

# Emissionsfaktorer for ammoniak fra ALFAM2 for afgasset biomasse

Rådgivningsrapport fra DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug

---

Anders Peter S. Adamsen og Sasha D. Hafner  
Institut for Bio- og Kemiteknologi

# Datablad

---

Titel:	Emissionsfaktorer for ammoniak fra ALFAM2 for afgasset biomasse
Forfattere:	Seniorforsker Anders Peter S. Adamsen, Institut for Bio- og Kemiteknologi og Lektor Sasha D. Hafner, Hafner Consulting LLC
Fagfællebedømmelse:	Seniorforsker Henrik B. Møller, Institut for Bio- og Kemiteknologi, Aarhus Universitet
Kvalitetssikring, DCA:	Specialkonsulent Johanna Höglund, DCA Centerenheden
Rekvirent:	FVM Departementet
Dato for bestilling/levering:	24.09.2021/ 16.12.2021
Journalnummer:	2021-0294106
Finansiering:	Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM) og Aarhus Universitet under ID nr. 21-P3-35-04 "Ydelsesaftale planteproduktion 2021-2024".
Ekstern kommentering:	Notatet har været til ekstern kommentering ved FVM, men der har ikke været kommentarer til udkastet.
Eksterne bidrag:	Forfattere Sasha D. Hafner er adjungeret lektor på Aarhus Universitet, men driver en konsultantsvirksomhed; Hafner Consulting LLC i Virginia, USA. Det foreligger en samarbejdskontrakt mellem Hafner Consulting LLC og Aarhus Universitet.
Kommentarer til besvarelse:	Rapporten præsenterer resultater, som ved rapportens udgivelse ikke har været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer.
Citeres som:	Adamsen, AP, Hafner SD. 2021. Emissionsfaktorer for ammoniak fra ALFAM2 for afgasset biomasse 6 sider. Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 16.12.2021
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på <a href="https://dca.au.dk/raadgivning/">https://dca.au.dk/raadgivning/</a>

# 1 Baggrund

Fødevarministeriet har ønsket et kort notat med henvisning til rapporterne "Estimation of Danish emission factors for ammonia from field-applied liquid manure for 1980 to 2019" (Hafner et al 2021), "Ammoniakfordampning fra forsuret gylle ved udbringning med slæbeslange" (Nyord et al 2021), samt "Ammoniakfordampning fra forsuret gylle ved udbringning med slæbeslange - Ekstra data for afgasset gylle" (BEK nr 1551 02/07/2021).

Følgende emissionsfaktorer ønskes opgjort:

1. Emissionsfaktorer for forsuret afgasset biomasse, hvor forsuringen skal resultere i en mindst 25 pct. reduktion i ammoniakfordampningen ved udbringning i forhold til ammoniakfordampningen fra ikke forsuret rå-gylle (Eksisterende forsøringskrav).
2. Emissionsfaktorer for forsuret afgasset biomasse, hvor forsuringen skal resultere i en mindst 25 pct. reduktion i ammoniakfordampningen ved udbringning i forhold til ammoniakfordampningen fra ikke forsuret afgasset biomasse.

## 2 Metode

Sammenligning af afgasset biomasse (gylle og anden biomasse der er været igennem i et biogasanlæg) med ikke-forsuret rågylle kompliceres af, at rågylle består af flere typer af gylle såsom svinegylle og kvæggylle. Svinegylle kan igen inddeles i so- og smågrisegylle, hvorimod kvæggylle er mere ensartet, da kvier, goldkøer og lakterende køer ofte går sammen og deres gylle blandes og pumpes til en fælles gylletank. Afgasset biomasse består således af flere typer gyller. Dertil kommer, at der typisk i et biogasanlæg tilsættes andet organisk materiale for at producere mere biogas. Disse materialer kan være dybstrøelse, gyllefibre (tyk fraktion fra gylleseparering), halm, restprodukter fra slagterier og fødevareproduktion, organisk husholdningsaffald, industrielle biprodukter og glycerol.

Mængden af syre der skal tilsættes afgasset biomasse for at reducere emission af ammoniak med 25 procent, er tidligere estimeret for et mindre antal prøver, 4 prøver (Nyord et al., 2021). Afgasset biomasse (4 prøver) havde oprindelig en pH-værdi på 8,1, som skulle sænkes til ca. 7,5. Det ville kræve ca. 1,8 kg 96%-svovlsyre per ton afgasset biomasse. Da ministeriet ønskede, at reduktionen i ammoniakemissionen skulle være på mindst 25 procent (som er den anvendte effekt ved at nedfælde gylle i græsmarker) blev der også estimeret en øvre 90-procent konfidensgrænse, som blev beregnet på baggrund af titreringskurverne (Nyord et al., 2021) Denne var på ca. 2,1 kg 96%-procent svovlsyre per ton afgasset biomasse, hvorved pH i den afgassede biomasse i gennemsnit ville blive sænket til ca. 7,4.

For at få et bedre datagrundlag blev det efterfølgende besluttet at udtage flere prøver fra lager-tanke med afgasset biomasse. Det nye sæt har 11 prøver, som alle er titreret som beskrevet i Nyord et al. (2021) og der blev bestemt indhold af tørstof. Det nye datasæt viser, at der skal anvendes 3,4 kg 96%-svovlsyre for at reducere emissionen af ammoniak med mindst 25 procent i forhold til ikke-forsuret afgassest biomasse.

Emissionsfaktorer for ammoniak ved udbringning af gylle og afgasset biomasse er modelleret i ALFAM2-modellen med parametersæt 2 (v1.5.1 fra ALFAM2 R-pakken<sup>1</sup>) som beskrevet i Hafner et al. (2021). For valg af perioder, lufttemperaturer, vindhastigheder og nedbør, se tabel 1. For afgasset biomasse er pH ved markforsuring beregnet ud fra den i bekendtgørelsen (BEK nr 1551 af 02/07/2021) krævede syretilsætning kombineret med brug af titreringskurverne i Nyord et al. (2021) og det nye datasæt for afgasset biomasse.

Tørstofindhold i gylle og den afgassede biomasse såvel som pH er af stor betydning for emissionsfaktorer, se fx tabel A4.1 i Hafner et al. (2021). For afgasset biomasse har vi to datasæt med tørstofdata, den i Hafner et al. (2021) som er på 15 prøver, og det nye sæt på 11 prøver. Det første sæt har et gennemsnitlig tørstofindhold på 5,1 procent, hvorimod det nye sæt har et indhold på

---

<sup>1</sup><https://github.com/sashahafner/ALFAM2/releases/tag/v1.5.1>

6,9 procent. Vi har valgt at bruge hele datasættet i beregningerne af emissionsfaktorer, hvorved den gennemsnitlige tørstofindhold bliver på 5,9 procent.

Alle dokumenter, der er brugt til at beregne resultaterne i dette notat, er tilgængelige på:

<https://github.com/sashahafner/AU-myndighedsbetjening><sup>2</sup>.

**Tabel 1.** Valgte forudsætninger for perioder, lufttemperaturer og vindhastigheder for modellering af emissionsfaktorer i ALFAM2-modellen. Det er forudsat at der udbringes 30 tons gylle per hektar.

	Marts	April	Maj	Sommer	Efterår
Perioder	marts	april	maj	juni-juli og august	september <sup>1</sup>
Lufttemperatur <sup>2</sup> (°C)	4,4	8,2	12	17	14
Vindhastigheder <sup>3</sup> (m/s)	4,1	3,8	3,5	3,2	3,3
Regn <sup>4</sup> (mm/h)	0,060	0,055	0,070	0,11	0,13

<sup>1</sup>Tidligere har man også medregnet oktober måned, men dette gøres ikke længere, da det generelt ikke er tilladt at udbringe flydende organisk gødning efter 1. oktober (BEK nr 1551 af 02/07/2021).

<sup>2</sup>Gennemsnitlig temperatur i perioden.

<sup>3</sup>Gennemsnitlig vindhastighed i 2 meters højde over jordoverfladen.

<sup>4</sup>Gennemsnitlig nedbør per måned. Er beregnet ud fra 7 vejrstationer som beskrevet i Hafner et al. (2021), da regn ikke tidligere er beregnet på månedsbasis.

---

<sup>2</sup>Resultaterne i dette notat svarer til "release 2021-0294106\_v2", "<https://github.com/sashahafner/AU-myndighedsbetjening/releases>" eller direkte fra [https://github.com/sashahafner/AU-myndighedsbetjening/releases/tag/2021-0294106\\_v2](https://github.com/sashahafner/AU-myndighedsbetjening/releases/tag/2021-0294106_v2)

### 3 Resultater og diskussion

De beregnede emissionsfaktorer for afgasset biomasse er vist i tabel 2 og vist grafisk i figur 1.

**Tabel 2.** Emissionsfaktorer for ammoniak i procent af totalammoniumnitrogen (TAN) for afgasset biomasse med tørstofindhold på 5,9 procent og pH på 7,9. For afgasset biomasse skal der i gennemsnit anvendes 3,4 og 11 kg 96% svovlsyre for at nå pH på henholdsvis 7,1 og 6,5. For antagelser om temperaturer, vindhastigheder og nedbør, se tabel 1. Det er antaget, at der udbringes 30 tons afgasset biomasse per hektar for alle kombinationer.

	Marts	April	Maj	Sommer	Efterår
Slæbeslanger (uden yderligere teknik)	32	33	34	35	35
Slæbeslanger med markforsuring med 3,4 kg 96%-svovlsyre per ton gylle	22	26	28	30	29
Slæbeslanger med markforsuring med 11 kg 96%-svovlsyre per ton gylle <sup>1</sup>	15	19	22	26	24
Nedfældning i græs <sup>2</sup>	18	18	19	19	19
Nedfældning i sort jord <sup>3</sup>	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7

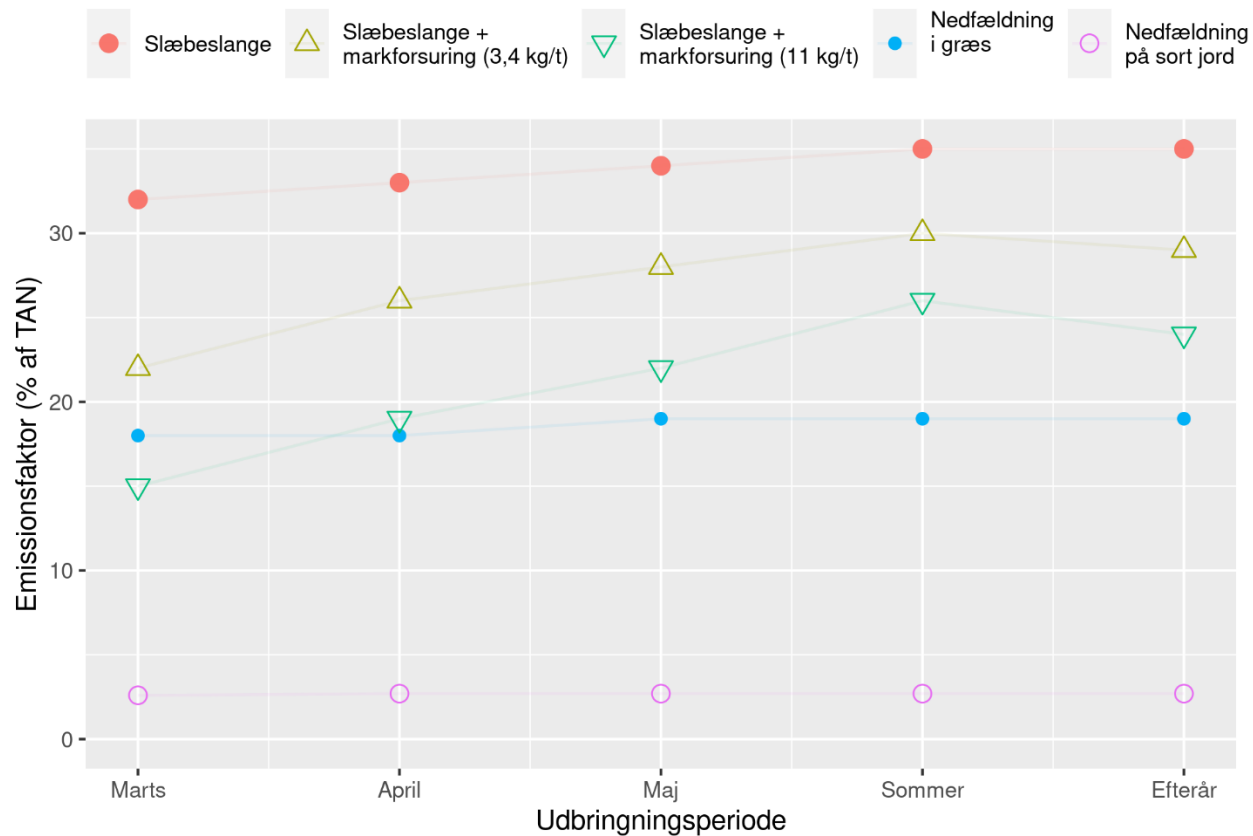
<sup>1</sup>Forsuret med 11 kg 96%-svovlsyre per ton gylle jf. BEK nr 1551 af 02/07/2021.

<sup>2</sup>Nedfældet således at nedfældningsrenderne helt kan indeholde den udbragte mængde gødning.

<sup>3</sup>Nedfældet således at nedfældningsrenderne er tildækkede efter nedfældningen.

For afgasset biomasse har vi som før nævnt to datasæt med gennemsnitlige tørstofindhold på 5,1 og 6,9 procent. Det gennemsnitlige indhold for hele datasættet på 26 prøver er 5,9 procent. Det medfører i modellen forskelle i emissionsfaktorerne på op til 18 procent sammenlignet med emissionsfaktorerne ved 5,9 procent. Forskellen tilskrives at gyllen i modellen efter udbringning fordeles i en pulje med høj fordampning (kan "ses" som den gylle der ligger oven på jorden umiddelbart efter udbringning) og en pulje med lav fordampning (som er den gylle der hurtigt siver ned i jorden). Denne fordeling afhænger meget af tørstofindholdet, se fx tabel A4.1 i Hafner et al. (2021).

Hvor meget syre der skal tilsættes afgasset biomasse for at reducere fordampning med 25 procent i forhold til ikke-forsuret afgasset gylle eller en beregnet gennemsnitlig ikke-afgasset og ikke-forsuret gylle afhænger af gyllens og den afgassede biomasses tørstofindhold og bufferkapacitet. De viste syremængder der skal tilsættes afgasset gylle, er baseret på sættet med 11 prøver og et højt gennemsnitligt tørstofindhold. Prøver med lavere tørstofindhold vil formentlig skulle tilsættes mindre syre, men det har vi ikke data til at kunne vurdere.



**Figur 1.** Emissionsfaktorer for afgasset biomasse udbragt med forskellige teknikker og tidspunkter.

## 4 Referencer

BEK nr 1551 af 02/07/2021. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. 2021. Bekendtgørelse om anvendelse af gødning.

Hafner, S. D., Nyord, T., Sommer, S. G., & Adamsen, A. P. S. (2021). Estimation of Danish emission factors for ammonia from field-applied liquid manure for 1980 to 2019. 138 pages. Advisory report from DCA – Danish Centre for Food and Agriculture, Aarhus University, submitted: 23-09-2021

Nyord, T., Hafner, S. D., Adamsen, A. P. S., & Sommer, S. G., (2021). Ammoniakfordampning fra forsuret gylle ved udbringning med slæbeslange, Rådgivningsrapport fra DCA, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, Nr. 2020-0188079, 18 s., feb. 15, 2021.