

Halm til foder

VIII. Fordøjelighed og foderværdi

Straw for fodder

VIII. Digestibility and feeding value

Erik Møller, Norman Witt, Hans Z. Thellesen og Michael Hesselholt

Resumé

Kemisk behandling af halm til foder ved tilsætning af enten 3% ammoniak (NH_3) eller 3,2–4,5 kg natriumhydroxyd (NaOH) pr. 100 kg halmtørstof har en betydelig virkning på halmens fordøjelighed (*in vivo*). Virkningen, der aftager med stigende fordøjelighed, bliver større ved tilsætning af NaOH end ved tilsætning af NH_3 . I gennemsnit stiger fordøjeligheden og dermed foderværdien fra 45% FOS og 27 f.e. pr. 100 kg organisk stof i ubehandlet halm til 50 og 60% FOS og 43 og 48 f.e. pr. 100 kg organisk stof i halm tilsat henholdsvis NH_3 og NaOH .

Der er stor års- og sortsvariation i foderværdien af ubehandlet halm, medens variationen mellem vårbyg- og vinterhvedehalm er ringe. Således varierer niveauet for halmens gennemsnitlige foderværdi mellem 22 og 36 f.e. pr. 100 kg organisk stof fra det ene år til det andet og mellem 25 og 33 f.e. pr. 100 kg organisk stof fra den ringeste til den bedste af 22 sorter.

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

Summary

The report summarizes results from 50 experiments over the years 1976–84 with 54 lots of untreated straw, 71 lots of NH_3 -treated straw and 114 lots of NaOH -treated straw. The results from the 50 experiments have been published in seven earlier reports. The report also presents results from two experiments over the period 1982–83 with untreated straw from 22 cultivars of barley and winter wheat.

Chemical treatment of straw for fodder with the addition of either 3% NH_3 or 3.2–4.5 kg NaOH per 100 kg straw DM has a considerable effect on the digestibility (*in vivo*) of straw. This effect declines with increasing digestibility in straw, but there is a greater effect with NaOH than NH_3 . The average content

of DOM increases from 45% in untreated straw to 56 and 60%, whereas the average content of FU increases from 27 to 43 and 48 per 100 kg OM in straw treated with NH₃ and NaOH respectively.

The content of DOM in untreated straw and in straw with the addition of either NH₃ or NaOH (n=212) is correlated with the content of *in vitro*-soluble OM (IVSOM) (r=0.894), enzyme-soluble OM (ESOM) (r=0.893) and rumen liqueur-soluble OM (RSOM) (r=0.898). The following equations illustrate the relationship between soluble and digestible OM:

$$\% \text{ DOM}_{(\text{IVSOM})} = 121.9 - 8466 / (\% \text{ IVSOM} + 69.4)$$

$$\% \text{ DOM}_{(\text{ESOM})} = 94.3 - 2337 / (\% \text{ ESOM} + 24.7)$$

$$\% \text{ DOM}_{(\text{RSOM})} = 223.3 - 43052 / (\% \text{ RSOM} + 192.7).$$

The feeding value of untreated straw varied from year to year and from cultivar to cultivar, while there was no variation between barley and winter wheat. The average feeding value of straw ranged from 22 to 36 FU per 100 kg OM from one year to another and from 25 to 33 FU per 100 kg OM from the poorest to the best of 22 cultivars.

Key words: Straw, NH₃-application, NaOH-application, composition, digestibility, solubility.

Indledning

I 7 tidligere beretninger om halm til foder beskrev Møller *et al.* forsøg med 54 partier halm uden behandling (3,8,9), 71 partier halm tilsat ammoniak (NH₃) (6,7,9) og 114 partier halm tilsat natriumhydroxyd (NaOH) på flytbare halmpludningsanlæg (4,5,8). Forsøgene tog især sigte på at belyse temperaturrens (reaktionsvarmen) og lagringens indflydelse på virkningen af den tilsatte NH₃ og NaOH på fordøjeligheden (*in vivo*) af halmens organiske stof.

Resultaterne viste, at tilsætning af NH₃ og NaOH har en betydelig positiv virkning på halmens fordøjelighed. Denne virkning aftager imidlertid med stigende fordøjelighed i udgangsmaterialet.

Resultaterne fra forsøgene med tilsætning af 3% NH₃ viste, at lagringen har en positiv indflydelse på stigningen i fordøjeligheden af halmens organiske stof. Denne indflydelse bliver tydeligere ved lave temperaturer (0–30°C) end ved højere temperaturer (70–90°C) under NH₃-behandlingen.

Resultaterne fra forsøgene med tilsætning af 1,6–8,9 kg NaOH pr. 100 kg halmtørstof viste dels, at det gælder om at holde på reaktionsvarmen i den første tid efter NaOH-tilsætningen, og dels, at lagring ud over én uge efter NaOH-tilsætningen kun har ringe indflydelse på stigningen i

halmens fordøjelighed. Resultaterne viste også, at den optimale NaOH-tilsætning ligger på 3,5, 4,5 og 5,0 kg pr. 100 kg halmtørstof i henholdsvis byghalm, alm. rajgræshalm og vinterhvedehalm.

Ud fra resultaterne fra forannævnte forsøg med tilsætning af NH₃ og NaOH tager denne beretning sigte på at sammenligne virkningerne af de to kemikalier på halmens fordøjelighed og foderværdi. Ud fra resultaterne fra to forsøg (nr. 65 og 66) tager beretningen også sigte på at belyse artens, sortens og årets indflydelse på halmens foderværdi.

I to tidligere beretninger har Møller *et al.* beskrevet sammenhængen mellem opløselighed og fordøjelighed af organisk stof i henholdsvis ubehandlet og NH₃-behandlet halm (9) og ubehandlet og NaOH-behandlet halm (8). Denne beretning tager sigte på at belyse denne sammenhæng i ubehandlet, NH₃-behandlet og NaOH-behandlet halm.

Beregning af foderværdi

I tre tidligere beretninger (6, 8, 9) beregnedes halmens foderværdi i skandinaviske foderenheder ud fra indholdet af fordøjeligt organisk stof (FOS) og følgende formel, som er sammendraget ud fra en formel, der er beskrevet i en tidligere beretning (6):

(1) F.e. pr. 100 kg organisk stof = $(0,86 + \%FOS) \times (-0,511 + \%FOS \times 0,0222)$.

I 1983 foreslog Møller *et al.* (10) en ny beregningsmetode for fodermidlernes energiværdi til kvæg, der senere iflg. V. Friis Kristensen (pers. medd.) er modificeret til:

(2) F.e. pr. kg tørstof = $-0,363 + \text{MJ ford. energi pr. kg tørstof} \times 0,094 - \text{kg ford. træstof pr. kg tørstof} \times 0,655$.

Da der ikke er bestemt fordøjeligt energi og fordøjeligt træstof i halmen har V. Friis Kristensen (pers. medd.) beregnet følgende relation mellem halmens indhold af FOS og f.e.:

(3) F.e. pr. 100 kg organisk stof = $-37,5 + \%FOS \times 1,43$.

I denne beretning beregnedes halmens foderværdi ud fra indholdet af FOS og ligning (3), og kurverne i fig. 1 illustrerer sammenhængen mellem halmens indhold af FOS og dens foderværdi beregnet ud fra ligning (1) og (3). Det fremgår af kurvernes forløb, at halmens foderværdi vurderes lidt højere af ligning (3) end af ligning (1) ved et indhold mellem 30 og 55% FOS og lavere ved et indhold under 30 og over 55% FOS.

Halmens foderværdi, beregnet som f.e. pr. 100 kg organisk stof, f.e. pr. 100 kg tørstof og kg halm med 85% tørstof pr. f.e., er anført i tabel 1. Resultaterne fra beregningen illustrerer askeindholdets indflydelse på vurderingen af halmens foder-

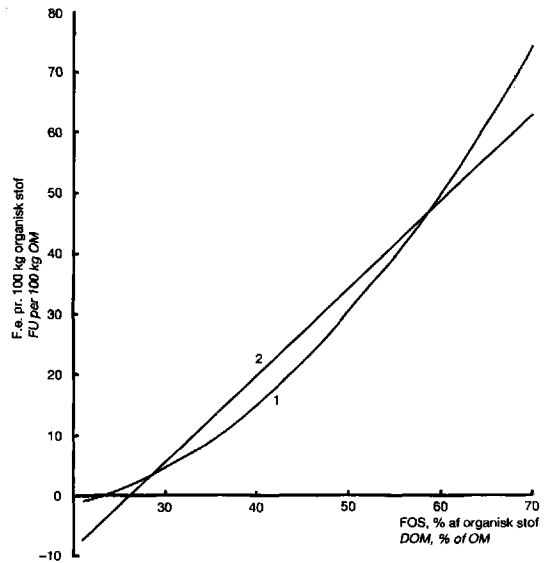


Fig. 1. Relationen mellem halmens indhold af FOS og dens indhold (1 = $(0,86 + \%FOS) \times (-0,511 + \%FOS \times 0,0222)$ og 2 = $-37,5 + \%FOS \times 1,43$) af f.e.

The relationship between the content of DOM in straw and the content of FU in straw (1 = $(0,86 + \%DOM) \times (-0,511 + \%DOM \times 0,0222)$ and 2 = $-37,5 + \%DOM \times 1,43$) of FU.

taterne fra beregningen illustrerer askeindholdets indflydelse på vurderingen af halmens foder-

Tabel 1. Askeindholdets (5, 10 og 15% af tørstoffet) indflydelse på relationerne mellem foderenheder pr. 100 kg organisk stof og dels foderenheder pr. 100 kg tørstof og dels kg halm med 85% tørstof pr. foderenhed.
The influence of the content of ash (5, 10 and 15% of DM) on the relationship between feed units per 100 kg OM and 1) feed units per 100 kg DM and 2) kg straw with 85% DM per feed unit.

Foderenheder pr. 100 kg org. stof	Foderenheder pr. 100 kg tørstof			kg halm med 85% tørstof pr. foderenhed		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Feed units per 100 kg OM	Feed units per 100 kg DM			kg straw with 85% DM per feed unit		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%
15	14,4	13,5	12,7	8,3	8,7	9,2
20	19,0	18,0	17,0	6,2	6,5	6,9
25	23,7	22,5	21,2	5,0	5,2	5,5
30	28,5	27,0	25,5	4,1	4,5	4,6
35	33,2	31,5	29,7	3,5	3,9	4,0
40	38,0	36,0	34,0	3,1	3,2	3,5
45	42,7	40,5	38,2	2,8	2,9	3,1
50	47,5	45,0	42,5	2,5	2,6	2,8
55	52,2	49,6	46,7	2,3	2,4	2,5

værdi, når foderværdien anføres på tørstofbasis og halmbasis.

Kemisk behandling af halm til foder

Tilsætning af NH₃ og NaOH

Ud fra de i indledningen omtalte forsøg med tilsætning af NH₃ og NaOH blev der udvalgt 141 partier halm, hvor der samtidig var bestemt FOS, IVOS, EOS og VOS. De 141 partier halm omfatter 52 partier ubehandlet halm, 50 partier halm behandlet med 3% NH₃ og 39 partier halm be-

handlet med 3,2 – 4,5 kg NaOH pr. 100 kg halm-tørstof, der er nær optimal mængde NaOH.

Halmens indhold af FOS og *in vitro*-opløseligt (IVOS), enzymopløseligt (EOS) og vomvæskeopløseligt (VOS) organisk stof i % af organisk stof er i sammendrag vist i tabel 2. Tabellen viser fordelings spredning omkring medianen ved angivelse af 1. og 4. pentil. Nævnte pentiler angiver de to værdier, som afskærer henholdsvis den laveste og den højeste femtedel af fordelingen.

Tabel 2. Fordøjelighed, opløselighed og foderværdi af ubehandlet halm (a) og halm tilsat 3% NH₃ (b) og 3,2–4,5 kg NaOH pr. 100 kg tørstof (c). 1976–84.
Digestibility, solubility and feeding value of untreated straw (a) and straw with the addition of 3% NH₃ (b) and 3.2–4.5 kg NaOH per 100 kg DM (c). 1976–84.

	a (n=52)			b (n=50)			c (n=39)		
	1. pent. <i>1st pent.</i>	Med. <i>Med.</i>	4. pent. <i>4th pent.</i>	1. pent. <i>1st pent.</i>	Med. <i>Med.</i>	4. pent. <i>4th pent.</i>	1. pent. <i>1st pent.</i>	Med. <i>Med.</i>	4. pent. <i>4th pent.</i>
% af organisk stof. % of OM									
FOS ¹⁾ . DOM ¹⁾	40,6	45,8	49,4	50,8	56,5	60,4	56,1	60,0	63,0
IVOS ²⁾ . IVSOM ²⁾	36,8	42,0	50,8	52,8	61,4	67,4	58,4	63,9	69,5
EOS ³⁾ . ESOM ³⁾	20,8	23,1	28,0	28,4	36,6	41,8	39,0	42,9	48,1
VOS ⁴⁾ . RSOM ⁴⁾	43,1	51,0	54,1	59,4	65,1	69,2	65,6	71,2	74,6
Pr. 100 kg organisk stof. Per 100 kg OM									
F.e. FU	21,0	27,9	33,0	35,5	43,3	49,1	42,8	48,3	53,0

- 1) Fordøjeligt organisk stof (*in vivo*). Digestible OM (*in vivo*)
- 2) *In vitro*-opløseligt organisk stof. *In vitro*-soluble OM.
- 3) Enzymopløseligt organisk stof. *Enzyme*-soluble OM.
- 4) Vomvæskeopløseligt organisk stof. *Rumen liqueur*-soluble OM.

Det fremgår af resultaterne i tabel 2, at den kemiske behandling havde en betydelig positiv virkning på halmens fordøjelighed, opløselighed og foderværdi. Således viser medianværdierne, at FOS steg fra ca. 45% til ca. 56% ved NH₃-behandlingen og til 60% ved NaOH-behandlingen. Herved steg foderværdien fra ca. 27 f.e. pr. 100 kg organisk stof til ca. 43 f.e. ved NH₃-behandlingen og 48 f.e. ved NaOH-behandlingen.

Resultaterne i tabel 3 viser gennemsnit og spredning af FOS, IVOS, EOS, VOS og f.e. for ubehandlet, NH₃-behandlet og NaOH-behandlet halm. En t-test, hvor

$$t = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) / s \sqrt{(n_1 + n_2) / n_1 n_2}$$

sammenlignedes med fraktilerne i t-fordelingen med $n_1 + n_2 - 2$ frihedsgrader, blev gennemført for at afprøve nulhypotesen på de tre mulige differenser (b-a), (b-c) og (c-b) mellem den ubehandlede (a), den NH₃-behandlede (b) og den NaOH-behandlede (c) halms gennemsnitlige fordøjelighed og foderværdi. For at foretage t-testen var det nødvendigt at beregne

$$s = \sqrt{((n_1 - 1) s_1^2 + (n_2 - 1) s_2^2) / (n_1 + n_2 - 1)}$$

Resultaterne af t-testen viser (tabel 4), at nulhypotesen for alle de tre mulige differenser mellem den ubehandlede, den NH₃-behandlede og den NaOH-behandlede halms gennemsnitlige fordøjelighed og foderværdi må forkastes. Dette

Tabel 3. Fordøjelighed, opløselighed og foderværdi af ubehandlet halm (a) og halm tilsat 3% NH₃ (b) og 3,2–4,5 kg NaOH pr. 100 kg tørstof (c). Gennemsnit og spredning. 1976–84.

Digestibility, solubility and feeding value of untreated straw (a) and straw with the addition of 3% NH₃ (b) and 3.2–4.5 kg NaOH per 100 kg DM (c). Mean and standard deviation. 1976–84.

	a (n=52)		b (n=50)		c (n=39)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
% af organisk stof. % of OM						
FOS. DOM	44,9	5,587	55,7	5,364	59,8	4,012
IVOS. IVSOM	42,8	8,221	60,2	7,829	63,6	6,128
EOS. ESOM	23,8	4,562	35,4	7,866	42,9	7,324
VOS. RSOM	49,5	7,297	63,8	6,687	70,0	4,680
Pr. 100 kg organisk stof. Per 100 kg OM						
F.e. FU	26,8	7,989	42,1	7,671	48,0	5,738

Tabel 4. Forskellene (b-a), (c-a), og (c-b) mellem gennemsnit af 52 partier (n) af ubehandlet halm (a) og gennemsnit af 50 og 39 partier (n) af halm tilsat henholdsvis 3% NH₃ (b) og 3,2–4,5 kg NaOH pr. 100 kg tørstof (c). 1976–84.

The differences (b-a), (c-a) and (c-b) between mean of 52 lots (n) of untreated straw (a) and means of 50 and 39 lots (n) respectively of straw with the addition of 3% NH₃ (b) and 3.2–4.5 kg NaOH per 100 kg DM. 1976–84.

	(b-a)	(c-a)	(c-b)
$n_1 + n_2 - 2$	100	89	87
$t_{0,001}$	3,39	3,40	3,41
FOS, % af organisk stof. DOM, % of OM			
Forskel. Difference	10,8	14,9	4,1
t	9,93	14,1	4,00
F.e. pr. 100 kg organisk stof. FU per 100 kg OM			
Forskel. Difference	15,3	21,2	5,9
t	9,90	14,1	4,00

indebærer, at hver af de to behandlinger havde en sikker, positiv virkning på halmens fordøjelighed og foderværdi. Endvidere indebærer det, at NaOH-behandlingen havde en sikker, større virkning på halmens fordøjelighed og foderværdi end NH₃-behandlingen. Denne større virkning af NaOH-behandlingen end af NH₃-behandlingen på halmens fordøjelighed illustreres af kurvernes forløb i fig. 2, hvor abscissen angiver halmens indhold af FOS i % af organisk stof inden behandling og ordinaten halmens indhold af FOS i % af organisk stof efter behandling med NH₃ og NaOH.

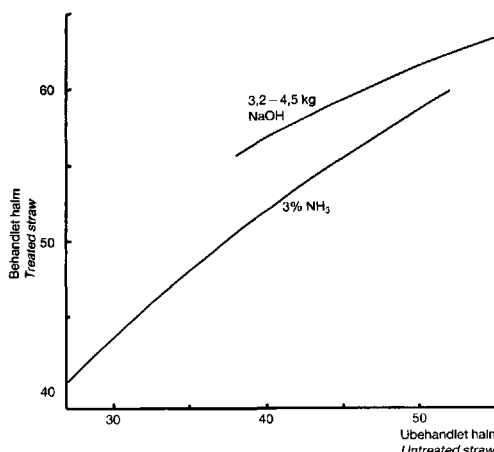


Fig. 2. Relationen mellem indhold af FOS i % af organisk stof i ubehandlet halm og indhold af FOS i % af organisk stof i halm tilsat 3% NH₃ (n=50) og 3,2–4,5 kg NaOH pr. 100 kg halmtørstof (n=39).

The relationship between the content of DOM in % of OM in untreated straw and the content of DOM in % of OM in straw with the addition of 3% NH₃ (n=50) and 3.2–4.5 kg NaOH per 100 kg straw DM (n=39).

Halmens opløselighed, fordøjelighed og energiværdi

Ud af de i indledningen omtalte forsøg med tilledning af NH₃ og NaOH var der i alt 212 partier halm med samtidig bestemmelse af FOS, IVOS, EOS og VOS. De 212 partier omfatter 52 partier med ubehandlet, 50 partier med NH₃-behandlet og 110 partier med NaOH-behandlet halm. Indholdet af FOS var ret betydeligt korreleret ($r = 0,89$) med indholdet af IVOS, EOS og VOS (tabel 5).

Tabel 5. Korrelationskoefficienter, r , mellem $x = \% \text{ FOS}$ og y . Ubehandlet, NH_3 -behandlet og NaOH -behandlet halm ($n = 212$).

Correlations coefficients, r , between $x = \% \text{ DOM}$ and y . Untreated, NH_3 -treated and NaOH -treated straw ($n = 212$).

y	r
$\% \text{ IVOS. IVSOM}$	0,894
$\% \text{ EOS. ESOM}$	0,893
$\% \text{ VOS. RSOM}$	0,898

For at anskueliggøre sammenhængen mellem halmens indhold af opløseligt og fordøjeligt orga-

nisk stof beregnedes følgende tre ligninger (4), (5) og (6) mellem opløselighed og fordøjelighed af organisk stof i halm (alle angivelser i $\%$ af organisk stof):

$$(4) \% \text{ FOS}_{(\text{IVOS})} = 121,9 - 8466 / (\% \text{ IVOS} + 69,4)$$

$$(5) \% \text{ FOS}_{(\text{EOS})} = 94,3 - 2337 / (\% \text{ EOS} + 24,7)$$

$$(6) \% \text{ FOS}_{(\text{VOS})} = 223,3 - 43052 / (\% \text{ VOS} + 192,7)$$

Alt efter om beregningerne foretages på grundlag af IVOS, EOS og VOS, benævnes resultatet af beregningen for $\text{FOS}_{(\text{IVOS})}$, $\text{FOS}_{(\text{EOS})}$ og $\text{FOS}_{(\text{VOS})}$. De tre kurver, der er tegnet på grundlag af henholdsvis ligning (4), (5) og (6), og punkternes placering i fig. 3, 4 og 5, hvor abscissen angiver hen-

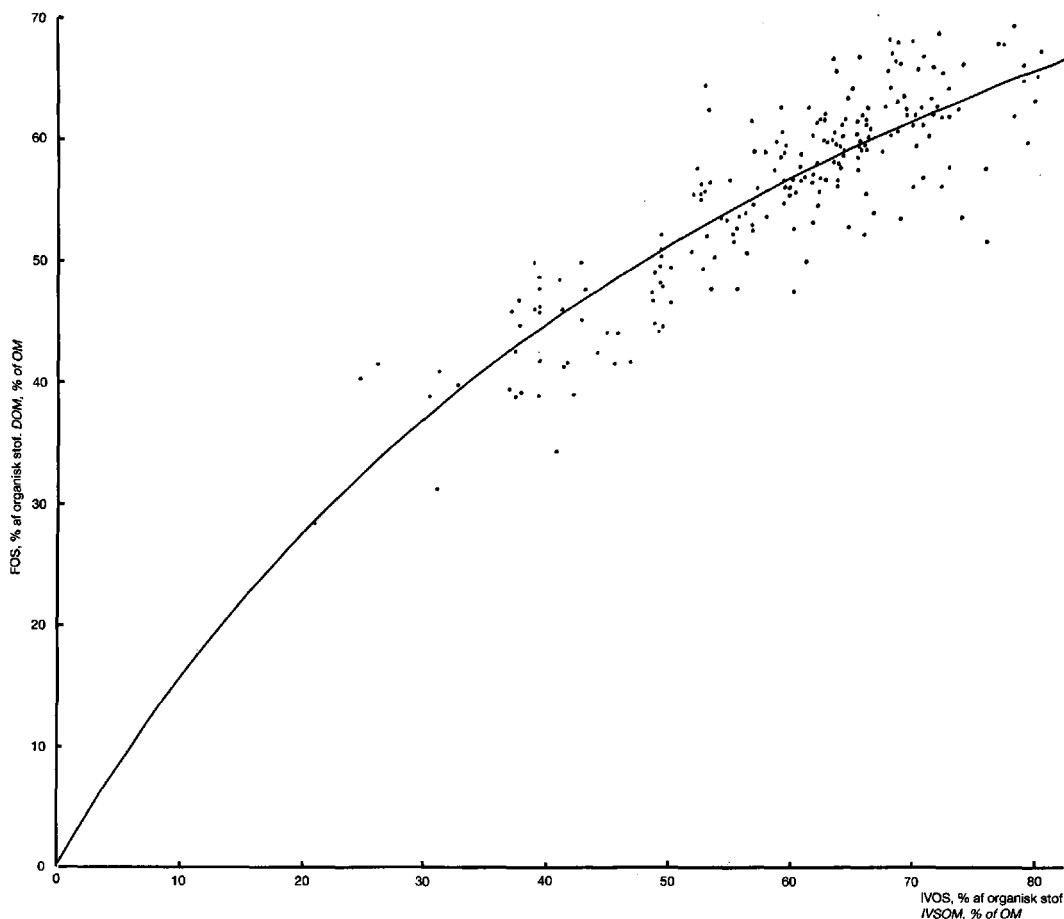


Fig. 3. Relationen mellem halmens indhold af IVOS og dens indhold af FOS ($n=212$).
The relationship between the content of IVSOM in straw and the content of DOM in straw ($n=212$).

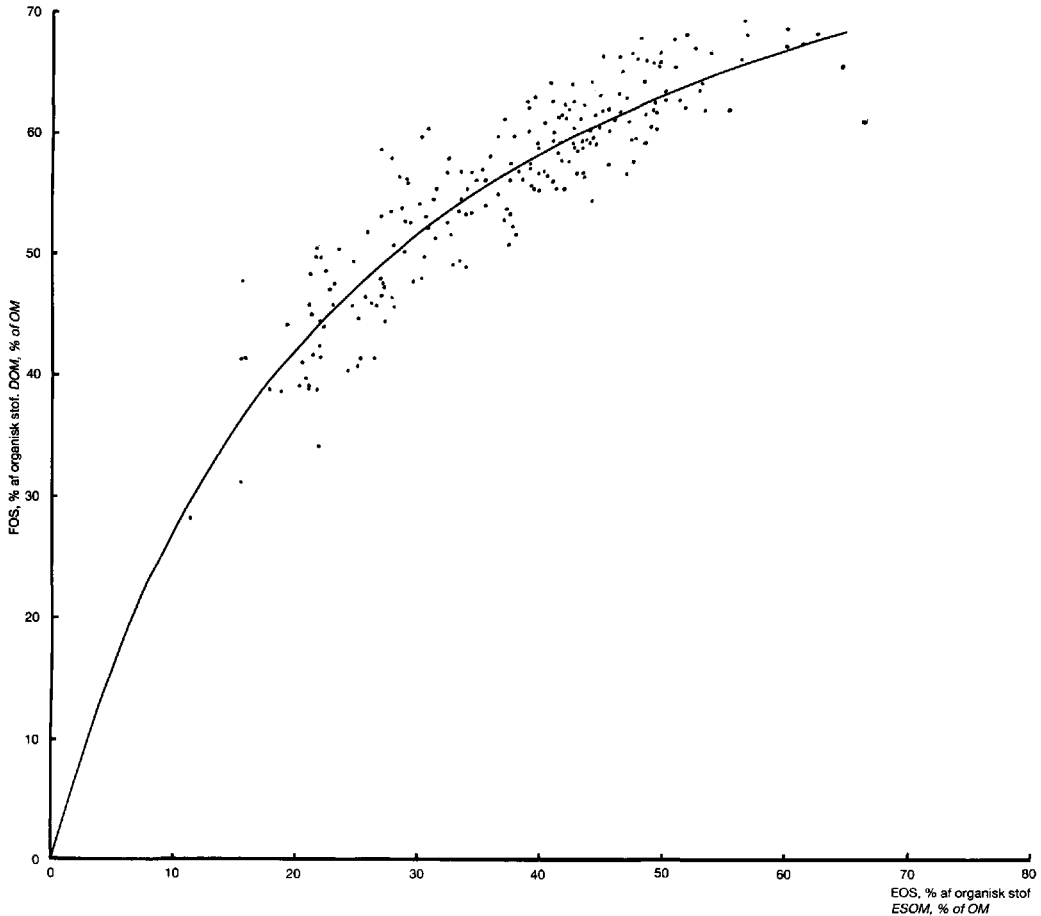


Fig. 4. Relationen mellem halmens indhold af EOS og dens indhold af FOS (n=212).
The relationship between the content of ESOM in straw and the content of DOM in straw (n=212).

holdsvis % IVOS, % EOS og % VOS og ordinaten % FOS, illustrerer sammenhængen mellem halmens opløselighed og dens fordøjelighed.

Indsættes ligning (4), (5) og (6) i stedet for % FOS i ligning (3) fås følgende tre ligninger (7), (8) og (9) (alle angivelser i % af organisk stof):

- (7) $F_{e.(IVOS)}$ pr. 100 kg organisk stof = $136,9 - 12107 / (\% IVOS + 69,4)$
- (8) $F_{e.(EOS)}$ pr. 100 kg organisk stof = $97,3 - 3342 / (\% EOS + 24,7)$
- (9) $F_{e.(VOS)}$ pr. 100 kg organisk stof = $281,9 - 61565 / (\% VOS + 192,7)$

Alt efter om beregningerne af f.e. foretages ud

fra IVOS, EOS og VOS benævnes resultatet af beregningen enten for f.e._(IVOS), f.e._(EOS) og f.e._(VOS).

Det fremgår af spredningen på differensen mellem fundet og beregnet % FOS og differensen mellem beregnet f.e. ud fra % FOS og f.e. beregnet ud fra % FOS_(IVOS), % FOS_(EOS) og % FOS_(VOS) i tabel 6, at %IVOS var bedst til at beskrive fordøjeligheden og foderværdien i NH₃-behandlet halm. Imidlertid var % EOS bedst til at beskrive fordøjeligheden og foderværdien i NaOH-behandlet halm og % VOS var bedst i ubehandlet halm.

I totalmaterialet (n = 212) lå spredningen på

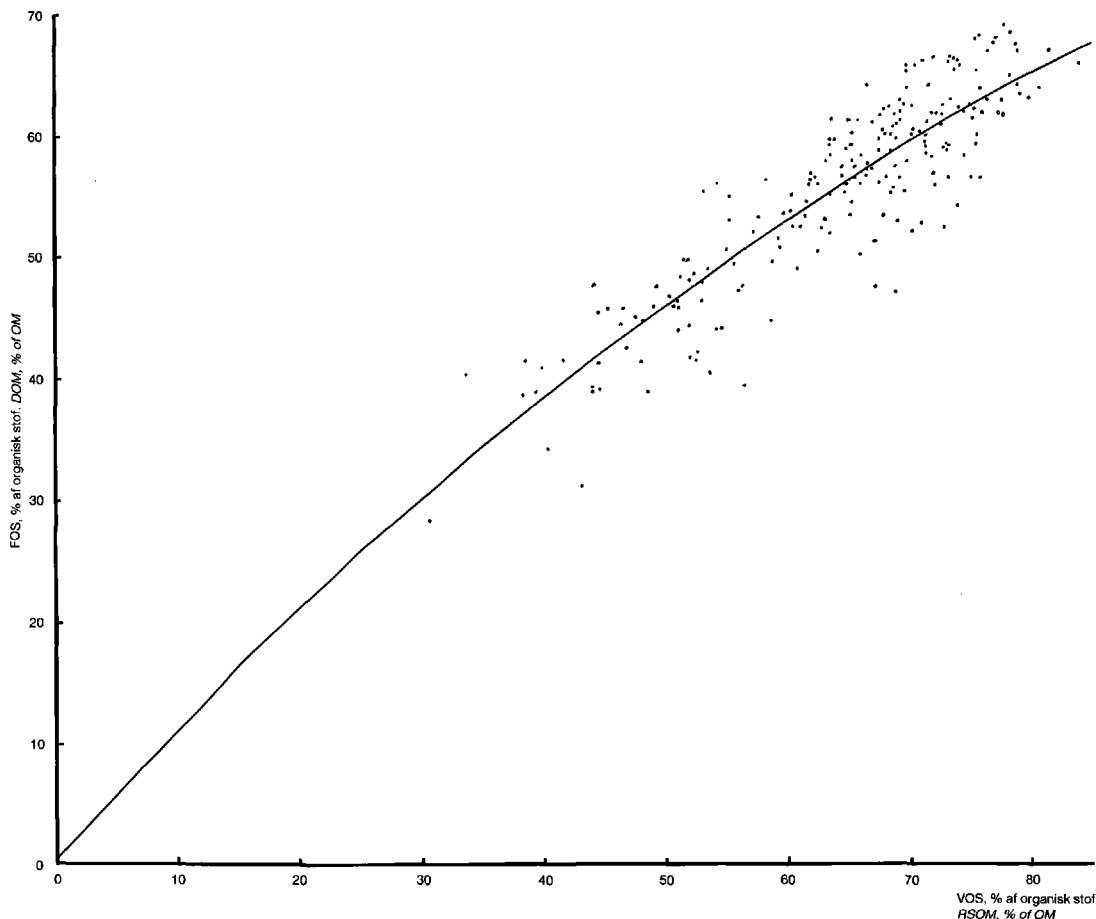


Fig. 5. Relationen mellem halmens indhold af VOS og dens indhold af FOS (n=212).
The relationship between the content of RSOM in straw and the content of DOM in straw (n=212).

differensen mellem fundet og beregnet % FOS, og differensen mellem f.e. beregnet ud fra % FOS og f.e. beregnet ud fra % FOS_(IVOS), % FOS_(EOS) og % FOS_(VOS) på henholdsvis ca. 3,5 og ca. 5,0. Spredningen på differensen varierede kun lidt mellem % IVOS, % EOS og % VOS, dog var % EOS lidt bedre og % IVOS lidt ringere end % VOS til at beskrive halmens fordøjelighed og foderværdi.

Forsøg nr. 65 og 66

Forsøg nr. 65 og 66 blev gennemført ved Statens Forsøgsstation, Ødum, i 1982 og 1983 med halm

fra 14 vårbyg- og 8 vinterhvedesorter høstet ved mejetærskermodenhed. Halmen, der opsamledes samtidig med mejetærskningen af kornet, blev snittet og blandet inden prøveudtagning. Sorter og analyser fremgår af tabel 7, som også viser alle enkeltresultater fra begge forsøg.

Enkeltresultaterne viser (tabel 7), at halmens indhold af råaske, træstof, NDF og ADF i % af tørstof og EOS i % af organisk stof varierede ret betydeligt mellem sorterne og især mellem årene. Efter at have beregnet halmens indhold af træstof, NDF og ADF i % af organisk stof beregnedes halmens celleindhold (CI) = 100 - NDF og

Tabel 6. Spredningen på differencerne mellem FOS (*in vivo*) samt f.e. beregnet ud fra FOS (*in vivo*), og FOS og f.e. beregnet ud fra halmens indhold af IVOS, EOS og VOS.

Standard deviation on the differences between DOM (in vivo) and also FU calculated from the content of DOM (in vivo), and DOM and FU calculated from the contents of IVSOM, ESOM and RSOM in straw.

	IVOS IVSOM		EOS ESOM		VOS RSOM	
	s		s		s	
Ubehandlet halm. <i>Untreated straw. (n = 52)</i>						
FOS. <i>DOM</i>	4,184		3,866		3,715	
F.e. <i>FU</i>	5,982		5,529		5,313	
NH ₃ -behandlet halm. <i>NH₃-treated straw. (n = 50)</i>						
FOS. <i>DOM</i>	2,542		3,702		3,538	
F.e. <i>FU</i>	3,636		5,293		5,060	
NaOH-behandlet halm. <i>NaOH-treated straw. (n = 110)</i>						
FOS. <i>DOM</i>	3,456		2,901		3,400	
F.e. <i>FU</i>	4,942		4,149		4,861	
I alt <i>Total (n = 212)</i>						
FOS. <i>DOM</i>	3,683		3,406		3,534	
F.e. <i>FU</i>	5,267		4,821		5,053	

Tabel 7. Ubehandlet vårbyghalm (sort nr. 1–14) og vinterhvedehalm (sort nr. 15–22). Forsøg nr. 65 og 66 ved Ødum 1982–83.

Untreated straw of spring barley (cultivar no. 1–14) and winter wheat (cultivar no. 15–22). Experiment no. 65 and 66 at Ødum 1982–83.

Sort	% af tørstof								EOS	
	råaske		træstof		NDF		ADF		% af org. stof	
	1982	1983	1982	1983	1982	1983	1982	1983	1982	1983
	% of DM								ESOM	
Cultivar	ash		CF		NDF		ADF		% of OM	
	1982	1983	1982	1983	1982	1983	1982	1983	1982	1983
1. Zita	5,21	5,68	47,2	43,6	83,1	82,5	56,5	49,2	20,9	35,6
2. Welam	4,80	4,70	49,2	45,7	84,5	83,4	57,5	52,5	17,6	26,3
3. Gunhild	5,19	5,97	48,6	46,6	83,7	82,7	57,0	50,0	18,8	28,9
4. Vega Abed	5,15	4,88	49,6	45,1	83,2	82,2	57,3	51,7	20,7	28,4
5. Tyra	5,25	5,24	49,6	45,1	83,2	82,2	57,3	51,7	20,8	27,2
6. Susan	4,58	5,91	47,1	47,4	85,4	83,3	58,5	50,5	18,4	30,3
7. Salka	5,25	6,15	46,5	44,0	84,6	81,0	56,3	50,5	14,7	28,9
8. Lami Sejet	5,19	5,72	46,0	43,5	84,4	82,7	56,0	52,0	19,1	28,2
9. Gula Abed	5,37	5,16	47,0	44,6	83,8	82,5	54,3	51,0	18,4	27,6
10. Georgie	4,64	5,86	46,2	44,6	83,5	82,6	55,4	51,6	20,1	28,8
11. Triumph	6,08	5,65	44,8	42,9	82,9	81,7	54,6	50,2	20,3	29,9
12. Aramir	5,25	5,25	46,0	44,9	82,3	81,9	54,1	51,2	21,5	29,0
13. Cerise	4,81	5,03	47,3	47,2	83,0	84,4	55,8	50,7	19,8	34,4
14. Harry	5,89	5,24	47,4	45,5	81,7	80,9	54,7	52,5	20,7	28,6
15. Solid	3,02	3,76	48,5	45,5	85,8	84,9	56,3	53,7	19,4	24,0
16. Vuka	2,47	4,53	49,0	43,5	86,7	84,4	58,1	53,4	17,7	30,5
17. Helge	2,54	4,51	50,6	43,8	86,0	85,0	58,6	53,3	18,9	31,3
18. Kraka	2,54	3,79	46,6	43,5	87,4	84,3	57,3	52,5	21,2	31,7
19. Anja	2,76	4,01	45,4	44,6	88,4	83,9	57,2	53,6	20,2	28,7
20. Holger	2,87	4,65	48,2	44,8	86,6	84,1	57,3	53,5	17,9	33,5
21. Sentry	3,13	4,68	47,4	43,3	86,3	85,3	55,8	53,5	22,0	30,6
22. Salut	2,87	4,60	48,8	45,9	85,8	84,1	57,6	54,8	17,4	29,3

Tabel 8. Ubehandlet vårbyghalm og vinterhvedehalm ved Ødum 1982–83. Sammendrag af forsøg nr. 65 og 66.
Untreated straw of spring barley and winter wheat at Ødum 1982–83. Average of experiment no. 65 and 66.

	Råaske % af tørst.	% af organisk stof				
		træ- stof	ADF	CI	OCV	EOS
		% of OM				
Ash % of DM	CF	ADF	100- NDF	NDF- ADF	ESOM	
Vårbyg. <i>Spring barley</i> (n = 28)						
	5,32	48,5	56,4	12,3	31,2	24,5
Vinterhvede. <i>Winter wheat</i> (n = 16)						
	3,54	47,8	57,4	11,2	31,2	24,6
Forskel. <i>Difference</i>	1,78	0,68	-1,02	1,06	-0,04	-0,07
s	0,624	1,864	2,441	0,951	2,196	5,551
t ($t_{0,05} = 2,017$)	9,089	1,174	-1,340	3,583	-0,061	-0,043
1982 (n = 22)						
	4,31	49,5	58,8	11,5	29,5	19,5
1983 (n = 22)						
	5,04	47,1	54,6	12,3	32,9	29,6
Forskel. <i>Difference</i>	-0,73	2,45	4,19	-0,77	-3,44	-10,1
s	1,008	1,416	1,265	1,011	1,327	6,515
t ($t_{0,05} = 2,017$)	-2,407	5,754	10,99	-2,552	-8,541	-5,114

dens indhold af opløselige cellevægsbestanddele (OCV) = NDF - ADF. Resultaterne af disse beregninger samt halmens indhold af råaske og EOS er i gennemsnit af hver halmart og af hvert år anført i tabel 8.

En t-test (side 204) viser (tabel 8), at nulhypotesen må forkastes med hensyn til forskellene mellem de to halmarters gennemsnitlige indhold af råaske og CI. Dette indebærer, at hvedehalmen kun afveg lidt fra byghalmen, idet den havde et mindre indhold af råaske og CI end byghalmen, hvorimod der næppe var forskel i de to halmarters gennemsnitlige indhold af træstof, ADF, OCV og EOS.

En lignende t-test viser, at nulhypotesen må forkastes med hensyn til forskellene mellem halmens gennemsnitlige indhold af råaske, træstof, ADF, CI, OCV og EOS i 1982 og 1983. Dette bety-

der, at halmen i 1983 afveg betydeligt fra halmen i 1982, idet den i 1983 havde et lavere indhold af træstof og ADF og et højere indhold af råaske, CI, OCV og EOS end i 1982.

Halmens indhold af f.e._(EOS) pr. 100 kg organisk stof, der beregnedes ud fra enkeltresultaterne (tabel 7) og ligning (5), er vist i fig. 6, hvor abscissen angiver indholdet i hver af de 22 halmarter i gennemsnit af 1982 og 1983 og ordinaten indholdet det enkelte år i hver af de 22 halmarter. Punkternes placering illustrerer en betydelig variation i halmens foderværdi, som varierede mellem 17,9 og 41,8 f.e._(EOS) pr. 100 kg organisk stof. Denne forskel i foderværdien skyldtes dels årsvariation og dels en sortsvariation.

Årsvariationen i halmens foderværdi var ret betydelig. Således lå den gennemsnitlige foderværdi i 1982 og 1983 på henholdsvis 21,7 og 35,6 f.e._(EOS)

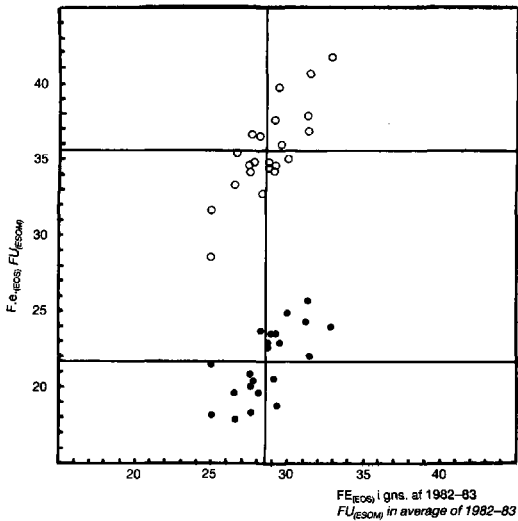


Fig. 6. Relationen mellem halmsorternes indhold af f.e._(EOS) i gennemsnit af 1982 og 1983 og halmsorternes indhold af f.e._(EOS) i 1982 (·) og 1983 (○). F.e._(EOS) pr. 100 kg organisk stof.

The relationship between the content of $FU_{(ESOM)}$ in the cultivars of straw in average of 1982 and 1983 and the content of $FU_{(ESOM)}$ in the cultivars of straw in 1982 (·) and 1983 (○). $FU_{(ESOM)}$ per 100 kg OM.

pr. 100 kg organisk stof. Sortsvariationen var også ret betydelig. Således varierede halmsorternes foderværdi i 1982 mellem 17,9 og 25,7, i 1983 mellem 28,6 og 41,8 og i gennemsnit af begge år mellem 25,0 og 32,9 f.e._(EOS) pr. 100 kg organisk stof.

Bedømt på grundlag af halmens gennemsnitlige foderværdi i 1982 og 1983 på 28,6 f.e._(EOS) pr. 100 kg organisk stof fordelte de 22 halmsorter sig i to grupper med henholdsvis tolv sorter over og ti sorter under gennemsnittet. Af de tolv gennemsnitlige bedste halmsorter var der i 1982 og 1983 henholdsvis ti og syv sorter, der lå i den bedste gruppe. Af de ti gennemsnitlig ringeste halmsorter var der i 1982 og 1983 henholdsvis syv og otte sorter, der lå i den ringeste gruppe.

Halmsorternes gruppering i 1982 og 1983 efter foderværdi bedømt ud fra det gennemsnitlige indhold af f.e._(EOS) på 28,6 pr. 100 kg organisk stof var således ret sikker, idet ca. 70 og 85% af sorterne i henholdsvis den bedste og ringeste gruppe også gen fandtes i de tilsvarende grupper i 1982 og

1983. En beregning viser, at foderværdien af den gennemsnitlig bedste halmsort lå godt 30% over foderværdien af den gennemsnitlige ringeste halmsort.

En sammenligning af indholdet af f.e._(EOS) pr. 100 kg organisk stof med indholdet af træstof, ADF, OCV og CI i % af organisk stof viser, at variationerne i indholdet af træstof, ADF, OCV og CI stort set forklarer årsvariationen i halmens indhold af f.e._(EOS). Imidlertid er disse variationer ikke i stand til at forklare sortsvariationen i indholdet af f.e._(EOS), hvilket eksempelvis illustreres af punkternes placering i fig. 7, hvor abscissen angiver halmens indhold af ADF og ordinaten halmens indhold af f.e._(EOS).

Ligeledes viser en sammenligning af halmens foderværdi i f.e._(EOS) pr. 100 kg organisk stof og kerneudbyttet, at forskellen i udbytteneiveau af kerner i 1982 og 1983 forklarer en betydelig del af variationen i halmens foderværdi. Der var således en negativ sammenhæng mellem kernernes udbytteneiveau på 63,5 og 55,2 hkg pr. ha og halmens gennemsnitlige foderværdi på 21,6 og 35,7 f.e._(EOS) pr. 100 kg organisk stof i henholdsvis

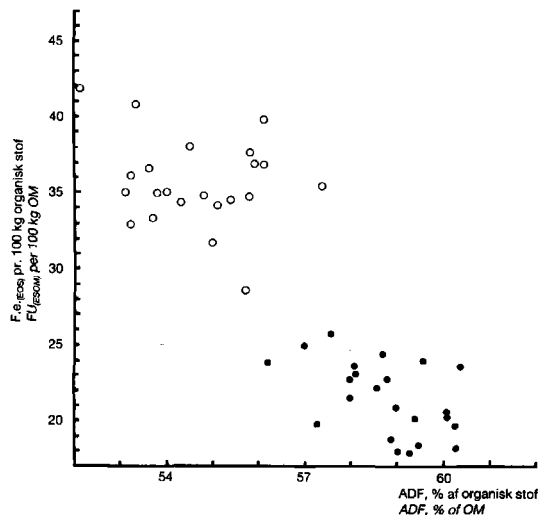


Fig. 7. Relationen mellem halmsorternes indhold af ADF og deres indhold af f.e._(EOS) i 1982 (·) og 1983 (○). *The relationship between the content of ADF and the content of $FU_{(ESOM)}$ in the cultivars of straw in 1982 (·) and 1983 (○).*

1982 og 1983. Inden for det enkelte år, og især i 1982, var sammenhængen mellem sorterens relative kerneudbytte (årsgns. af byg = 100 og af hvede = 100) og halmens foderværdi imidlertid ringe (1982: $r = 0,339$ og 1983: $r = 0,604$).

Diskussion

Ved kemisk behandling af halm til foder med tilsætning af 3% NH_3 og 3,2–4,5 kg NaOH pr. 100 kg halmtørstof stiger halmens fordøjelighed. I gennemsnit indeholder ubehandlet halm således 45% FOS, NH_3 -behandlet halm 56% FOS og NaOH-behandlet halm 60% FOS. Virkningen af den tilsatte NaOH er således større end virkningen af den tilledte NH_3 . I god overensstemmelse hermed viser resultaterne også, at selv om virkningen af NH_3 - og NaOH-tilsætning aftager ved stigende fordøjelighed af udgangsmaterialet, så stiger % FOS uanset udgangsmaterialets niveau mere efter tilsætning af NaOH end af NH_3 .

Resultaterne fra i alt 212 partier af ubehandlet, NH_3 -behandlet og NaOH-behandlet halm viser, at indholdet af FOS er ret betydeligt korreleret med indholdet af IVOS, EOS og VOS. Samstemmende hermed har resultaterne tidligere vist (8,9), når de indgik i korrelationsberegninger med dels 102 partier ubehandlet og NH_3 -behandlet halm og dels 145 partier ubehandlet og NaOH-behandlet halm, at indholdet af FOS er ret betydeligt korreleret med indholdet af IVOS, EOS og VOS.

Resultater fra to års forsøg med 14 vårbyg- og 8 vinterhvedesorter viser en betydelig variation i halmens sammensætning og foderværdi. Der er især tale om betydelige variationer mellem år og sorter, medens variationen mellem de to arter er ret ubetydelig.

Således indeholder vinterhvedehalmen mindre råaske og CI end vårbyghalmen, hvorimod der kun er ringe forskel på de to halmarters øvrige sammensætning og foderværdi. I god overensstemmelse hermed viser danske analyser fra 1960–67 (2), at vinterhvedehalmen indeholder mindre råaske end vårbyghalmen, medens træstofindholdet er ret nær ens.

Det er tidligere nævnt, at årsvariationen og

sortsvariationen er betydelig. Således indeholder halmen mindre træstof og ADF og mere CI og især OCV og EOS i et godt år som 1983 end i et ringere år som 1982 bedømt ud fra halmens foderværdi. Samtidig varierer halmens foderværdi betydeligt mellem de 22 halmarter, således at foderværdien af den gennemsnitlig bedste halmarter ligger godt 30% over foderværdien af den gennemsnitlig ringeste halmarter. I god overensstemmelse hermed fandt *Møller et al.* (3), at halmens indhold af træstof og FOS varierer meget betydeligt, og *Kernan et al.* (1) fandt, at halmens indhold af træstof og IVOS varierer fra sort til sort.

Konklusioner

Af resultaterne fra forsøgene med ubehandlet halm og med halm tilsat NH_3 og NaOH kan drages følgende konklusioner ud over tidligere konklusioner (3,4,5,6,7,8 og 9):

1. Ubehandlet halm indeholder omkring 45% FOS. Ved tilsætning af 3% NH_3 og 3,2–4,5 kg NaOH pr. 100 kg halmtørstof stiger fordøjeligheden til henholdsvis 56 og 60% FOS. Virkningen er større ved tilsætning af NaOH end ved tilsætning af NH_3 . Dette er også tilfældet, når virkningen aftager med stigende fordøjelighed af halmen inden tilsætning af NH_3 og NaOH.
2. Samtidig med stigningen i halmens fordøjelighed stiger dens foderværdi fra omkring 27 f.e. pr. 100 kg organisk stof i ubehandlet halm til ca. 43 og 48 f.e. pr. 100 kg organisk stof ved tilsætning af henholdsvis 3% NH_3 og 3,2–4,5 kg NaOH pr. 100 kg halmtørstof.
3. Indholdet af FOS i halm er ret betydeligt korreleret med indholdet af IVOS, EOS og VOS.
4. Foderværdien af den ubehandlede halm kan variere betydeligt fra år til år og fra sort til sort.

Litteratur

1. *Kernan, J. A., Crowle, W. L., Spurr, D. T. & Coxworth, E. C.* 1979. Straw quality of cereal cultivars before and after treatment with anhydrous ammonia. *Can. J. Anim. Sci.* 59, 511–517.
2. *Larsen, J. Brolund & Hvidsten, H.* 1969. Fodermideltabel. *Nordisk Jordbrugsforskning* 51, 1–40.

3. Møller, E., Witt, N. & Thellesen, H. Z. 1984. Halm til foder. I. Ubehandlet halm. Tidsskr. Planteavl 88, 257-263.
4. Møller, E., Witt, N. & Thellesen, H. Z. 1984. Halm til foder. II. Tilsætning af natriumhydroxyd på flytbare gårdanlæg. Tidsskr. Planteavl 88, 581-592.
5. Møller, E., Witt, N. & Thellesen, H. Z. 1985. Halm til foder. III. Tilsætning af natriumhydroxyd til fugtig halm. Tidsskr. Planteavl 89, 91-100.
6. Møller, E., Witt, N. & Thellesen, H. Z. 1986. Halm til foder. IV. Tilsætning af ammoniak. Tidsskr. Planteavl 90, 45-59.
7. 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.
8. Møller, E., Witt, N. & Thellesen, H. Z. 1986. Halm til foder. VI. Tilsætning af natriumhydroxyd. Tidsskr. Planteavl 90, 211-266.
9. Møller, E., Witt, N. & Thellesen, H. Z. 1987. Halm til foder. VII. Ammoniakbehandling ved 70-90°C. Tidsskr. Planteavl 91, 53-67.
10. Møller, P. D., Andersen, P. E., Hvelplund, T., Madsen, J. & Thomsen, K. Vestergaard 1983. En ny beregningsmetode for fodermidlernes energiværdi til kvæg (FE_k). 555. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, 1-60. København.

Manuskript modtaget den 13. maj 1987.