

Ammoniakfordampning fra fast husdyrgødning samt ubehandlet, afgasset og filtreret gylle efter overfladeudbringning, nedfældning, nedharvning og vanding

Ammonia volatilization from solid manure and raw, fermented and separated slurry after surface application, injection, incorporation into the soil and irrigation

SVEN G. SOMMER og BENT T. CHRISTENSEN

Resumé

Ammoniakfordampning fra ubehandlet hønse-, kvæg- og svinegylle, væske- og fiberfraktion af mekanisk filtreret gylle, afgasset gylle fra biogas-anlæg, samt fast kvæg- og svinegødning blev bestemt med et vindtunnelsystem. For fast gødning blev virkningen af nedharvning og vanding undersøgt, mens betydningen af direkte nedfældning blev belyst for gylle.

Ubehandlet og afgasset gylle gav anledning til ammoniakfordampning af samme størrelse. Ammoniaktabet fra væskefraktionen af ubehandlet og afgasset gylle var ligeledes af samme størrelse, formentlig fordi gyllens pH og tørstofindhold ikke ændredes ved afgangningen.

Inden for samme gødningskategori (fx gylle, fast gødning og ajle) kan ammoniaktabet generelt set forudsiges ud fra kendskab til tørstofindhold, pH og klimaforhold.

Fra væskefraktionen (0,9 pct. TS) var ammoniaktabet efter 6 døgn mindre end 23 pct. af ammoniumindholdet. Fra fiberfraktionen (22 pct. TS) fordampede mere end 66 pct. I perioder med

frost øgedes tabet af ammoniak fra fiberfraktionen, men ikke fra væskefraktionen. Ved tilførsel af stigende mængder fiberfraktion fordampede en stigende andel af den udbragte ammonium.

Nedfældning i tør jord begrænsede ammoniaktabet efter 6 døgn til under 17 pct. af ammoniumindholdet, hvorimod fordampningen efter nedfældning i jord med højt vandindhold var ca. 50 pct. Nedharvning af fast svinegødning mindskede ammoniaktabet til 39 og 93 pct. af tabet fra gødning på jordoverfladen.

Vanding med 5 og 10 mm i forbindelse med udbringning af fast svinegødning og efter 1, 2 og 3 døgn begrænsede ammoniaktabet. I de første 2 døgn havde vanding med 4×10 mm størst effekt, men herefter øgedes tabshastigheden. Efter 6 døgn fandtes samme tab ved de to vandingsniveauer.

I vindtunnelen er forsøgsarealerne afskærmet mod nedbør, ammoniaktabet bestemmes derfor under udtørrende forhold. Tabet af ammoniak vil være lavere, såfremt den udbragte gødning udsættes for nedbør.

Nøgleord: Ammoniakfordampning, vindtunnelsystem, gylle, fast gødning, behandlet gylle, nedbringning, vanding, nedfældning.

Summary

A wind tunnel system was used to determine the ammonia volatilization loss from surface applied and incorporated animal manure, and from injected slurry. The ammonia loss from solid manure, cattle, pig and poultry slurry, fermented slurry, and the liquid and fibrous fraction of mechanically separated slurry was examined.

Fermentation of slurry had no effect on the ammonia loss following landspreading. The loss from the liquid fraction of fermented slurry did not differ from that of the liquid fraction of untreated slurry, probably reflecting that fermentation did not change slurry pH and dry matter content.

Within the same category of manure (e. g. slurries, farmyard manure or urine), the loss of ammonia may be predicted from dry matter content, pH and climatic conditions.

After six days the ammonia loss from the liquid fraction (0.9 per cent DM) was less than 23 per cent of the applied ammonium. From the fibrous fraction (22 per cent DM) more than 66 per cent of the applied ammonium was lost. At tempera-

tures below 0°C ammonia loss increased from the fibrous fraction but not from the liquid fraction. The proportion of ammonia lost from 80 and 120 t/ha of fibrous fraction left on the soil surface was higher than from 40 t per ha.

Injection into a dry soil reduced the ammonia loss to less than 17 per cent of the applied ammonium, whereas 50 per cent of the injected ammonium was lost when the soil was wet. Shallow incorporation of pig manure by harrowing reduced ammonia loss to 39 and 93 per cent of the loss from manure left on the soil surface.

Irrigation at 5 and 10 mm at application of pig solid manure and after 1, 2 and 3 days reduced the ammonia loss. Irrigation at 10 mm had greatest effect during the first two days, thereafter the rate of ammonia loss increased. After six days of exposure the ammonia loss did not differ between the two treatments.

In the wind tunnels the experimental area is protected against rain and the experiments are run under drying conditions. The loss of ammonia will be lower if the manure is exposed to precipitation.

Key words: Volatilization of ammonia, wind tunnel system, animal slurry, solid manure, treated slurry, incorporation, irrigation, injection.

Indledning

Ammoniakfordampning fra husdyrgødning mindsker gødningsværdien og medfører en uønsket påvirkning af miljøet. Tabet af ammoniak fra gylle på jordoverfladen udgør ofte mere end 50 pct. af det udbragte ammonium (13). I den første time efter udbringning af gylle er der målt tab på 12,1 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ pr. ha (8).

Den stadigt stigende opmærksomhed omkring en mere optimal anvendelse af specielt gylle har blandt andet medført interesse for at forarbejde gyllen, inden den anvendes som gødning på markerne. Således anvendes gylle som grundlag for biogasfremstilling. Gyllens store vandindhold har medført interesse for at separere gylle i en fiberig fraktion, der kan håndteres som fast gødning, og en tyndtflydende og mere homogen væskefraktion, der er lettere at håndtere end ubehandlet gylle (lettere doserbar, mindre tilstopningsrisiko i udbringningsudstyr).

Det er ikke muligt at forudse, hvilke nye be-

handlingsformer for husdyrgødning, der vil blive udviklet. Det er derfor vigtigt at øge kendskabet til de faktorer i gødningen, der har størst betydning for ammoniaktabet. Derved kan behovet for supplerende undersøgelser i forbindelse med nye typer af behandlet gylle mindskes.

Gyllens ammoniumindhold, pH og tørstofindhold er af stor betydning for ammoniaktabet fra gylle (3, 11, 12). Ammoniaktabet fra afgasset gylle, fiber- og væskefraktionen af gylle og fra fast gødning blev derfor undersøgt i relation til gødningsstypen, dens pH og tørstofindhold samt klimaforhold.

Materialer og metoder

Bestemmelse af ammoniakfordampning

Fordampningen af ammoniak blev bestemt ved hjælp af et vindtunnelsystem som tidligere beskrevet af Christensen og Sommer (4). Ved denne metode bestemmes ammoniakindholdet i den

Tabel 1. Kemisk sammensætning og mængde af den anvendte gødning, behandlinger, jordbundstyper og overflade af forsøgsarealet.

Chemical composition and amount of added manure, treatments, soil type and surface of experimental area.

nr. no.	Forsøgs- periode <i>Experiment period</i>	Gødning, <i>Manure</i>						Behandling <i>Treatments</i>	Jord- type <i>Soil type</i>	Overflade <i>Soil surface</i>
		Type**) <i>type</i>	Mængde t/ha <i>amount t/ha</i>	Total-N pct. <i>Total-N %</i>	NH ₄ ⁺ *) pct. <i>NH₄⁺ %</i>	pH <i>pH</i>	Tørstof pct. <i>Dry matter %</i>			
1.	1987 09.04–15.04	Svg	30	0,27	0,18	6,4	3,3	Overflade	JB 5	Græs 5 cm, <i>grass 5 cm</i>
		Svg	30	0,68	0,56	7,4	4,4	–	JB 5	– – – –
		Hg	25	0,80	0,61	6,9	9,5	–	JB 5	– – – –
2.	1987 02.06–08.06	Kg	30	0,44	0,25	7,8	7,5	Nedfældet	JB 5	Græs efter slæt, <i>cut grass</i>
		Kg	30	0,44	0,25	7,8	7,5	–	JB 5	– – – –
		Kg	30	0,44	0,25	7,8	7,5	–	JB 5	– – – –
3.	1987 15.09–21.09	Svf	30	0,92	0,56	7,7	20,4	Overflade – 5 mm***)	JB 5	Stub, <i>stubble</i>
		Svf	30	0,92	0,56	7,7	20,4	– 10 mm***)	JB 5	– –
4.	1987 24.09–30.09	Svf	30	0,92	0,56	7,7	20,4	Nedharvet	JB 5	Fræset stub, <i>rotavated stubble</i>
		Svf	30	0,92	0,56	7,7	20,4	–	JB 5	– – – –
		Svf	30	0,92	0,56	7,7	20,4	Overflade	JB 5	Stub, <i>stubble</i>
5.	1987 30.09–06.10	Kf	30	0,37	0,11	7,8	19,8	Overflade	JB 5	Fræset jord, <i>rotavated soil</i>
		Kf	30	0,37	0,11	7,8	19,8	–	JB 5	– – – –
		Kf	30	0,37	0,11	7,8	19,8	–	JB 5	– – – –
6.	1987 17.11–23.11	Kf	30	0,37	0,11	7,8	19,8	Overflade	JB 5	Fræset jord, <i>rotavated soil</i>
		Kf	30	0,37	0,11	7,8	19,8	–	JB 5	– – – –
7.	1988 09.03–15.03	Svgv	30	0,55	0,50	7,9	2,1	Overflade	JB 1	Rug < 10 cm, <i>Rye < 10 cm</i>
		Svgv	30	0,56	0,50	8,1	1,9	–	JB 1	– – – –
		Svgv	30	0,56	0,50	8,1	1,9	–	JB 1	– – – –
8.	1988 16.03–22.03	Svgv	30	0,55	0,50	7,9	2,1	Overflade	JB 1	Rug < 10 cm, <i>Rye < 10 cm</i>
		Svgv	30	0,55	0,50	7,9	2,1	–	JB 1	– – – –
		Svgv	30	0,56	0,50	8,1	1,9	–	JB 1	– – – –
9.	1988 23.03–29.03	Svgv	30	0,55	0,50	7,9	2,1	Overflade	JB 1	Rug < 10 cm, <i>Rye < 10 cm</i>
		Svgv	30	0,56	0,50	8,1	1,9	–	JB 1	– – – –
		Svgv	30	0,56	0,50	8,1	1,9	–	JB 1	– – – –
10.	1988 05.04–11.04	Svgv	30	0,55	0,50	7,9	2,1	Overflade	JB 1	Rug < 20 cm, <i>Rye < 20 cm</i>
		Svgv	30	0,55	0,50	7,9	2,1	–	JB 1	– – – –
		Svgv	30	0,56	0,50	8,1	1,9	–	JB 1	– – – –
11.	1988 17.05–23.05	Svg	30	0,43	0,38	7,5	3,1	Overflade	JB 1	Rug < 30 cm, <i>Rye < 30 cm</i>
		Svga	30	0,44	0,37	7,8	2,7	–	JB 1	– – – –
		Svga	30	0,44	0,37	7,8	2,7	–	JB 1	– – – –
12.	1988 25.05–31.05	Svg	30	0,43	0,38	7,5	3,1	Overflade	JB 1	Majs < 10 cm, <i>Maize < 10 cm</i>
		Svg	30	0,43	0,38	7,5	3,1	–	JB 1	– – – –
		Svga	30	0,44	0,37	7,8	2,7	–	JB 1	– – – –
13.	1988 31.05–06.06	Kgf	120	0,40	0,16	8,1	19,9	Overflade	JB 1	Majs < 20 cm, <i>Maize < 20 cm</i>
		Kgf	80	0,40	0,16	8,1	19,9	–	JB 1	– – – –
		Kgf	40	0,40	0,16	8,1	19,9	–	JB 1	– – – –
14.	1988 16.11–22.11	Kg	30	0,45	0,26	7,9	8,2	Overflade	JB 5	Græs < 5 cm, <i>Grass < 5 cm</i>
		Svgv	30	0,29	0,23	7,5	1,1	–	JB 5	– – – –
		Svgf	30	0,46	0,20	8,6	19,6	–	JB 5	– – – –

(fortsætter)

Tabel 1. (Fortsat).

nr. no.	Forsøgs- periode <i>Experiment period</i>	Gødning, <i>Manure</i>						Behandling <i>Treatments</i>	Jord- type <i>Soil type</i>	Overflade <i>Soil surface</i>
		Type**)	Mængde t/ha <i>amount t/ha</i>	Total-N pct. <i>Total-N %</i>	NH ₄ **) pct. <i>NH₄⁺ %</i>	pH <i>pH</i>	Tørstof pct. <i>Dry matter %</i>			
15.	1988 23.11-29.11	Kg	30	0,45	0,26	7,9	8,2	Overflade	JB 5	Græs < 5 cm, grass < 5 cm
		Svgv	30	0,29	0,23	7,5	1,1	-	JB 5	- - -
		Svgf	30	0,46	0,20	8,6	19,6	-	JB 5	- - -
16.	1988 14.12-20.12	Kg	30	0,45	0,26	7,9	8,2	Overflade	JB 5	Græs < 5 cm, grass < 5 cm
		Svgv	30	0,29	0,23	7,5	1,1	-	JB 5	- - -
		Svgf	30	0,46	0,20	8,6	19,6	-	JB 5	- - -
17.	1989 25.04-01.05	Bga	40	0,61	0,37	7,2	8,1	Nedfældet	JB 5	Byg < 10 cm, Barley < 10 cm
		Bga	40	0,61	0,37	7,2	8,1	-	JB 5	- - -
		Bga	40	0,61	0,37	7,2	8,1	-	JB 5	- - -
18.	1989 31.05-06.06	Bgf	30	0,49	0,16	7,0	22,0	Overflade	JB 5	Byg < 20 cm, Barley < 20 cm
		Bgv	30	0,29	0,25	7,1	0,9	-	JB 5	- - -
		Kg	30	0,44	0,26	7,5	6,5	-	JB 5	- - -
19.	1989 07.06-13.06	Bgf	30	0,49	0,16	7,0	22,0	Overflade	JB 5	Byg < 30 cm, Barley < 30 cm
		Bgv	30	0,29	0,25	7,1	0,9	-	JB 5	- - -
		Kg	30	0,44	0,26	7,5	6,5	-	JB 5	- - -

*) NH₄⁺ = (NH₃ + NH₄⁺)

***) Gødningstype: Kg : Kvæggylle
Kf : Fast Kvæggødning
Svf : Fast Svinegødning
Sv : Svinegylle
Hg : Hønsegylle
Bgf : Blandet gylle, fiberfraktion
Bgv : Blandet gylle, væskefraktion
Bga : Blandet gylle, afgasset
Kgf : Kvæggylle, fiberfraktion
Svga : Svinegylle, afgasset
Sv : Svinegylle, væskefraktion
Sv : Svinegylle, fiberfraktion
Svga : Svinegylle, afgasset væskefraktion

***) Vandet efter udbringning samt 24, 48 og 72 timer efter udbringning i alt tilført henholdsvis 20 og 40 mm.

luft, der forlader det gødede areal. Der anvendes i alt fire vindtunneler, der hver dækker et forsøgsareal på 0,5 gange 2 m. Én vindtunnel benyttes til bestemmelse af ammoniakindholdet i luften fra et ubehandlet areal (referenceareal), mens de tre øvrige anvendes til måling af forsøgsbehandlinger.

Lufthastigheden i vindtunnelerne kan indstilles til forud fastlagte niveauer. I måleperioden (6 døgn) aflæses aktuel vindhastighed og lufttemperatur i vindtunnelerne, og disse værdier lagres på datalogger som timemiddelværdier.

Ammoniakken i luftafkastet fra vindtunnelerne opsamles i en fosforsyreopløsning og bestemmes efterfølgende ved spektrofotometri (Berthelot reaktion). I de to første døgn efter forsøgsstart opsamles den fordampede ammoniak over 6 timers intervaller, mens der de sidste fire døgn opsamles over 24 timers intervaller.

De registrerede ammoniaktab korrigeres for ammoniaktab fra referenceareal og for genfindelsesprocent (4).

Fordampningen er opgjort som ammoniak fordampet i procent af udbragt ammonium. Derved muliggøres en sammenligning af ammoniaktabet fra forskellige gødningstyper uden hensyntagen til forskelle i ammoniumindholdet.

Forsøgsplan

Tabel 1 giver en karakterisering af de anvendte gødningstyper. Der blev benyttet væske- og fiberfraktionen af mekanisk filtereret og afgasset gylle, afgasset gylle, hønsegylle, kvæggylle og svinegylle, samt fast kvæg- og svinegødning. Den udbragte gødning havde pH fra 6,4 til 8,6, tørstof fra 0,9 til 22 pct. og fra 0,27 til 0,92 pct. total-N. Ammoniak- og ammoniumindholdet (herefter benævnt ammonium) varierede fra 0,11 til 0,61 pct.

Table 2. Middelværdi for lufttemperatur i tunnel, vanddampsdeficit målt på klimastation, samt aflæst vindhastighed i stålroret (I parentes standardafvigelse).

Average air temperature during experiments, watervapour deficit measured at climate station, and average of measured wind speed in steel ducts (standard deviation in brackets).

nr. no.	Forsøgs- periode <i>Experiment period</i>		Luft temp. °C	Vanddamps	Vindhastighed	Akkumuleret NH ₃ tab, pct. af NH ₄ ⁺		
			<i>Air temp. °C</i>	deficit, mbar <i>Watervapour pressure deficit, mbar</i>	m/s <i>Windspeed m/s</i>	<i>Cumulated NH₃ loss, p. c. of NH₄⁺</i>		
						6 timer	12 timer	6 dage
						<i>6 hours</i>	<i>12 hours</i>	<i>6 days</i>
1.	1988 09.04–15.04	Svg	3,0 (1,0)	0,6 (0,5)	5,2 (0,2)	2,8	3,8	15,8
		Svg				10,1	13,2	27,9
		Hg				5,2	7,2	23,1
2.	1987 02.06–08.06	Kg	10,3 (1,9)	2,3 (1,4)	4,6 (0,1)	1,2	3,1	16,7
		Kg				1,5	3,1	14,5
		Kg				0,4	1,3	12,1
3.	1987 15.09–21.09	Svf	10,3 (1,5)	2,0 (1,3)	4,8 (0,5)	7,6	11,2	17,5
		Svf				5,1	6,8	21,4
4.	1987 24.09–30.09	Svf	7,7 (2,0)	1,8 (0,9)	5,1 (0,3)	4,8	8,1	17,8
		Svf				7,3	11,9	42,2
		Svf				11,0	16,3	45,4
5.	1987 30.09–06.10	Kf	5,5 (3,4)	2,5 (1,8)	5,0 (0,3)	31,0	31,0	42,4
		Kf				30,2	30,2	48,0
		Kf				22,7	22,7	45,2
6.	1987 17.11–23.11	Kf	6,5 (1,8)	0,7 (0,3)	5,5 (0,2)	6,2	22,5	30,0
		Kf				15,1	21,4	44,0
7.	1988 09.03–15.03	Svgv	1,6* (1,9)	0,8 (0,5)	4,6 (0,3)	5,1	8,4	29,9
		Svgav				5,9	10,3	26,2
		Svgav				4,9	8,8	25,5
8.	1988 16.03–22.03	Svgv	2,0 (1,1)	1,0 (0,6)	4,5 (0,2)	5,5	8,2	33,2
		Svgv				6,5	9,0	32,6
		Svgav				6,5	9,2	30,9
9.	1988 23.03–29.03	Svgv	2,7 (1,2)	0,7 (0,3)	4,7 (0,3)	4,1	7,2	18,7
		Svgav				9,9	14,8	17,8
		Svgav				8,0	12,0	25,2
10.	1988 05.04–11.04	Svgv	4,6* (3,2)	2,0 (1,4)	4,6 (0,3)	12,2	15,6	48,4
		Svgv				13,4	17,0	54,1
		Svgav				17,6	23,3	46,1
11.	1988 17.05–23.05	Svg	8,1* (2,3)	2,7 (1,3)	5,0 (0,3)	15,6	33,8	61,3
		Svga				24,5	34,4	47,9
		Svga				32,9	44,3	58,0
12.	1988 25.05–31.05	Svg	17,4 (0,2)	5,8 (2,7)	5,1 (0,3)	26,7	34,1	54,4
		Svg				30,5	38,7	56,8
		Svga				44,1	51,9	67,2
13.	1988 31.05–06.06	Kgf	11,9* (1,2)	2,2 (1,1)	4,3 (0,1)	40,6	48,1	72,6
		Kgf				45,7	52,1	64,7
		Kgf				25,1	26,9	33,1

(fortsætter)

Tabel 2. (Fortsat).

nr. no.	Forsøgs- periode <i>Experiment period</i>		Luft temp. °C <i>Air temp. °C</i>		Vanddamps deficit, mbar <i>Watervapour pressure deficit, mbar</i>		Vindhastighed m/s <i>Windspeed m/s</i>		Akkumuleret NH ₃ tab, pct. af NH ₄ ⁺ <i>Cumulated NH₃ loss, p.c. of NH₄⁺</i>		
									6 timer <i>6 hours</i>	12 timer <i>12 hours</i>	6 dage <i>6 days</i>
14.	1988 16.11–22.11	Kg	3,2	(4,7)	0,7	(0,3)	3,3	(0,1)	16,8	16,8	47,3
		Svgv							3,8	5,2	15,6
		Svgf							21,8	36,3	66,1
15.	1988 23.11–29.11	Kg	5,5	(1,6)	0,7	(0,3)	3,5	(0,2)	12,0	20,7	55,8
		Svgv							3,1	4,7	18,1
		Svgf							16,7	33,9	73,5
16.	1988 14.12–20.12	Kg	1,3	(1,8)	0,7	(0,5)	3,8	(0,2)	15,1	23,5	74,0
		Svgv							2,1	3,1	10,3
		Svgf							36,2	51,9	100,0
17.	1989 25.04–01.05	Bga	5,7*	(1,9)	2,2	(1,4)	3,7	(0,1)	1,5	3,8	52,5
		Bga							2,2	4,5	48,7
		Bga							2,7	6,4	50,3
18.	1989 31.05–06.06	Bgf	8,7	(2,0)	2,7	(1,6)	3,4	(0,1)	58,6	68,0	97,4
		Bgv							4,5	5,4	19,0
		Kg							17,6	26,4	53,8
19.	1989 07.06–13.06	Bgv	11,4	(3,5)	4,2	(2,6)	3,7	(0,1)	1,6	3,5	23,1
		Bgf							26,1	32,4	67,6
		Kg							20,2	28,2	58,8

* Målt på klimastation.

Svinegyllen er afgasset i et anaerobt, fikseret biofilter med gennemsnitlig opholdstid på ca. 7 døgn. En gyllenedfælder med arbejdsbredde på 2 m svarende til forsøgsarealets længde blev benyttet til nedfældning af gyllen i 15 cm dybde.

Forsøgene blev gennemført fra d. 9. april 1987 til d. 13. juni 1989. Der blev som regel tilført gylle svarende til 30 t pr. ha. I forsøget med hønsegylle blev der tilført mængder svarende til 25 t pr. ha, og i et forsøg med fiberfraktionen af filtreret kvæggylle tilførtes 40, 80 og 120 t pr. ha.

Gyllen blev udbragt på fræset bar jord, fræset stub, ubehandlet stub, græs efter slæt, samt rug, majs og byg i forskellige vækststadier. Forsøgene blev gennemført på JB1 og JB5. Gyllen blev i seks forsøg nedfældet direkte, og fast gødning blev i to forsøg nedharvet. I to forsøg blev der vandet med henholdsvis 5 eller 10 mm vand 0, 1, 2 og 3 døgn efter udbringning af fast gødning svarende til i alt 20 og 40 mm.

Resultater og diskussion

Vindhastigheden målt i metalrøret var i forsøgene mellem 3,3 og 5,5 m/s (tabel 2), og der blev registreret middellufttemperaturer fra 1,3 til 17,4°C og vanddampsdeficit fra 0,6 til 5,8 mbar. Der er benyttet vanddampsdeficit bestemt fra målinger på klimastationen på Askov forsøgsstation. Målinger af lufttemperaturen på klimastationen er benyttet i de forsøg, hvor der ikke er målt lufttemperatur i vindtunnelen. Det er påvist, at der er lille forskel på temperaturen målt uden for og inde i vindtunnelen (9).

For gødning på jordoverfladen fandtes de største ammoniaktabshastigheder inden for det første døgn efter udbringningen, hvorefter tabshastigheden mindskedes. Således udgjorde ammoniaktabet inden for det første døgn typisk halvdelen af det samlede tab over 6 døgn perioden. Det samme mønster er fundet af Pain *et al.* (8) og Thompsen *et al.* (13). De høje tab fra gylle i det

første døgn efter udbringningen skyldes formentlig, at der i forbindelse med udbringningen sker en pH stigning i gyllens overflade (10). Efterfølgende falder pH som følge af ammoniakfordampningen. Dette fald, samt nedsivning af ammonium i jorden og udtørring af gødningen med skorpedannelse til følge medfører, at der med tiden sker en reduktion i hastigheden af ammoniaktabet (10, 13).

Fast kvæggødning og hønsegylle

Ammoniaktabet fra fast kvæggødning på jordoverfladen viste et eksponentielt forløb svarende til tabet fra gylle (fig. 1A). Af den tilførte ammonium fordampede i gennemsnit 45 pct. i oktober og 37 pct. i november 1987 (tabel 2). Især de første 6 timer efter udbringning var ammoniakfordamp-

ningen i november lavere end i det forudgående forsøg. Da der ikke var stor forskel på temperaturen i de to forsøg, er det formentligt den lavere luftfugtighed i oktober, der har medført de større ammoniaktab (10). Med vindtunnelmetoden er der målt dobbelt så store tab af ammoniak i løbet af seks døgn fra filtreret kvæggylle med samme pH og justeret til samme tørstofindhold (12).

Ammoniaktabet fra hønsegylle blev sammenlignet med tabet fra to forskellige typer af svinegylle (fig. 1B). Fra de to typer svinegylle var ammoniaktabet i løbet af 6 døgn fra 15,8 til 27,9 pct. af den udbragte ammonium (tabel 2). Ammoniaktabet fra hønsegyllen var på et niveau mellem tabet fra de to typer svinegylle. Det laveste tab stammer fra svinegyllen med lavere tørstofindhold og et pH væsentlig lavere som i hønsegyllen. Det største tab er fra svinegyllen med lavt tørstofindhold, men med højt pH. Ammoniakfordampningen var generelt lav i dette forsøg som følge af lave temperaturer (uden frost) og en høj luftfugtighed.

Ammoniaktabet fra hønsegylle er således på niveau med tabet fra svinegylle. Eventuelle forskelle skyldes forskelle i gyllens pH, tørstof og ammoniumindhold. Lignende konklusioner kan drages af forsøg af Lockyer *et al.* (6). Disse har endvidere vist, at tørring kort efter produktion af hønsegylle kan begrænse ammoniaktabet i stalden og ved efterfølgende udbringning. Dette tilskrives, at tørring har begrænset hydrolysen af urinsyre og derved begrænset indholdet af ammonium i hønsegødning.

Afgasset gylle

Ammoniakfordampningen fra afgasset og ubehandlet svinegylle blev undersøgt i to på hinanden følgende perioder i maj 1988 (fig. 2A, tabel 2). Der blev ikke fundet forskel på ammoniakfordampningen fra de to typer af svinegylle. Indholdet af ammonium og total-N var ens for de to gylletyper, mens pH i den ubehandlede svinegylle var en smule lavere og tørstofindholdet en smule højere end i den afgassede svinegylle.

Ammoniakfordampningen fra væskefraktionen af filtreret, afgasset og ubehandlet svinegylle blev undersøgt i 12 forsøg over fire på hinanden følgende perioder i marts og april 1988 (fig. 2B). Der var ikke forskel på fordampningen af ammoniak fra de to typer af væskefraktioner, hverken på gennemsnittet af det akkumulerede ammoniaktab for de 4 perioder (fig. 2B) eller for

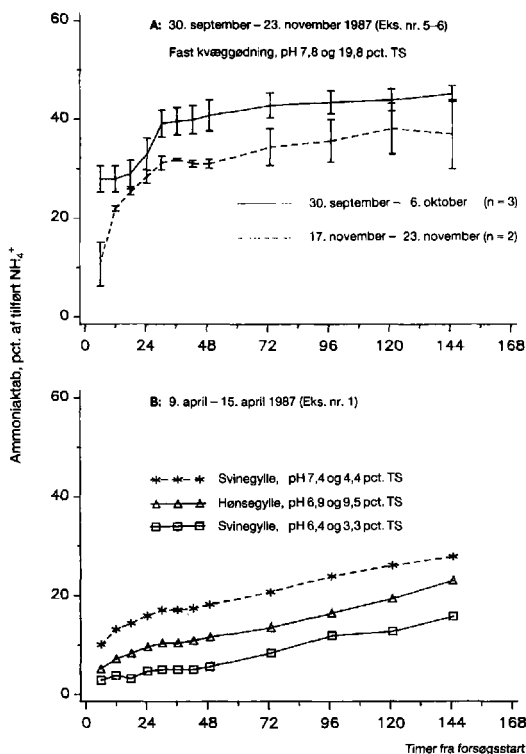


Fig. 1. Akkumuleret ammoniakfordampning fra fast kvæggødning (30 t pr. ha), svinegylle (30 t pr. ha) og hønsegylle (25 t pr. ha). TS = tørstof. Lodrette pinde angiver 1 s. d.

Cumulated loss of ammonia from solid cattle manure (30 t per ha), pig slurry (30 t per ha) and poultry slurry (25 t per ha). TS = dry matter. Bars indicate 1 s. d.

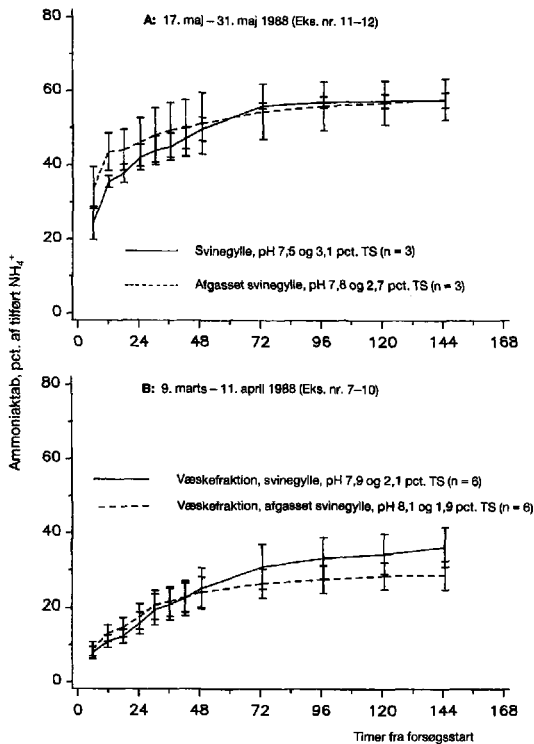


Fig. 2. Akkumuleret ammoniakfordampning fra svinegylle og afgasset svinegylle samt væskefraktionen af svinegylle og afgasset svinegylle (30 t pr. ha). TS = tørstof. Lodrette pinde angiver 1 s. d.

Cumulated loss of ammonia from pig slurry and fermented pig slurry, and from the liquid fraction of pig slurry and fermented slurry (30 t per ha). TS = dry matter. Bars indicate 1 s. d.

de enkelte perioder (tabel 2). Det lidt højere pH i væskefraktionen af den afgassede gylle modvirker af et lavere tørstofindhold.

Tabene i perioden fra 5.-11. april 1988 var væsentlig større end i de foregående forsøg (tabel 2), hvilket har bevirket den store standardafvigelse på middelværdierne for alle forsøgene. I denne periode var temperaturen højere og vanddampsdeficit væsentlig større end i de forgående forsøg. Ved stigende temperatur og øget vanddampsdeficit øges ammoniakfordampningen (10).

Omsætning af organiske forbindelser ved afgasning af gylle i biogasanlæg påvirker således ikke ammoniakfordampningen efter udbringning. Behandling i form af filtrering har imidlertid en ef-

fekt på ammoniakfordampningen, idet tabet fra væskefraktionen er mindre end fra den ubehandlede gylle (fig. 2A og 2B).

Væske- og fiberfraktion af filtreret, almindelig gylle

Ammoniaktabet fra væske- og fiberfraktionen af almindelig gylle blev sammenlignet med tabet fra ubehandlet kvæggylle. Fordampningen i forsøgene gennemført i vinteren 1988 og i sommeren 1989 var på samme niveau (fig. 3). De høje tab fra fiberfraktionen af svinegyllen samt kvæggyllen udbragt i vinteren 1988 skyldes formentlig både effekten af et højt tørstofindhold og et højt pH. De første timer efter udbringning af fiberfraktionen og kvæggyllen var tabet større i sommeren 1989 end i vinteren 1988 (fig. 3A og B). De høje

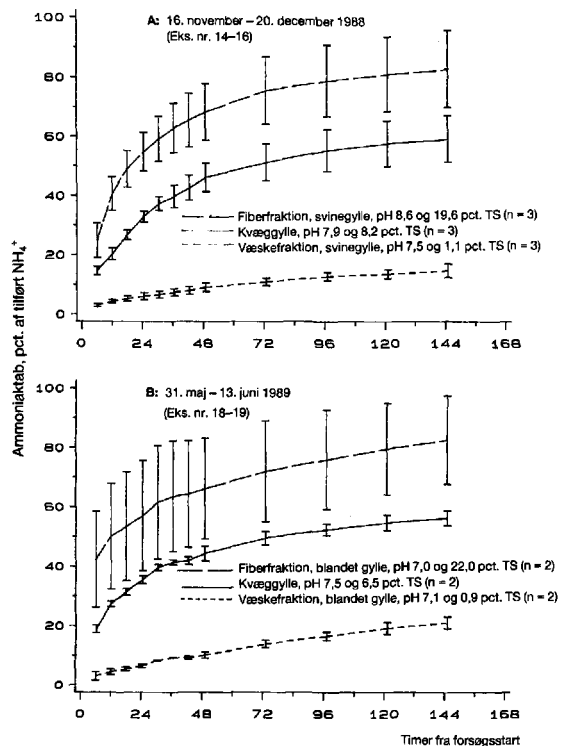


Fig. 3. Akkumuleret ammoniakfordampning fra kvæggylle, fiber- og væskefraktionen af svinegylle og blandet gylle (30 t pr. ha). TS = tørstof. Lodrette pinde angiver 1 s. d.

Cumulated loss of ammonia from cattle slurry, the fibrous and liquid fractions of pig slurry and mixed slurry (30 t per ha). TS = dry matter. Bars indicate 1 s. d.

temperaturer om sommeren har således medført høje tabshastigheder inden for de første 12 timer. Det akkumulerede tab efter seks døgn er det samme som i vinterperioden, hvor tabshastigheden efter de første 12 timer ikke aftager i samme grad som om sommeren. Lufttemperaturen var lav under forsøgene i vinteren 1988 (tabel 2), og der har været perioder med frost, hvilket kan have medvirket til de store tab fra fiberfraktionen og kvæggyllen. Frostperioder har ikke haft samme indvirkning på tabet fra væskefraktionen, sandsynligvis fordi væskefraktionen i dagtimerne efter udbringningen har kunnet sive ned i jorden.

Efter seks døgn var ammoniaktabet fra væskefraktionen 10–20 pct. af ammoniumindholdet ved udbringning i vinteren 1988 og 19–23 pct. ved udbringning i sommeren 1989 (tabel 2). Fra fiberfraktionen var tabene henholdsvis 66–100 pct. og 68–97 pct. Ammoniaktabet fra fiberfraktionen var i begge perioder større end tabet fra kvæggyllen, mens tabet fra væskefraktionen var mindre. Undersøgelsen bekræfter således, at ammoniaktabet er stort, hvis gødningen har højt tørstofindhold, og at tabet fra gødning med lavt tørstofindhold er ringe. Det er tidligere vist, at ammoniaktabet stiger lineært med tørstofindholdet i gylle (12).

Ved udbringning af 80 og 120 t fiberfraktion pr. ha var tabet ca. 65 og 73 pct. af den udbragte ammonium (tabel 2). Dette er mere end dobbelt så

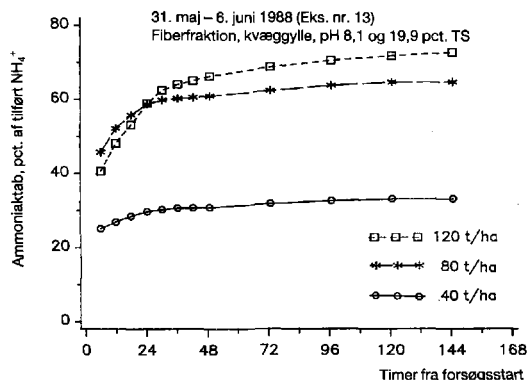


Fig. 4. Akkumuleret ammoniakfordampning fra fiberfraktionen af kvæggylle (40, 80 eller 120 t pr. ha). TS = tørstof.

Cumulated loss of ammonia from fibrous fraction of cattle slurry (40, 80 or 120 t per ha). TS = dry matter.

meget som ved udbringning af 40 t pr. ha (fig. 4). Tabet ved de to høje tilførsler var efter 6 timer væsentligt større end ved udbringning af 40 t pr. ha. I dette forsøg har udbringning af stigende mængder fiberfraktion således øget det relative ammoniaktab. Dette er i modsætning til resultaterne ved udbringning af stigende mængder af gylle, hvor det blev vist, at det procentiske ammoniaktab reduceres ved udbringning af mere end 60 t svinegylle pr. ha (6, 11).

Direkte nedfældning og nedharvning

Seks døgn efter nedfældning af kvæggylle var ammoniaktabet i sommeren 1987 mindre end 17 pct. af den udbragte ammonium. I et tilsvarende forsøg med biogasgylle i forsommeren 1989 var tabet 49–53 pct. I begge forsøg var tabet lavt ved forsøgets start, hvorefter det akkumulerede tab steg lineært med tiden (fig. 5). Dette forløb afviger væsentligt fra det normale tabsmønster efter udbringning af ubehandlet gylle på jordoverfladen.

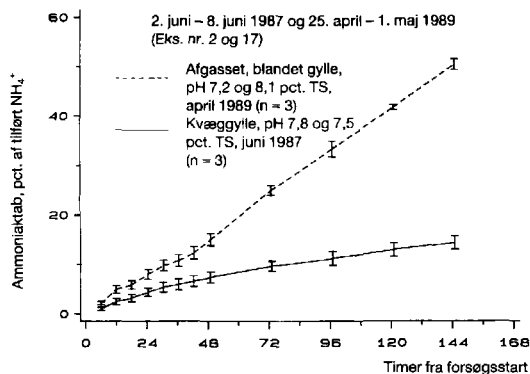


Fig. 5. Akkumuleret ammoniakfordampning fra direkte nedfældet kvæggylle (30 t pr. ha) og afgasset, blandet gylle (40 t pr. ha). TS = tørstof. Lodrette pinde angiver 1 s. d.

Cumulated loss of ammonia from injected cattle slurry (30 t per ha) and fermented mixed slurry (40 t per ha). TS = dry matter. Bars indicate 1 s. d.

I forsommeren 1989 blev gyllen nedfældet i jord med højt vandindhold efter en lang periode med megen nedbør. Dette er formentlig årsagen til det store tab af ammoniak efter seks døgn. Ammoniaktabet fra jord med højt vandindhold er korreleret til fordampningen af vand fra jorden, idet det nedfældede ammonium følger den opadgående

vandbevægelse under udtørring (1, 7). I sommeren 1987 var jorden udtørret, idet der kun var faldet 22 mm nedbør i de 2 uger forud for forsøget.

I en undersøgelse af nedfældning gennemført af *Thompson et al.* (13) blev gyllen placeret i 35 cm dybde i furer lavet med en plov. Ved denne dybe nedfældning var ammoniaktabet i løbet af 12 døgn ca. 2 kg $\text{NH}_3\text{-N}$ pr. ha ved nedfældning af 104–110 kg $\text{NH}_4^+\text{-N}$ pr. ha.

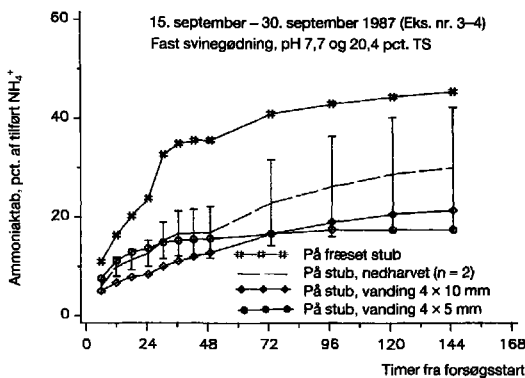


Fig. 6. Akkumuleret ammoniakfordampning fra vandet eller nedharvet fast svinegødning (30 t pr. ha). TS = tørstof. Lodrette pinde angiver 1 s. d.

Cumulated loss of ammonia from the irrigated or incorporated solid pig manure (30 t per ha). TS = dry matter. Bars indicate 1 s. d.

Harvning af jorden umiddelbart efter udbringning af fast svinegødning begrænsede ammoniaktabet efter seks døgn til 39 og 93 pct. af fordampningen fra gødning efterladt på overfladen (tabel 2). Det gennemsnitlige akkumulerede ammoniaktab var jævnt stigende gennem hele forsøgsperioden (fig. 6). Forløbet svarer til ammoniakfordampningen fra gylle nedfældet i våd jord. Adsorption af ammonium til jorden er den faktor, der begrænser ammoniaktabet ved nedharvning. Forskellen i effekten af nedharvning skyldes derfor sandsynligvis en ringere opblanding af svinegødning og jord i forsøget, hvor der blev målt store tab af ammoniak efter nedharvning.

Nedbør

Nedbør har halveret ammoniakfordampningen fra fast svinegødning på jordoverfladen (tabel 2). Der blev vandet umiddelbart efter udbringningen og derpå efter hvert af de efterfølgende tre døgn.

I de tre døgn, hvor der blev vandet, var ammoniaktabet mindre ved vanding med 10 mm end med 5 mm pr. gang (fig. 6). Efter seks døgn var tabet ved de to behandlinger imidlertid det samme.

Vanding eller nedbør mindsker således ammoniakfordampningen uden at bringe den til ophør. Efter nedbørsperioder er et lignende forløb af ammoniaktabet fra gylle udbragt på jord blevet målt med meteorologiske massebalancemetoder (2). *Beauchamp et al.* (2) antog, at fordampningen af vand efter nedbørsperioder ledsages af ammoniakfordampning.

Konklusion

Der er ikke forskel på ammoniaktabet fra afgasset og almindelig gylle. Videre forarbejdning af disse gylletyper ændrer ikke på dette forhold, idet der ikke var forskel på ammoniaktabet fra væskefraktionen af almindelig og afgasset gylle. Der var ubetydelig forskel på de to gylletypers sammensætning. Under ens klimaforhold og ved samme udbringningsteknik vil forskelle i ammoniakfordampning hovedsageligt skyldes forskelle i pH, tørstofindhold og ammoniumindhold.

Ammoniaktabet fra hønsegylle var på niveau med tabet fra svinegylle. Disse resultater, samt undersøgelser af fiber- og væskefraktioner af gylle antyder således, at inden for samme gødningskategori som fx gylle, ajle eller fast gødning, kan fordampningen relateres til gyllens pH og tørstofindhold. Dette er ikke tilfældet imellem gødningskategorier.

Fordampningen af ammoniak fra væskefraktionen var mindre end 20 pct. og fra fiberfraktionen større end 66 pct. af ammoniumindholdet. Til sammenligning var fordampningen fra kvæggylle ca. 50 pct. i samme forsøgsperioder. Ved udbringning af stigende mængder fiberfraktion pr. ha fordampede en stigende andel af det udbragte ammonium. Perioder med frost medførte øget ammoniaktab fra fiberfraktionen, men ikke fra væskefraktionen. Væskefraktionen har højensynligt infiltreret jorden i dagtimerne efter udbringning, hvorved adsorption af ammonium til jorden har begrænset effekten af frost.

Ved nedfældning af gylle i en ikke vandmættet jord var ammoniaktabet efter seks døgn mindre end 17 pct. af ammoniumindholdet. Blev gyllen nedfældet i fugtig jord, var tabet ca. 50 pct. Harvning efter udbringning af fast svinegødning begrænsede ammoniaktabet til 39 og 93 pct. af tabet fra gødning på jordoverfladen. Forskellen mellem

de to forsøg kan tilskrives varierende opblandingsgrad af jord og gødning.

Vanding med 5 og 10 mm ved udbringningen og 24, 48 og 72 timer efter udbringning af fast svinegødning begrænsede ammoniaktabet i perioden, hvor der blev vandet. I de første tre døgn havde tilførsel af 4×10 mm størst effekt, men efter seks døgn var tabet ved de to vandingsniveauer det samme.

I vindtunnelen er forsøgsarealerne afskærmet mod nedbør. Undersøgelserne fandt derfor sted under udtørrende forhold. Perioder med nedbør vil medføre et reduceret tab af ammoniak fra husdyrgødning.

Erkendtlighed

Undersøgelserne er gennemført med økonomisk støtte fra Miljøstyrelsens NPO-forskningsprogram.

Litteratur

1. Adriano, D. C.; Chang, A. C. & Sharpless, R. 1974. Nitrogen loss from manure as influenced by moisture and temperature. *J. Environ. Quality* 3, 258-261.
2. Beauchamp, E. G.; Kidd, G. E. & Thurtell, G. 1982. Ammonia volatilization from liquid dairy cattle manure in the field. *Can. J. Soil Sci.* 62, 11-19.
3. Brunke, R.; Alvo, P.; Schuepp, P. & Gordon, R. 1988. Effect of meteorological parameters on ammonia loss from manure in the field. *J. Environ. Quality* 17, 431-436.
4. Christensen, B. T. & Sommer, S. G. 1989. Fordampning af ammoniak fra gødning. Metode og ammoniaktab fra urea og urea-ammonium-nitrat. *Tidsskr. Planteavl* 93, 177-190.
5. Lauer, D. A.; Bouldin, D. R. & Klausner, S. D. 1976. Ammonia volatilization from dairy manure spread on the soil surface. *J. Environ. Quality* 5, 134-141.
6. Lockyer, D. R.; Pain, B. F. & Klarenbeek, J. V. 1989. Ammonia emissions from cattle, pig and poultry wastes applied to pasture. *Environ. Pollut.* 56, 19-30.
7. Molloy, S. P. & Tunney, H. 1983. A laboratory study of ammonia volatilization from cattle and pig slurry. *Ir. J. Agric. Res.* 22, 37-45.
8. Pain, B. F.; Phillips, V. R.; Clarkson, C. R. & Klarenbeek, J. V. 1989. Loss of nitrogen through ammonia volatilization during and following the application of pig or cattle slurry to grassland. *J. Sci. Food Agric.* 47, 1-12.
9. Ryden, J. C. & Lockyer, D. R. 1985. Evaluation of a system of wind tunnels for field studies of ammonia loss from grassland through volatilization. *J. Sci. Food Agric.* 36, 781-788.
10. Sommer, S. G.; Olesen, J. E. & Christensen, B. T. 1990. Effects of temperature, wind speed and humidity on ammonia loss from surface applied cattle slurry. Under udarbejdelse.
11. Sommer, S. G. & Christensen, B. T. 1989. Fordampning af ammoniak fra svinegylle udbragt på jordoverfladen. *Tidsskr. Planteavl* 93, 307-321.
12. Sommer, S. G. & Christensen, B. T. 1990. Effect of dry matter content on ammonia loss from surface applied cattle slurry. Proceedings from EF-Workshop »Ammonia and Odour Emissions from Livestock Production«. 26-29 March 1990, Silsoe, Bedford, U. K.
13. Thompson, R. B.; Ryden, J. C. & Lockyer D. R. 1987. Fate of nitrogen in cattle slurry following surface application or injection to grassland. *J. Soil Sci.* 38, 689-700.

Manuskript modtaget den 30. juli 1990.