

*Landbrugscentret**Afdeling for Grovfoder, Forsøgsanlæg Foulum**8833 Ørum Sønderlyng**Statens jordbrugstekniske Forsøg**Bygholm, 8700 Horsens*

Halm til foder

IV. Tilsætning af ammoniak

*Straw for fodder**IV. Addition of ammonia***Erik Møller, Norman Witt og Hans Z. Thellesen**

Resumé

Halmens foderværdi stiger med 12–27 foderenheder pr. 100 kg organisk stof ved tilsætning af 3% NH_3 . Således stiger % fordøjeligt organisk stof (FOS) med 6–14 enheder og % totalkvælstof med 0,3–0,9 enheder. Stigningen i % totalkvælstof svarer til, at halmens tørstof absorberer mellem 10 og 33% af den tilladte mængde NH_3 .

Virkningen af den tilsatte NH_3 på halmens fordøjelighed stiger betydeligt med stigende fugtighedsindhold indtil 10–20% vand.

Virkningen af NH_3 -tilsætningen på stigningen i halmens indhold af totalkvælstof og dermed på absorptionen af den tilladte mængde NH_3 og stigningen i halmens indhold af FOS er stærkt afhængig af temperaturforholdene under og efter NH_3 -tilsætningen. Således øges stigningen betydeligt ved stigende temperatur.

Virkningen af NH_3 -tilsætningen er større i ren byghalm end i afgrøder som rød svingelhalm og kvikforurenet byghalm.

Nøgleord: Halm, NH_3 -tilsætning, sammensætning, fordøjelighed.

Summary

The report presents results from 10 experiments in the years 1976–85 with NH_3 -treated straw and also 3 experiments in laboratory scale. The experiments were conducted at the Government Research Station, Ødum and The National Agricultural Engineering Institute, Bygholm. The digestibility trials (sheep) with 45 lots of treated straw from the experiments were conducted at The Government Research Station, Ødum. The results from the digestibility trials with the corresponding untreated straw are published in an earlier report (8).

The results showed that % total-N and % DOM in straw increased by 0.3–0.9 and 6–14 units respectively with addition of 3% NH_3 and the content of FU increased by 12–27 per 100 kg OM. The increase in % total-N correspond to an absorption in DM between 10 and 33% of the amounts of NH_3 -application.

The effect of NH_3 -application on the increase in the contents of total-N and DOM was depending of the temperature during the treatment. The contents increased considerably with the temperature.

The effect of NH_3 -application on the content of DOM in straw increased considerably until a moisture content on 10–20%.

The effect of NH_3 -application was greater in pure barley straw than in other crops such as red fescue straw and barley straw contaminated with *Agropyron repens*.

Key words: Straw, NH_3 -application, composition, digestibility.

Indledning

Behandling af halm til foder med ammoniak (NH_3) har været kendt siden slutningen af 30'erne. I 1938 beskrev *Nikolaeva* (12) russiske undersøgelser over behandling af halm med en vandig opløsning af NH_3 . I begyndelsen af 40'erne blev der i Tyskland af *Chemische Fabrik Kalk* (1, 2) udarbejdet en fremgangsmåde til fremstilling af et kvælstofholdigt foderstof, som kunne fremstilles ud fra f.eks. roesnitter, kartoffelpulp, hvedekliid og stråmel ved tilsætning af NH_3 . Inden NH_3 -tilsætning skulle udgangsmaterialet behandles med enten fortyndet syre ved 110–130°C eller med vand under tryk ved 100–150°C.

Juncker (4, 5) var den første i de skandinaviske lande, der i 50'erne anvendte NH_3 til behandling af halm og tog patent på en metode. Metoden er karakteriseret ved tilsætning af vandfri ammoniak i gasform til et råmateriale med over 75% tørstof.

Westgaard (15) nævner norske undersøgelser, som indledtes i 1956 af NOFO og Norsk Hydro. Undersøgelserne resulterede i udviklingen af »stakmetoden«, der blev kendt i 1975 og allerede i 1976 fik en betydelig udbredelse. Ved »stakmetoden« laves en stak af halmballer, og stakken indpakkes i plasticfolie, inden der tilsættes flydende NH_3 gennem et spyd, som stikkes ind i stakken igennem folien.

Rexen (14) nævner danske undersøgelser, som indledtes i 1966 af Biotechnisk Institut, Kolding. Undersøgelserne omfattede NH_3 til behandling af halm med det formål at finde frem til en industrielt anvendelig proces. En mulighed, der blev arbejdet med, var anvendelse af en isoleret reaktionsbeholder, der kan holde på den udviklede

varme, som opstår ved reaktionen mellem den tilsatte NH_3 og den ilagte halm. Ved tilsætning af 3% NH_3 udløber reaktionen i løbet af 1 uge, og ved tilskudsvarme indtil 70°C reduceres reaktionstiden til ca. 1 døgn.

Til NH_3 -behandling af halm markedsførte landbrugsmaskinfabrikken, Flemstofte – Mads Amby, og fabrikant *Bjørn Bruun* i 1976–77 henholdsvis en isoleret sekskantet ståltank (FMA-halmanlæg) og et specialudstyr (Bruun Vacuumanlæg til halmludning). FMA-halmanlægget og *Bruun's* udstyr kan anvendes til både almindelige højtrykspresede baller og storballer.

FMA-halmanlægget er forsynet med termostyrede varmelegemer og anordning for recirkulation og udluftning. I den benyttede størrelse kan FMA-halmanlægget rumme omkring 48 almindelige højtrykspresede halmballer. Inden tilsætning af NH_3 lukkes anlægget lufttæt med ståldør i den ene ende af ståltanken.

Bruun's udstyr består af 12 m lange plasticposer med en omkreds på 6 m samt lukkeudstyr og en vacuumpumpe. Posen fyldes med halmballer, hvorefter den forsegles, luften pumpes ud, og der tilsættes NH_3 .

Denne beretning er en fortsættelse af 2 tidligere beretninger, hvor *Møller et al.* (9, 10) beskrev forsøg med halm tilsat NaOH (forsøg nr. 1–13). I denne beretning behandles 9 forsøg (forsøg nr. 14–22) med sigte på at belyse temperaturens og lagringens indflydelse på virkningen af den tilsatte NH_3 på fordøjeligheden (*in vivo*) af organisk stof. 1 forsøg (forsøg nr. 23) tager sigte på at undersøge *Bruun's* metode. Resultaterne fra den ubehandlede halm i forsøg nr. 14–22 er beskrevet i en tidligere beretning (8), hvortil der henvises.

Forsøgenes gennemførelse

Forsøgene fordeler sig i 4 serier med henholdsvis 1 forsøg i 1976 (serie I), 3 forsøg (serie II) og 1 forsøg (serie IV) i 1977–78 og 5 forsøg i 1979–81 (serie III). Der blev tilsat 3% NH₃. I serie I og serie II behandlede snittet halm i siloer med NH₃ tilsat i luftform gennem en rørforbindelse ved silobunden. Siloerne, der også anvendes ved ensileringsforsøg, er beskrevet af Pedersen *et al.* (13). I serie III og serie IV behandlede halmballer henholdsvis på et FMA-halmanlæg og med Bruun's udstyr.

Forsøgene i serie I-III udførtes på Statens Forsøgsstation, Ødum, og forsøget i serie IV udførtes på Statens jordbrugstekniske Forsøg, Bygholm. I forbindelse med serie I gennemførtes der 3 laboratorieforsøg i henholdsvis 1976, 1983 og 1985. Heraf gennemførtes forsøgene i 1976 og 1983 på Statens Forsøgsstation, Ødum, og forsøget i 1985 på Institut for Grovfoder, Foulum.

Analysen og fordøjelighedsbestemmelser (får) af den behandlede halm fulgte samme fremgangsmåde som beskrevet i en tidligere beretning (8). Inden prøveudtagning til analyse og fodring udluftedes den behandlede halm for at fjerne ubundet NH₃. Indholdet af totalkvælstof bestemtes i formalede prøver efter tørring i 18 timer i ventileret tørreskab ved 80°C.

Halmens foderværdi beregnedes i skandinaviske foderenheder ud fra følgende formel, der er udarbejdet af Møller (7) på grundlag af resultater fra Kristensen *et al.* (6):

$$(1) \text{ f.e. pr. 100 kg organisk stof} = (50,86 + (\% \text{ fordøjeligt org. stof} - 50)) \times (1,00 - 0,022222 \times (68 - \% \text{ fordøjeligt org. stof})).$$

Halmens foderværdi beregnet ud fra formel (1) svarer omtrent til foderværdien beregnet ud fra sammenhængen mellem fordøjeligheden af organisk stof i halm og energiværdien målt i skandinaviske foderenheder, en sammenhæng der er udarbejdet af Friis Kristensen (pers. med.) på grundlag af de almindelige fodermiddeltabeller.

For de 10 forsøg (forsøg nr. 14–23) lå lufttemperaturen og dermed også halmens temperatur mellem –0,9 og 19,3°C på tilsætningstidspunktet (tabel 1). Efter tilsætning af NH₃ opbevarede halmen i forsøg nr. 14 og 23 under de temperaturforhold, der er beskrevet i tabel 1. Halmen i forsøg nr. 15–17 opbevarede under kontrollerede temperaturforhold ved 0–5 og 25–30°C. Halmen i forsøg nr. 18–22 opbevarede i 44 timer i FMA-halmanlægget, hvor luften opvarmedes indtil 70°C.

Tabel 1. Lufttemperatur under NH₃-tilsætningen og den efterfølgende behandling, °C.
Air temperature at the addition of NH₃ and the subsequent treatment, °C.

Forsøg nr. <i>Experiment no.</i>													
I			II			III					IV		
14B	14C	14D	15	16	17	18	19	20	21	22	23B	23C	
Under NH ₃ -tilsætning. <i>At the addition of NH₃</i>													
12,8	19,3	19,3	0,3	5,2	5,2	5,8	–0,9	2,0	12,3	17,6	7,5	1,0	
Under den efterfølgende behandling. <i>At the subsequent treatment</i>													
Gennemsnit. <i>Average</i>													
16,7	14,3 ¹⁾	8,6 ²⁾									4,3	3,6	
Minimum													
4,9	0,6 ¹⁾	–2,8 ²⁾									–1,9	–	
Maksimum													
18,8	18,4 ¹⁾	14,6 ²⁾									7,7	11,2	

¹⁾ De 24 første døgn i forsøg nr. 14C og 14D
The first 24 days of experiment no. 14C and 14D

²⁾ De 48 efterfølgende døgn i forsøg nr. 14D
The subsequent 48 days of experiment no. 14D

Resultater

Serie I (forsøg nr. 14)

Formålet med forsøgene (forsøg nr. 14 og 3 laboratorieforsøg) i serie I var især at undersøge, om halmens vandindhold har indflydelse på fordelingen og virkningen af den tilsatte NH_3 . Er halmen meget våd, må der forventes en ujævn fordeling af den tilsatte NH_3 , ligesom det må forventes, at virkningen af den tilsatte NH_3 på fordøjeligheden af halmens organiske stof forringes med stigende tørstofindhold.

Byghalmen fra de 3 laboratorieforsøg deltes i 5 (1983 og 1985) og 6 (1976) portioner, som fugtedes med vand eller tørredes, indtil tørstofprocenten

Tabel 2. Byghalm (VOS¹⁾: 56,8% af organisk stof) tilsat NH_3 i luftform fra den 31. august til den 8. (A), 15. (B) og 22. (C) september i 4 l glasflasker. Ødum 1976.
Barley straw (RSOM¹⁾: 56,8% of OM) with the addition of NH_3 in a gaseous state from 31 August to 8 (A), 15 (B) and 22 (C) September in 4 l bottles of glass. Ødum 1976.

% vand water	VOS, % af organisk stof RSOM, % of OM		
	A	B	C
1,7	62,4	62,8	68,1
5,6	69,0	67,8	69,2
10,5	68,2	70,8	69,6
16,7	(62,0)	70,4	69,2
22,7	70,1	71,4	72,6
25,1	72,6	70,5	72,4

¹⁾ Vovmæskeopløseligt organisk stof.
Rumen liqeur-soluble OM.

Tabel 3. Byghalm (VOS: 48,8% af organisk stof) tilsat NH_3 i luftform den 24. august og opbevaret til den 26. september i rør af plexiglas. Ødum 1983.
Barley straw (RSOM: 48,8% of OM) with the addition of NH_3 in a gaseous state 24 August and stored until 26 September in tubes of plexiglass. Ødum 1983.

% vand water	VOS, % af organisk stof RSOM, % of OM
0,0	55,9
3,5	56,5
9,3	65,5
19,5	65,0
35,7	68,0
41,2	67,1

Tabel 4. Byghalm (VOS: 41,1% af organisk stof) tilsat 3 g NH_3 i luftform pr. 100 g halm (A) og 100 g halmtørstof (B) den 3. januar og opbevaret til den 11. februar i rør af plexiglas. Foulum 1985.

Barley straw (RSOM: 41,1% of OM) with the addition of 3 g NH_3 in a gaseous state per 100 g straw (A) and 100 g straw DM (B) 3 January and stored until 11 February in tubes of plexiglass. Foulum 1985.

% vand water	VOS, % af organisk stof RSOM, % of OM	
	A	B
7,7	48,3	48,6
8,4	50,5	50,5
15,5	57,4	58,1
20,5	62,9	60,8
24,5	63,6	62,5

ten varierede fra 74,8 til 100. Tilledning af NH_3 samt dato for anlæg og afslutning af de 3 laboratorieforsøg fremgår af tabel 2-4, der også viser halmens indhold af vovmæskeopløseligt organisk stof (VOS) i % af organisk stof.

Halmens indhold af fordøjeligt organisk stof beregnes på grundlag af % VOS i tabel 2-4 og følgende ligning

$$(2) \% \text{FOS}_{(\text{VOS})} = 3,08 \times \% \text{VOS}^{0,692},$$

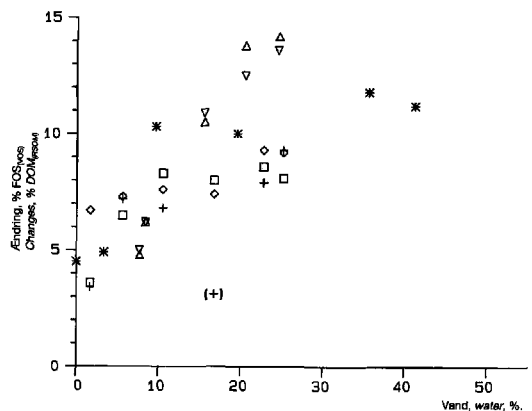


Fig. 1. Halmens vandindhold og virkning af NH_3 -tilsætning på halmens fordøjelighed. (Ødum 1976: + = A, □ = B og ◇ = C, Ødum 1983: * og Foulum 1985: △ = A og ▽ = B.

Moisture content of the straw and the effect of NH_3 -application on the digestibility of straw. Ødum 1976: + = A, □ = B and ◇ = C, Ødum 1983: * and Foulum 1985: △ = A and ▽ = B.

som omtales i en kommende beretning (11). Herefter beregnedes forskellen mellem behandlet og ubehandlet halms indhold af $FOS_{(VOS)}$ og resultatet heraf, er anført i fig. 1 med % vand som abskisse og forskellen i % $FOS_{(VOS)}$ som ordinat. Det fremgår af fig. 1, at virkningen af den tilsatte NH_3 på halmens indhold af $FOS_{(VOS)}$ steg betydeligt indtil et vandindhold på 10–20%.

Forsøg nr. 14 omfattede 4 afdelinger med ube-

handlet halm (A) og behandlet halm, der blev tilsat 3% NH_3 den 1. september (B) og den 6. september (C og D).

I afdeling B udluftedes halmen efter 5 døgn forløb. Efter blanding fordeltes halmen i 5 lige store portioner. Den ene portion opfodredes straks, medens de 4 øvrige portioner emballeredes i store juteballer og opbevaredes i laden fra 7 til 56 døgn inden opfodring.

Tabel 5. Tør byghalm tilsat 3% NH_3 i luftform den 1. september og opbevaret i 5 døgn inden udluftning og derefter opbevaret aerobisk i 7–56 døgn (B) samt fugtet (C) og tør (D) byghalm med henholdsvis 80,0 og 90,4% tørstof tilsat 3% NH_3 i luftform den 6. september og opbevaret i 24 (I) og 72 (II) døgn. Ødum 1976. Forsøg nr. 14¹⁾.

Dry barley straw with the addition of 3% NH_3 in a gaseous state 1 September and stored for 5 days before ventilation and subsequently aerobic stored for 7–56 days (B) and also moist (C) and dry (D) barley straw with 80.0 and 90.4% DM respectively with the addition of 3% NH_3 in a gaseous state 6 September and stored for 24 (I) and 72 (II) days. Ødum 1976. Experiment no. 14¹⁾.

	% af beholdning ²⁾	% tørstof	% af tørstof		% af organisk stof		
			rå- aske	total -N	FOS ⁴⁾	IVOS ⁵⁾	EOS ⁶⁾
			% of DM		% of OM		
	% of the batch ²⁾	% DM	ash	total -N	DOM ⁴⁾	IVSOM ⁵⁾	ESOM ⁶⁾
B. 0 døgn days		89,1	5,05	1,041	61,0	62,0	43,1
B. 7 døgn days		88,5	5,39	1,085	59,6	61,4	43,6
B. 14 døgn days		87,0	5,15	0,985	58,8	–	43,5
B. 28 døgn days		86,1	5,21	1,065	61,6	63,4	41,5
B. 56 døgn days		83,6	5,36	1,063	63,6	65,7	43,3
C.I.a ³⁾	32,8	80,3	4,95	0,669	60,3	61,8	38,6
C.I.b	19,3	79,9	4,90	0,864	62,2	–	43,7
C.I.c	15,1	80,6	4,78	1,104	61,2	69,2	49,8
C.I.d	18,8	81,3	4,95	1,254	63,4	71,3	62,5
C.I.e	14,0	81,0	5,04	1,232	61,2	69,4	60,6
C.II.a	48,4	79,9	4,88	0,973	61,6	–	53,7
C.II.b	51,6	80,5	4,77	1,261	65,0	69,6	60,2
D.I.a	42,4	85,1	4,94	0,875	57,3	64,9	45,8
D.I.b	21,9	85,2	5,29	1,021	60,5	66,3	48,0
D.I.c	18,2	84,6	4,85	1,164	61,3	–	47,0
D.I.d	17,5	83,7	5,03	1,167	62,2	68,3	46,5
D.II.a	38,0	84,4	4,85	0,954	59,7	65,0	42,1
D.II.b	16,3	84,4	4,75	1,072	62,9	–	–
D.II.c	45,7	84,6	4,65	1,220	64,7	–	49,5

¹⁾ Ubehandlet halm: Se Møller et al. (8). Untreated straw: See Møller et al. (8).

²⁾ Fra toppen From the top

³⁾ a-e: Adskillelse af beholdningen i partier efter brunfarvning.

Separation of the batch in parts according to colour of straw (brown)

⁴⁾ Fordøjeligt organisk stof. Digestible OM

⁵⁾ In vitro-opløseligt organisk stof. In vitro-soluble OM

⁶⁾ Enzymopløseligt organisk stof. Enzyme-soluble OM

Inden NH₃-tilsætning fugtedes halmen i afdeling C med vand, indtil tørstofprocenten faldt til 80, medens halmen i afdeling D forblev ufugtet med en tørstofprocent på 90. Den fugtede halm gennemskovledes både under og efter vandtilførsel. Hver afdeling gennemførtes med 2 portioner halm til henholdsvis 24 (I) og 72 (II) døgn behandling efter tilsætning af NH₃.

Halmens tørstofprocent og sammensætning efter NH₃-tilsætning er anført i tabel 5. I tabellen er også anført halmens indhold af fordøjeligt organisk stof (FOS), *in vitro*-opløseligt organisk stof (IVOS) og enzymopløseligt organisk stof (EOS) i % af organisk stof.

Sammenlignes resultaterne fra halmen efter NH₃-behandlingen (tabel 5) med resultaterne fra den tilsvarende ubehandlede halm i forsøg nr. 14 (8) ses det, at den tilsatte NH₃ havde en betydelig virkning på halmens sammensætning. Således steg % totalkvælstof og % FOS betydeligt efter NH₃-tilsætningen, medens % tørstof reduceredes – især i den tørre halm fra afdeling B og D.

I afdeling B, hvor den behandlede halm efter udluftning opbevarede i laden i indtil 56 døgn inden opfodring, viser resultaterne (tabel 5), at lagringen næppe havde indflydelse på % FOS. Derimod faldt % tørstof med 3 enheder i løbet af de første 28 døgn og med 2,5 enheder i løbet af de næste 28 døgn. Det aftagende fald i % tørstof skyldes antagelig, at halmens fugtighedsindhold begyndte at komme i ligevægt med den omgivende luftfugtighed.

I afdeling C og D, hvor NH₃-behandlingen afsluttedes efter 24 (I) og 72 (II) døgn forløb, deltes halmen i partier (a-e) efter tiltagende brunfarvning. Herved deltes halmen også i partier efter kvælstofbindingens størrelse (tabel 5). Resultaterne viser, at indholdet af totalkvælstof og FOS varierede inden for de enkelte halmbeholdninger (C.I.a-e, C.II.a-b, D.I.a-d og D.II.a-c). Indholdet af totalkvælstof var således betydeligt lavere ved toppen af beholdningerne end længere nede og dermed nærmere tilledningsstedet for NH₃ – især i den fugtige halm (C). Indholdet af FOS var også lavere ved toppen – især i den tørre halm (D) – end længere nede i beholdningerne.

De gennemsnitlige stigninger (behandlet – ubehandlet) i indhold af totalkvælstof og FOS i afdeling C og D fremgår af følgende oversigt:

	C	D
Ændring, % totalkvælstof. <i>Changes, % total-N</i>		
I	0,452	0,501
II	0,612	0,585
Ændring, % FOS. <i>Changes, % DOM</i>		
I	8,8	6,8
II	10,7	9,8

der viser, at stigningerne i indholdet af totalkvælstof og FOS fortsatte efter 24 døgn forløb (I). Stigningen i % FOS var lidt større i den fugtige halm (C) end i den tørre halm (D).

En omregning af stigningen i % totalkvælstof til g NH₃ pr. 100 g tørstof (82,2% N i NH₃) viser, at stigningen i % totalkvælstof svarer til, at tørstoffet absorberede mellem 14 og 22% af den tilledte mængde NH₃.

En beregning af foderenheder på grundlag af % FOS viser, at NH₃-tilsætningen forbedrede halmens foderværdi med 14–22 foderenheder pr. 100 kg organisk stof. Resultatet af foderenhedsberegningen fremgår af følgende oversigt:

	A	C	D
Foderenheder pr. 100 kg. org. stof			
<i>FU per 100 kg OM</i>			
I	35,3	54,2	49,2
II	35,3	57,6	55,8

Serie II (forsøg nr. 15–17)

Serie 3 omfattede 3 forsøg i 1977–78 med tilsætning af NH₃ til bygalm fra Ødum (nr. 15) og Haderup (nr. 16) og rød svingelhalm modtaget fra Langagergård, Karup (nr. 17). Det var formålet at undersøge virkningen af den tilsatte NH₃ på halm, som opbevarede i indtil 86 døgn under kontrollerede temperaturforhold efter tilsætningen. Forsøgsplan og -resultater fremgår af tabel 6.

Sammenlignes resultaterne efter NH₃-tilsætningen (tabel 6) med resultaterne fra den tilsvarende ubehandlede halm i de 3 forsøg (8) ses det, at tørstoffindholdet faldt lidt ved tilsætningen af

NH₃. Indholdet af råaske ændredes ikke nævneværdigt. Indholdet af totalkvælstof steg ved NH₃-tilsætningen. Halmens pH, der lå omkring 7,2, steg til omkring 8,6 ved NH₃-tilsætningen. Indholdet af FOS, IVOS, EOS og VOS steg ret betydeligt ved NH₃-tilsætningen.

Virkingen af den tilsatte NH₃ på halmens sammensætning og fordøjelighed beregnedes som forskellen mellem behandlet og ubehandlet halm. Disse forskelle er anført i fig. 2 og 4 med opbevaringstiden fra NH₃-tilsætning til udluftning som absicse og henholdsvis forskellen i %

tørstof og % totalkvælstof i fig. 2 og % FOS i fig. 4 som ordinator. Der er anført forskellige signaturer for at skelne mellem resultater fra de enkelte forsøg og fra opbevaring ved 0–5°C (B) og 25–30°C (C).

Det fremgår af punkternes placering i fig. 2, at NH₃-tilsætningen reducerede % tørstof med 1–2 enheder og øgede % totalkvælstof med 0,3–0,7 enheder efter 2 ugers forløb. Opbevaringstemperaturen havde indflydelse på ændringerne, som blev lidt større ved 25–30°C end ved 0–5°C.

En beregning baseret på stigningen i % total-

Table 6. NH₃-behandlet halm¹⁾ opbevaret ved 0–5°C (B) og 25–30°C (C). Ødum 1977–78.
NH₃-treated straw¹⁾ stored at 0–5°C. (B) and 25–30°C. (C) Ødum 1977–78.

Lagring, antal døgn	%	% af tørstof				pH	% af organisk stof			
		rå- aske	total -N	NDF	ADF		FOS ²⁾	IVOS ³⁾	EOS ⁴⁾	VOS ⁵⁾
		% of DM					% of OM			
Storage, number of days	%	total ash	total -N	NDF	ADF	pH	DOM ²⁾	IVSOM ³⁾	ESOM ⁴⁾	RSOM ⁵⁾
Forsøg nr. 15. Byghalm tilsat 3% NH ₃ den 6. dec. 1977.										
<i>Exp. no. 15. Barley straw with the addition of 3% NH₃ 6 December 1977.</i>										
B 2	82,1	4,47	0,896	–	–	–	56,2	59,4	38,4	64,8
B 9	81,3	3,86	0,913	–	–	–	58,5	65,8	41,6	65,9
B 16	82,7	3,90	0,960	–	–	–	60,4	63,8	43,9	65,3
B 44	81,4	3,88	1,046	–	–	–	61,1	70,2	46,1	69,0
B 86	81,5	4,51	1,067	–	–	–	59,5	64,0	47,7	71,3
C 1	81,4	4,00	0,899	–	–	–	57,3	58,8	39,2	66,6
C 9	81,4	4,00	1,070	–	–	–	60,3	68,6	44,0	70,0
C 16	81,3	4,22	1,061	–	–	–	61,1	71,2	47,2	72,7
C 44	81,3	4,00	1,119	–	–	–	62,5	73,9	49,4	74,1
C 86	80,7	4,36	1,210	–	–	–	62,6	70,9	50,1	72,7
Forsøg nr. 16. Byghalm tilsat 3% NH ₃ den 15. marts 1978.										
<i>Exp. no. 16. Barley straw with the addition of 3% NH₃ 15 March 1978.</i>										
C 7	82,7	4,95	1,138	78,9	52,3	8,7	62,5	66,6	39,0	68,3
C 14	81,9	4,45	1,040	79,4	52,6	8,5	60,0	64,4	39,0	68,5
C 41	81,3	4,49	1,105	77,2	52,8	8,6	62,0	69,8	45,5	72,0
Forsøg nr. 17. Rød svingelhalm tilsat 3% NH ₃ den 15. marts 1978.										
<i>Exp. no. 17. Red fescue straw with the addition of 3% NH₃ 15 March 1978.</i>										
C 7	81,3	3,50	1,060	80,3	50,6	8,7	51,5	55,5	32,7	67,1
C 14	81,5	3,68	1,187	77,8	49,4	8,6	53,6	56,0	34,3	65,1
C 41	81,4	3,74	1,358	73,2	50,7	8,8	55,5	66,6	41,9	69,7

¹⁾ Ubehandlet halm: Se Møller et al. (8). Untreated straw: See Møller et al. (8)

²⁾ Fordøjeligt organisk stof. Digestible OM

³⁾ In vitro-opløseligt organisk stof. In vitro-soluble OM

⁴⁾ Enzymopløseligt organisk stof. Enzyme-soluble OM

⁵⁾ Vomvæskeopløseligt organisk stof. Rumen liqeur-soluble OM

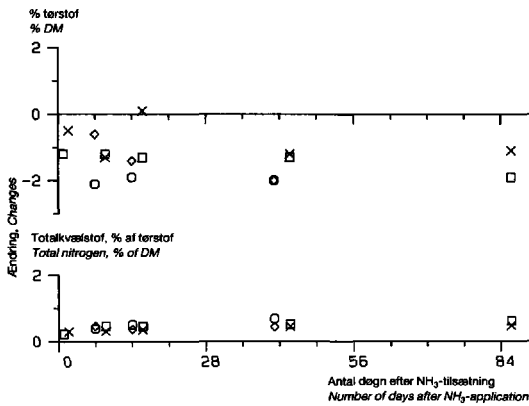


Fig. 2. Relationen mellem halmens lagring ved 0–5°C (B) og 25–30°C (C) efter NH₃-tilsætning og ændringer i halmens indhold af tørstof og totalkvælstof. Forsøg nr. 15B: x, forsøg nr. 15C: □, forsøg nr. 16C: ◇ og forsøg nr. 17C: o. Ødum 1977–78.

The relationship between storage of straw at 0–5°C (B) and 25–30°C (C) after NH₃-application and changes in the contents of DM and total nitrogen. Experiment no. 15B: x, experiment no. 15C: □, experiment no. 16C: ◇ and experiment no. 17C: o. Ødum 1977–78.

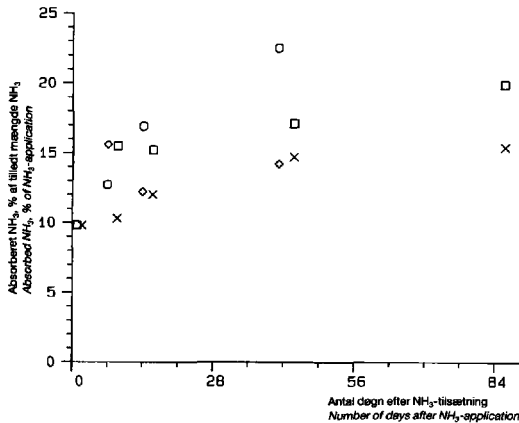


Fig. 3. Relationen mellem halmens lagring ved 0–5°C (B) og 25–30°C (C) efter NH₃-tilsætning og halmtørstoffets absorption af NH₃. Forsøg nr. 15B: x, forsøg nr. 15C: □, forsøg nr. 16C: ◇ og forsøg nr. 17C: o. Ødum 1977–78.

The relationship between storage of straw at 0–5°C (B) and 25–30°C (C) after NH₃-application and absorption of NH₃ in the straw DM. Experiment no. 15B: x, experiment no. 15C: □, experiment no. 16C: ◇ and experiment no. 17C: o. Ødum 1977–78.

kvælstof viser, at tørstoffet absorberede mellem 10 og 22% af den tilledte NH₃. Punkternes placering i fig. 3 viser, at absorptionen øgedes i løbet af de første 6 ugers opbevaring. Punkternes placering viser endvidere, at absorptionen var større ved 25–30°C end ved 0–5°C.

NH₃-tilsætningen havde en betydelig positiv virkning på % FOS (fig. 4). Virkningen var afhængig af opbevaringstemperaturen, og den var større i byghalm opbevaret ved 0–5°C (forsøg nr. 15) end i rød svingelhalm opbevaret ved 25–30°C (forsøg nr. 17). I byghalm var virkningen større ved 25–30°C end ved 0–5°C, og den nåede omtrent sin maksimale værdi efter henholdsvis 2 og 4 ugers opbevaring. Bedømt ud fra punkternes placering synes rød svingelhalm ved 25–30°C at nå sin maksimale værdi efter mindst 6 ugers opbevaring.

Inden for disse tidsrum øgedes % FOS med 7–8 enheder i byghalm ved 0–5°C og rød svingelhalm ved 25–30°C og 9–10 enheder i byghalm ved 25–30°C. Stigningerne i % FOS svarer til, at indholdet

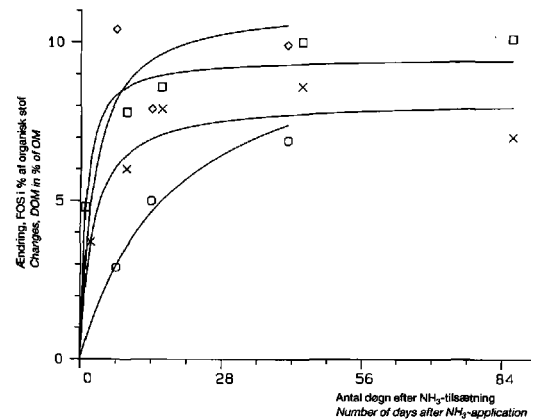


Fig. 4. Relationen mellem halmens lagring ved 0–5°C (B) og 25–30°C (C) efter NH₃-tilsætning og ændringer i halmens indhold af FOS. Forsøg nr. 15B: x, forsøg nr. 15C: □, forsøg nr. 16C: ◇ og forsøg nr. 17C: o. Ødum 1977–78.

The relationship between storage of straw at 0–5°C (B) and 25–30°C (C) after NH₃-application and changes in the contents of DOM. Experiment no. 15B: x, experiment no. 15C: □, experiment no. 16C: ◇ and experiment no. 17C: o. Ødum 1977–78.

det af foderenheder steg fra 35 og 28 til 52 og 40 pr. 100 kg organisk stof i henholdsvis byghalm ved 0–5°C og rød svingelhalm ved 25–30°C og fra 34–35 til 54–55 pr. 100 kg organisk stof i byghalm ved 25–30°C.

Serie III (forsøg nr. 18–22)

Serie III bestod af 5 forsøg i 1979–81 med tilsætning af NH₃ til byghalm fra Bygholm (forsøg nr. 18, 19 og 22), Silstrup (forsøg nr. 21) og Ødum (forsøg nr. 20). Tilsætningen af NH₃ udførtes på et FMA-halmanlæg med det formål at undersøge virkningen af NH₃ ved tilskudsvarme og lagringens indflydelse herpå.

Tilsætningen af NH₃ skete efter følgende program, som det tog FMA-anlægget 44 timer at gennemløbe:

1. Manuel dosering af flydende NH₃, som udvejes i en mængde svarende til 3 kg NH₃ pr. 100 kg halm. Herefter startes anlæggets opvarmings- og cirkulationssystem, og den flydende NH₃ tilføres varme, således at den fordampes i løbet af en time.
2. Herefter opvarmes halmen til 70°C i løbet af 5 timer. Denne temperatur holdes ved periodisk genopvarmning af halmen i de næste 16 timer, hvorefter anlægget står stille i 6 timer.
3. 28 timer efter anlæggets start begynder udluftningen af halmen for at fjerne ubundet NH₃. Udluftningen, der sker ved gennemblæsning med atmosfærisk luft, varer i 16 timer.

Efter 44 timers behandling tømtes FMA-halmanlægget for halm. Den behandlede halm fordeltes i 2 partier, hvoraf det ene (B) straks opfodredes, medens det anden (C) opbevaredes i laden i 3–4 uger inden opfodring.

Halmens tørstofprocent og sammensætning inden NH₃-tilsætning samt halmens pH og dens indhold af FOS, IVOS, EOS og VOS i % af organisk stof er i sammendrag vist i tabel 7. Sammendraget er udarbejdet på grundlag af enkeltresultaterne fra den ubehandlede halm i forsøg nr. 18–22 (8). Tabellen viser fordelings spredning omkring medianen ved angivelse af 1. og 4. pentil. Nævnte pentiler angiver de 2 værdier, som afskærer henholdsvis den laveste og den højeste femtedel af

Tabel 7. Ubehandlet byghalm (A). 5 forsøg¹⁾ ved Ødum 1979–81
Untreated barley straw (A). 5 experiments¹⁾ at Ødum 1979–81.

	1. pentil 1st pentile	Median Median	4. pentil 4th pentile
% tørstof DM	81,7	83,0	85,3
% af tørstof % of DM			
Råaske ash	4,35	5,00	6,15
Total-N	0,640	0,670	1,500
CI (100-NDF)	16,3	16,8	18,7
OCV (NDF-ADF)	26,3	30,5	31,1
pH			
	7,0	7,2	7,9
% af organisk stof % of OM			
FOS DOM	38,4	39,3	41,2
IVOS IVSOM	32,5	37,5	42,3
EOS ESOM	20,7	21,5	26,2
VOS RSOM	39,6	43,7	48,7

¹⁾ Forsøg nr. 18–22.

Experiment no. 18–22 (Møller et al., 8).

fordelingen. Medianen er den værdi, som afskærer den laveste halvdel fra den højeste halvdel af fordelingen. Halmens tørstofprocent og sammensætning m.v. efter NH₃-tilsætningen er anført i tabel 8.

Sammenlignes resultaterne efter NH₃-tilsætningen (tabel 8) med resultaterne fra den tilsvarende ubehandlede halm i forsøg nr. 18–22 (8 og tabel 7) ses det, at NH₃-tilsætningen ændrede halmens sammensætning og fordøjelighed. Det ses også, at % IVOS, % EOS og % VOS ændrede sig stort set i takt med ændringerne i halmens fordøjelighed (% FOS).

Virkningen af den tilsatte NH₃ på halmens sammensætning og fordøjelighed beregnedes som forskellen mellem behandlet og ubehandlet halm. Disse forskelle er i sammendrag af forsøg nr. 18–21 anført i tabel 9, medens forskellene i forsøg nr. 22, hvor byghalmen var forurennet med kvik, er anført som enkeltresultater.

Det fremgår af medianværdierne i tabel 9, at NH₃-tilsætningen til byghalm i et FMA-halmanlæg bevirkede, at halmens tørstofprocent steg med et par enheder, antagelig fordi halmen i

Tabel 8. Byghalm behandlet i 44 timer på FMA-anlæg (3% NH₃) og opbevaret uden for anlægget i 0 (B) og 21–28 dage (C). Ødum 1979–81.

Barley straw treated in 44 hours on a FMA-plant (3% NH₃) and stored outside the plant in 0 (B) and 21–28 days (C). Ødum 1979–81.

Behandling	% tørstof	% af tørstof				pH	% af organisk stof			
		rå- aske	total -N % of DM	NDF	ADF		FOS	IVOS	EOS	VOS
Treatment	% DM	ash	total -N	NDF	ADF	pH	DOM	IVSOM	ESOM	RSOM
Forsøg nr. 18. Halm tilsat NH ₃ den 29. november 1979.										
<i>Exp. no. 18. Straw with the addition of NH₃ 29 November 1979.</i>										
B	86,4	5,99	1,526	78,6	56,9	8,7	49,8	51,5	30,4	58,7
C	84,0	4,97	1,421	78,4	57,3	8,2	52,6	54,7	32,2	61,0
Forsøg nr. 19. Halm tilsat NH ₃ den 7. januar 1980.										
<i>Exp. no. 19. Straw with the addition of NH₃ 7 January 1980.</i>										
B	84,4	5,92	1,577	78,3	55,5	8,0	53,4	59,2	33,8	57,7
C	85,4	4,68	1,524	78,4	53,7	8,1	56,2	62,7	37,5	62,7
Forsøg nr. 20. Halm tilsat NH ₃ den 14. februar 1980.										
<i>Exp. no. 20. Straw with the addition of NH₃ 14 February 1980.</i>										
B	81,8	5,09	1,508	78,2	53,2	8,6	53,7	54,2	37,2	59,9
C	83,0	5,12	1,547	76,8	52,9	8,3	51,6	56,3	37,9	59,4
Forsøg nr. 21. Halm tilsat NH ₃ den 23. april 1980.										
<i>Exp. no. 21. Straw with the addition of NH₃ 23 April 1980.</i>										
B	84,7	5,25	1,484	77,4	55,1	8,7	49,0	48,4	34,0	53,6
C	85,0	5,59	1,519	78,0	53,2	8,3	49,4	49,3	33,4	55,7
Forsøg nr. 22. Halm tilsat NH ₃ den 18. september 1980.										
<i>Exp. no. 22. Straw with the addition of NH₃ 18 September 1980.</i>										
B	89,4	5,31	1,851	77,8	53,9	–	47,9	–	32,7	53,1
C	88,2	4,95	1,897	80,8	53,0	–	49,5	–	30,7	58,1

FMA-halmanlægget tørredes på grund af opvarmningen til 70°C og den efterfølgende gennemblæsning. Indholdet af råaske ændredes ikke nævneværdigt ved NH₃-tilsætningen. Derimod steg % totalkvælstof med 0,9 enhed og halmens pH med godt 1 enhed.

En beregning på grundlag af stigningen i % totalkvælstof viser, at tørstoffet i halmen fra forsøg nr. 18–21 absorberede mellem 25 og 33% af den tilledte mængde NH₃. Derimod absorberede tørstoffet i halmen fra forsøg nr. 22, der var forurennet med kvik, kun mellem 13–14% af den tilledte mængde NH₃.

Tilsætningen af NH₃ bevirkede, at % NDF reduceredes, medens % ADF stort set forblev

uændret, således at % opløselige cellevægge (OCV) aftog med omkring 5 enheder, hvilket stort set var lige så mange enheder, som celleindholdsfraktionen (% CI) steg. NH₃-tilsætningen bevirkede også, at % FOS steg med 14 enheder. Lagring i 3–4 uger efter NH₃-behandlingen havde en mindre, positiv indflydelse på stigningen i % FOS.

Ændringerne i halmen fra forsøg nr. 22, der var forurennet med kvik, afveg fra ændringerne i halmen fra forsøg nr. 18–21, idet ændringen af % totalkvælstof blev mindre. Samtidig hermed steg % FOS kun med 6 enheder, hvilket antagelig skyldtes, at den ubehandlede halm i forsøg nr. 22 (8) havde et betydeligt højere indhold af totalkvæl-

Tabel 9. Forskel (b-a) mellem byghalm tilsat 3% NH₃ på FMA-anlæg (b) og ubehandlet byghalm (a). 5 forsøg ved Ødum 1979-81.

Difference (b-a) between barley straw with the addition of 3% NH₃ on FMA-plant (b) and untreated barley straw (a). 5 experiments at Ødum 1979-81.

	Forsøg nr. Experiment no. 18-21			Forsøg nr. Exper. no. 22 ¹⁾
	1. pentil 1st pentile	median median	4. pentil 4th pentile	
% tørstof DM				
B	1,2	2,1	2,7	3,9
C	0,4	2,4	3,2	2,7
Råaske, % af tørstof Ash, % of DM				
B	-0,10	-0,30	0,50	1,65
C	-1,40	-0,10	0,60	1,29
Total-N, % af tørstof Total-N, % of DM				
B	0,710	0,895	0,970	0,350
C	0,790	0,900	0,920	0,396
Cl, % af tørstof (100-NDF), % of DM				
B	3,7	5,1	6,4	1,2
C	3,6	5,3	6,3	-1,8
OCV, % af tørstof (NDF-ADF), % of DM				
B	-7,9	-4,9	-3,8	-7,6
C	-7,9	-5,5	-1,9	-3,7
pH				
B	1,3	1,6	1,7	-
C	1,0	1,2	1,5	-
FOS, % af organisk stof DOM, % of OM				
B	10,8	14,3	14,7	6,5
C	11,8	15,0	17,2	8,1

¹⁾ Forurennet med kvik. Contaminated by Agropyron repens.

stof (1,5%) end den almindelige byghalm (0,6-0,7% totalkvælstof). Denne stigning på 6% FOS øgedes imidlertid med næsten 2 enheder ved lagring i 3-4 uger efter NH₃-behandlingen.

Stigningerne i % FOS i forsøg nr. 18-21 svarer til, at indholdet af foderenheder steg fra 8-15 til 29-42 pr. 100 kg organisk stof. I forsøg nr. 22, hvor halmen var forurennet med kvik, svarer stigningen i % FOS til, at indholdet af foderenheder steg fra 17 til 27-29 pr. 100 kg organisk stof.

Serie IV (forsøg nr. 23)

Forsøg nr. 23 bestod af 3 afdelinger (A, B og C) med byghalm fra Bygholm omfattende henholds-

vis ubehandlet halm (A) og behandlet halm, der blev tilsat NH₃ den 14. november (B) og 6. december (C) 1977. Afdeling B og C omfattede hver 4 stakke, som hver rummede 150 halmballer i 2 rækker og 5 lag og var ca. 8,5 m lange, 2,0 m høje og 2,0 m brede. I afdeling B og C afsluttedes behandlingen efter henholdsvis 1 og 4 ugers forløb. Temperaturmålinger viser (tabel 1), at lufttemperaturen under og efter NH₃-tilsætningen var ret ens under behandlingen af halmen i de 2 afdelinger. I øvrigt gennemførtes behandlingen efter følgende plan (samtlige kombinationer):

1. Med vacuum, hvor luften evakueredes fra

stakken inden tilsætning af NH₃ (*Bruun's metode*).

2. Uden vacuum.

- a. Tilsætning af NH₃ forneden ved den nederste ende af stakken, hvor bunden steg svagt op mod den anden ende.
- b. Tilsætning af NH₃ gennem et rør øverst i hele stakkens længde med 1,5 m mellem tilsætningsstederne (2 mm huller).

Halmens tørstofprocent samt dens indhold af

totalkvælstof i % af tørstof og dens indhold af EOS i % af organisk stof er anført i sammendrag i tabel 10. Halmens indhold af FOS i % af organisk stof beregnedes på grundlag af % EOS og følgende ligning

$$(3) \% \text{ FOS}_{(\text{EOS})} = 9,99 \times \% \text{ EOS}^{0,471},$$

som omtales i en kommende beretning (11). De beregnede resultater, der benævnes % FOS_(EOS), er vist i sammendrag i tabel 11.

En beregning af forskellene mellem behandlet

Tabel 10. Ubehandlet byghalm (A) og NH₃-behandlet byghalm lagret i stakke i 1 uge (B) og i 4 uger (C) efter tilsætning af 3% NH₃ i bund (a) og top (b) af stakken med (1) og uden (2) vacuum. Statens jordbrugstekniske Forsøg, Bygholm 1977-78. Forsøg nr. 23.

Untreated barley straw (A) and NH₃-treated barley straw stored in stacks for 1 week (B) and 4 weeks (C) after addition of 3% NH₃ from below (a) and above (b) the stacks with (1) and without (2) vacuum. The National Agricultural Engineering Institute, Bygholm 1977-78. Experiment no. 23.

Behandling <i>Treatment</i>	n ¹⁾	1. pentil <i>1st pentile</i>	Median <i>Median</i>	4. pentil <i>4th pentile</i>
% tørstof DM				
A	72	83,6	85,0	86,1
B.1.a	15	83,2	84,5	85,2
B.1.b	15	83,7	84,5	85,8
B.2.a	15	83,8	85,5	86,4
B.2.b	14	81,0	83,2	85,3
C.1.a	14	83,1	82,2	83,2
C.1.b	15	80,0	82,0	83,4
C.2.a	15	81,2	82,3	83,8
C.2.b	15	80,6	81,8	82,4
Total-N, % af tørstof Total-N, % of DM				
A	72	0,550	0,630	0,760
B.1.a	15	0,675	0,850	1,065
B.1.b	15	0,825	0,910	1,005
B.2.a	15	0,775	0,875	0,960
B.2.b	14	0,900	0,965	1,220
C.1.a	14	0,860	1,020	1,370
C.1.b	15	1,110	1,270	1,365
C.2.a	15	1,030	1,150	1,255
C.2.b	15	0,980	1,060	1,255
EOS, % af organisk stof ESOM, % of OM				
A	72	24,4	26,6	29,2
B.1.a	15	31,7	34,5	38,4
B.1.b	15	32,7	34,1	35,4
B.2.a	15	30,6	32,9	35,3
B.2.b	14	32,7	34,2	36,5
C.1.a	14	35,5	36,2	39,5
C.1.b	15	36,1	39,0	42,3
C.2.a	15	36,6	38,3	40,4
C.2.b	15	34,7	37,5	40,2

¹⁾ Antal prøver (halmballer) *Number of samples (bales of straw)*

Tablet 11. Ubehandlet byghalm (A) og NH₃-behandlet byghalm lagret i stakke i 1 uge (B) og i 4 uger (C) efter tilsætning af 3% NH₃ i bund (a) og top (b) af stakken med (1) og uden (2) vakuum. Statens jordbrugstekniske Forsøg, Bygholm 1977-78. Forsøg nr. 23.

Untreated barley straw (A) and NH₃-treated barley straw stored in stacks for 1 week (B) and 4 weeks (C) after addition of 3% NH₃ from below (a) and above (b) the stacks with (1) and without (2) vacuum. The National Agricultural Engineering Institute, Bygholm 1977-78. Experiment no. 23.

Behandling Treatment	n	1. pentil 1st pentile	Median Median	4. pentil 4th pentile
FOS _(EOS) , % af organisk stof DOM _(ESOM) , % of OM				
A	72	45,1	46,8	48,7
B.1.a	15	50,7	52,8	55,4
B.1.b	15	51,5	52,5	53,5
B.2.a	15	49,0	50,8	52,2
B.2.b	14	51,5	52,9	54,5
C.1.a	14	53,5	54,2	56,5
C.1.b	15	53,9	56,0	58,3
C.2.a	15	54,6	55,7	56,9
C.2.b	15	53,2	55,0	56,4

og ubehandlet halm på grundlag af resultaterne i tabel 10 viser, at NH₃-tilsætningen reducerede % tørstof med 0-3,2 enheder og øgede % totalkvælstof med 0,2-0,6 enheder. Stigningen i % totalkvælstof svarede til, at tørstoffet efter 1 og 4 ugers forløb absorberede henholdsvis fra 7 til 11 og fra 13 til 21% af den tilledte mængde NH₃. De største ændringer af % tørstof og % totalkvælstof indtraf efter 4 ugers lagring. Det havde kun ringe indflydelse på ændringerne, om der blev brugt vacuum eller ej, eller om NH₃ blev tilsat i bund eller top af stakken.

Beregnes virkningen af den tilsatte NH₃ på halmens fordøjelighed ud fra medianværdierne i tabel 11 som forskellene mellem behandlet og ubehandlet halm, ses det, at NH₃-tilsætningen havde en positiv virkning på fordøjeligheden af halmens organiske stof. Virkningen øgedes med lagringstiden, således at % FOS_(EOS) ved alle behandlinger og efter 4 ugers lagring steg med 7-9 enheder. Denne stigning i % FOS svarer til, at indholdet af foderenheder steg fra 25 til 38-41 pr. 100 kg organisk stof.

Toksicitet

Der er i de sidste år indtruffet flere forgiftningstilfælde i besætninger fodret med NH₃-behandlet foder. Risikoen for NH₃-forgiftning er til stede, når overskud af NH₃ ikke udluftes fra foderet in-

den fodringen. Ud over NH₃-forgiftning kan der ske forgiftning efter dannelse af f.eks. 4-methylimidazol, der dannes mellem den tilsatte NH₃ og foderets sukkerindhold.

Ved analyse af halmprøver fra forsøg nr. 18-22 er der fundet under 2 mg 4-methylimidazol pr. kg tørstof. Denne mængde anses for at være så ringe, at man næppe risikerer forgiftninger med 4-methylimidazol ved fodring med NH₃-behandlet ren halm fra kornafgrøder.

Analyserne for 4-methylimidazol blev udført i 1985 på Statens veterinære Serumlaboratorium.

Ved et samarbejde mellem Statens Husdyrbrugsforsøg, Afdelingen for forsøg med Kvæg og Får, Statens Planteavlsvforsøg, Institut for Grovfoder, Statens veterinære Serumlaboratorium og Afdelingen for Farmakologi og Toksikologi, Kgl. Vet.- og Landbohøjskole, er der nu iværksat et forskningsprojekt med det mål at fastlægge hvilke omstændigheder, der betinger dannelsen af 4-methylimidazol samt omsætningen og toksiciteten af stoffet hos dyrene. Indtil resultater fra dette projekt foreligger, bør der vises agtpågivenhed ved fodring med andet NH₃-behandlet foder end halm fra kornafgrøder.

Diskussion

Af resultaterne med tilsætning af NH₃ til byghalm fremgår, at virkningen af NH₃ på fordøjeligheden

af halmens organiske stof er positiv og afhængig af opbevaringstemperaturen. Således stiger % FOS ved 0–5°C og 25–30°C med henholdsvis 7–8 enheder efter 4–5 ugers opbevaring og 9–10 enheder efter 2 ugers opbevaring. Samstemmende hermed fandt *Jacobsen & Bentholm* (3) i gennemsnit af 14 forsøg med »stakmetoden«, at tilsætning af 3% flydende NH₃ i 4 uger har en positiv virkning på halmens IVOS og EOS. Stigningen i IVOS og EOS kan efter indsættelse i 2 ligninger, som er anført i en kommende beretning (11), beregnes at svare til en stigning i % FOS på 7–9 enheder.

Det fremgår også af resultaterne (serie III), at tilskudsvarme har en betydelig positiv indflydelse på virkningen af den tilsatte NH₃. Således stiger % FOS med 14 enheder i løbet af 44 timers behandling på FMA-halmanlæg med opvarmning indtil 70°C. I god overensstemmelse hermed fandt *Rexen* (14), at reaktionen mellem NH₃ og halm udløber i løbet af 1 uge ved anvendelse af en isoleret reaktionsbeholder, og reaktionstiden reduceres til ca. 1 døgn ved tilskudsvarme indtil 70°C. Ved bedømmelsen af den betydelige virkning på % FOS, der er fundet i serie III, må det ikke overses, at den ubehandlede halm i denne serie havde et lavere indhold af FOS (34–41%) end den ubehandlede halm i serie I og II (48–52%). Der kan således forventes et større udslag ved behandling af halm med lav fordøjelighed end med høj fordøjelighed.

Det fremgår endvidere af resultaterne, at virkningen af NH₃ tilsat efter *Bruun's* metode til halmballer i plasticposer ikke afviger fra den forannævnte virkning af NH₃ på fordøjeligheden af halmens organiske stof. Således stiger % FOS ved anvendelse af *Bruun's* metode under vinterforhold med 7–9 enheder efter 4 ugers opbevaring, hvilket nøje svarer til den forannævnte virkning efter 4–5 ugers opbevaring ved 0–5°C.

Yderligere viser resultaterne, at virkningen er større i ren byghalm end i rød svingelhalm, hvor % FOS stiger med 7–9 enheder efter 6 ugers lagring. Mindre samstemmende hermed fandt *Jacobsen & Bentholm* (3) i gennemsnit af 4 forsøg med »stakmetoden«, at tilsætning af 3% NH₃ i 4

uger til frøgræshalm øger halmens IVOS og EOS. Denne stigning i IVOS og EOS kan efter indsættelse i 2 ligninger, som er anført i en kommende beretning (11), beregnes at svare til en stigning i % FOS på 8–9 enheder.

Konklusioner

Af resultaterne fra forsøgene med NH₃-tilsætning til halm kan drages følgende konklusioner:

1. Tilsætning af NH₃ bevirker, at % FOS i halmen stiger med 6–14 enheder. Denne stigning i % FOS svarer til, at foderværdien stiger med 12–27 foderenheder pr. 100 kg organisk stof.
2. Tilsætningen af NH₃ bevirker også, at % to-talkvælstof i halmen stiger med 0,3–0,9 enheder. Denne stigning, der er konstateret efter tørring og formaling af den NH₃-behandlede halm, svarer til, at tørstoffet absorberer mellem 9 og 33% af den tilledte mængde NH₃.
3. Virkningen af NH₃-tilsætningen på halmens fordøjelighed stiger betydeligt indtil et vandindhold på 10–20%.
4. Virkningen af NH₃-tilsætningen på stigningerne i halmens indhold af totalkvælstof og FOS er stærk afhængig af temperaturforholdene under og efter NH₃-tilsætningen. Således øges stigningen betydeligt ved stigende temperatur.
5. Virkningen af NH₃-tilsætningen er større i ren byghalm end i afgrøder som rød svingelhalm og kvikforurenet byghalm.
6. NH₃-behandlet halm kan opbevares i mindst 8 uger efter udluftning uden forringelse af den opnåede stigning i % FOS.

Litteratur

1. *Chemische Fabrik Kalk* 1943. Fremgangsmaade til Fremstilling af et kvælstofholdigt Foderstof. Dansk Patent nr. 61176.
2. *Chemische Fabrik Kalk* 1944. Fremgangsmaade til Fremstilling af kvælstofholdige Foderstoffer. Dansk Patent nr. 62391.
3. *Jacobsen, A. & Bentholm, B. R.* 1983. Stigende mængder ammoniak til halm. Oversigt over Landsforsøgene. Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger 1982, 208–211. Århus.
4. *Juncker, F.* 1959. Fremgangsmåde til fremstilling af

- et fodermiddel eller tilsætningsmiddel til fodermidler fremstillet ved ensilering. Dansk Patent nr. 87992.
5. *Juncker, F.* 1960. Fremgangsmåte til fremstilling av et førststoff eller tilsetningsmiddel for førstoffer fremstilt ved ensilering. Norsk Patent nr. 97581.
 6. *Kristensen, V. Friis, Andersen, P. E., Stigsen, P., Thomsen, K. Vestergaard, Andersen, K. Refsgaard, Sørensen, M., Ali, C. S., Mason, V. C., Rexen, F., Israelsen, M. & Wolstrup, J.* 1978. Natriumhydroxyd-behandlet halm som foder til kvæg og får. Beretning nr. 464 fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 1-218. København.
 7. *Møller, E.* 1978. Kemisk behandlet byghalm. Fordøjelighed og foderværdiberegning. Nordisk Jordbrugsforskning 60: 551-552 og NJF-halmseminar i Middelfart den 28.-31. marts 1978, 7 pp.
 8. *Møller, E., Witt, N. & Thellesen, H. Z.* 1984. Halm til foder. I. Ubehandlet halm. Tidsskr. Planteavl 88, 257-263.
 9. *Møller, E., Witt, N. & Thellesen, H. Z.* 1984. Halm til foder. II. Tilsætning af natriumhydroxyd på flytbare gårdanlæg. Tidsskr. Planteavl 88, 581-592.
 10. *Møller, E., Witt, N. & Thellesen, H. Z.* 1985. Halm til foder. III. Tilsætning af natriumhydroxyd til fugtig halm. Tidsskr. Planteavl 89, 91-100.
 11. *Møller, E., Witt, N., Thellesen H. Z. & Hesselholt, M.* 1986. Halm til foder. V. Halmens kvalitet efter tilsætning af ammoniak. Tidsskr. Planteavl 90, 61-67.
 12. *Nikolaeva, L. I.* 1938. Ammonium hydroxide treatment of straw. Chem. Abstr. 35, 817, 1941.
 13. *Pedersen, E. J. Nørgaard, Witt, N., Mortensen, J. & Sørensen, C.* 1980. Fraktionering af grønafgrøder ved udpresning af saft og konservering af pressede afgrøder og saft. 1. Ensilering af pressede afgrøder. Tidsskr. Planteavl 84, 265-293.
 14. *Rexen, F.* 1978. Kemisk behandling af halm til foderformål. NJF-seminar om halm i Middelfart den 28.-31. marts 1978, 11 pp.
 15. *Westgaard, P.* 1978. Ammoniakbehandling af halm. NJF-seminar om halm i Middelfart den 28.-31. marts 1978, 9 pp.

Manuskript modtaget den 15. januar 1986.