. Et virkemiddel som man forventer kan bidrage, men som ikke er dokumenteret eller/og kræver mere forskning og udvikling.
4. Et virkemiddel som man forventer ikke kan bidrage med positiv effekt.

Bemærk at der ved nogle virkemidler skrives, at klimaeffekten vil være negativ i etableringsfasen. Hvis det overvejes, at benytte disse virkemidler til at opnå kortsigtede mål (<10 år), anbefales der mere detaljerede beregninger.

Referencer

Akiyama, H., Yan, X.Y., Yagi, K., 2010. Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N₂O and NO emissions from agricultural soils: meta-analysis. *Global Change Biol.* 16, 1837-1846.

Baral, K.R., Jégo, G., Amon, B., Bold, R., Chantigny, M.H., Olesen, J.E., Petersen, S.O., 2018 Greenhouse gas emissions during storage of manure and digestates: Key role of methane for prediction and mitigation. *Agricultural Systems.* 166, 26-35. doi.org/10.1016/j.agsy.2018.07.009

- Biancalani, R., and Avagyan, A., 2014. Towards climate-responsible peatlands management. Mitigation of Climate Change in Agriculture Series (MICCA).
- Brask, 2013. The effect of fat supplementation and forage type on methane production and digestion in dairy cows. PhD-thesis, Aarhus University.
- Børsting, C. F., Johansen, M., Lund, P. & Møller, H. B., 2020. Notat vedr. optimeret fodring med øget fedt til kvæg og reduktionseffekt på enterisk metan. Notat til Miljø- og Fødevareministeriet. 11 pp.
- Cayuela, M.L., van Zwieten, L., Singh, B.P., Jeffery, S., Roig, A., Sanchez-Monedero, M.A., 2014. Biochar's role in mitigating soil nitrous oxide emissions: A review and meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 191, 5-16.
- Cayuela, M.L., Jeffery, S., van Zwieten, L., 2015. The molar H:Corg ratio of biochar is a key factor in mitigating N₂O emissions from soil. *Agric. Ecosyst. Environ.* 202, 135-138.
- Clemens, J., Trimborn, M., Weiland, P., Amon, B., 2006 Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agric Ecosyst Environ* 112:171–177. doi:10.1016/j.agee.2005.08.016
- Dijkstra, J., Bannink, A., France, J., Kebreab, E., Gastelen, S., 2018. Short communication: Antimethanogenic effects of 3-nitro-oxypropanol depend on supplementation dose, dietary fiber content, and cattle type. *J. Dairy Sci.* 101: 9041–9047.
- Duan, Y.-F., Abu Al-Soud, W., Brejnrod, A., Elsgaard, L., Sørensen, S.J., Petersen, S.O. and Boon, N., 2014. Community structure of methane-metabolizing bacteria and archaea in livestock slurry surface crusts. *J. Appl. Microbiol.* 117: 1066-1078.
- Duan, Y.-F., Elsgaard, L. and Petersen, S.O., 2012. Inhibition of methane oxidation in slurry surface crust by inorganic nitrogen. *J. Environ. Qual.* 42, 507-515.
- Duan, Y.-F., Reinsch, S., Ambus, P., Elsgaard, L., Petersen, S.O., 2017. Methanotrophic activity in slurry surface crusts as influenced by CH₄, O₂, and inorganic N. *Journal of Environmental Quality* 46, 767–775.
- Eriksen et al., 20XX. N-virkemiddelkatalog, under udarbejdelse. Opdatering af Eriksen et al., 2014: Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. DCA rapport nr. 52.
- Eriksen, J., Nordeman, P., Jacobsen, B.H., 2014. Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. DCA rapport nr. 52.
- Garcia-Launay F., van der Werf H.M.G., Nguyen T.T.H., Le Tutour L., Dourmad J.-Y., 2014. Evaluation of the environmental implications of the incorporation of feeduse amino acids in pig p, *Livestock Science*, 161, 158-175.

- Geordatis, P., Vesterdal, L., Stupak, I., Raulund-Rasmussen, K., 2017. Accumulation of soil organic carbon after cropland conversion to short-rotation willow and poplar. *Global Change Biology Bioenergy* 9, 1390-1401.
- Gyldenkærne, S. and Greve, M. H., 2015. For bestemmelse af drivhusgasudledning ved udtagning/Ekstensivering af landbrugsjorder på kulstofrige lavbundsgræsland. Teknisk rapport fra DCE Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 56.
- Haile-Mariam, S., Collins, H.P., Higgins, S.S., 2008. Greenhouse gas fluxes from an irrigated sweet corn (*Zea mays* L.)-potato (*Solanum tuberosum* L.) rotation. *J. Environ. Qual.* 37, 759–771.
- Hansen, E.M., Eriksen, J., 2016. Nitrate leaching in maize after cultivation of differently managed grass-clover leys on coarse sand in Denmark. *Agric. Ecosyst. Environ.* 216, 309–313.
- Hansen, T.L., Sommer S.G., Gabriel S., Christensen T. H., 2006: Methane production during storage of anaerobically digested municipal organic waste. *J. Environ. Qual.*, 35, 830-836.
- Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M., and Troxler, T., 2014. 2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands. IPCC, Switzerland.
- Holm M., Sørensen K.B. og Nielsen M.B.F., 2017. Ammoniak- og lugtreduktion ved gyllekøling i slagtesvinestalde. MEDDELELSE NR. 110, SEGES Svineproduktion, Den Rullende Afprøvning.
- Husted, S., 1994. Seasonal variation in methane emission from stored slurry and solid manures. *J. Environ. Qual.* 23:585–592.
- Li, X., Norman, H.C., Kinley, R.D., Laurence, M., Wilmot, M., Bender, H., de Nys, R. and N. Tomkins (2018). *Asparagopsis taxiformis* decreases enteric methane production from sheep. *Animal Production Science* 58(4) 681-688 <https://doi.org/10.1071/AN15883>
- Madsen, CK., Pettersson, D., Dionisio, G., Hjortshøj, R., Katholm, A. and Brinch-Pedersen, H., 2018. Wheat with low in vitro inhibition of feed enzyme provides superior growth rates in broilers. *J. Agric Food Chem.* 66, 4044-4050.
- Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Gyldenkærne, S., 2016. Biogasproduktions konsekvenser for drivhusgasudledning i landbruget. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 41 s. - Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 197 <http://dce2.au.dk/pub/SR197.pdf>
- Nair, D., Baral, K.R., Abalos, D., Strobel, B.W., Petersen, S.O., 2020. Nitrate leaching and nitrous oxide emissions from maize after grass-clover on a coarse sandy soil: mitigation potentials of 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP). Under revision.
- Nielsen et al., 2013. A prediction equation for enteric methane emission from dairy cows for use in NorFor p. 126-130. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science* Vol 63, issue 3.

- Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Gyldenkærne, S., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Thomsen, M., Hjelgaard, K., Fauser, P., Bruun, H.G., Johannsen, V.K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L., Callesen, I., Caspersen, O.H., Rasmussen, E., Petersen, S.B., Baunbæk, L., Hansen, M.G., 2017. Denmark's National Inventory Report 2017. Emission Inventories 1990-2015 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 231., 890 pp.
- Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Gyldenkærne, S., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Thomsen, M., Hjelgaard, K.H., Fauser, P., Bruun, H.G., Johannsen, V.K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L., Callesen, I., Caspersen, O.H., Bentsen, N.S., Rasmussen, E., Petersen, S.B., Olsen, T.M., Hansen, M.G., 2020. Denmark's National Inventory Report 2020: Emission Inventories 1990-2018 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy, 2020. XX s. (Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy; in press)
- Niu, M., E. Kebreab, A. N. Hristov, J. C. Arndt, A. Bannink, A.R. Bayat, A.F. Brito, T. Boland, D. Casper, L. A. Crompton, J. Dijkstra, M.A. Eugène, P.C. Garnsworthy, M.N. Haque, A.L.F. Hellwing, P. Huhtanen, M. Kreuzer, B. Kuhla, P. Lund, J. Madsen, C. Martin, S.C. McClelland, M. McGee, P. J. Moate, S. Muetzel, C. Muñoz, P. O'Kiely, N. Peiren, C. K. Reynolds, A. Schwarm, K.J. Shingfield, T. M. Storlien, M.R. Weisbjerg, D. R. Yáñez-Ruiz, & Z. Yu. 2018. Prediction of enteric methane production, yield, and intensity in dairy cattle using an inter-continental database. *Glob. Change Biol.* 1-22.
- NorFor - The Nordic feed evaluation system, 2011. Editors: Volden, Harald (Ed.) Wageningen Academic Publishers.
- Noya I., Villanueva-Rey, P., González-García, S., Fernandez, M.D., ... Moreira, M.T., 2017 Life Cycle Assessment of pig production: A case study in Galicia. *J Cleaner Production*, 142, 4327-4338.
- Olesen et al., 2018. Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget. DCA rapport nr. 130, september 2018.
- Olesen et al., 2013. Effekter af tiltag til reduktion af landbrugets udledninger af drivhusgasser. DCA rapport no. 27, august 2013.
- Olijhoek et al., 2016. Effect of dietary nitrate level on enteric methane production, hydrogen emission, rumen fermentation, and nutrient digestibility in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Bind 99, Nr. 8, 2016, s. 6191-6205.
- Oonk, H. & Koopmans, J., 2012. Oxidation of methane from manure storages in soils, *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 9:sup1, 225-233, DOI: 10.1080/1943815X.2012.715585
- Oonk, H., Koopmans, J., Geck, C., Peters, B., van Bergen, J., 2015. Methane emission reduction from storage of manure and digestate-slurry, *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 12:sup1, 121-137, DOI: 10.1080/1943815X.2015.1096796.

- Petersen, S.O. and Ambus, P., 2006. Methane oxidation in pig and cattle slurry storages, and effects of surface crust moisture and methane availability. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 74: 1-11.
- Petersen, S.O., Amon, B. and Gattinger, A., 2005. Methane oxidation in slurry storage surface crusts. *J. Environ. Qual.* 34: 455-461.
- Petersen, S.O., Dorno, N., Lindholm, S., Feilberg, A., Eriksen, J., 2013. Emissions of CH₄, N₂O, NH₃ and odorants from pig slurry during winter and summer storage. *Nutrient Cycling in Agroecosystems.* 95, 103-113 DOI: 10.1007/s10705-013-9551-3
- Thomsen, I.K., Olesen, J.E., Møller, H.B., Sørensen, P., Christensen, B.T., 2013. Carbon dynamics and retention in soil after anaerobic digestion of dairy cattle feed and faeces. *Soil Biology & Biochemistry* 58 82-87.
- Roque, B.M., Salwen, J.K., Kinley, R., Kebreab, E., 2019. Inclusion of *Asparagopsis armata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 percent *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION* Volume: 234 Pages: 132-138 DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.06.193
- Qiao, C.L., Liu, L.L., Hu, S.J., Compton, J.E., Greaver, T.L., Li, Q.L., 2015. How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input. *Global Change Biology* 21, 1249-1257.
- Scheutz, C., Kjeldsen, P., Bogner, J.E., De Visscher, A., Gebert, J., Hilger, H.A., Huber-Humer, M., Spokas, K. (2009). Microbial methane oxidation processes and technologies for mitigation of landfill gas emissions. *Waste Management & Research* 2009. 27: 409-455.
- Senbayram, M., Chen, R., Wienforth, B., Herrmann, A., Kage, H., Mühlhng, K.H., Dittert, K., 2014. Emission of N₂O from biogas crop production systems in northern Germany. *Bioenergy Res.* 7, 1223–1236.
- Shores, R.C., Harris, D.B., Thompson Jr., E.L., Vogel, C.A., Natschke, D., Hashmonay, R.A., Wagoner, K.R., Modrak, M., 2005. Plane-integrated open-path Fourier transform infrared spectrometry methodology for anaerobic swine lagoon emission measurements. *Applied Engineering in Agriculture.* 21, 487-492.
- Sommer, S.G., Petersen, S.O. and Sørensen, H.T., 2000. Greenhouse gas emission from stored livestock slurry. *J. Environ. Qual.* 29: 744-750.
- van Hal, O., Weijenberg, A.A.A., de Boer, I.J. M., & van Zanten, H.H.E., 2019. Accounting for feed-food competition in environmental impact assessment: Towards a resource efficient food-system. *Journal of Cleaner Production*, 240, [118241]. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.>
- Van Groenigen, J.W., Kasper, G.J., Velthof, G.L., Van Den Pol-Van Dasselaar, A., Kuikman, P.J., 2004. Nitrous oxide emissions from silage maize fields under different mineral nitrogen fertilizer and slurry applications. *Plant Soil* 263, 101-111.

VanderZaag A.C., Gordon R.J., Jamieson R.C., Burton D.L., Stratton G.W., 2009. Gas emissions from straw covered liquid dairy manure during summer storage and autumn agitation. *Trans ASABE* 52:599–608.

Wightman, J. L. and Woodbury, P.B., 2016. New York Dairy Manure Management Greenhouse Gas Emissions and Mitigation Costs (1992–2022). *J. Environ. Qual.*, 45, 266-275.
doi:10.2134/jeq2014.06.0269.

Wilson, D., Blain, D., Couwenberg, J., Evans, C., Murdiyarso, D., Page, S., Renou-Wilson, F., Rieley, J., Sirin, A., and Strack, M., 2016. Greenhouse gas emission factors associated with rewetting of organic soils. *Mires and Peat* 17, 1-28.

| | Indgår effekten i emissionsopgørelse til UNFCCC? | Indgår effekten i Basisfremskrivningen BF19 | Forudsætninger for potentiale indregnet i BF19 for 2030 | Enhed | Bemærkninger vedr. potentialet antaget i BF | Bemærkninger vedr. emissionsopgørelsen | Evt. andre bemærkninger |
|--|--|---|---|----------------------------|--|---|---|
| Virkemidlet | Ja/nej | Ja/Nej | (udfyldes kun hvis ja i D) | ha eller ton husdyrgødning | | | |
| Biogas fra kvæggylle (afsætning til biogasanlæg, alm. stald- og lagerdrift) | Ja | Ja | 10,1 | mio ton kvæggylle | I 2030, at blive produceret 22,1 million tons kvæggylle, heraf er antaget på baggrund af ENS energifremskrivning, at 10,1 mill. tons bioforgasses. Endvidere er antaget at 9,2 mil. bliver forsuret i hhv tank og udbringning (1,7+7,5). Tilbage til yderligere bioforgasning er 2,8 mill tons kvæggylle (22,1-10,1-9,2 mill. tons). | Der er beregnet en CH4 reduktion fra den bioforgassede kvæggylle, svarende til en reduktion på 35% i forhold til rå gylle (2018) | Øget transport og kul eller gas substitution indgår ikke i beregningerne. |
| Biogas fra svinegylle (afsætning til biogasanlæg, alm. stald- og lagerdrift) | Ja | Ja | 7,0 | mio ton svinegylle | I 2030, at blive produceret 19,2 million tons svinegylle, heraf er antaget på baggrund af ENS energifremskrivning, at 7,0 mill. tons bioforgasses. Endvidere er antaget at 1,4 mil. bliver forsuret i hhv stald og tank/udbringning (0,8+0,6). Tilbage til yderligere bioforgasning er 11,2 mill tons svinegylle (19,6-0,8-0,6-7). | Der er beregnet en CH4 reduktion fra den bioforgassede svinegylle, svarende til en reduktion på 25% i forhold til rå gylle (2018) | Øget transport og kul eller gas substitution indgår ikke i beregningerne. |
| Biogas m. gyllekøling i svinestalden | Delvist | Delvist | 7,0 + 2,2 | mio ton svinegylle | Der er ikke taget højde for effekt ved at kombinere gyllekøling og bioforgasning. I BF2019 er antaget at 7,0 mio tons svinegylle bioforgasses og 2,2 mill. tons svinegylle køles i stald. | Kun biogas delen. For gyllekøling inkluderes en reduktion i NH3, men ikke for CH4 | |
| Biogas m. hyppig udslusning i svinestalden | Delvist | Delvist | 7,0 | mio ton svinegylle | Der er ikke taget højde for en effekt ved kombination af hyppig udslusning og biogas. Der er ikke inkluderet en CH4 reduktion for hyppigere udmugning end de data som er tilgængelige for gyllens opholdstid i stalden (Kai, P. Birkmose, T. & Petersen, S. 2015: Slurry volumes and estimated storage time of slurry in Danish livestock buildings. Report by AgroTech to the Danish Energy Agency, pp 32.). I BF2019 er antaget at 7,0 mio tons svinegylle bioforgasses. | Kun biogas delen. | |
| Braklægning (slåningsbrak; ikke permanent udtagning) | ja | Nej | | | I BF2019 er antaget en gennemsnitlig N2O emission per ha, svarende til gennemsnittet for afgrødesammensætningen i perioden 2013-2017. Der er således ikke antaget reduceret/øget areal specifikt med braklægning. | DCE anvender arealdata fra DST. Brakmarker anses for at være en græsmark med lavt udbytte I C-TOOL beregningerne. | |

| | | | | | | | |
|---|--------|----------------------------|--------|--------------------|---|---|--|
| Efterafgrøder | ja/nej | Ja, dog kun for 2019-2021. | 550000 | ha | Der er taget højde for efterafgrøder i perioden 2019-2012 med areal vurderet af MFVM og LBST . Der er ikke indregnet øget areal med efterafgrøder i 2030. | DCE anvender arealinformationer fra GKEA. Der er en betydelig usikkerhed om det reelle areal med efterafgrøder som bidrager med et øget C indhold i landbrugsjorderne. Dette areal kan ikke direkte kvantificeres fra GKEA-tabellerne. DCE har anmodet LBST om en tolkning af GKEA-data og en stillingtagen til det reelle kulstofbidragende efterafgrødeareal. Ikke inkluderet i N2O fra afgrøderester. | |
| Flerårige energiafgrøder på omdriftsarealer | ja | Ja | | | I BF2019 er antaget en gennemsnitlig N2O emission per ha, svarende til gennemsnittet for afgrødesammensætningen i perioden 2013-2017. Der er således ikke antaget øget/reduceret areal med flerårige energiafgrøder. | Indgår i opgørelsen i det omfang disse arealer er reflekteret i tal fra Danmarks Statistik (fx pil). Indgår dog ikke en evt. C opbygning i disse jorder (udeladt af C-TOOL modelleringen for pil, mens græsser indgår) | |
| Fodertilsætningsstoffer: Bovaer, 3-NOP | Nej | Nej | | | | | |
| Fodring med øget fedt til andet kvæg | Ja | Nej | | | | Ja, Ym afspejler sammensætningen af foderet, herunder fedt | |
| Fodring med øget fedt til malkekvæg | Ja | Nej | | | | Ja, Ym afspejler sammensætningen af foderet, herunder fedt | |
| Græs i sædskiftet | ja | Nej | | | I BF2019 er antaget en gennemsnitlig N2O emission per ha, svarende til gennemsnittet for afgrødesammensætningen i perioden 2013-2017. Der er således ikke antaget øget/reduceret areal med græsareal. | Areal med græs baseret på data fra Danmarks Statistik. | |
| Gylleforsuring i stald hos kvæg | ja/nej | Ja | 9,2 | mio ton kvæggylle | Det er antaget at 9,2 mil. kvæggylle bliver forsuret i hhv tank og udbringning (1,7+7,5) | Har dog kun aktivitetsdata til og med 2016, baseret på data fra miljøgodkendelser. Har inkluderet NH3 reduktion, men ikke CH4 reduktion. | |
| Gylleforsuring i stald hos svin | ja/nej | Ja | 0,8 | mio ton svinegylle | Har antaget at 1,4 mil. bliver forsuret i hhv stald og tank/udbringning (0,8+0,6). | Har dog kun aktivitetsdata til og med 2016, baseret på data fra miljøgodkendelser. Har inkluderet NH3 reduktion, men ikke CH4 reduktion. | |
| Hyppig udslusning af svinegylle | Nej | Nej | | | | Har ikke antaget hyppigere udslusning end standard tal for gyllens opholdstid i stalden, andet end som følge af staldtypeændringer over tid. I opgørelsen er anvendt data for gyllens opholdstid i stalden baseret på Kai, P. Birkmose, T. & Petersen, S. 2015: Slurry volumes and estimated storage time of slurry in Danish livestock buildings. Report by AgroTech to the Danish Energy Agency, pp 32. | |
| Køling af svinegylle | ja/nej | Ja | 2,2 | mio ton svinegylle | I BF2019 er antaget at 2,2 mill. tons svinegylle køles i stald. Dette estimat er baseret på en forventning om 350 nye miljøgodkendelser per år, hvoraf 89 stk. indeholder en godkendelse med en given miljøteknologi, som er antaget at fordele sig på miljøteknologi efter samme mønster som i perioden frem til 2016. | Har aktivitetsdata til og med 2016, baseret på data fra miljøgodkendelser. Har taget højde for NH3 reduktion, men ikke reduktion i CH4 | |
| Mellemafgrøder | nej | Nej | | | | Mangler aktivitetsdata og data for kulstofbidrag til jorden. Der er kun et meget lille areal opgjort i GKEA | |

| | | | | | | | |
|--|--------------------|-----|--|--|--|--|--|
| Omlægge til økologi | Nej | Nej | | | Der skelnes ikke mellem øko og konventionelle produktioner. Kender ikke konsekvensen for øko. Produktion sammenlignet med konv. produktion, andet end for svin. Som arealgrundlag for BF19 er anvendt arealet fra AGMEMOD. Det skelnes ikke mellem konventionelt og økologi i C input til jord | Der skelnes ikke mellem øko og konventionelle produktioner. Der er nu kommet Normtal for økologiske svin (højere N-udkillelse end konv. Svin), med den økologiske produktion udgør mindre end 1% af den samlede produktion. | |
| Overdækning af gyllebeholdere | ja/nej | Nej | | | | Der er taget højde for NH3 reduktion som følge af fast overdækning (telt ell. Lignende) i opgørelsen fra 2020 (år 2018). Der er ikke regnet reduktion/øgning af N2O/CH4 | |
| Randzoner på mineral jord | Nej | Nej | | | Er ikke indregnet, da arealet anses for værende meget begrænset. | Som arealopgørelse anvendes generelt kun arealer fra DST. Hvis GKEA har noteret randzoner indgår det. I GKEA 2017 var der noteret 30,8 ha, altså ikke noget som har indflydelse på opgørelsen. Det må forudsættes at Randzoner i GKEA ikke er registreret i DSt arealet. Det kan hurtigt bliver kompliceret hvis vi udover DST arealet også skal inkludere IMK arealer, men det kan lade sig gøre. | |
| Reduceret kvælstofnorm | Ja | Nej | | | | I opgørelsen beregnes den samlede mængde N udbragt som gødning (handelsgødning og husdyrgødning), som er et udtryk for den faktiske anvendte mængde N. Reduceres N udbragt på landbrugsjord, skulle dette blive afspejlet i data for N-udvaskning som er baseret på en kombination af målinger og modelberegning. | |
| Reduktion af kvæg | Ja | Nej | | | DCE har tidligere fremskrivninger bidraget med følsomhedsanalyser, hvori der indgik scenarier med reduceret antal kvæg og svin, men der er ikke i seneste fremskrivning BF2019 regnet på et sådan scenarie. DCE har udarbejdet en tabel som viser den gennemsnitlige emission per dyr for de vigtigste dyrekategorier frem til 2030. | Opgørelsen baserer sig på antal dyr i Danmarks Statistik og ændringer i husdyrproduktionen vil således blive afspejlet i emissionsopgørelsen | |
| Reduktion af svin | Ja | Nej | | | DCE har tidligere fremskrivninger bidraget med følsomhedsanalyser, hvori der indgik scenarier med reduceret antal kvæg og svin, men der er ikke i seneste fremskrivning BF2019 regnet på et sådan scenarie. DCE har udarbejdet en tabel som viser den gennemsnitlige emission per dyr for de vigtigste dyrekategorier frem til 2030. | Opgørelsen baserer sig på antal dyr i Danmarks Statistik og ændringer i husdyrproduktionen vil således blive afspejlet i emissionsopgørelsen | |
| Skærpet udnyttelseskrav for N i husdyrgødning | Ja | Nej | | | | Det vil blive afspejlet i mængde anvendt N | |
| Tilsætningsstof til gyllen (NoGas) | Nej | Nej | | | | | |
| Udtag af omdriftsareal til permanent ugødet brak | Ja | Nej | | | Der er antaget en gennemsnitlig N2O emission per ha som gennemsnittet i perioden 2013-2017. Der er således ikke antaget ændring i areal med permanent brak | Indgår i emissionsopgørelsen som ugødet græsmark | |
| Afgrøder med høj N-optagelse (frøgræs) | Ja/konstant per ha | Nej | | | | I opgørelsen anvendes et konstant input af C per ha græs (modellering) uanset N tildeling. | |
| Afgrøder med høj N-optagelse (græs) | Ja/konstant per ha | Nej | | | | I opgørelsen anvendes et konstant input af C per ha græs (modellering) uanset N tildeling. | |

| | | | | | | | |
|---|--------------------|-----|------|--------------------|---|--|--|
| Afgrøder med høj N-optagelse (sukkerroer) | Ja/konstant per ha | Nej | | | | I opgørelsen anvendes et konstant input af C per ha græs (modellering) uanset N tildeling. | |
| Avl for malkekøer med reduceret tab af metan | Nej | Nej | | | | | |
| Biogas m. hyppig udslusning i kvægstalden | Delvist | Nej | 10,1 | mio ton kvæggylle | I BF2019 er ikke taget højde for en effekt ved kombination af hyppig udslusning og biogas. Der er ikke inkluderet en CH4 reduktion for hyppigere udmugning end de data som er tilgængelige for gyllens opholdstid i stalden (Kai, P. Birkmose, T. & Petersen, S. 2015: Slurry volumes and estimated storage time of slurry in Danish livestock buildings. Report by AgroTech to the Danish Energy Agency, pp 32.). Det er antaget at 10,1 mio ton kvæggylle bioforgasses. | Kun biogas delen. | |
| Fodertilsætningsstoffer: Nitrat | Nej | Nej | | | | | |
| Fodertilsætningsstoffer: Tang | Nej | Nej | | | | | |
| Fodring med højere andel af majs | Ja | Nej | | | | Øget fodring med majs er reflekteret i den Ym DCE modtager fra DCA. En yderligere fodring med majs, skal og heraf ændring i Ym skal bekæftes med DCA beregning som dokumentation. | |
| Gylleforsuring i lager for kvæg (optimeret sommer-/lagerforsuring) | Nej | Nej | | | Det er antaget at 34% af kvæggyllen i 2030 forsures i tank/udbringning, vurderet af SEGES. | I opgørelsen inkluderes NH3 reduktion som følge af forsuring i tank/udbringning, men ikke som følge af "optimerede" forhold. Der er ikke antaget ændringer i N2O og CH4 emissionen. | |
| Gylleforsuring i lager for svin (optimeret sommer-/lagerforsuring) | Nej | Nej | | | Det er antaget at 3% af svinegyllen i 2030 forsures i tank/udbringning, vurderet af SEGES. | I opgørelsen inkluderes NH3 reduktion som følge af forsuring i tank/udbringning, men ikke som følge af "optimerede" forhold. Der er ikke antaget ændringer i N2O og CH4 emissionen. | |
| Halm til forgasning med biochar retur | Nej | Nej | | | | | |
| Hyppig udslusning af kvæggylle | Nej | Nej | | | | I opgørelsen er anvendt data for gyllens opholdstid i stalden baseret på Kai, P. Birkmose, T. & Petersen, S. 2015: Slurry volumes and estimated storage time of slurry in Danish livestock buildings. Report by AgroTech to the Danish Energy Agency, pp 32. | |
| Hyppig udslusning af svinegylle m. lagerforsuring | Nej | Nej | | | | I opgørelsen er anvendt data for gyllens opholdstid i stalden baseret på Kai, P. Birkmose, T. & Petersen, S. 2015: Slurry volumes and estimated storage time of slurry in Danish livestock buildings. Report by AgroTech to the Danish Energy Agency, pp 32. | |
| Hyppig udslusning suppleret med staldforsuring i svinestalde (Intermet) | Nej | Nej | 0,8 | mio ton svinegylle | Har antaget at 1,4 mil. bliver forsuret i hhv stald og tank/udbringning (0,8+0,6). | I opgørelsen er anvendt data for gyllens opholdstid i stalden baseret på Kai, P. Birkmose, T. & Petersen, S. 2015: Slurry volumes and estimated storage time of slurry in Danish livestock buildings. Report by AgroTech to the Danish Energy Agency, pp 32. | |

| | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----------|--------------------|---|--|--|
| Køling af svinegylle m. lagerforsuring | Nej | Nej | 0,6 + 2,2 | mio ton svinegylle | Har i BF antaget at 0,6 mio ton svinegylle forsures i marken og 2,2 mio ton gylle køles i stald, men der er ikke inkluderet en evt. mer effekt som følge af en kombination af forsuring+køling | | |
| Nitrifikationshæmmere på husdyrgødning | Nej | Nej | | | | | |
| Nitrifikationshæmmere på kunstgødning | Nej | Nej | | | | | |
| Paludikultur | Nej | Nej | | | | Kun arealer i DST indgår i opgørelsen. Arealer med Paludikultur data kan evt. hentes fra IMK, men vi har ikke data om evt. C lagring i disse meget våde områder. Samtidig udledes også CH4. Opgørelsesteknisk kan det være "vådområde" | |
| Præcisionsjordbrug | Nej | Nej | | | | Skønnes ikke have effekt på C balancen. Evt. ændringer i landbrugets energiforbrug indgår. | |
| Reduceret jordbearbejdning | Nej | Nej | | | | Skønnes ikke have effekt på C balancen. Evt. ændringer i landbrugets energiforbrug indgår (i energisektoren). | |
| Småbiotoper | Ja | Nej | | | Der er antaget et fald i landbrugsarealet fra 2613000 ha i 2017 til 2475000 ha i 2030, baseret på IFROs model AGMEMOD. Der er ikke fastsat mål for tilskudsordning fremadrettet. | Årlige arealdata for nye hegn og småbiotoper hentes fra kortdata.fvm.dk. Dvs. Kun støttede arealer indgår. I forbindelse med at DCE fra og med opgørelsen for 2018 er overgået fra en hektar-opgørelser til LiDAR-målinger vil også ikke-støttede hegn og småbiotoper indgå i opgørelsen. | |
| Vådområder på mineral jord | Ja | Nej | | | Der er antaget et fald i landbrugsarealet fra 2613000 ha i 2017 til 2475000 ha i 2030, baseret på IFROs model AGMEMOD. Vi har ikke defineret specifik hvad de udtagede arealer anvendes til; skov, vådområder, vej, by eller andet. | DCE anvender IMK data til opgørelsen af nye vådområder hvor der laves et GIS overlay mellem vådområderne og jordbundskortet. Mineraljorder antages ikke at have en ændring i C-balancen som følge af etableringen, men det samlede N-tilførsel til vandløb vil blive reduceret som følge af en reduktion i landbrugsarealet og denitrifikationen i vådområderne. | |
| Afbrænding af husdyrgødning | Nej | Nej | | | | | |

| Virkemidlet | Drivhusgasreduktioner/effekter | | | | | Enhed | Reference på effekten | Bemærkninger til effekten | Sikker positiv klimaeffekt ? | Nuancerin g af ja/nej i kolonne J |
|--|--------------------------------|-----|-----|---------------------|--------------------|------------------------------|--|---|------------------------------|-----------------------------------|
| | CO2 / LULUCF | CH4 | N2O | CO2 / Energiforbrug | Netto klima-effekt | | | | | |
| Biogas fra kvæggylle (afsætning til biogasanlæg, alm. stald- og lagerdrift) | 0 | 7,9 | 0 | 23 | 31 | kg CO2-ækv/ton husdyrgødning | Thomsen et al. (2013) Mikkelsen et al. (2016) | CO2 / LULUCF: Effekten er ændret til nul, da kulstoflagring ikke vurderes at påvirkes af gyllebehandling (Thomsen et al., 2012) CH4: Effekten er formentlig højere end beregnet i DCE rapporten fra 2016, hvor meget større, kræver nye data og modelberegninger. CO2 / Energiforbrug: Det antages at den producerede biogas erstatter naturgas til elproduktion. Der er modregnet 20% til procesenergi. | Ja | 1 |
| Biogas fra svinegylle (afsætning til biogasanlæg, alm. stald- og lagerdrift) | 0 | 15 | 0 | 22 | 37 | kg CO2-ækv/ton husdyrgødning | Thomsen et al. (2013) Mikkelsen et al. (2016) | CO2 / LULUCF: Effekten er ændret til nul, da kulstoflagring ikke vurderes at påvirkes af gyllebehandling. CH4: Effekten er formentlig højere end beregnet i DCE rapporten fra 2016, hvor meget større, kræver nye data og modelberegninger. CO2 / Energiforbrug: Det antages at den producerede biogas erstatter naturgas til elproduktion. Der er modregnet 20% til procesenergi. | Ja | 1 |
| Biogas m. gyllekøling i svinestalden | 0 | 46 | 1 | 20,2 | 67 | kg CO2-ækv/ton husdyrgødning | Mikkelsen et al. (2016) | CO2 / LULUCF: Effekten er ændret til nul, da kulstoflagring ikke vurderes at påvirkes af gyllebehandling. CH4: Effekten er mindre end beregnet af Mikkelsen et al. (2016). Kølingen er overvurderet, og der er ikke taget hensyn til at der ikke køles hele året. Der er behov for nye data og beregninger. N2O: Der er regnet med 40% mindre NH3-emission fra stald, hvilket er for højt. CO2-emission pr. kWh el er sat til 0,2 kg CO2-ækv. Den producerede varme vil kunne udnyttes og erstatte andre brændsler. CO2 / Energiforbrug: Omkostning til køling med 25 W/m2 og gennemsnitgyllehøjde på 0,2 m, er 125 W/t gylle med gennemsnitsopholdstid på 19 dage. Med en COP på 3 og en CO2-emission pr. kWh el på 0,2 kg CO2-ækv., giver det 3,8 CO2-ækv/t gylle. | Ja | 1 |
| Biogas m. hyppig udslusning i svinestalden | 0 | 43 | 0 | 24 | 67 | kg CO2-ækv/ton husdyrgødning | Mikkelsen et al. (2016) | CO2 / LULUCF: Effekten er ændret til nul, da kulstoflagring ikke vurderes at påvirkes af gyllebehandling. CH4: Det antages at gylle umiddelbart køres til biogasanlæg efter udpumpning til lager. Der er regnet med 70% reduktion i stald, lager og mark. Der vil være synergi i at kombinere hyppig udslusning og biogas produktion. Størrelsen af effekten kræver nye data og modelberegninger og afhænger af hvor hurtigt gyllen kan udsluses N2O: Effekten er nul, da hyppig udslusning ikke påvirker ammoniakudledning i stald og lagre. | Ja | 1 |

| | | | | | | | | | | |
|--|------|------|-------|-------|------|------------------|---|---|----|---|
| Braklægning (slåningsbrak; ikke permanent udtagning) | 0,5 | 0 | 1 | 0,35 | 1,9 | ton CO2-ækv/ha | Eriksen et al., (20XX) - Midlertidige version | Den afgørende er om området før braklægning i realiteten er i omdrift eller er ugødet vedvarende græs eller lignende. For ugødet vedvarende græs eller lignende, vil omlægning til slåningsbrak eller ikke-permanente udtagning få minimal betydning for klimagasemissioner. Hvis området er i omdrift, vil reduktionen i klimagasemission være afhængig af omdriftens form. De følgende reduktioner er antaget for slåningsbrak efter Olesen et al. (2014). N input 167 kg /ha/år, direkte N2O emission 821 kg CO2 ækv./ha/år (gødning til afgrøder 782 kg CO2 ækv./ha/år, planterester fra afgrøder 156 kg CO2 ækv./ha/år, planterester fra ompløjning -117 kg CO2 ækv./ha/år), indirekte N2O emission mellem 152 og 301 kg CO2 ækv./ha/år (NH3 emission 29 kg CO2 ækv./ha/år, N udvaskning mellem 123 kg CO2 ækv./ha/år for lerjorde i tør områder og 272 kg CO2 ækv./ha/år for sandjorde i våde områder), kulstoflagring 500 kg CO2 ækv./ha/år, fossile energi til markoperationer 348 kg CO2 ækv./ha/år, totale emission 1,8 ton CO2 ækv./ha/år for lerjorde i tørre områder og 2,0 ton CO2 ækv./ha/år for sandjorde i våde områder. Det antages, at brak er på jord som er i omdrift. | Ja | 1 |
| Efterafgrøder | 0,99 | 0 | -0,01 | -0,01 | 1,0 | ton CO2-ækv/ha | Eriksen et al., (20XX) - Midlertidige version | Klimaeffekten består af fire poster; reduceret indirekte N2O emission forårsaget af reduceret nitratudvaskning, øget direkte N2O emission forårsaget af afgrøderester fra den inkorporerede efterafgrøde, reduceret direkte N2O emission forårsaget af den forventede forfrugtsværdi fra efterafgrøder, fossilt energiforbrug tilknyttet såning, og kulstoflagring fra den inkorporerede efterafgrøde. Baseret på tabel 1, er reduktionen i den indirekte N2O emission for kategorien Under 80 kg N/ha i husdyrgødning og anden organisk gødning, 39 kg CO2-ækv./ha for lerjord og 83 kg CO2-ækv./ha for sandjord. For kategorien Over 80 kg N/ha i husdyrgødning og anden organisk gødning, er tallene 112 kg CO2-ækv./ha for lerjord og 211 kg CO2-ækv./ha. Olesen et. al (2018) estimerer den øget direkte N2O emission fra afgrøderester til 173 kg CO2-ækv./ha og kulstoflagringen i jorden til 990 kg CO2-ækv./ha. | Ja | 1 |
| Flerårige energiafgrøder på omdriftsarealer | 0,66 | 0 | 0,35 | 0,37 | 1,4 | ton CO2-ækv/ha | Olesen et al. (2018), 167 kg N/ha; Geordiadis et al. (2017) (se Klimavirkemiddel-katalog) | Landmænd kan dyrke pil/poppel, hvis der er et interessant marked. Det er der ikke p.t. og derfor er arealpotentialet begrænset. Potentialet kan evt. stige, hvis 1) importerede træpiller erstattes med dansk træ. 2) Hvis BECCS implementeres. Eller 3) Hvis et stigende marked for filtermatrice til minivådområder dækkes med pileflis. Men effekten på kulstoflagring i jord er blevet reduceret betydeligt over de seneste år, og det er endnu usikkert, om niveauet er korrekt. Det vil formentlig afhænge en del af træartet, management (gødsning og pasning) og af jordtype. Geordiadis et al., 2017 er nyeste danske kilde. | Ja | 2 |
| Fodertilsætningsstoffer: Bovaer, 3-NOP | 0 | 1200 | 0 | 0 | 1200 | kg CO2-ækv/årsko | DSM, Dijkstra et al. (2018) | Reduktion af enterisk metan for malkekøer. Bemærk at potentialet er baseret på potentialet pr dags dato, og det reelle potentiale som følge af en højere produktion og dermed en højere produktion af enterisk metan vil være højere i 2030. I DCEs data for produktion af enterisk metan (https://envs.au.dk/fileadmin/envs/Emission_inventories/Reporting_sectors/Landbrug_Table_2.htm) er produktionen af enterisk metan steget med 10% fra 2007 til 2017. Hvis en tilsvarende stigning indregnes fra 2020 til 2030 vil reduktionen være $1200 \times 1,1 = 1320$ kg CO2-ækv/ko. Der er ikke indregnet en eventuel effekt ved anvendelse af stoffet til opdræt, men her forventes effekten at være tilsvarende effekten hos malkekøer. For ikke-malkekøer angiver DCE en produktion på ca. 41 kg enterisk CH4/årsdyr, svarende til et reduktionspotentiale på $41 \times 25 \times 0,3 = 308$ kg CO2-ækv/årsdyr pr dags dato. Virkemidlet kan være svært at bruge for økologer, men virkemidlet er så potent at det kan være nødvendigt at tillade fremover i den økologiske produktion. | Ja | 1 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----|-----|-------|-------|-----|------------------------------|---|--|----|---|
| Fodring med øget fedt til andet kvæg | 0 | 82 | 0 | 0 | 82 | kg CO2-ækv/årsko | Børsting et al, 2020 (Notaat til MFVM), Niu et (2018), Norfor foderplanlægningssystem, Brask (2013), phd-afhandling | Ikke medregnet effekt af klimabelastning ved dyrkning af fedtkilde i forhold til dyrkning af de fodermidler, som fedt erstatter –typisk korn. For ikke-malkekøer angiver DCE en produktion på ca. 41 kg enterisk CH4/årsdyr, svarende til et reduktionspotentiale på $41 \cdot 25 \cdot 0,08 = 82$ kg CO2-ækv/årsdyr pr dags dato, idet 1 kg CH4 svarer til 25 kg CO2 ækv og der forventes reduktion på 8% som for malkekøer. Det skal dog bemærkes at talmaterialet for andet kvæg er særdeles sparsomt, og effekten derfor usikker. Der er således antaget en øgning med 20 g fedt/kg fodertørstof, hvilket forventes at reduceret metan med ca. 8%. Tiltaget kan være problematisk for økologer grundet det mindre udbud af økologiske fedtkilder. | Ja | 1 |
| Fodring med øget fedt til malkekvæg | 0 | 272 | 0 | 0 | 272 | kg CO2-ækv/årsko | Børsting et al. (2020), Niu et al. (2018), Norfor foderplanlægningssystem (2011), Brask (2013) | Ikke medregnet effekt af klimabelastning ved dyrkning af fedtkilde i forhold til dyrkning af de fodermidler, som fedt erstatter –typisk korn. Standardfoder er af DCE beregnet til at give ca. 4000 kg CO2/ko/år. Fodring med høje niveauer af fedt kan være problematisk i mobiliseringsperioden i starten af laktationen, (56 dage), svarende til 15% af året, og effekten er derfor korrigeret med denne faktor (0,85). Dette kræver også mulighed for holdopdeling i praksis. Effekten af fedttilskud er vurderet til ca 4% pr 10 g fedt/kg ts, og med en øgning i fedtindholdet i rationen på 20 g/kg ts svarer dette til en reduktion på 8%. Tiltaget kan være problematisk for økologer grundet det lavere udvalg af økologiske fedtkilder. Reduktionspotentialet er baseret på en mælkeydelse på 11.000 kg EKM pr dags dato. Som følge af en højere ydelse i 2030 og dermed en højere foderoptagelse og produktion af enterisk metan vil potentialet for reduktion være højere i 2030, hvor der forventes en ydelse på 13.500 kg EKM mod 11.000 kg i 2019. I DCEs beregninger (https://envs.au.dk/fileadmin/envs/Emission_inventories/Reporting_sectors/Landbrug_Table_2.htm) er produktionen af enterisk metan steget med 10% fra 2007 til 2017. Hvis en tilsvarende stigning indregnes fra 2020 til 2030 vil reduktionen være $272 \cdot 1,1 = 299$ kg CO2-ækv/ko 'under antagelse af proportional effekt. | Ja | 1 |
| Græs i sædskiftet | 2,2 | 0 | -0,65 | -0,04 | 1,5 | ton CO2-ækv/ha | Eriksen et al. (20XX) - Midlertidige version | Antagelser; udgangspunkt kornsædskift med emission 1,3 ton CO2 ækv./ha (eksl N-udvaskning). Fodergræs = Græs med kløver/lucerne under 50 % bælglpl. (omdrift), N input 290 kg/ha, 8 ton TS/ha. N2O emission 1581 kg CO2 ækv./ha (herunder en reduktion i N-udvaskning på 29 kg/ha (62 kg CO2 ækv./ha), kulstoflagring 2200 kg CO2 ækv./ha (fra notat Muligheder for reduktion af næringsstofftab i græsrigt sædskifter), fossileenergi -45 kg CO2 ækv./ha. Samlet emission -0,2 ton CO2 ækv./ha, reduktion 1,5 ton CO2 ækv./ha | Ja | 1 |
| Gylleforsuring i stald hos kvæg | 0 | 12 | 2 | 0 | 14 | kg CO2-ækv/ton husdyrgødning | Mikkelsen et al. (2016) og Olesen et al. (2018) | CO2 / LULUCF: Effekten er ændret til nul, da kulstoflagring ikke vurderes at påvirkes af gyllebehandling. CH4: Effekt er 60%. Gylleforsuring forventes også at hæmme udledning af metan under den efterfølgende lagring udenfor stalden. N2O: Der er ca. 50% effekt på udledning af ammoniak fra stald, lagre og ved udbringning, som giver en indirekte reduktion af N2O. Der er ikke regnet med at ekstra N i gødning erstatter handelsgødning. | Ja | 1 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------|----|-------|-------|-----|---|---|---|----|---|
| Gylleforsuring i stald hos svin | 0 | 37 | 3 | 0 | 40 | kg CO ₂ -ækv/ton husdyrgødning | Mikkelsen et al. (2016) og Olesen et al. (2018) | CO ₂ / LULUCF: Effekten er ændret til nul, da kulstoflagring ikke vurderes at påvirkes af gyllebehandling. CH ₄ : Gylleforsuring forventes også at hæmme metanemissionen under den efterfølgende lagring udenfor stalden. Dette er medregnet. N ₂ O: Reduceret udledning af ammoniak i stald, lagre og ved udbringning på 60%, som giver en indirekte reduktion af N ₂ O. Der er ikke regnet med at ekstra N i gødning erstatter handelsgødning. CO ₂ / Energiforbrug: Forsuring i stald medfører få omkostninger til pumpning af gylle. Er ikke medregnet. | Ja | 1 |
| Hyppig udslusning af svinegylle | 0 | 11 | 0 | 0 | 11 | kg CO ₂ -ækv/ton husdyrgødning | Mikkelsen et al (2016) og Olesen et al (2018) | CO ₂ / LULUCF: Effekten er ændret til nul, da kulstoflagring ikke vurderes at påvirkes af gyllebehandling. CH ₄ : Hyppig udslusning vil medføre øget metanemission fra lageret, men det forventes stadig at den samlede metanemission fra stald og lager er reduceret som følge af lavere gennemsnitlig temperatur i lageret sammenlignet med stalden. Her regnes med 40% effekt i stald og 40% merudledning under lagring. Det er antaget at 72% udledes fra stald, og 28% fra lager. N ₂ O: Påvirker ikke udledning af ammoniak. CO ₂ / Energiforbrug: Ingen ekstra omkostninger til energi. | Ja | 1 |
| Køling af svinegylle | 0 | 11 | 0 | -4 | 7 | kg CO ₂ -ækv/ton husdyrgødning | Mikkelsen et al (2016) og Olesen et al (2018) | CO ₂ / LULUCF: Effekten er nul, da kulstoflagring ikke vurderes at blive påvirket af gyllebehandling. CH ₄ : Køling af svinegylle vil medføre øget metanemission fra lageret, men det forventes stadig at den samlede metanemission fra stald og lager er reduceret som følge af lavere gennemsnitlig temperatur i lageret sammenlignet med stalden. Effekten af køling af gylle er afhængigt af køleeffekt og driftstid og dette skal undersøges nærmere. Her er regnet med 40% effekt i stald og tilsvarende merudledning i lager. Det er antaget at 72% udledes fra stald, og 28% fra lager. CO ₂ / Energiforbrug: Omkostning til køling med 25 W/m ² og gennemsnitgyllehøjde på 0,2 m, er 125 W/t gylle med gennemsnitsopholdstid på 19 dage. Med en COP på 3 og en CO ₂ -emission pr. kWh el på 0,2 kg CO ₂ -ækv., giver det 3,8 CO ₂ -ækv/t gylle. Produceret varme vil kunne erstatte andre brændsler. N ₂ O: Der vil være mindre udledning af ammoniak i stald. | Ja | 1 |
| Mellemafgrøder | 0,495 | 0 | -0,06 | -0,01 | 0,4 | ton CO ₂ -ækv/ha | Eriksen et al., (20XX) - Midlertidige version | Klimaeffekten består af fire poster; reduceret indirekte N ₂ O emission forårsaget den reducerede nitratudvaskning, øget direkte N ₂ O emission forårsaget den afgrøderester fra den inkorporerede efterafgrøde, fossile energiforbruget tilknyttet såning, og kulstoflagring fra den inkorporerede efterafgrøde. Baseret på en reduktion i nitratudvaskning på 13 kg N/ha, vil den reduktion i indirekte emission være 28 kg CO ₂ -ækv./ha. Baseret på en antagelse at nitratreduktionen med en mellemafgrøde er cirka den halve af den som for en efterafgrøde, er biomassen også cirka den halve. Det skønnes derfor at effekten på den direkte N ₂ O emission fra afgrøderester efter en mellemafgrøde vil være 86,5 kg CO ₂ -ækv./ha og kulstoflagringen i jorden til 495 kg CO ₂ -ækv./ha Dieselforbrug med f.eks. en centrifugalspreder er estimeret til cirka 4.5 liter/ha, svarende til 12 kg CO ₂ -ækv./ha. Samlet, bliver klimaeffekten for mellemafgrøder 0,44 tons CO ₂ -ækv./ha. | Ja | 1 |

| | | | | | | | | | | |
|---|-----|---|------|------|-----|--|--|---|-----|---|
| Omlægge til økologi | | | | | | | Olesen et al. (2018) | Baseret på DCA rapport 130 er der i regnearket angivet en effekt på 640 kg CO2 eq. pr ha ved omlægning til økologi. Dette tal er dog baseret på de præmisser der blev givet ved udarbejdelse af rapporten – omlægning produkt for produkt og fastholdt samme dansk produktion pr produkt uanset andel af økologi. Den markant forskel der er i udledningen mellem produkterne som fremgår af DCA rapport 130, såvel indenfor som mellem de to systemer betyder, at effekten af omlægning vil være meget forskellige afhængig af typen af økologi og hvor det omlagte areal konventionelle areal kommer fra – f.eks. vil en ændring fra konventionel mælk til økologisk planteavl give en reduktion på 5812 kg CO2 eq. ha, mens en omlægning fra konventionel planteavl til økologisk planteavl vil øge udledningen med 184 kg CO2 eq. pr ha. De 640 kg CO2 eq. pr ha er derfor et resultat som kun gælder under de to præmisser vi fik givet ved udarbejdelse af DCA 130. Hertil kommer så nogle af de i DCA 130 nævnte metodiske og datamæssige udfordringer. Konklusionen er at kvantificeringen af omlægning fra konventionel til økologisk produktion på udledningen af klimagasser kræver det en større udredning og sandsynligvis vil effekten af omlægning skulle defineres for en række kombinationer af produktionen før og efter omlægning. | Ja | 2 |
| Overdækning af gyllebeholdere med ventileret flydelag | 0 | 9 | ? | 0 | 9 | kg CO2-ækv/ton husdyrgødning | Petersen et al. (2006) og Duan et al. (2012, 2017) | CH4: Der forventes en reduktion i det samlede drivhusgas bidrag fra lagret gylle ved overdækning af gyllelagre med veludviklet og ventileret flydelag. Det er endnu for tidligt at estimere effekten, men det er antaget en effekt på 50%. | Nej | 3 |
| Randzoner på mineral jord | 0,5 | 0 | 1,1 | 0,35 | 2,0 | ton CO2-ækv/ha | Eriksen et al., (20XX) - Midlertidige version | Den afgørende er om området før braklægning er i realitet i omdrift eller er ugødet vedvarende græs eller lignende. For ugødet vedvarende græs eller lignende, vil omlægning til få minimale betydning for klimagasemissioner. For områder som er i omdrift, vil reduktionen i den klimagasemission kan sidestilles med slåningsbrak og reduktionen i klimagasemissioner vil være cirka 1,9 og 2,0 CO2 ækv./ha/år for henholdsvis lerjorde i tør områder og for sandjorde i våde områder. Med omlægning fra et område i omdrift, vil klimaeffekten være negativ i etableringsfasen. | Ja | 1 |
| Reduceret kvælstofnorm | 0 | 0 | 5,85 | 0 | 5,9 | kg CO2 ækv./kg reduceret N input | Eriksen et al., (20XX) - Midlertidige version | En reduktion i N input vil betyde en reduktion i direkte lattergas emissioner, ammoniakemission og nitratudvaskning. Reduktionen i direkte lattergasemission vil være 4,7 kg CO2 ækv./kg reduceret N input Ammoniakemissionsfaktor for handelsgødning er 0,02* kg NH3-N/kg N tilførte. Det svarer til en reduktion i lattergasemission på 0,04 kg CO2 ækv./kg reduceret N input. En reduktion i nitratudvaskning betyder en reduktion i lattergasemissionen i den modtagende akvatiske miljøer (den såkaldte den indirekte klimagasemission). Klimaeffekten beregnes som med en marginale udvaskning på 20% men varieres mellem 7% og 39%, afhængig af afgrøde og klima. Reduktionen i klimagasemissionen vil være mellem 5,1 og 6,6 kg CO2 ækv./kg reduceret N input, afhængig af den marginale udvaskning. | Ja | 1 |
| Reduktion af kvæg | | | | | | | | | Ja | 2 |
| Reduktion af svin | | | | | | | | | ja | 2 |
| Skærpet udnyttelseskrav for N i husdyrgødning | 0 | 0 | 5,21 | 0 | 5,2 | kg CO2 ækv/ kg N reducerede handelsgødning | Eriksen et al. (20XX) - Midlertidige version | Med en 5% øget udnyttelseskrav og uændret fordeling af husdyrgødningsproduktion mellem dyrtyper, er reduktionen i direkte N2O 4,68 kg CO2 ækv/kg N, reduktion i N udvaskning N2O 0,7 kg CO2 ækv/kg N, reduktion i ammoniakemission N2O 0,09 kg CO2 ækv/kg N og den totale reduktion 5,58 kg CO2 ækv/kg handelsgødning N reducerede | Ja | 1 |
| Tilsætningsstof til gyllen (NoGas) | | | | | | | | Ingen empirisk bevis at det virke | Nej | 3 |

| | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-------|-------|-----|------------------------------|--|--|-----|---|
| Udtag af omdriftsareal til permanent ugødet brak | 0,5 | 0,0 | 1,1 | 0,35 | 2,0 | ton CO2-ækv/ha | Eriksen et al. (20XX) - Midlertidige version | Den afgørende er om området før braklægning er i realitet i omdrift eller er ugødet vedvarende græs eller lignende, og hvilken vegetation etableres/udvikles efter braklægning. For ugødet vedvarende græs eller lignende, vil omlægning til slåningsbrak eller ikke-permanente udtagning få minimale betydning for klimagasemissioner, medmindre at området bliver trædækket. Hvis området er i omdrift, vil reduktionen i den klimagasemission være afhængig af omdriftens form. Med permanente braklægning på jord som er i omdrift, vil både den direkte N2O emission tilknyttet ompløjning (117 kg CO2 ækv./ha/år) den fossile energi til slåning (13 kg CO2 ækv./ha/år) udgå i forhold til ikke-permanente brak. For områder som bliver dækket med græs eller lignende, vil klimagasreduktionen bliver cirka 2,0 ton CO2 ækv./ha/år. For områder hvor der etableres/udvikles skov, vil reduktionen svarer til skovrejsning. Klimaeffekten vil være negativ i etableringsfasen. | Ja | 1 |
| Afgrøder med høj N-optagelse (frøgræs) | 0 | 0 | 0,05 | 0 | 0,1 | ton CO2-ækv/ha | Eriksen et al. (20XX) - Midlertidige version | Antagelser; udgangspunkt kornsædskift med emission 1,3 ton CO2 ækv./ha (eksl N-udvaskning). Frøgræs = Rajgræs, alm., N input 170 kg/ha. N2O emission 910 kg CO2 ækv./ha (herunder en reduktion i N-udvaskning på 29 kg/ha (62 kg CO2 ækv./ha), kulstoflagring og fossileenergi sidestilles med et kornsædskift. Samlet emission 0,1 ton CO2 ækv./ha men, der er stor usikkerheden om kulstoflagring under frøgræs | Nej | 3 |
| Afgrøder med høj N-optagelse (græs) | 2,2 | 0 | -1,27 | -0,09 | 0,8 | ton CO2-ækv/ha | Eriksen et al. (20XX) - Midlertidige version | Antagelser; udgangspunkt kornsædskift med emission 1,3 ton CO2 ækv./ha (eksl N-udvaskning). Fodergræs = Permanent græs uden kløver, N input 400 kg/ha 10,8 ton TS/ha. N2O emission 2219 kg CO2 ækv./ha (herunder en reduktion i N-udvaskning på 29 kg/ha (62 kg CO2 ækv./ha), kulstoflagring 2200 kg CO2 ækv./ha (fra notat Muligheder for reduktion af næringsstoffab i græsrigge sædskifter), fossileenergi -85 kg CO2 ækv./ha. Samlet reduktion 0,9 ton CO2 ækv./ha | Ja | 1 |
| Afgrøder med høj N-optagelse (sukkerroer) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | ton CO2-ækv/ha | Eriksen et al. (20XX) - Midlertidige version | I forhold til et kornsædskift, vil der være en reduktion i N-udvaskning på 12 til 24 kg/ha, med en tilsvarende reduktion i indirekte lattergasemission. Da tilbageførelsen af planterester fra ror er minimale, vil der sandsynligvis være en reduktion i kulstoflagring. Det kræver en mere detaljerede redegørelse til at beregne klimaeffekten men effekten forventes at være minimale eller negativ. | Nej | 4 |
| Avl for malkekøer med reduceret tab af metan | | | | | | | Olesen et al. (2013) | Udenlandske undersøgelser viser at der er en potentielle effekt men vi mangler veldokumenteret viden og de faktiske reduktioner under danske forhold | Nej | 3 |
| Biogas m. hyppig udslusning i kvægstalden | 0 | 13 | 0 | 30 | 43 | kg CO2-ækv/ton husdyrgødning | Mikkelsen et al. (2016) | CO2 / LULUCF: Ingen ændring på kulstoflagring. CH4: 72% effekt i stald og mark. N2O: Der forventes ingen effekt. CO2 / Energiforbrug: Der er regnet med 30% mere VS i gyllen i forhold til biogas fra alm. kvægstalde | Ja | 1 |
| Foder-tilsætningsstoffer: Nitrat | 0 | 400 | ? | 0 | 400 | kg CO2-ækv/årsko | Olesen et al. (2018), Olijhoek et al. (2016), personlig meddelelse fra Jan Dijkstra og Leon Sebek, Wageningen, Holland | Virkemidlet kan kun anvendes til konventionelle køer og anvendelse af nitrat vil øge andelen af majsensilage på bekostning af græs i rationen, hvilket kan være u hensigtsmæssigt af andre grunde. Eventuel effekt via dette ændrede forbrug af individuelle fodermidler og dermed ændret klimaomkostning til dyrkning af foder er ikke indregnet. Dette vil være meget afhængig af beregningsmetode for kulstofindlejring for græs. Eventuelt højere N niveau i rationen vil være problematisk. Den forventede ændrede grovfoderanvendelse skyldes ønsket om at N/proteinniveauet i rationen ikke øges, her kunne proteinfattige grovfoderafgrøder som foderroer være et alternativ. | Ja | 1 |

| | | | | | | | | | | |
|--|------|-----|------|---|------|------------------------------|---|--|-----|---|
| Foder-tilsætningsstoffer: Tang | 0 | 800 | 0 | 0 | 800 | kg CO2-ækv/årsko | Roque et al. (2019), Li et al. (2018) | Virkemidlets effekt er særdeles usikkert, dels pga et meget begrænset datamateriale fra dyreforsøg med malkekøer og dels som følge af potentielle negative effekter på metabolitter ved vomomsætning og på foderoptagelse. Nyt studie (Asparagopsis) viser reduktion i metan, men også uacceptable reduktioner i foderoptagelse på 10-38% (inklusion: 0,5-1,0 % af rationen) (Roque et al., 2019). reduktionen i metan/kg fodertørstof var 20% ved lavest dosis. Indhold af halogenerede produkter såsom bromoform vurderes som problematisk. Den kraftige effekt på metan er kun set for enkelte arter af tang, mens andre tangarter har vist ingen eller minimal effekt når der tages hensyn til fordøjelighed. | Ja | 1 |
| Fodring med højere andel af majs | ? | 120 | ? | ? | ? | kg CO2-ækv/årsko | Brask et al. (2013) | Brask et al. (2013) fandt en reduktion på 8-18% afhængig af græsensilagens kvalitet ved 100% udskiftning af græs med majs 1:1 på tørstofbasis. Langt de fleste rationer indeholder dog allerede betydelige mængder af majs, og øget indhold af majs som teknologi vurderes derfor til ca. 3% reduktion i metan baseret på indhold af græs og majs i nuværende rationer. Hvis effekten udvides til et generelt forhold mellem stivelse:NDF i rationen, som er baggrunden for effekten i vommen og som også kan manipuleres via mere kraftfoder, vil potentialet være højere. Effekten er afhængig af kvalitet af særligt græsensilagen som udskiftes med majsensilage. Netto-effekten er helt afhængig af ændring i den øvrige sammensætning af rationen den afledte effekt på dyrkning af fodermidlerne i særdeleshed og derfor også af beregningsmetode for kulstofaflejring fra græs. Tiltaget kan være sværere at implementere for økologer grundet afgræsning og grundet en minimal dyrkning af majsensilage i det nuværende økologiske sædskifte. | Nej | 3 |
| Gylleforsuring i lager for kvæg (optimeret sommer-/lagerforsuring) | 0 | 2 | 1 | 0 | 3 | kg CO2-ækv/ton husdyrgødning | Der foreligger ikke studier af denne teknologi. | Det er antaget at der forsures én gang når tanken er halv fyldt. Der er regnet med 50% effekt i forhold til effekt af staldforsuring i lager og ved udbringning. Teknologien er ikke udviklet. | Nej | 3 |
| Gylleforsuring i lager for svin (optimeret sommer-/lagerforsuring) | 0 | 5 | 1 | 0 | 6 | kg CO2-ækv/ton husdyrgødning | Der foreligger ikke studier af denne teknologi. | Det er antaget at der forsures én gang når tanken er halv fyldt. Der er regnet med 50% effekt i forhold til effekt af staldforsuring i lager og ved udbringning. Teknologien er ikke udviklet. | Nej | 3 |
| Halm til forgasning med biochar retur | 25,3 | 0 | 0,00 | | 25,5 | ton CO2-ækv/ha | N2O: Cayuela et al. (2014 og 2015) CO2: skønsmæssig beregning | Der er alene tale om en skønsmæssig beregning og for tilførsel af 20 ton biochar per ha for et max areal svarende til 10.000 ha. Reducerer N2O udledningen med 28% jf literaturværdier men er ikke eftervist i studier under danske forhold. Dobbelt kulstoflagring ift alm.halmnedmuldning. Netto klimaeffekten burde også tage højde for energibalancen ved pyrolysen. Denne effekt vurderes dog som marginal. | Ja | 1 |
| Hypig udslusning af kvæggylle | 0 | 6 | 0 | 0 | 6,0 | kg CO2-ækv/ton husdyrgødning | Mikkelsen et al. (2016) | CH4: Hypig udslusning, fx med drænedede gulve med aljeafløb, vil reducere CH4-udledning, men den enteriske udledning er langt større. | Ja | 1 |
| Hypig udslusning af svinegylle m. lagerforsuring | 0 | 34 | ? | 0 | 34,0 | kg CO2-ækv/ton husdyrgødning | Mikkelsen et al. (2016), Olesen et al. (2018) | CO2 / LULUCF: Ingen ændring på kulstoflagring. CH4: 40% effekt i stald, og 50% effekt i lager. N2O: CO2 / Energiforbrug: Der er regnet med 30% mere VS i gyllen i forhold til biogas fra alm. kvægstald | Ja | 1 |
| Hypig udslusning suppleret med staldforsuring i svinestalde (Intermet) | 0 | 37 | 2 | 0 | 39,0 | kg CO2-ækv/ton husdyrgødning | Mikkelsen et al. (2016), Olesen et al. (2018) | Staldforsuring har en effekt på udledning af metan og ammoniak. Gyllen pumpes jævnlig ud og der pumpes en mindre mængde forsuret gylle tilbage i stalden. Hypig udslusning vil ikke bidrage med en mereffekt. Samme effekter som for staldforsuring. | Ja | 1 |

| | | | | | | | | | | |
|---|--------------|------|-------|------|----------------|---|---|---|-----|---|
| Køling af svinegylle m. lagerforsuring | 0 | 14 | 1 | -4 | 11,0 | kg CO ₂ -ækv/ton husdyrgødning | Mikkelsen et al. (2016), Olesen et al. (2018) | Lagerforsuring er ikke en udviklet teknologi. Det er her antaget at man forsurer én gang, når tanken er halvfuld og at effekten dermed er halvdelen af staldforsuringens effekt i lager. Ved udbringning er effekten 60% | Ja | 1 |
| Nitrifikationshæmmere på husdyrgødning | 0 | 0 | 1,87 | | 1,9 | kg CO ₂ -ækv/kg N | Olesen et al. (2018) | Reducerer N ₂ O udledn m 40%. Bekræftet af DK resultater med majs e græs (lysimeterforsøg). • Den beregnede effekt på 1.87 kg CO ₂ -ækv/kg tilført N er baseret på default N ₂ O emissionsfaktor på 0.01. • Mindre og usikker reduktion af nitratudvaskning på sandjord • Behov for dokumentation af sideeffekter (miljø, økotoxikologi) | Ja | 1 |
| Nitrifikationshæmmere på kunstgødning | 0 | 0 | 1,87 | | 1,9 | kg CO ₂ -ækv/kg N | Olesen et al. (2018) | Reducerer N ₂ O udledn m 40%. Baseret på internationale studier. • Den beregnede effekt på 1.87 kg CO ₂ -ækv/kg tilført N er baseret på default N ₂ O emissionsfaktor på 0.01. • Mindre og usikker reduktion af nitratudvaskning på sandjord • Behov for dokumentation af sideeffekter (miljø, økotoxikologi) | Ja | 1 |
| Paludikultur | 39 | -7,1 | 5,5 | n.a. | 37,8 | ton CO ₂ -ækv/ha | Gyldenkerne and Greve (2015). Biancalani and Avagyan (2014). Hiraishi et al. (2014). Wilson et al. (2016). | Effekten vil afhænge af arealtypen og dræningstilstanden inden omlægning til paludikultur. Udregningen baseres på de emissionsfaktorer der indtil videre anvendes i den danske afrapportering til UNFCCC for tørvejorde med >12% organisk kulstof. Beregningen baseres på at et dybt drænet areal vådlægges, dvs. vandstanden hæves til 0-25 cm under jordoverfladen. | Ja | 3 |
| Præcisionsjordbrug | 0 | 0 | 0,027 | 0 | 0,0 | ton CO ₂ -ækv/ha | Eriksen et al. (20XX) - Midlertidige version | På tværs af de tre typer præcisions jordbrug vurderes klima effekten med udgangspunkt i en gennemsnitlig kvælstofanvendelse på 179 kg N/ha i 2021 (Jensen et al., 2016) reduceret med 7% for at tage hensyn til effekterne af bl.a. målrettet regulering; altså en gennemsnitlig kvælstofanvendelse på 167 kg N/ha. En reduktion af dette med 2-4% vil reducere lattergasudledningerne med 16-31 kg CO ₂ -ækv/ha. En reduktion af N-udvaskningen med 1-2 kg N/ha vil reducere udledningerne med 2-5 kg CO ₂ -ækv/ha. Den samlede effekt ved fuld brug af præcisionsteknologier ligger derfor skønsmæssigt på 18-36 kg CO ₂ -ækv/ha | Ja | 1 |
| Reduceret jordbearbejdning | 0 | 0 | 0 | 0,04 | 0,0 | ton CO ₂ -ækv/ha | Olesen et al. (2018) | Ingen ændring i forhold til KV-katalog | Ja | 1 |
| Småbiotoper | 22,0 til 10, | 0 | 0,96 | 0,36 | -20,7 til 11,7 | ton CO ₂ -ækv/ha | Nielsen et al. (2020) | Klimaeffekten vil være negativ i etableringsfasen. | ? | 1 |
| Vådområder på mineral jord | 0 | 0 | 0,34 | 0 | 0,3 | ton CO ₂ -ækv/ha | Eriksen et al. (2014) - uændret emissionsfaktorer | Arealanvendelsen forud for etablering af vådområder antages at være ugødet eng. Hvis arealanvendelsen forud etableringen har været eng, vil jorden sandsynligvis indeholde en høj mængde organisk materiale. Når anaerobiske forhold opstår efter etableringen, kan der være risiko for metanudledninger. | Nej | 1 |
| Afbrænding af husdyrgødning | -0,7 | 0 | 0,01 | 0,4 | -0,29 | ton CO ₂ -ækv/ha | Eriksen et al. (2014) - gennemsnit af kvæg- og svinegylle | En sikker positiv effekt af afbrænding af fiberfraktionen fra afgasset gylle på ammoniakemission, men usikkerheden vedrørende metan og lattergasemission fra fiberfraktionen i lager og fiberfraktionens brændværdier. Der vil forventeligt blive kigget nærmere på dette i det kommende opdaterede N-virkemiddelkatalog. For ubehandlet gylle, vil effekten på LULUCF være cirka -1,4 CO ₂ ækv/ha og den samlet reduktion vil være -0,99 CO ₂ ækv/ha. Det bemærkes at beregning er baseret på tilførsel af 100 kg N/ha i husdyrgødning, og i praksis kan tilføres op til 170 kg N/ha. | Nej | 3 |
| Avl for fodereffektivitet i svineproduktionen | | | | | | | Peer reviewed referencer på effekter via LCA gennem udenlandske undersøgelser: (Noya et al. (2017); Garcia-Lunay et al. (2014), van Hal et al. (2019) | Beregningsmodel findes i DK hos AGRO. Der savnes beregninger på effekter der dækker den danske svineproduktion af de effekter der her forventes gennem avl for bedre fodereffektivitet over de kommende år. Avlsarbejde kan gavne i både økologisk og konventionel svineproduktion. | Nej | 3 |

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|----|---|---|----|-------------------------|--|---|--|-----|---|
| Avl i retning af toformålmalkeracer | | | | | | | | | Udenlandske undersøgelser viser at der er en potentielle effekt men vi mangler veldokumenteret viden og de faktiske reduktioner under danske forhold | Nej | 3 |
| Anvendelse systematiske krydsningssystemer hos malkekvæg | | | | | | | | | Udenlandske undersøgelser viser at der er en potentielle effekt men vi mangler veldokumenteret viden og de faktiske reduktioner under danske forhold | Nej | 3 |
| Avl for fodereffektivitet hos kvæg | | | | | | | | | Udenlandske undersøgelser viser at der er en potentielle effekt men vi mangler veldokumenteret viden og de faktiske reduktioner under danske forhold | Nej | 3 |
| Udvikling af foderplanter med mindre enterisk metan emission | | | | | | | | | Udenlandske undersøgelser viser at der er en potentielle effekt men vi mangler veldokumenteret viden og de faktiske reduktioner under danske forhold | Nej | 3 |
| Afbrændning i fakkelt af luft fra gyllebeholdere med svinegylle | 0 | 11 | 0 | ? | 11 | ton CO2-ækv/ton gødning | Wightman & Woodbury (2016) | CH4: Afbrændning af metanholdig luft i en fakkelt vil kunne reducere udledning, især om sommeren. Vil også kunne reducere udledning af ammoniak og svovlbrinte. Vil kræve at overdækniger er langt tættere end i dag. Teknologier er ikke dokumenteret. Det er antaget at 28% af CH4-udslippet fra stald og lagre (2,49 kg CH4/t) er fra lageret og en effekt på 64%. CO2 / Energiforbrug: Der skal måske bruges støttebrændsel i perioder med lav CH4 (< 4%). | Nej | 3 | |
| Rensning af luft fra gyllebeholdere med svinegylle med biofilter | 0 | 12 | ? | 0 | 12 | ton CO2-ækv/ton gødning | Oonk & Koopmans (2012). Oonk et al. (2015) | CH4: Opsamling af lugt fra overdækkede gyllebeholdere kan renses i jordfiltre. Teknologien er udviklet i Nederland. Teknologien er kendt ved rensning af lossepladsgas. Der er forsigtigt regnet med en effekt på 70%. Teknologien er ikke dokumenteret. N2O: Der vil kunne dannes N2O som ved biofiltre. | ja | 3 | |
| Plantesorter forædlet til fodring | | | | | | | Madsen et al. (2018) | ny redegørelse påkrævet | Nej | 3 | |

| Virkemidlet | Ansvarlig | Fagfællebedømmere |
|--|--|--------------------------|
| Braklægning (slåningsbrak; ikke permanent udtagning) | Nick Hutchings | Jørgen Olesen |
| Efterafgrøder | Nick Hutchings | Jørgen Olesen |
| Flerårige energifgrøder på omdriftsarealer | Uffe Jørgensen | Jørgen Olesen |
| Græs i sædskiftet | Nick Hutchings | Jørgen Olesen |
| Mellemafgrøder | Nick Hutchings | Jørgen Olesen |
| Omlægge til økologi | Troels Kristensen | Jørgen Olesen |
| Randzoner på mineral jord | Nick Hutchings | Jørgen Olesen |
| Reduceret kvælstofnorm | Nick Hutchings | Jørgen Olesen |
| Skærpet udnyttelseskrav for N i husdyrgødning | Nick Hutchings | Jørgen Olesen |
| Udtag af omdriftsareal til permanent ugødet brak | Nick Hutchings | Jørgen Olesen |
| Afgrøder med høj N-optagelse (frøgræs) | Nick Hutchings | Jørgen Olesen |
| Afgrøder med høj N-optagelse (græs) | Nick Hutchings | Jørgen Olesen |
| Afgrøder med høj N-optagelse (sukkerroer) | Nick Hutchings | Jørgen Olesen |
| Nitrifikationshæmmere på husdyrgødning | Søren O Petersen | Jørgen Olesen |
| Nitrifikationshæmmere på kunstgødning | Søren O Petersen | Jørgen Olesen |
| Paludikultur | Poul Erik Lærke | Jørgen Olesen |
| Præcisionsjordbrug | Jim Rasmussen | Jørgen Olesen |
| Reduceret jordbearbejdning | Lars Munkholm | Jørgen Olesen |
| Vådområder på mineral jord | Nick Hutchings | Jørgen Olesen |
| Halm til forgasning med biochar retur | Lars Elsgaard | Jørgen Olesen |
| Fodertilsætningsstoffer: Bovaer, 3-NOP | Peter Lund, Christian Børsting | Martin Weisbjerg |
| Fodring med øget fedt til andet kvæg | Peter Lund, Christian Børsting | Martin Weisbjerg |
| Fodring med øget fedt til malkekvæg | Peter Lund, Christian Børsting | Martin Weisbjerg |
| Fodertilsætningsstoffer: Nitrat | Peter Lund, Christian Børsting | Martin Weisbjerg |
| Fodertilsætningsstoffer: Tang | Peter Lund, Christian Børsting | Martin Weisbjerg |
| Fodring med højere andel af majs | Peter Lund, Christian Børsting | Martin Weisbjerg |
| Biogas fra kvæggylle (afsætning til biogasanlæg, alm. stald- og lagerdrift) | Anders Peter Adamsen/Henrik Møller | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Biogas fra svinegylle (afsætning til biogasanlæg, alm. stald- og lagerdrift) | Anders Peter Adamsen/Henrik Møller | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Biogas m. gyllekøling i svinestalden | Anders Peter Adamsen/Henrik Møller | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Biogas m. hyppig udslusning i svinestalden | Anders Peter Adamsen/Henrik Møller | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Gylleforsuring i stald hos kvæg | Anders Peter Adamsen/Michael J. Hansen | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Gylleforsuring i stald hos svin | Anders Peter Adamsen/Michael J. Hansen | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Hyppig udslusning af svinegylle | Anders Peter Adamsen/Michael J. Hansen/Henrik Møller | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Køling af svinegylle | Anders Peter Adamsen/Michael J. Hansen/Henrik Møller | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Overdækning af gyllebeholdere | Anders Peter Adamsen | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Tilsætningsstof til gyllen (NoGas) | Anders Feilberg | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Biogas m. hyppig udslusning i kvægstalden | Anders Peter Adamsen/Michael J. Hansen/Henrik Møller | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Gylleforsuring i lager for kvæg (optimeret sommer-/lagerforsuring) | Anders Peter Adamsen | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Gylleforsuring i lager for svin (optimeret sommer-/lagerforsuring) | Anders Peter Adamsen | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Hyppig udslusning af kvæggylle | Anders Peter Adamsen/Michael J. Hansen | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Hyppig udslusning af svinegylle m. lagerforsuring | Anders Peter Adamsen/Michael J. Hansen | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Hyppig udslusning suppleret med staldforsuring i svinestalde (Intermet) | Anders Peter Adamsen/Michael J. Hansen | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Køling af svinegylle m. lagerforsuring | Anders Peter Adamsen/Michael J. Hansen | Lise Guldborg/Tavs Nyord |
| Afbrænding af husdyrgødning | Nick Hutchings | Peter Sørensen |
| Flaring af gas fra overdækkedegylletanke | Anders Peter Adamsen | Lise Guldborg |
| Biofiltrering af gas fra overdækkede gylletanke | Anders Peter Adamsen | Lise Guldborg |
| Småbiotoper | Steen Gyldenkerne, Nick Hutchings | Jørgen Olesen |
| Reduktion af kvæg | Mette Hjorth Mikkelsen | Rikke Albrektsen |
| Reduktion af svin | Mette Hjorth Mikkelsen | Rikke Albrektsen |
| Avl for malkekøer med reduceret tab af metan | Peter Løvendahl | Troels Kristensen |
| Avl for fodereffektivitet i svineproduktionen | Peter Løvendahl | Ikke relevante |
| Avl i retning af toformålmalkeracer | Peter Løvendahl | Ikke relevante |
| Anvendelse systematiske krydsningssystemer hos malkekvæg | Peter Løvendahl | Ikke relevante |
| Avl for fodereffektivitet hos grise og kvæg | Peter Løvendahl | Ikke relevante |
| Udvikling af foderplanter med mindre enterisk metan emission | Peter Løvendahl | Ikke relevante |

Vedr fanen: Opgørelse_NIR_BF

| | Ansvarlig | Fagfællebedømmere |
|---|--|-------------------|
| Indgår effekten i emissions-opgørelse til UNFCCC? | LULUCF beregninger: Steen Gyldenkerne med fagfællebedømmelse af Mette Hjorth Mikkelsen og Rikke Albrektsen. LANDBRUG beregninger: Mette Hjorth Mikkelsen med fagfællebedømmelse af Rikke Albrektsen og Steen Gyldenkerne | |
| Indgår effekten i Basisfrem-skrivningen BF19 | LULUCF beregninger: Steen Gyldenkerne med fagfællebedømmelse af Mette Hjorth Mikkelsen og Rikke Albrektsen. LANDBRUG beregninger: Mette Hjorth Mikkelsen med fagfællebedømmelse af Rikke Albrektsen og Steen Gyldenkerne | |