

Til Landbrugsstyrelsen

**Følgebreve**

Dato 1. december 2020

Journal 2020-0167065

### Levering på bestillingen "Udnyttelseskrav på forskellige typer af slam"

Landbrugsstyrelsen har i en bestilling sendt d. 28. september 2020 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug – om en vurdering af udnyttelseskrav for forskellige typer af slam.

Besvarelsen i form af vedlagte notat er udarbejdet af seniorforsker Peter Sørensen fra Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet. Seniorforsker Ingrid K. Thomsen fra Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet har været fagfællebedømmer, og notatet er revideret i lyset af hendes kommentarer.

Som en del af denne opgave er der indsamlet og behandlet nye data, og notatet præsenterer resultater, som ikke ved notatets udgivelse 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.

Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening mellem Miljø- og Fødevareministeriet og Aarhus Universitet" under ID 3.24 i "Ydelsesaftale Planteproduktion 2020-2023".

Venlig hilsen

Lene Hegelund  
Specialkonsulent, kvalitetssikrer f. DCA-centerenheden



# Udnyttelseskrav på forskellige typer af slam

---

Af seniorforsker Peter Sørensen, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

Fagfællebedømt af seniorforsker Ingrid K. Thomsen, Institut for Agroøkologi, AU

## Baggrund

Landbrugsstyrelsen har i en bestilling ønsket en vurdering af udnyttelseskrav for forskellige typer af slam. I dag er spildevandsslam defineret som en specifik anden organisk gødningstype jf. gødskningsbekendtgørelsens § 20, stk 4, nr. 1. med et udnyttelseskrav på 45 pct. I den forbindelse beder Landbrugsstyrelsen AU forholde sig til, om andre typer af slam som fx slam fra dambrug, slam fra forarbejdning af animalske råvarer samt evt. andre typer af slam (fra industri eller andet) også bør indgå i kategorien "spildevandsslam" med en udnyttelse på 45 pct. eller om disse andre former for slam evt. bør indgå i kategorien "anden organisk gødning" med en udnyttelse på 40 pct.

## Besvarelse

### Udnyttelsesprocent

Sørensen (2018) anbefalede i en besvarelse til Landbrugsstyrelsen, at man for organiske handelsgødninger kan anvende følgende formel til fastsættelse af udnyttelsesprocent ud fra C/N-forholdet i gødningen:

$$\text{Udnyttelsesprocent} = 87\% - (5\% \times \text{C/N}) + (100\% - (87\% - (5\% \times \text{C/N}))) \times 40\%$$

I beregningen indgår der både en forventet førsteårvirkning lagt sammen med en forventet eftervirkning over 10 år. Formlen er delvist baseret på et studie af Delin et al. (2012), der målte førsteårvirkning af forskellige organiske gødninger, jf. Figur 1.

Førsteårvirkningen beregnes som  $87\% - (5\% \times \text{C/N})$  (på basis af Delin et al., 2012). Eftervirkningen beregnes som  $(100\% - (87\% - (5\% \times \text{C/N}))) \times 40\%$ . I denne beregning antages det at 40% af det kvælstof, der ikke er tilgængeligt for den første afgrøde, vil blive tilgængeligt for efterfølgende afgrøder i de følgende 9 år. Antagelserne herfor er nærmere beskrevet af Sørensen (2018), og det skal bemærkes at denne udnyttelse kun opnås ved tilførsel med ubetydelige ammoniaktab. For gødninger hvor ammoniaktab ikke kan undgås, vil udnyttelsen være tilsvarende lavere.

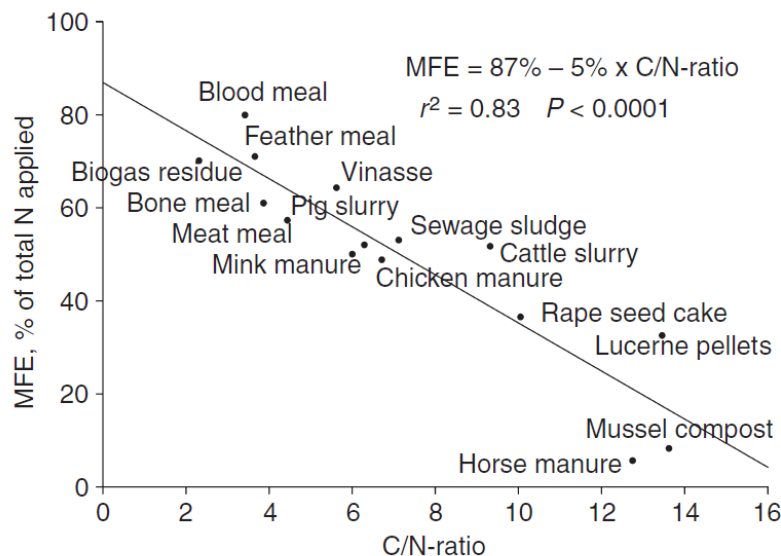
### Gødningsvirkning af spildevandsslam

I undersøgelsen af Delin et al. (2012) indgik også en enkelt prøve af spildevandsslam (sewage sludge), der havde en gødningsvirkning på 53%. Den målte gødningsvirkning i relation til C/N-forholdet lå på linje med de øvrige organiske gødninger i denne undersøgelse. Det kan således antages, at den

generelle relation mellem C/N og N gødningsvirkning også gælder for spildevandsslam. Det skal bemærkes, at undersøgelsen af Delin et al. (2012) blev udført under forhold med minimale tab af ammoniak. Resultaterne stemmer rimeligt overens med et dansk forsøg hvor der blev målt en første års gødningsvirkning på 32% for afgasset slam med et C/N-forhold på 8,6 og 52% for aktiveret slam med et C/N-forhold på 4,9 (Petersen et al., 2003).

Det stemmer ligeledes med, at der i en anden dansk undersøgelse er fundet en N mineralisering på 33-50% af organisk N i afgasset spildevandsslam efter et halvt års nedbrydning (Yoshida et al., 2015), hvor hovedparten af mineraliseringen skete i de tre første måneder efter tilførslen.

En anden dansk undersøgelse med gentagen tilførsel af spildevandsslam gennem 11 år viste en noget lavere gødningsvirkning på 16% i første år (ved C/N = 5,3), men til gengæld en langtidsvirkning efter 11 år svarende til 58% af total N (Gomez-Munoz et al., 2017). I samme undersøgelse blev målt, at ammonium-N udgjorde 18% af total N. Det kan således ikke udelukkes, at der har været et ammoniaktab efter tilførslen (nedpløjet forår inden for seks timer). Ammoniaktab kombineret med at forsøget blev udført på lerjord, kan give en del af forklaringen på den relativt lave førsteårsvirkning målt i forhold til andre undersøgelser. Andelen af ammonium-N i forhold til total N i gængse typer af spildevandsslam er målt til 7-15% af total N (Yoshida et al., 2015), og det må antages at der normalt vil være et ammoniaktab efter tilførsel. Der er dog ikke fundet undersøgelser heraf.



Figur 1. Førsteårsvirkning (MFE) målt i pottforsøg efter tilførsel af organiske gødninger med varierende C/N-forhold og ubetydelige ammoniaktab (Delin et al., 2012).

I Tabel 1 ses kvælstof- og kulstofindhold samt C/N-forhold fra en række publicerede undersøgelser vedrørende spildevandsslam fra Danmark og Sverige. Kvælstofkoncentrationen i tørstof er relativt høj på 4-7% i forhold til mange organiske gødninger. Kulstofindholdet i tørstof er gennemsnitligt 29%, mens C/N-forholdet varierer fra 4 til 8,6.

Tabel 1. Indhold af tørstof, kvælstof og kulstof i en række forskellige slamtyper

Slam beskrivelse	Tørstof kg/t	Total N % af tørstof	C % af tørstof	C/N	Reference
Spildevandsslam (Sverige)	240	4,13	29,3	7,1	Delin et al. 2012
Avedøre afgasset spildevandsslam	21	7,02	29,8	4,2	Yoshida et al. 2015
Avedøre afgasset spildevandsslam, afvandet	243	4,38	27,7	6,3	Yoshida et al. 2015
Avedøre afgasset spildevandsslam, tørret	356	4,48	26,8	6,0	Yoshida et al. 2015
Staffanstorp blandet slam	213	6	37,9	6,3	Yoshida et al. 2015
Staffanstorp kalket slam	263	4,09	30,9	7,6	Yoshida et al. 2015
Helsingør rørgræs slam 20 cm søjle	191	3,72	25	6,7	Yoshida et al. 2015
Helsingør rørgræs slam 80 cm søjle	174	4,34	25,3	5,8	Yoshida et al. 2015
Lynetten afgasset spildevandsslam	187	5,44	29,6	5,4	Yoshida et al. 2015
Damhusåen afgasset spildevandsslam	231	5,02	28	5,6	Yoshida et al. 2015
Avedøre afgasset spildevandsslam	220	6	32,1	5,3	Gomes-Munoz et al. 2017
Lundtofte omsat og afvandet spildvandsslam 1999	233	3	25,8	8,6	Petersen et al. 2003
Lundtofte aktiveret og afvandet spildevandsslam 1999	143	5,9	28,9	4,9	Petersen et al. 2003
Gns.		4,9	29,0	6,1	

AU har fået udleveret data fra Landbrugsstyrelsen fra en række analyser af spildevandsslam, der må antages at repræsentere gængse anlægstyper i Danmark i dag (Tabel 2). Disse analyser inkluderer ikke kulstof, men C/N-forholdet er beregnet med antagelse af 29% kulstof i tørstof, svarende til den gennemsnitlige værdi i Tabel 1. I disse prøver har der gennemsnitligt været et C/N-forhold på 4,8 med en variation mellem 4,2 og 5,9.

Tabel 2. Tørstof og kvælstof i spildevandsslam og beregnet C/N-forhold med antagelse af 29% kulstof i tørstof. Data er udleveret af Landbrugsstyrelsen

Slam beskrivelse	Tørstof kg/t	Total N % af tørstof	C/N beregnet
Mosedede 2018. Afvandet spildevandsslam	216	4,9	5,9
Solrød 2018. Spildevandsslam	216	6,9	4,2
Solrød 2018. Spildevandsslam	211	6,9	4,2
Dragør 2020. Spildevandsslam	215	6,8	4,3
Mosedede 2018. Afvandet spildevandsslam	235	5,3	5,5
Gns.		6,2	4,8

I Tabel 3 er førstnævnte formel brugt til at beregne udnyttelsesprocent for spildevandsslam med varierende C/N mellem 5 og 10. Ved et forventet gennemsnitligt C/N-forhold på 5-6 svarer det til en 10 årig udnyttelse på 74-77% under forhold med ubetydeligt ammoniaktab. Der må dog forventes et uundgåeligt ammoniaktab efter udbringning af slam og under hensyntagen til dette, samt at der kun er opnået en langtidsvirkning på 58% i et enkelt dansk forsøg (Gomez-Munoz et al., 2017), vurderes det at være realistisk at opnå en udnyttelse på 65% over en 10-årig horisont.

Tabel 3. Beregning af teoretisk udnyttelsesprocent ved varierende C/N-forhold i en organisk gødning ved ubetydelige ammoniaktab efter udbringning.

C/N	Førsteårvirkning (% af total N)	Eftervirkning (% af total N)	Beregnet udnyttelsesprocent (% af total N)
5	62	15	77
6	57	17	74
7	52	19	71
8	47	21	68
9	42	23	65
10	37	25	62

Det skal bemærkes, at det pt. er tilladt at udbringe slam om efteråret, f.eks. før såning af vintersæd, efter samme regler som for fast husdyrgødning (Husdyrgødningsbekendtgørelsen, 2019). Ovennævnte forsøg (Petersen et al., 2003; Yoshida et al., 2015) har vist, at der sker en hurtig frigivelse af kvælstof. Dermed er der, som for fast husdyrgødning, stor risiko for øget nitratudvaskning ved udbringning om efteråret (Sørensen et al. 2020, side 245). Ved udbringning af spildevandsslam om efteråret før såning af vintersæd vil det derfor ikke altid være muligt at opnå ovennævnte udnyttelseskrav som følge af betydelig nitratudvaskning.

#### Gødningsvirkning af andre slamtyper

Det har ikke været muligt for AU at fremskaffe officielle eller publicerede data på andre slamtyper. Vi har fået adgang til private data på fire prøver af slam fra mejerier og en prøve fra et slagteri. Koncentrationen af kvælstof i tørstof var relativt ens i disse fem prøver med et gennemsnit på 6,2% N i tørstof. Koncentrationen af kvælstof i tørstof i disse prøver var således på niveau med spildevandsslam (Tabel 1). Ved antagelse af 30% kulstof i tørstof svarer dette til et C/N-forhold på 4,9.

AU har endvidere fået adgang til én prøve af slam fra dambrug. Denne ene prøve viste en meget lav koncentration af kvælstof på 0,8% N i tørstof. Ved en så lav kvælstofkoncentration forventes ikke frigivelse af kvælstof det første års tid efter tilførsel.

Der er behov for flere representative analyser af andre slamtyper for at kunne vurdere en realistisk gødningsvirkning af disse.

#### Konklusion

Det nuværende udnyttelseskrav til spildevandsslam er 45%, men på grundlag af de gennemførte beregninger og gennemgang af eksisterende litteratur vurderes, at et udnyttelseskrav på 65% for spildevandsslam er realistisk at opnå, set over en 10 årig tidshorisont. Sker tilførslen uden ammoniak- og udvaskningstab kan forventes en højere udnyttelse end 65%. På grund af manglende datagrundlag for indhold af kvælstof i andre slamtyper end spildevandsslam kan det ikke vurderes, om udnyttelseskravet for andre slamtyper som efterspurgt i bestillingen skal være 40%, hvilket ville være på linje med "anden organisk gødning". Ved indhentning af repræsentative data for andre slamtyper, vil udnyttelseskravet kunne fastsættes efter samme kriterier som beskrevet ovenfor for spildevandsslam.

## Referencer

- Delin, S., Stenberg, B., Nyberg, A., Brohede, L. 2012. Potential methods for estimating nitrogen fertilizer value of organic residues. *Soil Use and Management* 28, 283-291.
- Gomez-Munoz, B., Magid, J., and Jensen, L. S. (2017). Nitrogen turnover, crop use efficiency and soil fertility in a long-term field experiment amended with different qualities of urban and agricultural waste. *Agriculture Ecosystems & Environment* 240, 300-313.
- Husdyrgødningsbekendtgørelsen 2019. BEK nr 760. <https://www.retsinformation.dk/eli/lt/2019/760>
- Petersen, S. O., Petersen, J., and Rubæk, G. H. (2003). Dynamics and plant uptake of nitrogen and phosphorus in soil amended with sewage sludge. *Applied Soil Ecology* 24, 187-195.
- Sørensen, P. 2018. Fagligt grundlag til fastsættelse af udnyttelsesprocenter for organiske handelsgødninger. Svar til Landbrugsstyrelsen fra DCA. 2018-760-000574. 4 s., 23. feb. 2018. Aarhus Universitet. [https://pure.au.dk/portal/files/121860854/Fagligt\\_grundlag\\_til\\_fasts\\_ttelse\\_af\\_udnyttelsesprocent\\_er\\_for\\_organiske\\_handelsg\\_dninger.pdf](https://pure.au.dk/portal/files/121860854/Fagligt_grundlag_til_fasts_ttelse_af_udnyttelsesprocent_er_for_organiske_handelsg_dninger.pdf)
- Sørensen, P., Kudsk, P., Bruus, M., Strandberg, B., Rubæk, G.H., Hutchings, N., Jacobsen, B.H. 2020. 9 måneders opbevaringskapacitet af husdyrgødning og ændringer i forbud mod udbringning af husdyrgødning om efteråret. I: (redaktører Eriksen, J., Thomsen, I.K., Hoffmann, C.C., Hasler, B., Jacobsen, B.H. ) Virkemidler til reduktion af kvælstofbelastningen af vandmiljøet. DCA rapport nr 174. 452 pp. Aarhus Universitet. <https://dcapub.au.dk/djfpdf/DCArapport174.pdf>
- Yoshida, H., Nielsen, M. P., Scheutz, C., Jensen, L. S., Christensen, T. H., Nielsen, S., and Bruun, S. (2015). Effects of sewage sludge stabilization on fertilizer value and greenhouse gas emissions after soil application. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 65, 506-516.