



Merudvaskning fra rodzonen ved anvendelse af husdyrgødning frem for handelsgødning

Kvantificering af merudvaskningen af kvælstof ved anvendelse af husdyrgødning frem for handelsgødning baseret på nyere litteratur samt modelberegninger.

Promilleafgiftsfonden for landbrug



Den Europæiske Union ved Den Europæiske Fond for Udvikling af Landdistrikter og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri har deltaget i finansieringen af projektet.

En analyse af merudvaskningen ved anvendelse af husdyrgødning i forhold til handelsgødning viser, at merudvaskningen for gylle på kort sigt (50 år) er omkring 4-7 kg N pr. ha pr. DE pr. år, mens den på lang sigt (200 år) formodes at være omkring 7-14 kg N pr. ha pr. DE pr. år. Der kan dog være en stor variation afhængig af faktorer som jordtype, klima og sædskifte.

Udover merudvaskningen fra den udbragte husdyrgødning vil kvælstofdepositionen som følge af ammoniakfordampning fra stalde, lagre og udbringning give anledning til en ekstra merudvaskning på omkring 3,3 kg N pr. DE.

Indholdsfortegnelse

- [1. Sammendrag](#)
- [2. Udvasnkning fra husdyrgødning angivet i udredningsrapporter](#)
 - [2.1 Schou et al. \(2007\)](#)
 - [2.2 Husdyrreguleringsudvalget \(2010\)](#)
- [3. Udvasnkning fra husdyrgødning på kort og lang sigt baseret på modelberegninger](#)
 - [3.1 Udvasnkning på kort sigt på baggrund af beregninger i N-les3](#)
 - [3.2 Udvasnkning på lang \(200 år\) og mellemlang \(50 år\) sigt ved FASSET-modelberegninger](#)
- [4. Udvasnkning baseret målinger i NOVANA \(Landovervågningsoplandene\)](#)
- [5. Udvasnkning fra husdyrgødning målt i forsøg](#)
 - [5.1 Forsøg ved Kalundborg 1998-2007](#)
 - [5.2 Forsøg gennemført af Thomsen et al. \(1993\)](#)
 - [5.3 Forsøg gennemført af Sørensen og Birkmose \(2002\)](#)
 - [5.4 Forsøg gennemført af Eriksen et al. \(2004\)](#)
 - [5.5 Udvasnkning fra fjerkrægylle på baggrund af forsøg gennemført af Bergström og Kirchmann \(1999\)](#)
- [6. Litteratur](#)

1. Sammendrag

Den primære årsag til, at udvaskningen er større ved anvendelse af husdyrgødning er, at en del af kvælstof i husdyrgødning er bundet på organisk form, og at mineraliseringen heraf også sker i efterårs- og vinterperioden, hvor kvælstofoptagelsen i afgrøderne er lav, og hvor det mineraliserede kvælstof derfor kan udvaskes. I modsætning til tidligere, skyldes merudvaskningen kun i begrænset omfang udbringning om efteråret, manglende indregning af kvælstofeffekten eller dårlig fordeling af gødning. Fordampning af ammoniak fra stalde, lagre og udbringning af husdyrgødning giver anledning til en øget deposition af kvælstof, som også vil bidrage til en øget udvaskning. Den egentlige husdyrgødningsrelaterede udvaskning er derfor højere end den udvaskning, der kun stammer fra udbringningen af husdyrgødningen på marken. Den ekstra udvaskning, som skyldes kvælstofdeposition som følge af ammoniakfordampning fra husdyrgødningen kan beregnes til 3,3 kg N pr. DE. De angivelser for merudvaskningen fra husdyrgødning, der er fremstillet i denne artikel, er eksklusiv denne mængde.

Merudvaskningen af kvælstof ved anvendelse af husdyrgødning i forhold til handelsgødning vil afhænge af typen af husdyrgødning, jordtypen, nedbøren og sædskiftet. Merudvaskningen er større på sandjord end på lerjord, og den stiger med øget nedbør. Sædskifter med stor andel af bevoksning om efteråret og stor kvælstofoptagelse (f.eks. efterafgrøder), giver mindre merudvaskning end et sædskifte med lav kvælstofoptagelse om efteråret.

Merudvaskningen af kvælstof ved anvendelse af husdyrgødning i forhold til handelsgødning vil være større på lang sigt (100-200 år) end på kort sigt (5-10 år). Det skyldes, at det varer mange år, inden jorden kommer i ligevægt med hensyn til kvælstofindholdet i jordpuljen, hvis man skifter fra tilførsel af handelsgødning til tilførsel af husdyrgødning.

Generelt er der god overensstemmelse mellem merudvaskningen af kvælstof ved anvendelse af husdyrgødning frem for handelsgødning fundet i forsøg, resultater af modelberegninger og angivelser i udredningsrapporter. Merudvaskningen på lang sigt er ikke belyst forsøgsmæssigt, og angivelserne hviler alene på modelberegninger. Relevansen af angivelse af merudvaskningen i en 200 års tidshorisont er dog meget tvivlsom, fordi landbrugsdriften vil have ændret sig mange gange i perioden. Desuden bygger forskellen på en "alt andet lige" situation. Hvis planteavlerne f.eks. forsøger at nå et højere indhold af organisk stof i jorden ved nedmuldning af planterester mv., kan det resultere i en større udvaskning end antaget i modelberegningerne.

I tabel 1 er angivet typiske forøgelse af udvaskningen ved anvendelse af husdyrgødning frem for handelsgødning.

Tabel 1. Kvælstofoverskud, samt kortsigtet (5-10 år) og langsigtet (200 år) merudvaskning fra rodzonen ved tildeling af husdyrgødning i forhold til tildeling af handelsgødning. Forøgelsen af kvælstofoverskud er angivet på baggrund af de gældende udnyttelseskra. Merudvaskning på kort og lang sigt er angivet på baggrund af de senere refererede undersøgelser.

	Forøgelse af overskud af kvælstof (kg N pr. ha pr. DE)		Merudvaskning, kort sigt (kg N pr. ha pr. DE)		Merudvaskning, lang sigt (kg N pr. ha pr. DE)	
	Sandjord	Lerjord	Sandjord	Lerjord	Sandjord	Lerjord
Svinegylle	25	25	5	4	10	7
Kvæggylle	30	30	7	6	14	10
Dybstrøelse, svin	55	55	14	11	27	22
Dybstrøelse, kvæg						
Fast staldgødning, svin	35	35	11	8	20	15
Fast staldgødning, kvæg						
Ajle	35	35	1	0	1	1

Fjerkrægødning, frisk	30	30	5	4	10	7
-----------------------	----	----	---	---	----	---

Forøgelsen af kvælstofoverskuddet er beregnet ud fra, at der i praksis opnås de nu lovpligtige udnyttelsesprocenter: svinegylle 75 pct., kvæggylle 70 pct., fast staldgødning + ajle 65 pct., dybstrøelse 45 pct., fjerkrægylle 70 pct. I angivelserne er der ikke taget højde for, at de nuværende krav til efterafgrøder er større på husdyrbrug end på planteavlbrug. Dette vil udligne en del af forskellen.

I tabel 2 er opstillet en oversigt over de merudvaskninger fra svinegylle og kvæggylle, som er fundet i de senere beskrevne undersøgelser.

Tabel 2. Oversigt over merudvaskning (kort sigt) ved tildeling af svinegylle og kvæggylle i forhold til tildeling af handelsgødning. Lavet på baggrund af de senere beskrevne modelberegninger og forsøg.

Svinegylle			Kvæggylle		
Kilde	Merudvaskning (kg N pr. ha pr. DE)		Kilde	Merudvaskning (kg N pr. ha pr. DE)	
	Sandjord	Lerjord		Sandjord	Lerjord
<i>Modelberegninger</i>			<i>Modelberegninger</i>		
N-les3	5	4	N-les3	6,5	5,5
Kalundborgforsøg, DAISY	5,7		Schou et al. (2007)	7,6	5,1
Schou et al. (2007)/Peter- sen et al. (2005) (50- årigt sigte)	5,3	3,3			
<i>Forsøg</i>			<i>Forsøg</i>		
Kalundborgforsøg, målt	2,8		Sørensen & Birkmose (2002)	5	
Thomsen et al. (1993), med høj N-tildeling		7	Thomsen et al. (1993), med høj N-tildeling		7

I tabel 3 er merudvaskningen vist med udgangspunkt i brugstyperne, hvilket vil sige merudvaskningen fra henholdsvis typiske svinebrug og typiske kvægbrug i forhold til typiske planteavlbrug. I sammenligningen er der udover gødningstypeforskellen også inkluderet forskelle i dyretætheder og sædskifter. I tabellen er både vist merudvaskningen, når man indregner den geografiske placering af brugstyperne med forskellige nedbørsmængder og jordtyper, og hvis alle brugstyper havde samme klima og jordtype. Kvægbrug er typisk placeret i nedbørsrige sandede egne af landet og giver anledning til en udvaskning, der er omkring 38 kg N pr. ha højere end fra planteavlbrug typisk placeret i tørre og mere lerede egne. Merudvaskningen fra svinebrug er sat til 17 kg N pr. ha. Hvis man fjerner den forskel, der skyldes klima- og jordbundsforhold, bliver merudvaskningen omkring 4 og 6 kg N pr. ha for henholdsvis svinebrug og kvægbrug.

Tabel 3. Merudvaskning (kort sigt) fra svinebrug og kvægbrug i forhold til planteavlbrug - dvs. ved typiske dyretætheder og sædskifter for brugstypen.

	Merudvaskning i forhold til planteavlbrug (kg N pr. ha)	
	Ved typiske klima- og jordbundsforhold for de forskellige brugstyper ¹⁾	Ved middel klima og gennemsnit af sandjord og lerjord ²⁾
Svinebrug	17	4
Kvægbrug	38	6

¹⁾ Vurdering ud fra opgørelse i landovervågningsoplade samt beregninger med N-Les3-modellen (se tabel 8 og tabel 10).

²⁾ På baggrund af beregninger med N-les3-modellen (se tabel 8).

[Til top](#)

2. Udvasnkning fra husdyrgødning angivet i udredningsrapporter

2.1 Schou et al. (2007)

I en virkemiddelrapport lavet af DMU (Schou et al. 2007) angives samme merudvaskninger for svinegylle, som beskrevet for 50-årigt sigte i tabel 9. Derudover er der angivet merudvaskninger for kvæggylle, som ligger 1,2-2,7 kg N pr. ha højere end fra svinegylle. Den gennemsnitlige gyllerelaterede udvaskning vurderes i rapporten at være 4 kg N pr. ha for Danmark i gennemsnit ved det aktuelle husdyrtryk på 0,9 DE. pr. ha. Dette skal ses i forhold til en udvaskning uden husdyrgødning på i alt 57 kg kvælstof pr. ha.

2.2 Husdyrreguleringsudvalget (2010)

I et notat af Husdyrreguleringsudvalget (2010) opgøres også husdyrgødningens bidrag til udvaskningen. Her angiver man, at 45 pct. af det organiske kvælstofindhold i husdyrgødning udvaskes over et langt sigte, mens 33 pct. af det uorganiske kvælstofindhold i både husdyrgødning og handelsgødning udvaskes. På baggrund af det typiske indhold af organisk N og uorganisk N har man beregnet merudvaskningen ved anvendelse af forskellige typer af husdyrgødning. Opgørelsen og merudvaskninger fremgår af tabel 4.

Tabel 4. Opgørelse til beregning af langsigtet merudvaskning ved anvendelse af forskellige typer af husdyrgødning fra Husdyrreguleringsudvalget (2010). Indholdet af organisk N stammer fra "Håndbog i Plantedyrkning". Alle angivelser er i kg N pr. 100 kg kvælstof i husdyrgødning.

	Fraktioner i 100 kg N i husdyrgødning		N i handelsgødning til erstatning (=udnyttelseskrav)	Udvaskning v. husdyrgødning	Udvaskning v. handelsgødning	Merudvaskning ved husdyrgødning
	Organisk N	Uorganisk N (efter NH ₃ -fordampning)				
Svinegylle	26	66	75	33,3	24,8	9,1
Kvæggylle	40	51	70	34,9	23,3	12,3
Fast gødning	65	29	65	38,7	21,7	17,7
Ajle	10	81	65	31,3	21,7	1,0

Dybstrøelse	75	19	45	39,9	15,0	25,3
Anden husdyrgødning	45	46	65	35,5	21,7	14,1

Normalt angives kun udvaskningen af kvælstof, der direkte tilføres jorden gennem gødningen. Men der vil også være en mere indirekte udvaskning fra husdyrhold, idet der fordampes ammoniak fra stalde, lager og under udbringning, som senere afsættes på jorden og bidrager til kvælstofudvaskningen. I notatet af Husdyrreguleringsudvalget (2010), er denne udvaskning opgjort til ca. 7.000 tons N for hele landet. Denne mængde er fremkommet ud fra en samlet kvælstofdeposition på 61.000 tons, hvoraf 28 pct. er vurderet at stamme fra dansk husdyrproduktion, og en udvaskningsrate på 40 pct. af det afsatte N. I 2009 var der ifølge Danmarks Statistik 2,1 mio. dyreenheder i Danmark. Dermed bliver udvaskningen, som skyldes ammoniakdeposition fra husdyrproduktionen, omkring 3,3 kg N pr. DE, hvis man regner med husdyrreguleringsudvalgets samlede opgørelse på 7.000 tons N.

[Til top](#)

3. Udvasnkning fra husdyrgødning på kort og lang sigt baseret på modelberegninger

3.1 Udvasnkning på kort sigt på baggrund af beregninger i N-les3

Ved hjælp af N-LES3-modellen er beregnet den kortsigtede (10-30 år) merudvaskning fra rodzonen ved tilførsel af henholdsvis svinegylle (1,4 DE pr. ha) og kvæggylle (1,7 DE pr. ha). Beregningerne er lavet for sandjord (JB1) og lerjord (JB6) og for henholdsvis tørt klima (Skælskør), middel klima (Brovst) og vådt klima (Billund). Til grundlag for beregningerne ligger et sædskifte domineret af vinterhvede og vårbyg, og udregningerne er lavet for henholdsvis 0 pct. efterafgrøder og 20 pct. efterafgrøder. N-tilførsler i de tre forskellige gylle-scenarier, der ligger til grund for beregningen af merudvaskningen, fremgår af tabel 5. De beregnede merudvaskning for svinegylle-scenariet og kvæggylle-scenariet fremgår af henholdsvis tabel 6 og tabel 7.

Tabel 5. Gennemsnitlige N-tilførsler fra henholdsvis gylle og handelsgødning i de tre forskellige scenarier, der ligger til grund for beregningen af merudvaskningen fra gylle. Der er regnet med udnyttelsesprocenten på 70 og 75. for henholdsvis kvæggylle og svinegylle. De viste N-tilførsler gælder for sædskiftet uden efterafgrøder. For sædskiftet med efterafgrøder ligger tilførslen af handelsgødning gennemsnitligt 5 kg N lavere pr. ha.

	Ingen gylle-scenarie		Svinegylle-scenarie		Kvæggylle-scenarie	
	Gylle (kg total-N pr. ha)	Handelsgødning (kg N pr. ha)	Gylle (kg total-N pr. ha)	Handelsgødning (kg N pr. ha)	Gylle (kg total-N pr. ha)	Handelsgødning (kg N pr. ha)
Lerjord	-	142	133	42	170	23
Sandjord	-	134	133	34	170	11

Tabel 6. Merudvaskning fra rodzonen ved tilførsel af svinegylle, angivet både som kg pr. ha ved 1,4 DE og som kg pr. ha pr. DE. På henholdsvis lerjord (JB6) og sandjord (JB1) og for tre klimaer med forskellige nedbørsmængder.

	Merudvaskning fra rodzonen (kg N/ha)						Merudvaskning fra rodzonen (kg N/ha/DE)					
	Lerjord			Sandjord			Lerjord			Sandjord		
	Tørt	Middel	Vådt	Tørt	Middel	Vådt	Tørt	Middel	Vådt	Tørt	Middel	Vådt
Sædskifte uden efterafgrøde	5	6	7	5	8	10	4	4	5	4	6	7
Sædskifte med 20 % efterafgrøde	3	5	6	4	6	8	2	4	4	3	4	6

Tabel 7. Merudvaskning fra rodzonen ved tilførsel af kvæggylle, angivet både som kg pr. ha ved 1,7 DE og som kg pr. ha pr. DE. Henholdsvis på lerjord (JB6) og sandjord (JB1) samt for tre forskellige klimaer med forskellige nedbørsmængder.

	Merudvaskning fra rodzonen (kg N/ha)						Merudvaskning fra rodzonen (kg N/ha/DE)					
	Lerjord			Sandjord			Lerjord			Sandjord		
	Tørt	Middel	Vådt	Tørt	Middel	Vådt	Tørt	Middel	Vådt	Tørt	Middel	Vådt
Sædskifte uden efterafgrøde	7	10	12	8	12	16	4	6	7	5	7	9
Sædskifte med 20 % efterafgrøde	5	8	10	7	10	13	3	5	6	4	6	8

Ovenstående beregninger er lavet for samme sædskifte for de tre scenarier (henholdsvis ingen gylle, svinegylle og kvæggylle) for udelukkende at regne på den udvaskning, der skyldes gyllen. Imidlertid kunne man også være interesseret i forskellene i den udvaskning, som brugstyperne planteavlsbrug, svinebrug og kvægbrug giver anledning til. Derfor er der i tabel 8 vist udvaskningsberegninger lavet med N-Les3, hvor der er anvendt typiske sædskifter for de forskellige brugstyper.

Tabel 8. Sammenligning af udvaskningen fra rodzonen på forskellige brugstyper beregnet ved hjælp af N-les3 for lerjord (JB6) og sandjord (JB1) samt for tre forskellige klimaer. For planteavlsbrug og svinebrug er der regnet på et sædskifte bestående af primært vinterhvede og byg og med 10 pct. efterafgrøder. For kvægbrug er der regnet med et sædskifte bestående af primært majs og kløvergræs og med 8 pct. efterafgrøder.

	Antal DE/ha	Udvaskning fra rodzonen (kg N/ha)					
		Lerjord			Sandjord		
		Tørt	Middel	Vådt	Tørt	Middel	Vådt
Planteavlsbrug	0	31	44	57	41	60	75
Svinebrug	1,4	33	48	59	45	63	78

Kvægbrug	1,7	35	50	62	48	66	81
----------	-----	----	----	----	----	----	----

3.2 Udvaskning på lang (200 år) og mellemlang (50 år) sigt ved FASSET-modelberegninger

Petersen et al. (2005) har ved hjælp af bedriftsmodellen FASSET beregnet forventet udvaskning efter henholdsvis 50 og 200 års tilførsel af husdyrgødning i forhold til en tilførsel af kun handelsgødning. Beregningerne er lavet for sandjord (JB3) og lerjord (JB6) og for henholdsvis tørt klima (Roskilde) og vådt klima (Jyndevad). Til grundlag for beregningerne ligger et sædskifte domineret af vinterhvede og vårbyg og med 10 pct. efterafgrøder. I scenariet uden gylletilførsel har den gennemsnitlige tilførsel af handelsgødning været 139 kg total-N pr. ha. I scenariet med gylletilførsel er der anvendt svinegylle med en udnyttelsesgrad på 75 pct. tilført i en gennemsnitlig mængde på 121 kg total-N pr. ha. Derudover er der tilført handelsgødning med gennemsnitligt 49 kg pr. ha. Dermed er der i scenariet med gylletilførsel en mertilførsel af total-N på 30 kg pr. ha i forhold til scenariet uden gylletilførsel.

I tabel 9 er vist den modelberegnete udvaskning fra rodzonen efter henholdsvis 50 og 200 år med gylletilførsel. Udvaskningen er angivet både som pct. af den ekstra tilførsel af N, der sker med gylle, og som merudvaskningen i kg pr. ha ved gennemsnitlige tilførsler, som beskrevet ovenfor.

Tabel 9. Modelberegnet udvaskning fra rodzonen efter hhv. 50 og 200 års tilførsel af svinegylle på to forskellige jordtyper og ved to forskellige klimatyper. Udvaskning (pct. af ekstra N) er den andel af det ekstra N fra gyllen, der udvaskes efter hhv. 50 og 200 år. Merudvaskning (kg/ha) er den ekstra udvaskning, der sker i et scenarie med gylletilførsel i forhold til et scenarie uden gylletilførsel. Idet gylletilførslen har været 121 kg N pr. ha (svarende til 1,2 DE), er merudvaskningen i kg N pr. DE beregnet ved division med 1,2. Udarbejdet på basis af resultater af Petersen et al. (2005).

		Udvaskning (pct. af ekstra N)		Merudvaskning (kg N/ha)		Merudvaskning (kg N/ha pr. DE)	
Jordtype	Klima	Efter 50 år	Efter 200 år	Efter 50 år	Efter 200 år	Efter 50 år	Efter 200 år
JB3	Tørt	19,0	37,9	5,7	11,5	4,8	9,6
	Vådt	22,8	41,9	6,9	12,7	5,8	10,6
JB6	Tørt	8,7	21,4	2,6	6,5	2,2	5,4
	Vådt	17,5	31,9	5,3	9,6	4,4	8,0

[Til top](#)

4. Udvaskning baseret på målinger i NOVANA (Landovervågningsoplandene)

I landovervågningsoplandene i NOVANA-programmet er målt udvaskning, og i tabel 10 og 11 ses de målte udvaskninger som gennemsnit for årene 2004/05-2008/09 fordelt på henholdsvis brugstype og dyretæthed. Desuden er angivet total N-tilførsler, høstet N, N-overskud samt afstrømningen. Af tabel 10 fremgår, at svinebrugene har givet en merudvaskning på gennemsnitligt 16 kg N pr. ha pr. år i forhold til planteavlsbrugene, mens kvægbrugene har givet anledning til en større udvaskning på 40 kg N pr. ha. Disse forskelle er ikke kun et udtryk for merudvaskningen fra selve husdyrgødningen, idet især de geografiske placeringer af de forskellige typer brug har en stor betydning for udvaskningen. Kvægbrugene ligger typisk på sandjorde i nedbørsrige områder, mens planteavlsbrugene typisk er placeret på mere lerede jorde med lavere nedbør. Dette har stor betydning for afstrømningen og dermed udvaskningen af kvælstof. Den større afstrømning på husdyrbrugene i forhold til planteavlsbrugene fremgår også af tabel 10, og samme tendens gør sig gældende, når man kigger på betydningen af en øget dyretæthed – se tabel 11. Disse data fra Landovervågningsoplandene indgår i N-les3 modellen, men ved beregninger med N-LES-modellen korrigeres for den geografiske betydning, således at det bliver muligt at beregne den husdyrgødningsbetingede udvaskning.

Tabel 10. Total N-tilførsel, høstet N, N-overskud, afstrømning og N-udvaskning fra rodzonen i landovervågningsoplandene i årene 2004/05-2008/09. Fordelt på brugstype. Fra Grant et al. (2010).

Brugstype	Total N-tilførsel ¹⁾ (kg N pr. ha)	Høstet N (kg N pr. ha)	N-overskud (kg N pr. ha)	Afstrømning mm	N-udvaskning (kg N pr. ha)
Planteavlsbrug	158	101	57	258	25
Svinebrug	194	104	90	342	41
Kvægbrug	282	175	107	364	65

¹⁾ N i handelsgødning, total-N i husdyrgødning, N-deposition og N-fiksering.

Tabel 11. Total N-tilførsel, høstet N, N-overskud, afstrømning og N-udvaskning fra rodzonen i landovervågningsoplandene i årene 2004/05-2008/09 fordelt på dyretæthed. Fra Grant et al. (2010).

Dyretæthed (DE pr. ha)	Total N-tilførsel ¹⁾ (kg N pr. ha)	Høstet N (kg N pr. ha)	N-overskud (kg N pr. ha)	Afstrømning mm	N-udvaskning (kg N pr. ha)
0	139	98	41	213	26
0-1	183	113	70	326	24
1-1,7	227	136	91	371	49
1,7-2,3	311	157	154	346	65

¹⁾ N i handelsgødning, total-N i husdyrgødning, N-deposition og N-fiksering.

[Til top](#)

5. Udvaskning fra husdyrgødning målt i forsøg

5.1 Forsøg ved Kalundborg 1998-2007

I årene 1998-2007 blev gennemført et fastliggende forsøg på en lerblandet sandjord (JB4), hvor det blev belyst, hvordan svinegødning svarende til

1,4 DE/ha på lang sigt påvirker nitratudvaskningen i forhold til tildeling af handelsgødning. Der blev afprøvet svinegødning fra forskellige staldsystemer: gylle, fast staldgødning + ajle og dybstrøelse. Udvaskningen blev målt ved hjælp af keramiske sugeceller i 1 meters dybde.

I årene 2005-2007 blev der gødsket efter de gældende kvælstofnormer, og den supplerende mængde N i handelsgødning blev beregnet efter de gældende udnyttelseskrafter til de pågældende gødninger. Således blev der tilført mere N i handelsgødning til forsøgsleddene med fast staldgødning + ajle og dybstrøelse end til forsøgsleddet med gylle. I årene 1998-2004 blev også gødsket efter gældende kvælstofnormer, men supplerende N i handelsgødning blev bestemt ud fra det gyllegødende forsøgsled, således at alle husdyrgødende forsøgsled fik tildelt samme mængde N i handelsgødning.

Resultaterne fra forsøget er vist i tabel 12. For de to perioder 1998-2004 og 2005-2007 er vist den gennemsnitlige kvælstoftilførsel, og den gennemsnitlige udvaskningen over årene for de fire forskellige gødningstildelinger. Som det fremgår, har udvaskningen i gennemsnit over årene 2005-2007 været 5 kg N pr. ha højere for gylle end for handelsgødning. For staldgødning + ajle har udvaskningen været gennemsnitlig 10 kg højere og for dybstrøelse 6 kg højere end for handelsgødning. I årene 1998-2004 har merudvaskningen fra gylle, staldgødning + ajle og dybstrøelse været henholdsvis 3, 19 og 17 kg N pr. ha i forhold til udvaskningen fra handelsgødning.

Tabel 12. Nitratudvaskning (kg N pr. ha pr. år, som gennemsnit af månederne september til marts), samt gennemsnitlig total kvælstoftilførsel (kg N pr. ha pr. år) for de fire forskellige gødningstildelinger. Opdelt på årene 1998-2004 og 2005-2007.

	1998-2004		2005-2007	
	Tilført N (kg N pr. ha pr. år)	Nitratudvaskning (kg N pr. ha pr. år)	Tilført N (kg N pr. ha pr. år)	Nitratudvaskning (kg N pr. ha pr. år)
Gylle + N-25	202	47	205	43
Staldgødning + ajle + N-25	206	63	199	48
Dybstrøelse + N-25	181	61	192	44
N-25	159	44	152	38

Udover målingerne er der udført modelberegninger med DAISY-modellen af udvaskningen fra de gylletilførte led og de handelsgødende led. Disse gav en gennemsnitlig udvaskning over årene på 54 kg ved tilførslen af svinegylle+handelsgødning og 46 kg ved kun tilførsel af handelsgødning. Altså en forskel på 8 kg N pr. ha, og med 1,4 DE, bliver det 5,7 kg N pr. ha pr. DE.

Tabel 13. DAISY-modellerede kvælstofbalancer herunder udvaskning fra rodzonen for forsøgsled med svinegylle+handelsgødning og kun handelsgødning. Gennemsnit for årene 1998-2007 og et sædskifte bestående af primært vinterhvede og vinterbyg. Tilførslen af svinegylle svarer til 1,4 DE pr. ha. Resultater fra Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret og ALECTIA (2008).

	Tilførsel (kg N pr. ha)				Fraførsel (kg N pr. ha)						Pulje- for- skyd- ning
	Gød- ning	Depo- si- tion	Så- sæd	Total N- inpu	NH ₃ - for- damp- ning	Ud- vask- ning	Deni- tri- fikation	Høst	Regi- stre- ret høst	Total N- output	
Svinegylle + handelsgødning	204	14	4	222	15	54	9	127	126	206	16
Handelsgødning	157	14	4	175	0	46	8	126	126	179	-4

5.2 Forsøg gennemført af Thomsen et al. (1993)

I perioden 1985/86 til 1988/89 blev der udført lysimeterforsøg i en grov sandblandet lerjord (JB5) på Askov forsøgsstation. I forsøgene blev der tilført enten handelsgødning eller gylle til henholdsvis et sædskifte bestående af vårbyg, græs, vinterhvede og sukkerroer, eller en ensidigt dyrket afgrøde bestående af vinterhvede, af byg med/uden efterafgrøde eller af permanent græs. Der blev tildelt både kvæggylle og svinegylle i forsøget, og tildelingen skete efter ammoniumindholdet i gyllen på henholdsvis 57 og 71 pct. af total-N for kvæggylle og svinegylle. Til vårbyg og sukkerroer skete tildelingen af gylle om vinteren, til græs om foråret og til vinterhvede med halvdelen om vinteren og halvdelen om foråret. Udvaskningsresultater fra forsøget er vist i tabel 14. Som det fremgår, har udvaskningen fra rodzonen i de gylletilførte forsøgsled været større end fra dem, der kun har fået handelsgødning. Ved tilførsler svarende til anbefalingerne har udvaskningen været 17-20 kg N pr. ha større, når der er tildelt gylle. Denne merudvaskning skal dog ses i lyset af, at de gennemsnitlige tilførsler af gylle i forsøget har været væsentligt højere, end hvad der ville være muligt med de gældende harmonikrav for 2011, hvilket skyldes, at hele afgrødens kvælstofbehov er dækket af tilførsel af gylle. Svinegylle blev givet til ensidigt dyrket vårbyg og vinterhvede i en mængde på 155-211 kg total-N pr. ha. Kvæggylle blev givet til permanent græs og alle afgrøder i sædskifte i mængder svarende til mellem 193 og 526 kg total-N pr. ha. Som et groft gennemsnit har tildelingen ved de anbefalede mængder (1N) ligget på 250 kg total-N pr. svarende til ca. 2,5 DE pr. ha. Den målte merudvaskning ved tilførsel af gylle kan dermed omregnes til ca. 7 kg N pr. ha pr. DE.

Tabel 14. Nitratudvaskning fra rodzonen (kg N pr. ha) som gennemsnit over fire forsøgsår for enten et sædskifte bestående af vårbyg, græs, vinterhvede og sukkerroer eller for kontinuert dyrkede afgrøder. Tildeling 1N er tildeling svarende til anbefalinger, og 1,5N er 50 pct. over. Ved 1N-niveauet var kvælstoftildelingen på 110, 150, 300 og 200 kg N pr. ha (NH₄-N i gylle og total-N i handelsgødning) for henholdsvis vårbyg, vinterhvede, græs og sukkerroer. Resultater fra Thomsen et al. (1993).

	Handelsgødning		Gylle	
	1 N	1,5 N	1 N	1,5 N
Sædskifte	26	40	46	55
Vedvarende græs	12	26	30	35
Kontinuert dyrket hvede	39	40	45	70
Kontinuert dyrket byg m. efterafgrøde	13	26	30	35
Kontinuert dyrket byg u. efterafgrøde	41	40	62	72

5.3 Forsøg gennemført af Sørensen og Birkmose (2002)

I forsøget blev der i en lerblandet sandjord (JB4) i lysimetre målt udvaskning efter tilførsel af handelsgødning med 100 kg N pr. ha og tre forskellige typer af gylle i mængder svarende til 100 kg NH₄-N pr. ha. Der blev anvendt henholdsvis kvæggylle, en blandingsgylle bestående af lige store mængde kvæg- og svinegylle iblandet industriaffald og en afgasset gylle, som var en afgasset variant af blandingsgyllen. Gyllen blev fordelt i et lag i 15 cm dybde, og der blev sået vårbyg umiddelbart derefter. Kvælstofudvaskningen fra rodzonen blev efterfølgende målt gennem et år, og resultaterne heraf er vist i tabel 15. Det fremgår, at udvaskningen har været signifikant lavere ved tilførsel af handelsgødning end ved tilførsel af kvæggylle. Merudvaskningen har været 15 kg N pr. ha - svarende til 8 kg N pr. ha pr. DE idet en tilførsel af 181 kg total-N svarer til 1,8 DE pr. ha. Blandingsgyllen har givet anledning til et meget lavt udbytte og en meget stor udvaskning, hvilket kan forklares med, at det organiske affald i gyllen medførte en betydelig immobilisering af gyllens kvælstof i jorden. Grundet det organiske affald kan blandingsgyllen i forsøget altså ikke sammenlignes med almindelig gylle. Den afgassede variant af blandingsgyllen gav næsten samme udbytte som handelsgødningen, men en lidt

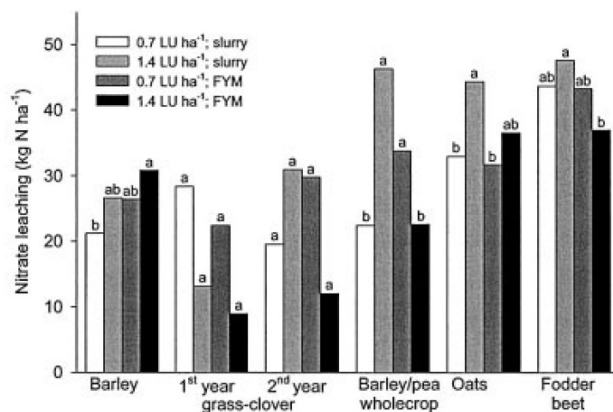
større udvaskning - svarende til 5 kg N pr. ha pr. DE.

Tabel 15. Tilført N, kerneudbytte og N-udvaskning efter tilførsel af handelsgødning og tre forskellige gylletyper. Resultater fra Sørensen og Birkmose (2002).

	Tilført N (kg N/ha)		Kerneudbytte (hkg/ha)	N-udvaskning (kg N/ha)
	Total-N	NH ₄ -N i gylle		
Afgasset gylle	146	100	44	82
Blandingsgylle	167	100	23	99
Kvæggylle	181	100	38	89
Handelsgødning	100	-	46	74
LSD	-	-	15	13

5.4 Forsøg gennemført af Eriksen et al. (2004)

Eriksen et al. (2004) målte udvaskningen fra rodzonen i et økologisk kvægbrugssædskifte ved tilførsel af enten kvæggylle eller dybstrøelse i mængder svarende til enten 0,7 DE eller 1,4 DE pr. ha. Generelt over hele sædskiftet kunne der ikke findes effekt på udvaskningen af hverken husdyrgødningstype eller -mængde. For de enkelte afgrøder kunne der i nogle tilfælde observeres signifikante forskelle. Udvasningsresultaterne fra forsøget fremgår af figur 1. Generelt blev der i forsøget anvendt en praksis/management, som virkede minimerende for kvælstofudvaskningen, og dette har nok haft en væsentlig betydning for den manglende forskel mellem gødningsbehandlingerne. Blandt andet var der vinterdække gennem stort set hele sædskiftet med undtagelse af vintrene mellem foderroer og byg, N-tilførsler var under afgrødernes optimum, og græsmarkerne i sædskiftet blev ompløjet om foråret.



Figur 1. Nitratudvaskning fra rodzonen i forsøget gennemført af Eriksen et al. (2004). Gennemsnit over tre år. Søjler indenfor samme afgrøde med det samme bogstav er ikke signifikant forskellige. Figur fra Eriksen et al. (2004).

5.5 Udvasning fra fjerkrægylle på baggrund af forsøg gennemført af Bergström og Kirchmann (1999)

Bergström og Kirchmann (1999) har i lysimeterforsøg i Uppsala målt på kvælstofudvaskningen ved tilførsel af fjerkrægødning sammenlignet med tilførsel af handelsgødning. Fjerkrægødningen blev tilført enten som "frisk", "anaerobisk omsat" eller "aerobisk omsat". Forsøget blev udført over tre år 1992/93, 1993/94 og 1994/95. For forsøgsled med udelukkende tildeling af handelsgødning blev der i alle år tilført 100 kg N pr. ha. Forsøgsled med fjerkrægødning fik i første år maj 1992 tilført en fjerkrægødningsmængde svarende til 100 kg total-N pr. ha, mens der i de to næste år kun blev tildelt handelsgødning med 100 kg N pr. ha. Den anvendte fjerkrægødning var i udgangspunktet blevet tørret, og den "anaerobisk omsatte" og "aerobisk omsatte" blev derefter inkuberet i syv måneder ved en bestemt fugtighed i henholdsvis iltfrie og iltede beholdere. Alle gødninger blev tilført i foråret ved iblanding i de tre øverste centimeter af jorden, hvorved ammoniakfordampning blev minimeret. Jorden var en sandblandet lerjord, og der blev dyrket vårbyg på arealerne i alle tre år. Udvasningen blev målt hver uge med start fra maj 1992.

Udvasningsresultaterne fordelt på de tre år samt totalt over alle år er vist i tabel 16. Totalt over de tre år var der ingen signifikante forskelle mellem gødningsbehandlingerne. Inden for de enkelte år, var der i 1992/93 en signifikant mindre udvaskning fra den aerobisk omsatte fjerkrægødning end fra de øvrige behandlinger, og i det sidste år 1994/95 var udvaskningen signifikant højere fra de omsatte fjerkrægødninger end fra arealer med kun handelsgødning.

Tabel 16. Kvælstofudvaskning fra rodzonen fra arealer med kun handelsgødning 100 kg N pr. ha. i alle år eller fjerkrægødning 100 kg total-N i fjerkrægødning i 1992/93 og 100 kg N i handelsgødning i de øvrige år. Resultater fra Bergström og Kirchmann (1999).

	Udvasning af kvælstof (kg total-N pr. ha)			
	Handelsgødning	Fjerkrægødning (frisk)	Fjerkrægødning (anaerobisk omsat)	Fjerkrægødning (aerobisk omsat)
1992/93	33,1 a	33,6 a	25,7 a	16,6 b
1993/94	18,1 a	12,9 a	12,7 a	9,3 a
1994/95	76,6 b	92,7 ab	132 a	122 a
Total	128 a	139 a	170 a	148 a

Sammenlignes tildelingen af frisk fjerkrægødning med tildeling af handelsgødning er der en gennemsnitlig merudvaskning på 4 kg N pr. ha pr. år. For anaerobisk omsat fjerkrægødning er merudvaskningen 14 kg N pr. ha pr. år, mens den for aerobisk omsat fjerkrægødning er 5 kg pr. ha pr. år. Men som nævnt er forskellene totalt set ikke signifikante.

[Til top](#)

6. Litteratur

Bergström, L.F. og Kirchmann, H. (1999): Leaching of Total Nitrogen from Nitrogen-15-Labeled Poultry Manure and Inorganic Fertilizer. Journal of

Environmental Quality, 28: 1283-1290.

Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret og ALECTIA (2008): Modelberegnet nitratudvaskning i sugecelleforsøg ved Kalundborg.

Eriksen, J., Askegaard, M. og Kristensen, K. (2004): Nitrate leaching from an organic dairy crop rotation: the effects of manure type, nitrogen input and improved crop rotation.

Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jensen, P.G, Hansen, B. og Thorling, L. (2010): Landovervågningsoplande 2009. NOVANA. Faglig rapport fra DMU nr. 802.

Husdyrreguleringsudvalget (2010): Status for miljøeffekten af husdyrregulering og anden arealregulering. 11. november 2010.

Petersen, B.M., Berntsen, J. & Jørgensen, U., (2005): Vurdering af et værktøj til VVM-screening, set i relation til hvad der sker med kvælstof tilført jorden med husdyrgødning. VVM-screeningsrapport.

Schou, J.S., Kronvang, B., Birr-Pedersen, K., Jensen, P.L., Rubæk, G.H., Jørgensen, U og Jacobsen, B.H. (2007): Virkemidler til realisering af målene i EU's vandrammedirektiv. DMU rapport nr. 625.

Sørensen, P. og Birkmose, T. (2002): Kvælstofudvaskning efter gødsning med afgasset gylle. Danmarks JordbrugsForskning. Grøn Viden, Markbrug nr. 266.

Thomsen, I.K., Hansen, J.F., Kjellerup, V. og Christensen, B.T. (1993): Effects of cropping system and rates of nitrogen in animal slurry and mineral fertilizer on nitrate leaching from a sandy loam. Soil Use and Management, 9: 53-58.

[Til top](#)