

607

Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg

Grete Thorbek, A. Chwalibog, S. Henckel og P. Stigsen

Kvælstof- og energiomsætning hos voksende kalve fodret med natriumhydroxyd-behandlet halm

*Nitrogen and energy metabolism in growing
calves fed sodium hydroxide treated straw*

With English summary and subtitles



I kommission hos Landhusholdningsselskabets forlag,
Rolighedsvej 26, 1958 Frederiksberg C.

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri 1986



Forord

Flere undersøgelser har vist, at behandling af halm med natriumhydroxyd forøger dens fordøjelighed og foderværdi. I 1976-1977 gennemførtes et protein- og energibalancetforsøg omfattende 8 unge stude og 4 fuldfoderblandinger indeholdende 50% ubehandlet eller forskellige typer natriumhydroxyd behandlet halm.

Undersøgelserne er udført i samarbejde med afdelingen for forsøg med kvæg og får og med støtte fra Statens jordbruks- og veterinærvidenskabelige Forskningsråd.

Forberedelse af prøver samt almindelige kemiske analyser er udført af laboranterne Vibeke Nielsen, Inge Staffeldt og H.B. Keldman Hansen. Kalorimetri og kulstofanalyser er udført af laboranterne Bente Mathiasen og Lizzie Jarchow. Respirationsforsøgene er udført af lабораториетекникер John Lind og manuskriptet er renskrevet af assistent E.W. Karlsen.

København, december 1985

Arnold Just

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
Forord	3
1. Sammendrag	5
2. Summary	8
3. Indledning	10
4. Materialer og metoder	11
5. Resultater	14
5.1 Foderoptagelse og vækst	14
5.2 Vandomsætning	16
5.3 Fordøjelighed	19
5.4 Luftstofskifte og varmeproduktion	21
5.5 Kvælstofomsætning	25
5.6 Energiomsætning	29
6. Diskussion	36
7. English text	44
8. Litteratur	54
9. Appendix. Overvejelser vedrørende vurdering af ludet halms energiværdi	56

1. SAMMENDRAG

1. I balanceforsøg med voksende kalve er det undersøgt, hvorledes anvendelse af ludet halm i en foderblanding påvirkede foderoptagelse og tilvækst samt vandomsætning, fordøjelighed, varmeproduktion og kvælstof-energiomsætning. Balanceforsøgene omfattede 8 kastrerede SDM-tyrekalve med en gennemsnitsalder på 175 dage og en legemsvægt på 183 kg ved forsøgets start. Forsøget varede i 18 uger, og der gennemførtes 8 balanceforsøg med hver kalv, bestående af en 7-døgns forperiode efterfulgt af en 7-døgns opsamlingsperiode med et 24-timers respirationsforsøg placeret i midten af hver opsamlingsperiode. Samtlige kalve blev fodret med fuldfoderblandinger bestående af 50% kraftfoderblanding presset i 14 mm cobs med 50% finsnittet byghalm, ubehandlet (Hold A), behandlet med 5% NaOH (Hold B), behandlet med 5% NaOH efterfulgt af en neutralisering med HCl (Hold C) eller behandlet med 10% NaOH + HCl (Hold D). Der blev ikke givet tilskud af strukturfoder. Fuldfoderblandingerne indeholdt gennemsnitlig 16% råprotein og 18 MJ bruttoenergi (GE) pr. kg tørstof med et træstofindhold på omkring 24%.
2. I de første 5 balanceperioder, hvor der blev fodret efter en norm tæt på dyrenes ædelyst, var foderoptagelsen omkring 2,4-2,5 kg tørstof/100 kg legemsvægt. I de følgende perioder viste en kalv fra hvert hold nedsat ædelyst, og der var lettere anfald af trommesyge. Den gennemsnitlige tilvækst for periode I - V var 831 ± 39 g/d, efter 3 måneders fodring aftog tilvæksten til 503 ± 56 g/d for samtlige kalve.
3. Ved anvendelse af ludet halm steg vandoptagelsen og urinudskillelsen meget stærkt. I gennemsnit for hele forsøgstiden havde hold A en urinudskillelse på 5,8 l/d, medens hold B, C og D havde en udskillelse på henholdsvis 19,6, 11,3 og 16,5 l/d.

4. Fordøjeligheden af kvælstoffet nedsattes ved anvendelse af ludet halm i fuldfoderblandingerne, hvorimod fordøjeligheden af de øvrige næringsstoffer samt energi blev forbedret. For hold B var forbedringerne små, men ved neutralisering af den ludede halm som i hold C var der en betydelig forbedring. En fordobling af den anvendte ludmængde efterfulgt af neutralisering som i hold D havde imidlertid den største effekt. De fundne fordøjelighedskoefficienter var alle uafhængige af forsøgstidens længde.
5. Luftstofskiftet og dermed varmeproduktionen var i de 3 første måneder af forsøgsperioden relativt upåvirkede af de anvendte fuldfoderblandingers sammensætning. I de følgende perioder steg luftstofskiftet og varmeproduktionen imidlertid stærkt for samtlige hold, der havde fået ludet halm i forhold til kontrolholdet.
6. Kvælstofaflejringen (RN) og kvælstofudnyttelsen (RN/DN) var for hold A henholdsvis 24 g og 27% i gennemsnit for periode I-V. Anvendelse af ludet halm forøgede såvel aflejring som udnyttelse, med den største effekt for hold D (10% NaOH + HCl), der nåede op på 32 g og 35%. Efter 3 måneders fodring med ludet halm steg imidlertid kvælstofudskillelsen i urinen meget stærkt hvorved aflejringen i periode VIII faldt til henholdsvis 15, 9 og 14 g for hold B, C og D med en udnyttelse på 14, 10 og 16%, medens hold A i denne periode havde en aflejring på 34 g og en udnyttelse på 33%.
7. Omsætteligheden (ME/GE) af de anvendte foderblanding var 53% for blanding A stigende til 58% for blanding D, uafhængig af forsøgstidens længde.
8. Energiaflejringen (RE) og energiudnyttelsen (RE/ME) var for hold A henholdsvis 16.0 MJ og 32% i gennemsnit for periode I-V. Der var en tendens til forbedring ved anvendelse af blanding B og C, men ved anvendelse af blanding D (10% NaOH + HCl) opnåedes en signifikant forbedring af RE til 21 MJ og en forbed-

ret udnyttelse til 39%. Denne forbedring ophørte efter 3 måneder fodring, idet varmetabet steg ganske betydeligt, således at det til slut udgjorde 81% af den omsættelige energi, hvorved energiaflejringen for de hold, der havde fået ludet halm faldt til omkring 10 MJ med en udnyttelsesgrad på ca. 19%.

9. Forsøgene viste, at samtlige hold i hele forsøgsperioden fortrinsvis aflejrede fedt, idet 75% af den samlede energiaflejring fandt sted i form af fedt, og kun 25% i form af protein.

2. SUMMARY

1. The influence of including sodium hydroxide treated straw in feed compounds for ruminants was investigated in balance experiments with growing calves. Eight castrated SDM-bull calves with an initial age of 175 days and a live weight of 183 kg were used for the experiment, lasting 18 weeks. All calves were measured in 8 balance periods each consisting of a 7 days preliminary period followed by a collection period of 7 days, in which a 24-h respiration experiment was placed in the middle of the period. All calves were fed with an identical concentrate mixture pressed in 14 mm cobs with 50% chopped barley straw either untreated (A) or treated with 5% NaOH (B), with 5% NaOH being neutralized afterwards with hydrochloride (C) or with 10% NaOH + HCl (D). The mean composition of the cobs was 16% crude protein and 18 MJ, GE per kg dry matter with about 24% crude fibre.
2. The calves being fed near ad libitum for 3 months (Period I-V) had an intake of 2.4-2.5 kg dry matter/100 kg live weight. In the following periods there was sign of decreasing appetite and tendency for bloat. In period I-V the mean live weight gain was 831 ± 39 g/d, decreasing to 503 ± 56 g/d for period VI-VII.
3. Water intake and urine excretion was increased strongly by application of sodium hydroxide treated straw. The control group (A) had a mean urine excretion of 5.8 l/d for the whole experimental time, while the excretion was 19.5, 11.3 and 16.5 l/d for group B, C and D, respectively.
4. The digestibility of nitrogen decreased for the groups on treated straw, while it increased for the other nutrients and for energy. The influence was not significant for group B, but neutralization (group C) or doubling the amount of NaOH (group D) gave highly significant increment of the digestibility, being independent of the experimental time.

5. The gas exchange and the heat production was in the first part of the experiment (Period I-V) of the same magnitude for all groups. However, after receiving alkali treated straw for 3 months the calves in group B, C and D increased their gas exchange and heat production in period VI-VIII in relation to the control group (A).
6. Nitrogen retention (RN) and utilization of digested nitrogen (RN/DN) was in average 24 g and 24% for group A in period I-V. By feeding alkali treated straw in the same periods the values were increased with the highest effect for group D in which the mean values were 32 g and 35%. However, after 3 months on treated straw the excretion of nitrogen in urine increased to such an extent, that RN in period VIII was 15, 9 and 14 g for group B, C and D, respectively, with an utilization of 14, 10 and 16%. In the same period the values were 34 g and 33% for the control group (A).
7. The metabolizability (ME/GE) of the feed compounds applied was 53% for group A increasing to 58% for group D independent of the experimental time.
8. Energy retention (RE) and utilization of metabolizable energy (RE/ME) was in average 16.0 MJ and 32% for group A in period I-V. In the same periods the values for group B and C were slightly improved, while group D showed a significant increment with mean values of 21 MJ and 39% utilization. However, after 3 months on alkali treated straw the heat production increased ending to be 81% of the metabolizable energy in period VIII. Thereby, the energy retention for group B, C and D was only 10 MJ with an utilization of 19%, while the values for group A were 19 MJ and 32%.
9. Energy retained in fat was 75% of the total energy retention for all groups during the whole experimental time, independent of feed compounds applied. Thereby, only 25% of the energy was retained in protein.

3. INDLEDNING

I 1972 havde Bioteknisk Institut i Kolding færdigbygget et forsøgsanlæg til tørludning af halm og dermed indledtes et samarbejde med afdelingen for forsøg med kvæg ved Statens Husdyrbrugsforsøg. I de følgende år gennemførtes et omfattende forsøgsarbejde dels med henblik på optimering af de proces tekniske faktorer ved natriumhydroxyd behandling af halm og dels med henblik på anvendelse af ludet halm som foder til kvæg og får. Disse forsøg omfattede såvel fysiologiske som mikrobiologiske undersøgelser samt en række fodringsforsøg med køer, ungtyre og får. Resultaterne fra dette projekt er beskrevet i 464. beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Kristensen et al. (1978).

I tilknytning til dette projekt blev det planlagt i samarbejde med afdelingen for dyrefysiologi, biokemi og analytisk kemi at gennemføre forsøg til bestemmelse af kvælstof- og energiomsætningen hos kalve, der blev fodret med ludet halm, idet sådanne målinger ikke forelå på det pågældende tidspunkt. Ved anvendelse af afdelingens respirationsanlæg for kvæg ville det være muligt at bestemme kalvenes energiafløring i form af protein og fedt samt det samlede energitab i forhold til det tilførte foders energiindhold. Forsøget skulle gennemføres med voksende kalve fodret i 5 måneder med fuldfoder blandinger, der bestod af 50% kraftfoderblanding + 50% ludet halm, og uden at der blev givet tilskud af strukturfoder. Der skulle anvendes 3 typer af ludet halm fremstillet med anvendelse af 5% NaOH, 5% NaOH + neutralisering med HCl eller 10% NaOH + HCl. Til sammenligning skulle anvendes en fuldfoderblanding med 50% ubehandlet halm. Resultaterne fra disse undersøgelser, der omfattede foderoptagelse og tilvækst samt vandomsætning, fordøjelighed, varmeproduktion og kvælstof-energiomsætning, vil fremgå af denne beretning.

4. MATERIALER OG METODER

Forsøgsoversigt. Forsøget omfattede 8 SDM-tyrekalve, indkøbt fra samme gård og leveret samtidigt på laboratoriet ved en alder fra 19 til 21 uger. Dydrene blev på laboratoriet kastreret og klovbeskåret. Halspulsåren (arterie carotis) blev fremlagt subcutant for at muliggøre udtagning af arterielt blod under forsøgstiden med den mindst mulige forstyrrelse af dydrene. I den første uge på laboratoriet fik samtlige kalve kraftfoder og halm efter ædelyst, hvorefter de blev fordelt med to kalve på 4 hold med forskelligt forsøgsfoder. Efter 3-4 ugers forløb på det respektive forsøgsfoder startede balanceforsøgene med den i Tabel 4.1 angivne alder og legemsvægt for de enkelte kalve.

Tabel 4.1 Forsøgsoversigt

Survey of experiment

Hold nr.	A	B	C	D				
Kalv nr.	1	8	2	7	3	5	4	6
Alder ved start, dage	180	185	176	177	171	175	165	171
Legemsvægt " , kg	207	171	186	187	183	171	179	178

Det var planlagt at gennemføre 8 kontinuerlige balanceforsøg á 2 uger, men på grund af jul/nytår blev det nødvendigt at indskyde en mellemperiode på 2 uger uden målinger imellem periode V og VI, hvorved den samlede forsøgstid blev på 18 uger.

Forsøgsfoder. Samtlige kalve blev fodret med fuldfoderblandinger bestående af 50% kraftfoderblanding presset i cobs med 50% finsnittet byghalm, der enten var ubehandlet eller på forskellig vis behandlet med natriumhydroxyd (NaOH). Ludbehandling og fremstilling af cobs efter den såkaldte Kolding-metode er indgående beskrevet og diskuteret af Kristensen et al. (1978). I korthed består metoden i, at halmen snittes, påsprøjtes NaOH-opløsning, presses i cobs, der knuses og blandes med kraftfoderet, hvorefter denne fuldfoderblanding atter presses i cobs (14 mm).

I det foreliggende forsøg var halmen enten ubehandlet (Hold A) eller behandlet med 5% NaOH (Hold B), 5% NaOH efterfulgt af neutralisering med saltsyre (Hold C) eller med 10% NaOH + neutralisering (Hold D). Neutraliseringen med saltsyre blev foretaget på de knuste halmcobs inden blandingen med kraftfoderet. Sammensætningen af den anvendte kraftfoderblanding er vist i Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Foderkomponenter i kraftfoderblandingen (g/kg)

Feed components in the concentrate mixture (g/kg)

Byg	Barley	240
Hvedeklid	Wheat-bran	120
Melasse	Molasses	140
Soyaskrå	Soyabean-meal	340
Hørfrøkager	Linseed-expeller	80
Hørfrø	Linseed	40
Mineral-vitaminbl.	Mineral-vitamin mix.	40

Udover den anvendte vitaminblanding til dækning af det daglige behov fik samtlige kalve en injektion af 1 mill. i.e. vitamin A + 0.1 mill. i.e. vitamin D efter afslutning af balanceperiode II. Den kemiske sammensætning og energiindholdet i de 4 anvendte fuldfoderblandinger fremgår af Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Kemisk sammensætning og energiindhold i de anvendte fuldfoderblandinger

Chemical composition and energy content of diets applied

	DM	g/kg	Hold A		Hold B		Hold C		Hold D	
			Foder	DM	Foder	DM	Foder	DM	Foder	DM
Tørstof	DM	g/kg	894	1000	877	1000	870	1000	836	1000
Råprotein	CP	"	139	155	140	160	136	156	133	159
Fedt	FAT	"	25	28	25	28	25	29	25	30
Træstof	CF	"	223	249	207	236	208	239	190	227
Aske	ASH	"	65	73	87	99	86	99	97	116
NFE	NFE	"	442	495	419	477	415	477	391	468
Energi	GE	MJ/kg	16.52	18.48	15.83	18.05	15.60	17.93	14.76	17.66
Energi/Nitrogen		kJ/q	741	741	706	706	715	715	696	696

Forsøgsjournaler. Det var planlagt, at kalvene nr. 1-2-3-4, der blev målt i de samme uger, skulle starte på 5.5 kg fuldfoderblanding/d og derefter stige med 0.5 kg/d for hver periode, medens kalvene nr. 5-6-7-8, der blev målt i de efterfølgende uger, skulle starte med 5.0 kg foder/d, men med samme stigningstakt i de følgende perioder. Kalv nr. 1 havde mindre foderrester allerede fra periode II, og efter periode IV havde alle kalve nedsat ædelyst med varierende mængder af foderrester, således at den planlagte stigningstakt ikke kunne opretholdes. De aktuelt optagne fodermængder for de enkelte kalve fremgår af Table 5.1. Udo over den nedsatte ædelyst er der gjort følgende bemærkninger vedrørende dyrenes tilstand:

Kalv nr. 4 og 8 havde i henholdsvis periode V og VI et lettere anfald af trommesyge, der med godt resultat blev behandlet med acetyl-tributylcitrat.

Kalv nr. 4 og 6 havde fra periode IV et strittende og usundt hårlag.

Forsøgsteknik.. Hvert af de 8 balanceforsøg bestod af en 7 døgns forperiode efterfulgt af en 7 døgns opsamlingsperiode. Kalvene var i hele forsøgstiden opstaldet i individuelle, gummibelagte boxe med fri adgang til drikkeautomater. Registrering af foder- og vandoptagelse, kvantitativ opsamling af gødning og urin, aliquot prøveudtagning til kemiske analyser samt disse prøvers opbevaring fulgte afdelingens metodik, som beskrevet af Thorbek (1980).

Hvert balanceforsøg omfattede et 24-timers respirationsforsøg til måling af dyrenes luftstofskifte, og dette forsøg var placeret i midten af de 7-døgns opsamlingsperioder. Målingerne blev foretaget ved hjælp af afdelingens respirationsanlæg for kvæg, beskrevet af Thorbek & Neergaard (1970) og Thorbek (1980). Temperaturen i kamrene som i stalden var omkring 20°C med en relativ luftfugtighed på 65-70%. Respirationsanlægget blev rutinemæssigt kalibreret ved hjælp af CO₂, som beskrevet af Thorbek (1969). Dyrenes varmeproduktion blev beregnet dels på grundlag af det målte luftstofskifte og dels på grundlag af de målte kulstof- og kvælstofbalancer med anvendelse af de faktorer, der er angivet Brouwer (1965).

5. RESULTATER

5.1 Foderoptagelse og vækst

Som omtalt var det planlagt, at kalvene i balanceperiode I skulle starte på henholdsvis 5.5 kg fuldfoderblanding (Kalv nr. 1-2-3-4) og 5.0 kg (Kalv nr. 5-6-7-8) og derefter stige med 0.5 kg for hver periode. Bortset fra nr. 1, der allerede havde foderrest fra periode II, var samtlige kalve i stand til at følge denne plan i de fire første balanceperioder, som vist i Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Gennemsnitlig foderoptagelse i periode I-VIII (kg/d)

Mean intake of feed in period I-VIII (kg/d)

Hold		Kalv							
nr.	nr.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
A	1	5.50	5.70	5.92	5.47	5.48	6.09	6.06	6.35
A	8	5.00	5.50	6.00	6.50	6.50	6.31	6.37	6.82
B	2	5.50	6.00	6.50	7.00	7.20	7.20	7.20	7.70
B	7	5.00	5.50	6.00	6.50	6.60	6.60	6.84	5.46
C	3	5.50	6.00	6.50	7.00	7.20	7.20	7.11	4.60
C	5	5.00	5.50	6.00	6.50	6.70	6.70	6.13	6.49
D	4	5.50	6.00	6.50	7.00	7.13	5.80	5.73	4.87
D	6	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.00	7.50	7.05

Fra periode V viste alle kalve nedsat ædelyst og stigningstakten på 0.5 kg/periode kunne ikke opretholdes i de følgende perioder. Fodertildelingen blev nedsat, men tiltrods herfor var der varierende mængder af foderrester, mest udpræget for kalv 7 (Hold B), kalv 3 (Hold C) og kalv 4 (Hold D). Det skal dog understreges, at selv kalv 1 på kontrolholdet (Hold A) havde nedsat ædelyst i samtlige perioder fra II-VIII.

Kalvene blev vejet ved forsøgsperiodens start (Uge 0) og derefter ved afslutningen af hvert respirationsforsøg, hvorved vægtallene angiver kalvenes legemsvægt i midten af de respektive opsamlingsperioder. Da der som omtalt var indskudt en 2-ugers mellemperiode imellem balanceforsøgene V og VI, omfatter vægtkurverne, vist i Figur 5.1, en samlet forsøgstid på 18 uger.

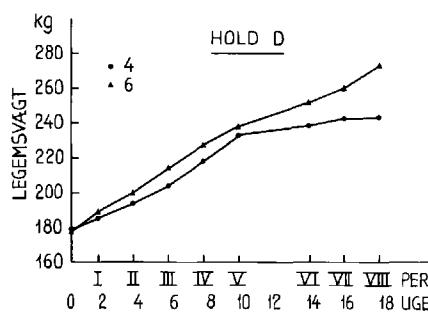
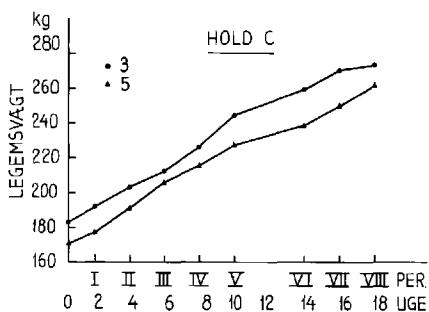
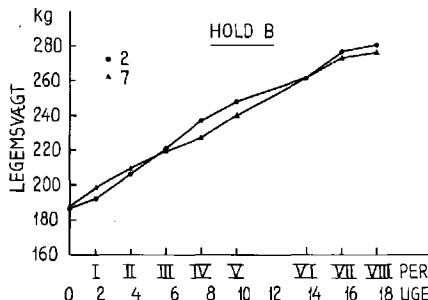
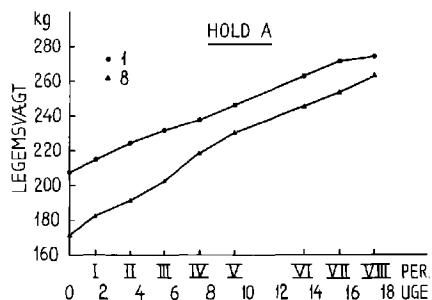


Fig. 5.1 Kalvenes individuelle legemsvægt i periode I-VIII

Individual live weight of the calves in period I-VIII

Som det fremgår af Figur 5.1. er der sammenhæng imellem de fundne vægtkurver og foderoptagelsen (Tabel 5.1). Fra periode V, hvor den planlagte stigningstakt i fodertildelingen ikke kunne opretholdes, flader vægtkurverne ud for samtlige kalve, hvorfor det er fundet rimeligt at foretage en sammenligning mellem tilvæksten i periode I-V mod periode VI-VIII, som vist i Tabel 5.2.

Ved forsøgets start (Uge 0) var kalvenes gennemsnitlige legemsvægt 183 ± 3.5 kg (SEM), hvorefter den steg til 241 ± 2.8 kg ved afslutning af periode V (Uge 10). I andet afsnit var legemsvægten 247 ± 3.2

kg ved starten af periode VI (Uge 12) stigende til 268 ± 4.2 kg ved afslutning af periode VIII (Uge 18).

Tabel 5.2 Legemsvægt og tilvækst i periode I-V og VI-VIII

Live weight and weight gain in period I-V and VI-VIII

Hold nr.	Kalv nr.	Per. I - V (Uge 0 - 10)					Per. VI - VIII (Uge 12 - 18)				
		Legemsvægt		Tilvækst			Legemsvægt		Tilvækst		
		Start kg	Slut kg	Ialt kg	Dgl. g	Start kg	Slut kg	Ialt kg	Dgl. g		
A	1	207	248	41	586	256	274	18	429		
A	8	171	232	61	871	240	263	23	548		
B	2	186	251	65	929	256	280	24	571		
B	7	187	243	56	800	254	276	22	524		
C	3	183	248	65	929	253	273	20	476		
C	5	171	230	59	843	234	262	28	667		
D	4	179	235	56	800	236	243	7	167		
D	6	178	240	62	886	246	273	27	643		

Den gennemsnitlige daglige tilvækst for samtlige kalve var 831 ± 39 g i periode I-V og 503 ± 56 g i periode VI-VIII. På grund af den lave tilvækst for kalv 1 (Hold A) i første afsnit og den meget lave tilvækst for kalv 4 (Hold D) i andet afsnit er spredningen, udtrykt ved variationskoefficienten (CV) ret betydelig med henholdsvis 13.3 og 31.2%. Til trods for denne spredning er differencen i den daglige tilvækst på 328 g mellem de to afsnit stærkt signifikant ($P < 0.001$).

5.2 Vandomsætning

Kalvenes optagelse af vand dels som drikkevand og dels som vand i foderet er registreret individuelt for hver balanceperiode samtidigt med en bestemmelse af vandudskillelsen i gødning og urin. Indenfor hvert hold viste kalvene samme mønster for deres vandomsætning, hvorfor middeltallene er beregnet for hvert hold indenfor de enkelte perioder, som vist i Figur 5.2.

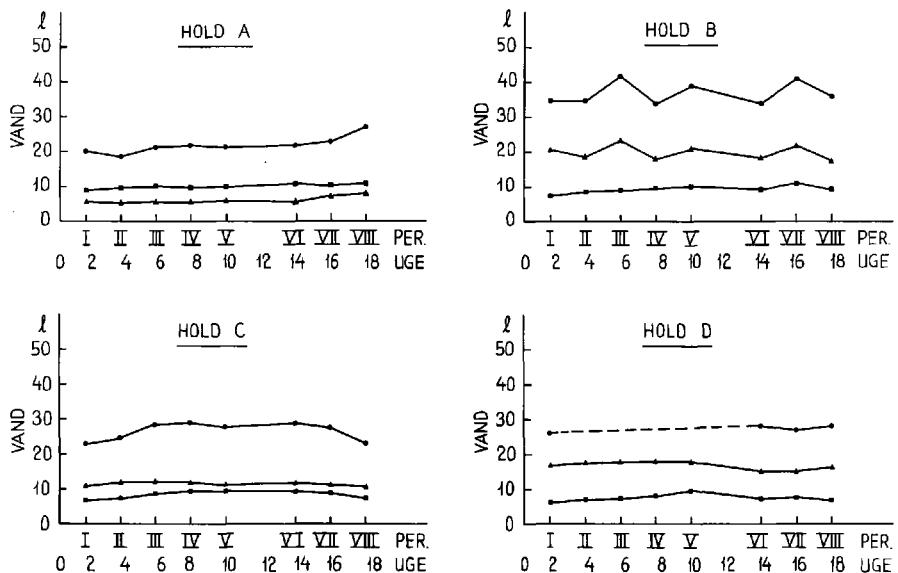


Fig. 5.2 Vandoptagelse i foder og drikkevand (●) samt vandudskillelse i godtning (■) og i urin (▲).

Intake of water in feed and drinking water (●) and excretion of water in faeces (■) and in urine (▲)

Vandoptagelsen for hold D er ikke angivet for periode II-V, idet vandmålerne var ude af funktion i disse perioder. Som det fremgår af Figur 5.2 forløb de enkelte kurver for samtlige hold meget jævnt igennem hele forsøgstiden uden tendens til stigning eller fald. Middeltallene for vandomsætningen i periode I-VIII blev derfor beregnet for de enkelte hold, som vist i Tabel 5.3. På grundlag af de individuelt målte værdier for vandoptagelse og vandudskillelse med godtning og urin blev vandfordampningen beregnet som differens mellem disse værdier, og middeltallene for vandfordampningen er ligeledes angivet i Tabel 5.3.

Vandoptagelsen med drikkevand var gennemsnitlig 97% af den samlede vandoptagelse. Kalvene på hold A, der fik ubehandlet halm, drak ca. 21 l/d, medens kalvene på hold B, der fik ludbehandlet halm, forøgede deres indtagelse af drikkevand med 73% til 36 l/d. Hold

C, der fik ludbehandlet halm neutraliseret med saltsyre, forøgede deres indtagelse af drikkevand til 26 l/d, svarende til en stigning på 25% i forhold til kontrolholdet (A).

De store forskelle i optagelse af drikkevand påvirkede ikke vandudskillelsen i gødningen, der tværtimod viste nedadgående tendens fra hold A til hold C, fra 9.7 til 8.3 l/d. Urinudskillelsen var derimod stærkt påvirket af mængden af drikkevand, således steg urinudskillelsen fra 5.8 l/d for hold A til 19.5 l/d for hold B, men kun til 11.3 l/d for hold C. Hold D, der fik 10% NaOH-behandlet halm neutraliseret med saltsyre, havde en urinudskillelse på 16.5 l/d, midtvejs mellem hold B og C, hvilket tyder på, at kalvene har haft en optagelse af drikkevand på omkring 30 l/d.

Tabel 5.3 Vandoptagelse i foder og drikkevand samt vandudskillelse i gødning og urin. Gennemsnit for periode I-VIII

Water intake in feed and drinking water and water excretion in faeces and urine and by evaporation.

Mean values for period I-VIII

Hold	Optaget vand				Udskilt vand				Fordampning	
	Foder		Drikkevand		Gødning		Urin			
	1	SEM	1	SEM	1	SEM	1	SEM	1	SEM
A	0.68	0.02	20.7	0.96	9.72	0.22	5.83	0.30	5.84	0.62
B	0.81	0.03	35.9	1.94	9.22	0.40	19.52	1.08	8.01	0.98
C	0.86	0.03	25.9	0.85	8.33	0.33	11.34	0.30	7.13	0.38
D	1.12	0.03	-	-	7.38	0.24	16.49	0.72	-	-

Med anvendelse af de individuelle observationer er der foretaget t-test på de fundne differencer i vandomsætningen hos de forskellige hold, og resultaterne er vist i Tabel 5.4.

Tabel 5.4 t-test på differencer i vandomsætningen imellem hold

t-test on differences in water metabolism between groups

Differencer mellem hold	f	Drikkevand l/d	Gødning l/d	Urin l/d	Fordampning l/d
B - A	27	15.2 ^{XXX}	- 0.5 NS	13.7 ^{XXX}	2.2 NS
C - A	28	5.2 ^{XXX}	- 1.4 ^{XX}	5.5 ^{XXX}	1.3 NS
D - A	27	-	- 2.3 ^{XXX}	10.7 ^{XXX}	-
B - C	29	10.0 ^{XXX}	- 0.9 NS	8.2 ^{XXX}	0.9 NS
B - D	28	-	1.8 ^{XXX}	3.0 ^X	-
C - D	29	-	1.0 ^X	- 5.2 ^{XXX}	-

xxx) $P < 0.001$, xx) $P < 0.01$, x) $P < 0.05$, NS) $P > 0.05$

Beregningerne viste, at differencerne på optagelse af drikkevand mellem kontrolholdet (A) og hold B og C på henholdsvis 15.2 og 5.5 l/d var stærkt signifikante ($P < 0.001$). Stigningen i urinudskillelsen for hold B og C på henholdsvis 13.7 og 5.5 l/d var ligeledes stærkt signifikant ($P < 0.001$), hvilket også var tilfældet for stigningen på 10.7 l/d for hold D.

Differencerne på vandudskillelsen med gødningen mellem kontrolholdet og hold B, C og D var af en væsentlig lavere størrelsesorden på henholdsvis - 0.5, - 1.4 og - 2.3 l/d, og forskellen mellem hold A og B var ikke signifikant ($P > 0.05$). Differencerne ved fordampning var af samme lave størrelsesorden og ikke signifikante ($P > 0.05$).

5.3 Fordøjelighed

Fordøjeligheden af de enkelte næringsstofgrupper og af energi i de 4 anvendte fuldfoderblandinger er bestemt individuelt for samtlige kalve i hvert af de 8 balanceforsøg med udeladelse af periode 6-I, 1-V, 7-VI og 8-VII. Der var ingen signifikant forskel imellem kalvene inden for de enkelte hold, og fordøjelighedskoefficienterne (FK) viste hverken stigende eller faldende tendens igennem forsøgstiden. Materialet blev derfor benyttet til indenfor hvert hold at beregne det fælles middeltal for FK og middelfejl på middeltal (SEM) for de enkelte næringsstofgrupper og for energi, som det fremgår af Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Fordøjelighed af organisk stof, (DOM), kvælstof (DN), fedt (DFAT), træstof (DCF), kvælstoffri-ekstraktstoffer (DNFE) og energi (DE)

Digestibility of organic matter (DOM), nitrogen (DN), fat (DFAT), crude fibre (DCF), nitrogen-free extracts (DNFE) and energy (DE)

Hold	A (n=14)		B (n=15)		C (n=16)		D (n=15)	
	%	SEM	%	SEM	%	SEM	%	SEM
DOM	67.3	0.36	68.3	0.58	69.5	0.36	71.4	0.30
DN	69.1	0.45	66.7	0.71	69.0	0.37	67.0	0.42
DFAT	46.2	1.53	50.0	1.96	53.6	0.87	55.7	0.99
DCF	60.1	0.43	61.4	0.93	63.4	0.70	65.9	0.55
DNFE	71.6	0.57	73.3	0.46	73.7	0.55	76.6	0.29
DE	64.3	0.35	65.1	0.66	66.4	0.38	68.0	0.32

Spredningen på FK-værdierne udtrykt ved variationskoefficienterne (CV) varierede fra 1.5-3.9% for DOM, DNFE og DE, fra 2.1-4.2% for DN, fra 2.7-5.9% for DCF og fra 6.5-15.2% for fedt.

FK-værdierne for kvælstof var højere for kontrolholdet (A) end for de hold, der havde fået ludbehandlet halm og rækkefølgen var A>C>D>B. For alle de øvrige næringsstoffer samt for energi var FK-værdierne lavere for hold A, og rækkefølgen var overalt D>C>B>A.

Med anvendelse af de individuelle værdier er der foretaget t-test på FK-værdierne imellem hold indenfor de enkelte næringsstoffer og for energi, som vist i Tabel 5.6.

Tabel 5.6 t-test på FK-differencer imellem hold

t-test on differences between coefficients of
digestibility between groups

Diffe- rencer	f	DOM %	DN %	DFAT %	DCF %	DNFE %	DE %
B - A	27	1.0 NS	- 2.4 ^X	3.8 NS	1.3 NS	1.7 ^X	0.8 NS
C - A	28	2.2 ^{XXX}	- 0.1 NS	7.4 ^{XXX}	3.3 ^{XXX}	2.1 ^X	2.1 ^{XXX}
D - A	27	4.1 ^{XXX}	- 2.1 ^{XX}	9.5 ^{XXX}	5.8 ^{XXX}	5.0 ^{XXX}	3.7 ^{XXX}
B - C	29	- 1.2 NS	- 2.3 ^{XX}	- 3.6 NS	- 2.0 NS	- 0.4 NS	- 1.3 NS
B - D	28	- 3.1 ^{XXX}	- 0.3 NS	- 5.7 ^X	- 4.5 ^{XXX}	- 3.3 ^{XXX}	- 2.9 ^{XXX}
C - D	29	- 1.9 ^{XXX}		2.0 ^{XX}	- 2.1 NS	- 2.5 ^{XX}	- 2.9 ^{XXX}
							- 1.6 ^{XX}

De største differencer blev fundet mellem hold A (ubehandlet halm) og hold D (10% NaOH + HCl), hvor fordøjeligheden, bortset fra kvælstof, blev forbedret med fra 3.7 til 9.5 procentenheder, alle stærkt signifikante ($P < 0.001$). Fordøjeligheden for kvælstof blev derimod nedsat med 2.1 enheder, ligeledes stærkt signifikant ($P < 0.001$).

Mellem hold A og C (5% NaOH + HCl) var differencerne mindre, med forbedringer fra 2.1 til 7.4 procentenheder, signifikant ($P < 0.05$) til stærkt signifikante ($P < 0.001$), hvorimod nedsættelsen på 0.1 enheder for kvælstof ikke var signifikant ($P > 0.05$).

Mellem hold A og B (5% NaOH) var forbedringerne ringe fra 0.8 til 3.8 procentenheder og bortset fra DNFE var forskellene ikke signifikante ($P > 0.05$). Nedsættelsen på 2.4 enheder for kvælstof var signifikant ($P < 0.05$).

5.4 Luftstofskifte og varmeproduktion

Luftstofskifte og varmeproduktion er afhængige af dyrets metaboliske legemsvægt ($\text{kg}^{0.75}$) og dets foderoptagelse. Såfremt dyrene fodres ad libitum vil disse to størrelser som regel være parallelle, hvorfor luftstofskifte og varmeproduktion ofte sættes i relation alene til dyrets metaboliske legemsvægt. I det her fremlagte materiale, hvor stigningstakten i foderoptagelsen var aftagende (jfr. Tabel 5.1), viste det sig at være mere relevant at sætte luftstofskiftet og den heraf beregnede varmeproduktion (HE,RQ) i relation til de enkelte kalves foderoptagelse, udtrykt ved indtag af organisk stof (IOM).

Disse beregninger, der blev foretaget individuelt, viste, at der var ingen signifikant forskel imellem kalvene indenfor holdene, hvorfor middeltallene blev beregnet for de enkelte hold fra periode I-VIII, som vist i Figur 5.3.

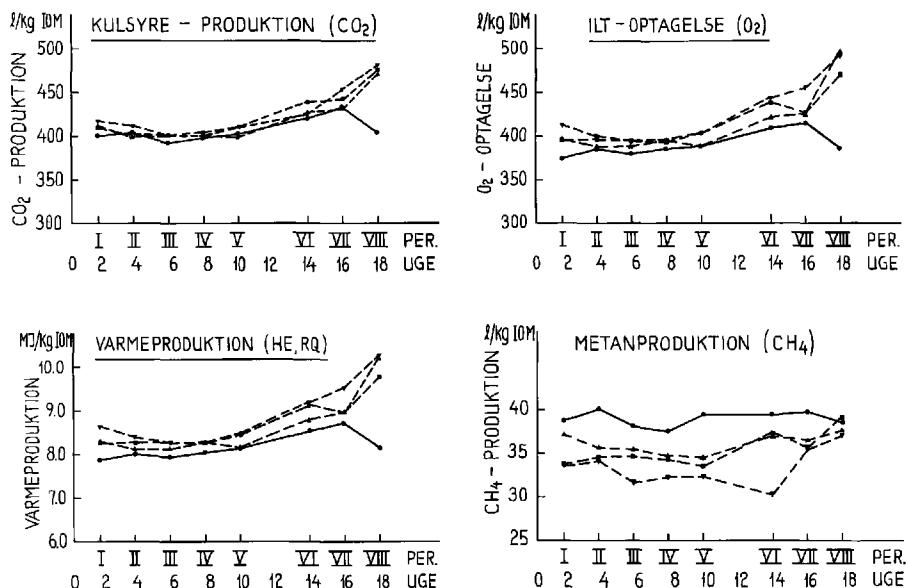


Fig. 5.3 Luftstofskifte og varmeproduktion (HE,RQ) i relation til indtag af organisk stof (IOM) for hold A (●), B (■), C (▲) og D (▼)

Gas exchange and heat production (HE,RQ) in relation to intake of organic matter (IOM) for group A (●), B (■), C (▲) and D (▼)

Som det fremgår af den grafiske fremstilling forløb kurverne for CO_2 -produktion, O_2 -optagelse og varmeproduktion i relation til indtag af organisk stof relativt konstant for samtlige hold fra periode I til V. I de senere perioder steg kurverne imidlertid stærkt for hold B, C og D, medens hold A viste et fald muligvis på grund af en meget ujævn kurve for kalv 1 på dette hold. CH_4 -produktionen i relation til IOM viste for hold A et ret jævnt forløb gennem samtlige 8 balanceperioder, medens de øvrige hold viste en noget større variation igennem forsøgstiden.

På grundlag af disse observationer blev der for de enkelte hold beregnet middeltal og middelfejl (SEM) for CO_2 -produktion, O_2 -optagelse og varmeproduktion i relation til IOM for periode I-V. Beregningerne blev foretaget på grundlag af de individuelle målinger, og resultaterne er vist i Tabel 5.7. På grund af de stigende værdier for periode VI-VIII er det ikke forsvarligt at beregne middeltal for dette afsnit, hvorfor kun værdierne for periode VIII er angivet i tabellen.

Tabel 5.7 Kuldioxydproduktion (CO_2), iltoptagelse (O_2) og varmeproduktion (HE,RQ) i relation til indtag af organisk stof (IOM)
 Carbon dioxide production (CO_2), oxygen intake (O_2) and heat production (HE,RQ) in relation to intake of organic matter (IOM)

Hold nr.	Periode nr.	n	CO_2			O_2			HE,RQ		
			T/kg	IOM	SEM	T/kg	IOM	SEM	MJ/kg	IOM	SEM
A	I-V	9	399	1.77		382	3.03		8.02	0.051	
B	I-V	10	405	4.16		396	4.16		8.30	0.084	
C	I-V	10	402	7.20		391	2.19		8.20	0.047	
D	I-V	9	408	2.78		400	3.33		8.38	0.066	
A	VIII	2	404	-		386	-		8.11	-	
B	VIII	2	471	-		471	-		9.80	-	
C	VIII	2	471	-		497	-		10.23	-	
D	VIII	2	480	-		493	-		10.21	-	

Resultaterne for periode I-V viste for samtlige hold et gennemsnit på $404 \pm 2.3 \text{ l CO}_2/\text{kg IOM}$, $393 \pm 1.9 \text{ l O}_2/\text{kg IOM}$ og $8.22 \pm 0.038 \text{ MJ/kg IOM}$. Den gennemsnitlige respirationskvotient var i disse perioder 1.03. Ved afslutning af forsøget (Periode VIII) fastholdt kontrolholdet (A) disse værdier, medens de øvrige hold, der havde fået ludbehandlet halm (B, C og D), steg til gennemsnitlig $474 \text{ l CO}_2/\text{kg IOM}$, $487 \text{ l O}_2/\text{kg IOM}$ og 10.1 MJ/kg IOM . Stigningen i iltforbruget var større end stigningen i kuldsyreproduktionen, således at respirationskvotienten faldt til 0.97 i denne periode.

Der blev for periode I-V foretaget t-test imellem holdene på differencer for henholdsvis kuldioxydproduktion, iltoptagelse og varmeproduktion, og resultaterne heraf fremgår af Tabel 5.8. Differencen på 9 liter CO₂/kg IOM mellem hold A og D var signifikant ($P < 0.05$), medens de øvrige differencer indenfor kuldioxydproduktionen ikke var signifikante ($P > 0.05$). Med hensyn til iltoptagelsen var der en signifikant til stærkt signifikant stigning for hold B, C og D i forhold til kontrolholdet (A), hvorved varmeproduktionen fulgte samme mønster.

Tabel 5.8 t-test på differencer imellem hold på kuldioxydproduktion (CO₂), i iltoptagelse (O₂) og varmeproduktion (HE,RQ)

t -test on differences between groups in carbondioxide production (CO₂), oxygen intake (O₂) and heat production (HE,RQ)

Diffe-rencer	Periode	nr.	f	CO ₂ 1/kg IOM	O ₂ 1/kg IOM	HE,RQ MJ/kg IOM
B-A	I-V	17		6 NS	14 ^X	0.28 ^{XX}
C-A	I-V	17		3 NS	9 ^X	0.18 ^X
D-A	I-V	16		9 ^X	18 ^{XXX}	0.36 ^{XXX}
B-C	I-V	18		3 NS	5 NS	0.10 NS
B-D	I-V	17		3 NS	4 NS	- 0.08 NS
C-D	I-V	17		6 NS	9 ^X	- 0.18 ^X

Som omtalt var metanproduktionen i relation til indtag af organisk stof ret jævn for hold A i samtlige 8 perioder, medens de øvrige hold viste større udsving, dog uden nogen sikker tendens (Fig. 5.3). Der blev derfor beregnet middeltal og middelfejl (SEM) for periode I-VIII, og samtidigt blev der foretaget t-test på differencer imellem holdene, som vist i tabel 5.9.

Tabel 5.9 Metanproduktion (CH_4) i relation til indtag af organisk stof (IOM) samt t-test på differencer imellem hold for periode I-VIII

Methane production (CH_4) in relation to intake of organic matter (IOM) and t-test on differences between groups for period I-VIII

Hold nr.	n	CH_4		Differencer		
		1/kg IOM	SEM	Hold	f	1/kg IOM
A	14	38.9	0.31	B-A	27	- 3.7 XXX
B	15	35.2	0.92	C-A	28	- 2.8 XXX
C	16	36.1	0.46	D-A	27	- 5.5 XXX
D	15	33.4	0.65	B-C	29	- 0.9 NS
				B-D	28	1.8 NS
				C-D	29	2.7 XX

Metanproduktionen for hold A var i gennemsnit 38.9 1/kg IOM med en varianskoefficient på 3.0%, medens hold B og C havde en produktion på henholdsvis 35.2 og 36.1 1/kg IOM med CV-værdier på 10.1 og 5.1%. Hold D havde den laveste produktion med 33.4 1/kg IOM og CV = 7.5%. De fundne differencer mellem kontrolholdet (A) og de øvrige hold, der fik ludbehandlet halm (B, C og D) var alle stærkt signifikante ($P < 0.001$). Indenfor de hold, der fik ludbehandlet halm var der kun signifikant forskel ($P < 0.01$) mellem hold C og D.

5.5 Kvælstofomsætning

Baseret på målinger af kvælstofindtag (IN) og kvælstofudskillelse i godtning (FN) og i urin (UN) er såvel mængden af fordøjet kvælstof, DN = IN - FN som mængden af aflejret kvælstof, RN = IN - (FN + UN) beregnet individuelt for samtlige kalve i periode I-VIII. Beregningerne viste, at der kunne dannes middeltal for hvert hold i de enkelte perioder såvel for fordøjet som for aflejret kvælstof, og de fundne værdier er vist grafisk i Figur 5.4. Udover disse kurver er der indtegnet kurver for estimeret maximal kvælstofaflejring

for de enkelte hold, baseret på holdenes gennemsnitlige legemsvægt i de forskellige perioder og den kvadratiske funktion: RN_{max} , g = $1.276 \times kg^{0.75} - 0.00871 \times kg^{1.50}$, som fundet i tidligere forsøg med stærkt voksende kalve Thorbek (1980).

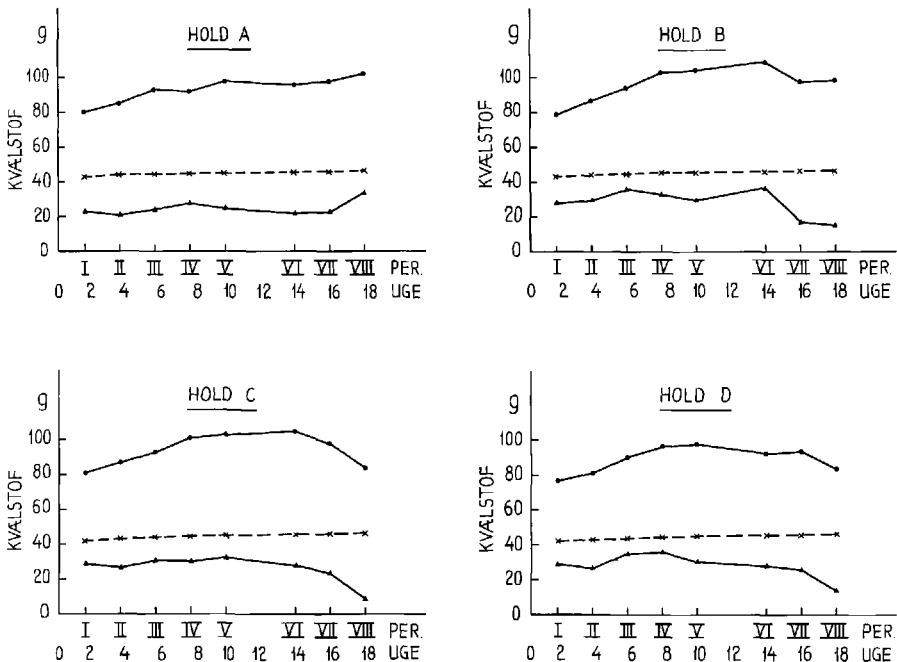


Fig. 5.4 Fordøjet kvælstof (●), aflejret kvælstof (▲) og estimerede maximal kvælstofaflejring (x)

Digested nitrogen (●), retained nitrogen (▲) and estimated maximal nitrogen retention (x)

Mængden af fordøjet kvælstof (DN) var for samtlige kalve ca. 80 g i periode I. For hold A steg DN jævnt igennem hele forsøgstiden til 102 g i periode VIII, medens hold B steg jævnt til 109 g DN i periode VI for derefter at aftage til 98 g i de to sidste perioder. Hold C viste det samme mønster med et maximum på 105 g i periode VI, og derefter et stærkt fald til 84 g i periode VIII. Hold D nåede kun et maximum på 98 g DN i periode V, hvorefter der fulgte et jævnt fald til 84 g i periode VIII.

Mængden af aflejret kvælstof (RN) var for hold A ret konstant omkring 24 g fra periode I-VII, hvorefter der indtrådte en stigning til 34 g i periode VIII. Holdene, der fik ludbehandlet halm (B, C og D), havde i periode I en gennemsnitlig aflejring på ca. 29 g stigende til 37 g for hold B i periode VI, hvorefter der indtrådte et fald til 16 g i de to sidste perioder. Hold C nåede en maximal aflejring på 32 g i periode V, efterfulgt af et jævnt fald til 24 g i de to følgende perioder, for at slutte med et drastisk fald til 9 g i periode VIII. Hold D nåede allerede i periode IV en maximal aflejring på 36 g, derefter fulgte et jævnt fald til 26 g i periode VII og derefter et stærkere fald til 14 g i periode VIII.

Den estimerede maximale kvælstofaflejring baseret på de enkelte holds gennemsnitlige legemsvegte for de 8 perioder var stigende fra 42 til 47 g, og ingen af holdene i det her fremlagte materiale nåede op på disse værdier.

Kurverne for kvælstofaflejringen viste, at det måtte være relevant at foretage en vurdering af den gennemsnitlige kvælstofaflejring for de enkelte hold indenfor periode I-V, i lighed med den vurdering, der blev foretaget for luftstofskiftet og varmeproduktionen. Med faldende værdier for de hold, der fik ludbehandlet halm, er der ikke beregnet middeltal for de senere perioder. Kvælstofudnyttelsen, bestemt som aflejret kvælstof i forhold til fordøjet kvælstof (RN/DN), er ligeledes beregnet for periode I-V samt for periode VIII, som angivet i Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Kvælstofaflejring (RN) og kvælstofudnyttelse (RN/DN)

Nitrogen retention (RN) and utilization of nitrogen (RN/DN)

Hold nr.	Periode nr.	n	Kvælstofaflejring		Kvælstofudnyttelse	
			g	SEM	%	SEM
A	I-V	9	24.1	1.50	27.2	1.42
B	I-V	10	31.2	1.22	33.7	1.51
C	I-V	10	29.8	1.05	32.2	1.06
D	I-V	9	31.8	1.38	35.4	1.11
A	VIII	2	33.7	-	32.9	-
B	VIII	2	15.1	-	13.6	-
C	VIII	2	8.8	-	9.7	-
D	VIII	2	14.0	-	16.4	-

Den gennemsnitlige kvælstofaflejring for periode I-V viste en relativ stor spredning for alle hold med variationskoefficienter (CV) på 11-19%, hvorimod CV-værdierne for kvælstofudnyttelsen var noget lavere fra 9-16%. Som det fremgår af Tabel 5.10 og Figur 5.4 var kvælstofaflejringen og kvælstofudnyttelsen meget lav i periode VIII for de hold, der havde fået ludbehandlet halm. I denne periode udgjorde aflejringen kun 30-50% af disse holds aflejring i periode I-V, hvorimod hold A havde en større aflejring i denne periode, dog uden at nå op på den estimerede maximale kvælstofaflejring på 46 g.

Der blev foretaget t-test på differencer imellem hold på henholdsvis kvælstofaflejring og kvælstofudnyttelse i periode I-V, og resultaterne fremgår af Tabel 5.11.

Tabel 5.11 t-test på differencer imellem hold i kvælstofaflejring (RN) og i kvælstofudnyttelse (RN/DN)

t-test on differences between groups in nitrogen retention (RN) and in nitrogen utilization (RN/DN)

Differencer	Periode nr.	f	RN g	RN/DN %-enheder
B-A	I-V	17	7.1 ^{XX}	6.5 ^{XX}
C-A	I-V	17	5.7 ^{XX}	5.0 ^{XX}
D-A	I-V	16	7.7 ^{XX}	8.2 ^{XXX}
B-C	I-V	18	1.4 NS	1.5 NS
B-D	I-V	17	- 0.6 NS	- 1.7 NS
C-D	I-V	17	- 2.0 NS	- 3.2 NS

Samtlige hold på ludbehandlet halm (B, C og D) havde en signifikant højere kvælstofaflejring end kontrolholdet i de 5 første perioder samtidig med en signifikant højere kvælstofudnyttelse. Differencerne mellem hold B, C og D var små og ikke signifikante ($P > 0.05$).

5.6 Energiomsætning

Baseret på målinger af optaget bruttoenergi (GE) og energitab i gødning (FE), urin (UE) og metan (CH_4E) er den omsættelige energi (ME) beregnet individuelt for samtlige kalve i alle forsøgsperioder som $ME = GE - (FE + UE + \text{CH}_4\text{E})$. Den totalt aflejrede energimængde (RE) er beregnet på grundlag af de målte kvælstof- og kulstofbalancer, og varmeproduktionen (HE) er beregnet som differens mellem omsættelig energi og aflejret energi, $HE = ME - RE$. Tallene viste, at der kunne dannes middeltal for hvert hold i de enkelte perioder, og de fundne middeltal er vist grafisk i Figur 5.5.

Den omsættelige energi var omkring 46 MJ for samtlige hold i periode I. For hold A steg ME jævnt igennem hele forsøgstiden til omkring 60 MJ i periode VIII, medens hold B nåede et maximum på 64 MJ i periode VI for derefter at aftage stærkt til omkring 55 MJ i de to sidste perioder. Hold C viste det samme mønster med en jævn stigning til 60 MJ i periode V for derefter at aftage til 48 MJ i periode

VIII. Hold D nåede et maximum på 59 MJ i periode V, hvorefter der indtrådte et fald til 50 MJ i periode VIII.

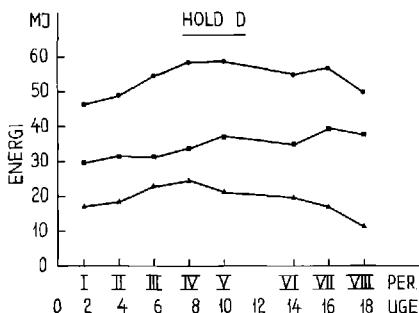
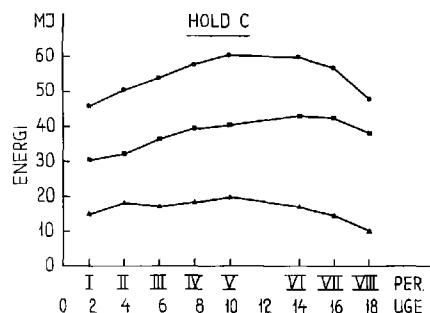
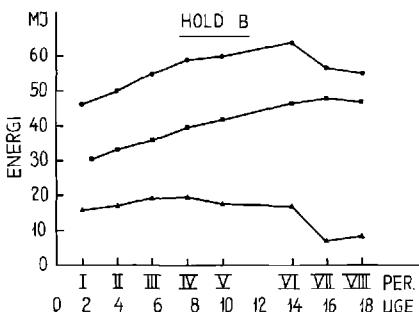
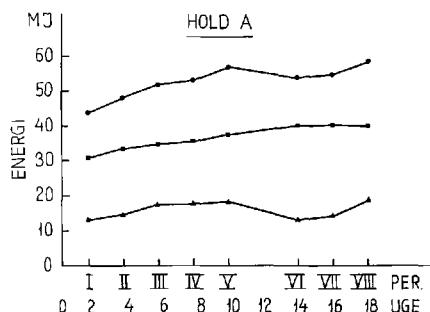


Fig. 5.5 Omsættelig energi, ME (●), varmeproduktion, HE (■) og aflejret energi, RE (▲).

Metabolizable energy, ME (●), heat production, HE (■) and retained energy, RE (▲)

Energiaflejringen viste et relativt konstant niveau på omkring 16-18 MJ i periode I-V for hold A, B og C. Derefter aftog aflejringen stærkt til 9-10 MJ for hold B og C, medens hold A viste en stigning til 19 MJ i periode VIII. Hold D havde en mere varierende energiaflejring i periode I-V på et niveau omkring 21 MJ, men fra periode V indtrådte som for de øvrige hold på ludet halm et fald til omkring 12 MJ i periode VIII. Varmeproduktionen var for samtlige hold jævnt stigende gennem forsøgstiden, og til trods for faldet i ME for hold B, C og D i de senere perioder fastholdt disse hold en relativ høj varmeproduktion.

Foderets omsættelighed udtrykt ved ME/GE blev beregnet for de enkelte kalve på de forskellige foderblandinger. Tallene viste, at der kunne dannes middeltal for hvert hold i de enkelte perioder, og at disse middeltal var ret konstante uden tendens til stigning eller fald igennem forsøgstiden. På grundlag heraf blev der dannet middeltal for hvert hold fra periode I-VIII, og der blev foretaget t-test på differencer i omsætteligheden af de anvendte foderblandinger, som vist i Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Omsættelighed (ME/GE) af de anvendte foderblandinger i periode I-VIII samt t-test på differencer

Metabolizability (ME/GE) of feed compounds applied in period I-VIII and t-test on differences

Hold nr.	n	ME/GE		Differencer		
		%	SEM	Hold	f	%-enheder
A	14	52.9	0.35	B-A	27	1.7 ^X
B	15	54.6	0.61	C-A	28	2.8 ^{XXX}
C	16	55.7	0.38	D-A	27	5.1 ^{XXX}
D	15	58.0	0.33	B-C	29	- 1.1 NS
				B-D	28	- 3.4 ^{XXX}
				C-D	29	- 2.3 ^{XXX}

Beregningerne viste, at ludbehandling af halmen forøgede foderblandingernes omsættelighed fra 52.9% (Hold A) til henholdsvis 54.6, 55.7 og 58.0% for hold B, C og D. De fundne differencer på 1.7, 2.8 og 5.1%-enheder imellem disse hold og kontrolholdet var henholdsvis signifikant ($P < 0.05$) og stærkt signifikante ($P < 0.001$). Differencerne imellem hold B og D samt imellem C og D var stærkt signifikante, men ikke signifikant imellem B og C.

Kurverne for energiaflejringen (Fig. 5.5) viste, at det måtte være relevant at beregne middeltal for de enkelte hold fra periode I-V. Med faldende værdier for de hold, der fik ludbehandlet halm, er der ikke beregnet middeltal for de senere perioder. Den energetiske udnyttelsesgrad af den omsættelige energi udtrykt ved RE/ME er ligeledes beregnet og angivet i Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Energiaflejring (RE) og energiudnyttelse af omsættelig energi (RE/ME)

Energy metabolism (RE) and efficiency of utilization of metabolizable energy (RE/ME)

Hold nr.	Periode nr.	n	Energiaflejring		Energiudnyttelse	
			MJ	SEM	%	SEM
A	I-V	9	16.03	0.744	31.8	0.72
B	I-V	10	17.85	0.754	33.0	0.96
C	I-V	10	17.83	0.837	33.2	1.04
D	I-V	9	21.48	1.067	39.4	1.01
A	VIII	2	18.93	-	32.3	-
B	VIII	2	8.46	-	14.6	-
C	VIII	2	9.96	-	18.9	-
D	VIII	2	11.54	-	21.9	-

Spredningen på energiaflejringen udtrykt ved variationskoefficienten var relativ stor med CV-værdier på 13-15%, hvorimod de var noget mindre for energiudnyttelsen med værdier på 7-10%. Energiaflejringen i periode VIII for de hold, der fik ludbehandlet halm, faldt til ca. 50% af disse holds aflejring i periode I-V, medens kontrolholdet (A) viste en stigning på 18%.

Energiudnyttelsen for hold A, B og C var omkring 32% i periode I-V, medens den for hold D var væsentlig højere med ca. 39%. Kontrolholdet (A) fastholdt en udnyttelsesgrad på ca. 32% for hele forsøgstiden, derimod faldt udnyttelsen til henholdsvis 14.6, 18.9 og 21.9% for hold B, C og D i periode VIII.

Der blev foretaget t-test på differencer imellem hold på henholdsvis energiaflejring og energiudnyttelse i periode I-V, som vist i Tabel 5.14. Der var tendens til en større energiaflejring og energiudnyttelse for hold B og C i forhold til hold A, men forskellene var ikke signifikante ($P > 0.05$). Derimod var energiaflejringen 5.45 MJ højere for hold D end for hold A og udnyttelsen var forbedret med 7.6%-enheder, med begge differencer stærkt signifikante

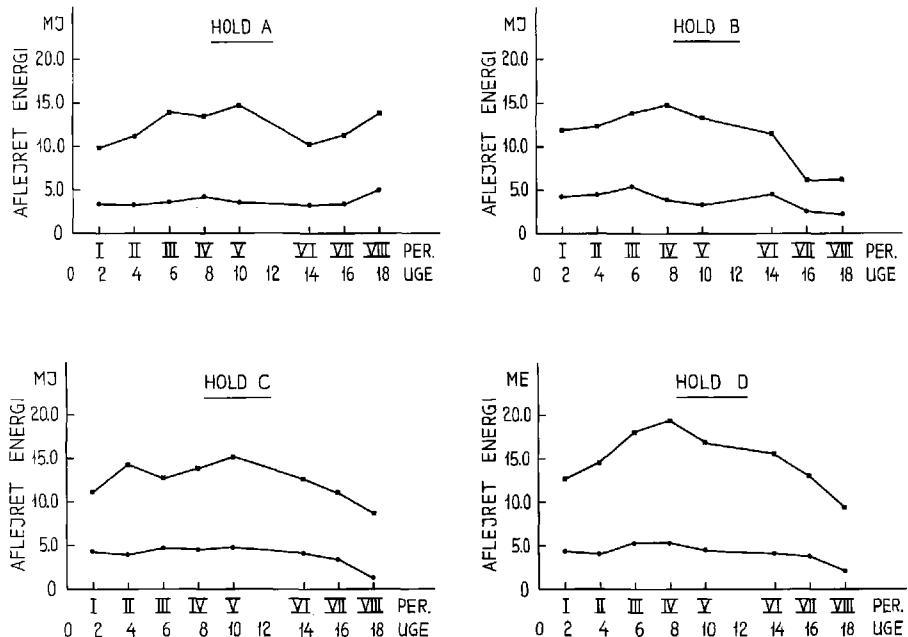
($P < 0.001$). Imellem holdene, der fik ludbehandlet halm, var der signifikante til stærkt signifikante forskelle imellem hold B og D samt hold C og D.

Tabel 5.14 t-test på differencer imellem hold i energiaflejring (RE) og i energiudnyttelse (RE/ME)

t-test on differences between groups in energy retention (RE) and energy utilization (RE/ME)

Diffe-rencer	Periode nr.	f	RE MJ	RE/ME %-enheder
B-A	I-V	17	1.82 NS	1.2 NS
C-A	I-V	17	1.80 NS	1.4 NS
D-A	I-V	16	5.45***	7.6***
B-C	I-V	18	0.02 NS	- 0.2 NS
B-D	I-V	17	- 3.63*	- 6.4***
C-D	I-V	17	- 3.65*	- 6.2***

Den samlede energiaflejring (RE) er målt som summen af energi aflejet i protein (RPE) og i fedt (RFE), bestemt ved henholdsvis kvælstof- og kulstofbalancer. Middelværdierne for RPE og RFE for de respektive hold i periode I-VIII er vist i Figur 5.6.



Figur 5.6 Energi aflejret i protein, RPE (●) og i fedt, RFE (■)
Energy retained in protein, RPE (●) and in fat, RFE (■)

For samtlige hold var energiaflejringen i protein betydelig lavere end energiaflejringen i fedt. I periode I-V varierede RPE-værdierne mellem 3.2 og 5.4 MJ, og medens hold A fastholdt disse værdier i de følgende perioder, viste de øvrige hold, som omtalt under kvælstofomsætningen, stærkt faldende tendenser med værdier helt ned til 1.3 MJ for hold C.

Samtlige hold viste stigende værdier for energiaflejring i fedt fra periode I til V. For hold A steg RFE-værdierne fra 9.9 til 14.7 MJ, medens hold D, der havde den største fedtaflejring, steg fra 12.7 til 19.4 MJ. I de følgende perioder faldt RFE-værdierne for de hold, der havde fået ludbehandlet halm, og nåede i periode VIII ned til henholdsvis 6.5, 8.6 og 9.4 MJ for hold B, C og D. Hold A havde et fald i periode VI og VII, men steg derefter atter til omkring 14 MJ i periode VIII.

Tabel 5.15 Enerigaflejring i fedt i relation til total energiaflejring (RFE/RE) samt t-test på differencer i periode I-VIII

Energy retention in fat in relation to total energy retention (RFE/RE) and t-test on differences in period I-VIII

Hold nr.	n	Differencer			
		Hold	f	%-enheder	
A	14	76.5	0.97	B-A	27
B	15	72.7	2.57	C-A	28
C	16	76.5	1.22	D-A	27
D	15	78.0	0.82	B-C	29
				B-D	28
				C-D	29
				- 3.8 NS	- 5.3 NS
				0.0 NS	- 1.5 NS
				1.5 NS	

Energiaflejringen i fedt i forhold til den totale energiaflejring (RFE/RE) blev beregnet på grundlag af de individuelt målte værdier. Beregningerne viste ret konstante forhold for de enkelte hold uden tendens til stigning eller fald igennem forsøgsperioderne. Middeltallene blev derfor beregnet for periode I-VIII, som vist i Tabel 5.15.

Beregningerne viste, at energiaflejringen i fedt var fra 73-78% af den totale energiaflejring med den laveste værdi for hold B og med den største for hold D. Med den relativ store spredning var der ingen signifikant forskel imellem de enkelte hold ($P > 0.05$). Den fundne energiaflejring i fedt svarer således til, at kun ca. 25% af den samlede energiaflejring har fundet sted i form af protein.

6. DISKUSSION

Foderoptagelse og vækst

Ludbehandling af halmen medførte et fald i tørstofindholdet, en stigning i askeindholdet og dermed et fald på indtil 10% (Hold D) i fuldfoderblandingernes indhold af bruttoenergi (GE). I relation til indholdet af organisk stof (OM) forblev energiindholdet derimod uændret, omkring 20 GE, MJ/kg OM for samtlige fuldfoderblanding, hvilket viser, at den tekniske behandling ikke har påvirket selve det energetiske indhold i halmens organiske stof.

Fodertildelingen var planlagt til at stige med 0.5 kg foderblanding for hver periode, og med undtagelse af nr. 1 på kontrolholdet var kalvene i stand til at følge denne plan indtil periode V. I de følgende perioder havde samtlige kalve foderrester, hvorfor de må karakteriseres som være fodret efter ædelyst. Tørstofoptagelsen i forhold til legemsvægten var ret konstant for samtlige kalve i de 5 første perioder med gennemsnitlig 2.5 ± 0.04 og 2.4 ± 0.07 kg DM/100 kg legemsvægt for henholdsvis periode I og V. I periode VI var tørstofoptagelsen 2.3 ± 0.06 kg/100 kg, hvorefter den faldt til 2.0 ± 0.11 kg DM/100 kg legemsvægt i periode VIII. Den større spredning i periode VIII skyldtes, at kalv nr. 3, 7 og 4 på hold B, C og D havde store foderrester, således at de kun optog omkring 1.6 kg DM/100 kg legemsvægt. Udelades disse kalve af beregningerne var optagelsen for de øvrige kalve 2.2 ± 0.06 kg DM/100 kg legemsvægt. Den opnåede tørstofoptagelse er i god overensstemmelse med tidligere produktionsforsøg med ungtyre, der blev fodret efter ædelyst med 20 eller 40% ludet halm (5% NaOH) i deres foderblanding samt med et maximalt tilskud af 1.5 kg hø, Kristensen et al. (1978). Forsøgene, der gennemførtes indenfor vægklassen 200-300 kg, viste, at tyrene optog fra 2.1 til 2.5 kg DM/100 kg legemsvægt.

I forsøg med malkekøg udelukkende fodret med ludet halm er det fundet, at halmostagelsen blev forøget med 15-20%, såfremt der var foretaget en neutralisering af den ludede halm, Kristensen et al. (1978). En sådan forskel i foderoptagelse i relation til neutralisering kunne ikke påvises i disse forsøg med kalve, hvor halmen indgik med 50% i en fuldfoderblanding.

For samtlige kalve var den daglige tilvækst 831 ± 39 g fra periode I-V, men kun 503 ± 56 g fra periode VI-VIII. I tidligere gennemførte forsøg med kalve fra 175-250 kg legemsvægt fodret traditionelt med stigende mængder kraftfoder samt 0.6 kg hø dagligt, svarende til en tørstofoptagelse på 2.0 kg/100 kg legemsvægt, opnåedes en gennemsnitlig daglig tilvækst på 1232 g, Thorbek (1980), og i de tidlige omtalte produktionsforsøg med ungtyre fra 200-500 kg legemsvægt var den daglige tilvækst omkring 1300 g, Kristensen et al. (1978). I betragtning af, at halmen i de her fremlagte forsøg indgik med 50% i de anvendte fuldfoderblandinger, og at der ikke blev givet nogen form for strukturfoder, må foderoptagelsen og tilvæksten i de 5 første perioder karakteriseres som nogenlunde rimelig. Efter ca. 3 måneder på forsøgsfoderet faldt tilvæksten imidlertid stærkt i de følgende perioder, såvel for kontrolholdet som for de hold, der fik ludet halm, tiltrods for det relative ringe fald i tørstofoptagelsen i forhold til legemsvægten. Hvorvidt et tilskud af strukturfoder i form af hø ville have forbedret de vomfysiologiske forhold og dermed tilvæksten kan ikke vurderes ud fra disse forsøg, men de observerede anfall af trommesyge, der også ramte kontrolholdet, samt det strittende hårlag hos hold D tyder på en nedsat vomfunktion.

Vandomsætning

Optagelsen af drikkevand, der udgjorde 97% af den samlede vandoptagelse, steg fra gennemsnitlig 21 l/d for kontrolholdet til 36 l/d for hold B, der fik ludet halm. Ved neutralisering af den ludede halm med saltsyre (Hold C) nedsattes vandoptagelsen til 26 l/d. For hold D foreligger der ingen målinger på grund af defekte vandmåtere. I forhold til tørstofoptagelsen havde kontrolholdet en vandoptagelse på 3.9 l/kg DM, svarende til hvad der tidligere er regi-

streret i forsøg med traditionelt fodrede kalve, Thorbek (1980). Ved ludbehandling af halmen steg vandoptagelsen til 6.4 l/kg DM (Hold B), men neutralisering af den ludede halm (Hold C) medførte en nedsættelse til 4.8 l/kg DM. Der er tidligere i forsøg med køer, Kristensen et al. (1978) fundet afhængighed mellem vandoptagelse og inntagelse af ludet halm, derimod var der ingen effekt ved neutralisering, som fundet i de her fremlagte forsøg med kalve. I forsøg med voksne får, Agergaard et al. (1984) angives vandoptagelsen til ca. 5 l/kg DM, uafhængigt af om der var anvendt ludet halm, hvilket muligvis skyldes, at forsøgstiden, som angivet, var relativ kort. Fodring med ludet halm synes at medføre en væsentlig stigning i vandoptagelsen, og det må derfor anses for at være et uhensigtsmæssigt foder i områder med mangel på drikkevand.

Vandudskillelsen, der finder sted gennem godtning, urin og ved fordampning, var for kontrolholdet henholdsvis 46, 27 og 27% af vandoptagelsen, hvilket må anses for et normalt mønster, Agergaard et al. (1984). Ved fodring med ludet halm, der medførte en stærk stigning i vandoptagelsen, ændredes dette mønster, idet 50% af det optagne vand nu udskiltes gennem nyreerne. Medens den gennemsnitlige urinudskillelse var 5.8 l/d for kontrolholdet, steg den til 19.5, 11.3 og 16.5 l/d for henholdsvis hold B, C og D, svarende til en stigning på 3.3, 1.9 og 2.8 gange urinmængden for hold A. I forsøg med får, der fik ludet halm, Agergaard et al. (1984), steg urinudskillelsen til 1.6 gange kontrolholdets udskillelse, selv om der ikke var registreret nogen stigning i vandoptagelsen.

Fordøjelighed

.....

De individuelt målte værdier for fordøjeligheden af de anvendte fuldfoderblandinger viste ingen afhængighed af fodermængde, alder eller vægt, hvorfor fordøjelighedskoefficienterne (FK) for de anvendte blandinger blev beregnet som middeltal for hele forsøgsperioden. FK-værdierne blev bestemt med en nøjagtighed, der udtrykt ved variationskoefficienter (CV) varierede fra 1.5-4.2% for organisk stof, kvælstof, kvælstof-fri ekstraktstoffer og energi hvilket svarer til den nøjagtighed, der tidligere er opnået i forsøg med kalve,

Thorbek (1980). CV-værdierne for bestemmelse af FK for træstof varierede fra 2.7-5.9% og for fedt efter Stoldt-metoden fra 6.5-15.2%, hvilket må tilskrives den ringere nøjagtighed tilknyttet de kemiske analysemetoder for disse stofgrupper, idet opsamling, prøveudtagning m.v. var identisk for alle næringsstofgrupper.

Samtlige FK-værdier, med undtagelse af FK for kvælstof, viste en svag forbedring af fordøjeligheden ved anvendelse af 5% NaOH-ludet halm (Hold B) i forhold til ubehandlet halm (Hold A), men differencerne var i de fleste tilfælde ikke signifikante. En neutralisering af 5% NaOH-ludet med saltsyre (Hold C) medførte en signifikant forøgelse af FK-værdierne, men den største forbedring blev opnået ved anvendelse af 10% NaOH + HCl, med stærkt signifikante stigninger på 3.7-9.5%-enheder. De her opnåede resultater er i overensstemmelse med de resultater, der blev opnået af Kristensen et al. (1978), der konkluderer, at stigende mængder NaOH forøger byghalmens fordøjelighed, men finder dog ved in-vivo fordøjelighedsforsøg med får en grænse ved 4-5% NaOH. Samtidigt fandt de, at neutralisering af den ludede halm med saltsyre forbedrede fordøjeligheden af det organiske tørstof i halmen. I fordøjelighedsforsøg med får viste Andersen et al. (1980), at anvendelse af ludet halm forøgede fordøjeligheden af organisk stof med 5.7-11.5%-enheder. Lignende forbedringer er opnået af Sundstøl (1982) og Agergaard et al. (1984) i forsøg med får og af Vorting & Staun (1985) i forsøg med heste.

Det er bemærkelsesværdigt, at fordøjeligheden af kvælstoffet i de her anvendte fuldfoderblandinger nedsattes med indtil 2.4%-enheder ved anvendelse af 50% ludet halm i blandingerne. En lignende depresiv virkning er fundet i forsøg med får, der fik en foderblanding med 40% ludet halm, Kristensen et al. (1978). I de her fremlagte undersøgelser, hvor der ikke blev givet nogen form for strukturfoder har de vomfysiologiske betingelser næppe været optimale. Som det vil blive omtalt i det følgende, var metanproduktionen højest for kontrolholdet, og hvis dette kan tages som et udtryk for en mere aktiv mikroflora, er det muligt, at denne har påvirket kvælstofom-sætningen i vommen på en sådan måde, at FK-værdierne for kvælstof var højest for kontrolholdet.

Forsøgene viste en betydelig forbedring af FK-værdierne for fedt ved anvendelse af ludet halm, med helt op til 9.5%-enheder for hold D (10% NaOH + HC1). Da halmen praktisk taget ikke indeholder noget fedt, må det være fordøjeligheden af fedtet i kraftfoderblandingen, der er blevet forbedret ved anvendelse af ludet halm i fuldfoderblandingerne. Dette kan muligvis henføres til en vis forsæbning af fedtet med en deraf følgende forbedret absorption.

Luftstofskifte og varmeproduktion

CO_2 -produktion, O_2 -optagelsen og varmeproduktionen (HE/RQ) var i relation til indtag af organisk stof (IOM) ret konstant for de enkelte hold i periode (I-V). De gennemsnitlige værdier var lavest for hold A på ubehandlet halm med henholdsvis 399 liter CO_2 , 382 liter og 8.0 MJ HE(RQ) pr. kg IOM. Anvendelse af ludet halm påvirkede kun i ringe grad CO_2 -produktionen, derimod var der en signifikant stigning i O_2 -optagelsen og varmeproduktionen, størst for hold D.

Fra periode V indtrådte der en stærk stigning i luftstofskiftet og varmeproduktionen for de hold, der havde fået ludet halm, medens kontrolholdet fastholdt et mere konstant niveau, dog med noget større variationer end i de første perioder. Ved forsøgets afslutning (Per. VIII) havde kontrolholdet en varmeproduktion på 8.1 MJ/kg IOM, medens hold B, C og D var steget til 9.8, 10.2 og 10.2 MJ/kg IOM, svarende til 21, 26 og 26% stigning i forhold til hold A.

Metanproduktionen i relation til IOM var relativ konstant for de enkelte hold igennem hele forsøgstiden, hvilket koresponderer med de fundne konstante FK-værdier. Kontrolholdet havde den højeste produktion med gennemsnitlig 39 l metan/kg IOM, medens anvendelse af ludet halm nedsatte produktionen til 35, 36 og 34 l metan/kg IOM for henholdsvis hold B, C og D. De fundne værdier er en del højere end tidligere observeret i forsøg med traditionelt fodrede kalve, hvor produktionen var omkring 29 l metan/kg IOM, Thorbek (1980).

Kvælstofomsætning

I de første 5 balanceperioder, hvor kalvene havde været på forsøgsfoderet i 3 måneder, var kvælstofaflejringen ret konstant for de enkelte hold, men ca. 30% under de tidligere fundne værdier for maximal aflejring, Thorbek (1980). I de følgende perioder faldt kvælstofaflejringen stærkt for de hold, der havde fået ludet halm, medens kontrolholdet nogenlunde fastholdt sit niveau.

Kontrolholdet havde i periode I-V en kvælstofaflejring (RN) på 24 g/d, medens holdene på ludet halm havde en aflejring på henholdsvis 31, 30 og 32 g/d for hold B, C og D. Forskellene mellem disse hold og kontrolholdet var alle stærkt signifikante, hvorimod der ikke var nogen signifikant forskel med hensyn til den anvendte teknik ved ludbehandlingen. Ved forsøgets afslutning (Per. VIII) havde hold A en aflejring på 34 g/d, medens kvælstofaflejringen var faldet til 15, 9 og 14 g/d for hold B, C og D.

Udnyttelsesgraden af det fordøjede kvælstof (RN/DN) var 27% for hold A i periode I-V, medens holdene på ludet halm havde en gennemsnitlig udnyttelsesgrad på 35%. I periode VIII faldt værdierne til henholdsvis 14, 10 og 16% for hold B, C og D, medens hold A havde en udnyttelsesgrad på 33%.

Til trods for at kontrolholdet havde den højeste fordøjelighed af kvælstoffet i fuldfoderblanding, var kvælstofaflejringen og udnyttelsesgraden i periode I-V lavere end for de hold, der havde fået ludet halm. Dette forhold hænger sammen med, at kvælstofudskillelsen i urinen (UN/IN), der var 51% for hold A, blev reduceret til henholdsvis 45, 47 og 42% for hold B, C og D, der fik ludet halm, hvorved RN steg tilsvarende for disse hold. En lignende forbedring ved anvendelse af ludet halm over en kortere periode kan uledes af forsøg med udvoksede får, Agergaard et al. (1984), hvor UN/IN var 69% ved anvendelse af ubehandlet halm, men kun 57% ved fodring med ludet halm.

Ved fortsat fodring med ludet halm ændredes imidlertid dette billede, idet UN/IN-værdierne nu steg til 56, 62 og 55% for hold B, C og D, medens hold A stort set fastholdt en værdi på omkring 50%. Dette medførte, at kvælstofaflejringen og udnyttelsesgraden blev lavere for de hold, der havde fået ludet halm, i forhold til kontrolholdet. Forsøgene kunne tyde på, at der ved længere tids fodring med ludet halm er inddrædt en forøget deaminering med deraf følgende stigning af kvælstofudskillelsen i urinen. Hvorvidt dette har været tilfældet kan ikke afgøres af disse forsøg, da der ikke blev foretaget leverfunktionsprøver eller bestemmelser af blodets urinstofindhold.

Kontrolholdets kvælstofudnyttelse (RN/DN) var for hele forsøgstiden omkring 30%, hvilket er væsentlig under den værdi på 47%, fundet i de tidligere omtalte forsøg med voksende kalve, Thorbek (1980). Da der i begge forsøg er anvendt ret identiske kraftfoderblandinger, må forringelsen antagelig tilskrives ændrede vomfysiologiske forhold fremkaldt af foderets dårlige fysiske struktur, idet der i disse forsøg ikke blev givet tilskud af strukturfoder, og fuldfoderblandingerne var presset i 14 mm cobs.

Energiomsætning

Den gennemsnitlige omsættelighed (ME/GE) var for hele forsøgstiden 52.9% for hold A på ubehandlet halm stigende til 58.0% for hold D (10% NaOH + HCl). Den stærkt signifikante forbedring skyldtes fortrinsvis en stigning i fordøjeligheden af energi samt et noget mindre energitab i metan. I forsøg med får, der kun fik halm med tilskud af sildemel, Sundstøl (1982), var omsætteligheden omkring 43% ved anvendelse af ubehandlet halm stigende til 52% ved fodring med ludet halm.

Medens omsætteligheden kunne opretholdes på et ret konstant niveau for de enkelte hold igennem hele forsøgstiden på grund af den konstante fordøjelighed af energien, var forholdet et ganske andet med hensyn til energiaflejring (RE) og energiudnyttelse af den omsættelige energi (RE/ME). I de første 5 balanceperioder var den gennemsnitlige energiaflejring omkring 17 MJ/d med en energiudnyttelse på ca. 33%

for hold A, B og C uden afhængighed af den anvendte ludbehandling. Ved anvendelse af 10% NaOH + HCl (Hold D) var der derimod en stærk signifikant stigning i energiaflejringen til 21.5 MJ/d med en udnyttelsesgrad på 39%. I de følgende perioder skete der imidlertid en stærk stigning i varmeproduktionen for samtlige hold på ludet halm, hvorved energiaflejringen i periode VIII faldt til omkring 10 MJ/d for disse hold med en udnyttelsesgrad på ca. 19%, svarende til at 81% af den omsættelige energi gik tabt i form af varme. I de tidligere omtalte forsøg med får, Sundstøl (1982), var varmetabet ca. 60% af den omsættelige energi, men der kunne ikke påvises nogen afhængighed af ludbehandlingen, hvilket muligvis skyldtes, at forsøgene var ret kortvarige. Det store varmetab efter længere tids fodring med ludet halm, som fundet i de her fremlagte forsøg, kan som tidligere omtalt, muligvis skyldes en stigning i deamineringsprocesserne i leveren, hvilket vil medføre en stigning i varmetabet, og derved en nedsat energiaflejring og forringet tilvækst.

Energiaflejringen i de her omtalte forsøg fandt fortrinsvis sted i form af fedt og kun 25% af den samlede energiaflejring fandtes i proteinaflejringen. Dette forhold var ret konstant gennem hele forsøgstiden, og der var ingen afhængighed med hensyn til ludbehandlingen. I forhold til traditionelt fodrede kalve, hvor energiaflejringen i protein var ca. 50% af den samlede energiaflejring, Thorbek (1980), må de her opnåede ringere resultater antagelig henføres til en nedsat vomfunktion.

7. ENGLISH TEXT

Introduction

An experimental plant for producing alkali-treated straw was constructed in 1972 by Bioteknisk Institute, Kolding. In collaboration with the Department for Experiment with Cattle at the Institute for Animal Science, Copenhagen a series of investigations were started partly connected with technical problems and partly concerning the application of feeding alkali-treated straw to cattle and sheep. The results obtained are described in detail by Kristensen et al. (1978).

At the Department for Animal Physiology, Biochemistry and Chemistry at the same Institute it was planned, in connection with this project, to use the respiration unit at the Department for determination of the energy metabolism in calves fed alkali-treated straw. The experiment should be carried out with growing calves receiving feed compounds consisting of 50% concentrate mixture pressed in 14 mm cobs with 50% barley straw. The straw was either untreated or treated in three different ways with 5% NaOH, with 5% NaOH followed by neutralization with HCl or with 10% NaOH + HCl. The experiment was planned to include feed intake, growth, water metabolism, digestibility, heat production and nitrogen-energy metabolism and the results obtained are presented in this paper.

Materials and methods

Survey of the experiment. Eight castrated SDM-bull calves from the same farm were divided equally into 4 groups each being fed with their experimental diets 3-4 weeks before the balance experiment started. The distribution of the calves, their age and live weight at the beginning of the experiment is shown in Table 4.1.

Experimental diets. All calves were fed with the same type of concentrate mixture (Table 4.2) pressed in 14 mm cobs with 50% chopped barley straw, untreated (A) or treated with either 5% sodium hydroxide (B), with 5% sodium hydroxide being neutralized afterwards with hydrochloride (C) or treated with 10% sodium hydroxide + hydro-

chloride (D). The method is described in detail and discussed by Kristensen et al. (1978). The chemical composition and energy content of the diets is demonstrated in Table 4.3.

Journal of animals. Calf no. 1 showed a decreasing appetite with feed residuals after 5 weeks on the diet, and after 10-12 weeks all calves had a decreasing, varying appetite. Calves n. 4 and 8 had a mild case of bloat which was treated successfully with acetyl-tributylcitrate.

Experimental techniques. The balance experiment included 8 consecutive periods each consisting of a 7 day preliminary period followed by a collection period of 7 days. Caused by working conditions (Christmas time) an intermediary period of 2 weeks was inserted between period V and VI, by which the total experimental time was 18 weeks. The calves were kept constantly in individual metabolic crates and registration of feed and water intake, collection of faeces and urine and storing of the samples taken followed the usual technique of the Institute as described by Thorbek (1980). By means of the respiration unit for cattle Thorbek & Neergaard (1970) and Thorbek (1980) the gas exchange was measured individually in 24-h respiration experiments placed in the middle of each balance period. The temperature in the chambers as in the stable was kept about 20°C with a relative humidity from 65-70%. The calculations were carried out according to Brouwer (1965). Caused by technical errors the following periods were excluded: 6-I, 1-V, 7-VI and 8-VII, by which the whole experiment included a total of 60 balance periods.

Results.

Feed intake and growth. The mean feed intake for each calf in the different periods is given in Table 5.1. The figures show that all calves, except for no. 1, were able to increase their feed intake with the stipulated amount of 0.5 kg feed/period from period I-IV, but then caused by the reduced appetite, this increment could not be kept in the remaining part of the experiment.

The calves were weighed in the middle of each period after the conclusion of the respiration experiment. (Fig. 5.1). The weight curves showed a reduced live weight gain in the later periods. A comparison between period I-V and VI-VIII (Table 5.2) gave a mean live weight for all calves of 183 ± 3.5 kg (SEM) at the beginning of the experiment (Week 0) increasing to 241 ± 2.8 kg by the conclusion of period V (Week 10), corresponding to a daily live weight gain of 831 ± 39 g. In the second part of the experiment the mean live weight was 247 ± 3.2 kg (Week 12) increasing to 268 ± 4.2 kg by the end of the experiment (Week 18), and the daily live weight gain was only 503 ± 56 g. The difference of 328 g between the two part of the experiment was highly significant ($P < 0.001$).

Water metabolism. The intake of water as drinking water was registered daily by a water-gauge and the water intake in feed and water excretion in faeces and urine was calculated from the amount and the chemical analyses. The calves in each group showed the same pattern and the mean values of the water metabolism for the groups during the experimental time was calculated as demonstrated in Fig. 5.2. The water gauge for group D was out of function in period II-V so no values for drinking water can be given. The curves showed rather constant values for each group in all periods and the mean values for period I-VIII was calculated for the 4 groups in question as shown in Table 5.3. The mean water intake was about 21 l/d for group A, increasing with about 73% for group B to 36 l/d and with 25% for group C to 27 l/d. The water excretion in faeces was not influenced by the water intake, but the amount of urine increased from 5.8 l/d in group A to 19.5, 11.3 and 16.5 l/d for group B, C and D, respectively. A t-test was carried out for differences between groups in their water metabolism and the results are shown in Table 5.4.

Digestibility. The digestibility of nutrients and energy in the 4 experimental diets was determined individually in all periods. No significant differences were found between calves on the same diet and no tendency to decreasing or increasing values through the experimental time was observed. Mean values were therefore cal-

culated for each group in period I-VIII as demonstrated in Table 5.5. The digestibility coefficients showed the following succession D > C > B > A except for the digestibility of nitrogen where the succession was A > C > D > B. Indicating an improvement in the digestibility of nutrients and energy in the diets where straw had been treated with sodium hydroxide, except for nitrogen where the influence was negative. A t-test was carried out on the differences between groups and the results are shown in Table 5.6.

Gas exchange and heat production. The gas exchange depends on the metabolic live weight of the animal and its feed intake. In ad lib. fed experiment in which the animals normally increase their feed intake in relation to their size the gas exchange is often only related to the metabolic live weight of the animal. In the present experiment in which the calves were unable to follow the stipulated increment in feed intake it was found more relevant to express the gas exchange in relation to intake of organic matter (IOM), as demonstrated in Fig. 5.3.

The curves for CO_2 -production, O_2 -intake and heat production (HE, RE) based on the gas exchange showed for each group rather constant values in period I-V. In the later periods the curves increased for the calves receiving alkali-treated straw (B, C and D) while they declined for the control group (A). The CH_4 -production showed in contrast fairly constant values through the whole experimental time for group A, while a greater variation but with no pronounced tendency was found for the other groups.

Based on the individual measurements of CO_2 -production, O_2 -consumption, heat production and intake of organic matter mean values for each group of gas exchange and heat production in relation to intake of organic matter was calculated for period I-V, and the results are shown in Table 5.7 together with the results obtained in period VIII. For all groups the mean values for period I-V were $404 \pm 2.3 \text{ CO}_2$, l/kg IOM, $393 \pm 1.9 \text{ O}_2$, l/kg IOM and $8.22 \pm 0.038 \text{ MJ/kg IOM}$ and the mean respiration quotient was 1.03. By the conclusion of the experiment (VIII) the same levels were kept by the con-

trol group (A), while the other groups showed an increment to about 474 litres CO_2 and 487 litres O_2 with the heat production increasing to 10.1 MJ all in relation to intake of organic matter. The increment in oxygen intake was higher than the carbondioxide production causing a respiration quotient of 0.97 in this period. A t-test between the groups concerning differences in gas exchange and heat production was carried out and the results are shown in Table 5.8.

In all periods the CH_4 -production in relation to IOM was higher for the control groups than for the groups receiving alkali-treated straw. The mean values for the 4 groups are shown in Table 5.9 together with the results of a t-test between differences. The CH_4 -production was in average 38.9 ± 0.31 l/kg IOM for group A decreasing to 33.4 ± 0.65 l/kg IOM for group B.

Nitrogen metabolism: The nitrogen intake (IN) as well as the nitrogen excretion in faeces (FN) and urine (UN) was determined individually for all calves through all periods. The calculation of digested nitrogen, $\text{DN} = \text{IN} - \text{FN}$ and retained nitrogen, $\text{RN} = \text{IN} - (\text{FN} + \text{UN})$ showed that mean values could be calculated for each group from period I to VIII as shown in Fig. 5.4. Estimated values for maximal nitrogen retention, based on a quadratic function of $\text{RN}_{\text{max.}} \text{ g/d} = 1.276 \times \text{kg}^{0.75} - 0.00871 \times \text{kg}^{1.50}$ found in earlier experiments, Thorbek (1980), are shown as well.

The control group (A) showed a fairly constant nitrogen retention around 24 g/d until period VIII in which the retention increased to 34 g. The groups receiving alkali-treated straw (B, C and D) had a higher nitrogen retention in the first periods, starting with about 29 g/d increasing to a maximum about 36 g/d, but then the RN-values decreased ending by 15.1, 8.8 and 14.0 g/d in period VIII for group B, C and D, respectively.

The mean values for each group concerning nitrogen retention and nitrogen utilization (RN/DN) in periods I-V are shown in Table 5.10 together with the values for period VIII. A t-test on the differences between the groups in periods I-V was carried out with the results demonstrated in Table 5.11. All groups on alkali-treated straw

showed in period I-V a mean nitrogen retention being 5.7-7.7 g higher per day than the control group and a better nitrogen utilization with values from 5.0-8.2%-units, with all differences being highly significant. Between the 3 groups on alkali-treated straw no significant differences were found.

..... Based on the individual measurements of intake of energy (GE) and energy loss in faeces (FE), urine (UE) and methane (CH_4E) calculations of metabolizable energy (ME) were carried out for all calves in all periods as $ME = GE - (FE + UE + \text{CH}_4\text{E})$. The total retained energy (RE) was calculated from the measurements of the nitrogen and carbon balances, and the heat production (HE CN) was calculated as differences between metabolizable energy and retained energy, $HE, CN = ME - RE$. The calculations showed that mean values could be taken for each group in the different periods as shown in Fig. 5.5.

The metabolizable energy was about 46 MJ/d in period I for all groups increasing steadily to about 60 MJ in period VIII for group A, while group B reached a maximum of 64 MJ in period VI, and then ME declined to 55 MJ in the two last periods. In group C ME increased to 60 MJ in period V then declining to 48 MJ in period VIII. In group D a maximum of 59 MJ was obtained in period V and then ME declined to 50 MJ in the last period.

The energy retention showed a fairly constant level of 16-18 MJ/d in period I-V for group A, B and C. Then in the later periods the retention decreased to about 9-10 MJ for group B and C, while the control group (A) increased to 19 MJ in period VIII. Group D varied around 21 MJ in period I-V but then the retention decreased to about 12 MJ in period VIII. In contrast the heat production increased more steadily for all groups through the experimental time.

The metabolizability (ME/GE) of the different diets showed fairly constant values for each compound through all periods. Mean values for period I-VIII were then calculated for each group and t-test on differences was carried out as shown in Table 5.12. The mean metabolizability for group A receiving untreated straw was 52.9%

while it increased for the groups with alkali-treated straw in their diets to 54.6, 55.7 and 58.0% for B, C and D, respectively. The differences being significant to highly significant.

The energy retention (RE) was calculated as mean values for each group from period I-V together with the values for the efficiency of utilization of metabolizable energy (RE/ME). The figures obtained are given in Table 5.13 as well as the values for period VIII. A t-test for differences between groups in period I-V is shown in Table 5.14.

The efficiency of utilization of ME in period I-V was about 32% for group A, B and C while it was 39% for group D. The control group (A) maintained the same efficiency for the whole experimental time while it decreased to 14.6, 18.9 and 21.9% for group B, C and D, respectively in period VIII.

Group B, C and D had in period I-V a higher energy retention and energy utilization than group A, but only the differences of 5.45 MJ and 7.6%-units between group A and D were highly significant ($P < 0.001$), while the other differences were not significant ($P > 0.05$). The differences between groups on alkali-treated straw was not significant between B and C, but significant between group B-D and C-D.

The total energy retention (RE) is the sum of energy retained in protein (RPE) and in fat (RFE) as measured in the nitrogen and carbon balances. The mean values of RPE and RFE for the groups during the experimental time are shown in Fig. 5.6, indicating that RPE in all groups and periods are lower than RFE. The RPE-values varied in period I-V between 3.2 and 5.4 MJ for all groups, and while group A maintained the same values in the following period the groups on alkali-treated straw showed decreasing values with a lowest value of 1.3 MJ for group C.

The RFE-values had an increasing tendency for all groups in period I-V. In group A the values increased from 9.9-14.7 MJ, while the

highest values from 12.7-19.4 MJ was measured for group D. In the following periods the values for the groups on alkali-treated straw decreased to values of 6.5, 8.6 and 9.4 for group B, C and D, respectively, while group A after a slight decrease reached its former value of about 14 MJ in period VIII.

Energy retained in fat in relation to + total energy retention (RFE/RE) showed constant proportions for each group through the whole experimental time. Mean values for period I-VIII were therefore calculated for each group and the figures obtained are shown in Table 5.15 together with the results of a t-test on the differences between groups. Energy retained in fat was about 75% of the total energy retention for all groups with no significant ($P > 0.05$) differences between the groups, which showed that only 25% of the energy was retained in protein.

Discussion

Feed intake and growth. The mean feed intake was about 2.4 kg DM/100 kg live weight for all calves in period I-V. In the following periods the intake decreased to 1.6 kg DM/100 kg for calves no. 3, 7 and 4 from group B, C and D caused by feed residuals, while it only decreased to 2.2 kg for the other calves. The higher values are in accordance with results obtained in experiment with calves from 200-500 kg live weight in which the intake was 2.1-2.5 kg DM/100 kg live weight, Kristensen et al. (1978). The live weight gain was not influenced by feeding alkali-treated straw, but it was very low after 3 months on the diets, compared with values obtained from traditional fed calves, Thorbek (1980). In experiment with calves fed with 40% untreated or treated straw together with hay the mean live weight gain was about 1300 g, Kristensen et al. (1978) from the 200-500 kg live weight. The low live weight gain in the present experiment may partly be explained by lack of any structural feed component causing a low function of the rumen.

Water metabolism. The mean water intake was 3.9 l/kg DM for the control group, being in accordance with other experiments with growing calves, Thorbek (1980). Feeding alkali-treated straw increased the water intake to 6.4 l/kg DM, as found in experiments with cows. Kristensen et al. (1978), while it was not found in experiments with sheep, Agergaard et al. (1984). The mean excretion of urine was 5.8 l/d for the control group, corresponding to 27% of the water intake supposed to be a normal value, Agergaard et al. (1984), but feeding alkali-treated straw increased the amount of urine to about 50% of the water intake.

Digestibility: The digestibility of nitrogen decreased for the groups on treated straw, being in accordance with results obtained in experiment with sheep being fed with 40% alkali-treated straw in the feed compound, Kristensen et al. (1978). The digestibility of the other nutrients and energy in the feed compounds applied was increased for the groups on alkali-treated straw, with the highest increment of 3.7-9.5%-units for group D. Similar improvement has been obtained in experiment with cattle, Kristensen et al. (1978), with sheep, Andersen et al. (1980), Sundstøl (1982) and Agergaard et al. (1984) and with horses, Vorting & Staun (1985).

Gas exchange and heat production. In relation to intake of organic matter the gas exchange and heat production was fairly constant for each group in period I-V, with the highest level for group D. In the following periods the values for group A were still constant, while the gas exchange and heat production increased for the groups on alkali-treated straw, being nearly 25% higher than for the control group in period VIII. The methane production was higher for the control group than for the groups on treated straw, but was not influenced by the length of the experimental time. The metan production was in average 25% higher than from calves fed traditionally, Thorbek (1980).

Nitrogen metabolism. The nitrogen retention was relatively constant for each group in period I-V, but about 30% below the level for maximal retention found in previous experiment with growing calves,

Thorbek (1980). The groups on alkali-treated straw showed a higher nitrogen retention and utilization than the control group in those periods. However, after 3 months on treated straw the excretion of nitrogen in urine increased to such an extent, that the nitrogen retention dropped to about 40% of the control group in period VIII.

Energy metabolism. The metabolizability of the feed compounds applied increased up to 5%-units by feeding treated straw (D) caused by the improved digestibility, in accordance with experiment with sheep in which the metabolizability was improved with 9%-units, Sundstøl (1982). The energy retention and the utilization of metabolizable energy was of the same magnitude for group A, B and C in period I-V, while the energy retenion was about 30% higher for group D. In the following periods the heat production for all calves on alkali-treated straw increased to such an extent that the energy retention was no more than about 50% of the control group in period VIII.

In experiment with sheep, Sundstøl (1982), no influence was found by feeding alkali-treated straw, which may be caused by a short time experiment. Energy retained in fat was 75% of the total energy retention for all groups during the whole experimental time, being higher than in normal fed calves in which the energy retained in fat was about 50%, Thorbek (1980).

8. LITTERATUR

- Agergaard, N., Boisen, S., Neergaard, L., Andersen, P. E. og Ternrud, I. E. (1984). Indflydelsen af NaOH-behandlet halm på omsætningen af kulhydrater, kvælstof og mineralstoffer hos får. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Beretn. 574, 150 pp.
- Andersen, H. R., Andersen, B. B., Møller, E., Klastrup, S., Phillipson, N. og Jensen, A. M. (1980). Fuldfoder med ludbehandlet (NaOH) kontra ubehandlet byghalm til ungtyre. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Medd. 326, 4 pp.
- Brouwer, E. (1965). Report of Sub-Committee on Constants and Factors. Proc. 3rd Symp. on Energy Metabolism, Troon (1964). EAAP Publ. No. 11, 441-443. Academic Press, London.
- Kristensen, V. F., Andersen, P. E., Stigsen, P., Thomsen, K. V., Andersen, H. F., Sørensen, M., Ali, C. S., Mason, V. C., Rexen, F., Israelsen, M. og Wolstrup, J. (1978). Natriumhydroxyd-behandlet halm som foder til kvæg og får. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Beretn. 464, 218 pp.
- Sundstøl, F. (1982). Energy utilization in sheep fed untreated straw, ammonia treated straw or sodium hydroxide treated straw. Proc. 9th Symp. on Energy Metabolism, Lillehammer (1982). EAAP Publ. No. 29, 120-123.
- Technical Bulletin 33. (1975). Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. H.M.S.O., London.
- Thorbek, G. (1969). Studier over energiomsætningen hos voksende svin. I. Opbygning og funktion af et nyt respirationsanlæg for svin. Forsøgsfabrikken, København, Beretn. 373, 46 pp.
- Thorbek, G. (1980). Studies on protein and energy metabolism in growing calves. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Beretn., 498, 104 pp.

- Thorbek, G. og Neergaard, L. (1970). Construction and function of an open circuit respiration plant for cattle. Proc. 5th Symp. on Energy Metabolism, Vitznau (1970). EAAP Publ. No. 13, 243-246. Juris Druck, Zürich.
- Schiemann, R., Nehring, K., Hoffmann, L., Jentsch, W. und Chudy, A. (1971). Energetische Futterbewertung und Energienormen. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- Vorting, M. og Staun, H. (1985). Fordøjeligheden af ubehandlet og kemisk behandlet halm til heste. Statens Husdyrbrugsforsøg, København, Beretn. 594, 21 pp.

9. APPENDIX. OVERVEJELSER VEDRØRENDE VURDERING
AF LUDET HALMS ENERGIVÆRDI

På grundlag af de foreliggende målinger af energiomsætningen hos kalve fodret med fuldfoderblandinger indeholdende 50% ubehandlet eller ludet halm er der foretaget en vurdering af ludet halms energiværdi. Sådanne vurderinger er tidligere foretaget baseret på in-vitro og in-vivo fordøjelighedsforsøg samt på produktionsforsøg med malkekør og ungtyre, Kristensen et al. (1978).

De her omtalte forsøg omfattede 4 typer fuldfoderblandinger bestående af 50% ens sammensatte kraftfoderblandinger presset i 14 mm cobs med 50% finsnittet byghalm, der var ubehandlet (A), behandlet med 5% NaOH (B), behandlet med 5% NaOH efterfulgt af en neutralisering med HCl (C) eller behandlet med 10% NaOH + HCl (D).

En beregning af blandingerne indhold af omsættelig energi (ME) på grundlag af værdierne i Technical Bulletin No. 33 (1975) viste, at kraftfoderblandingen, hvis sammensætning fremgår af Tabel 4.2, indeholdt 12.21 ME,MJ/kg tørstof (DM). Da byghalmen efter samme kilde indeholder 7.3 ME,MJ/kg DM, skulle blanding A således indeholde 9.76 ME,MJ/kg DM. De foretagne målinger af energiomsætningen hos de kalve, der blev fodret med blanding A, viste at denne blanding indeholdt 9.78 ME,MJ/kg DM. Der er således god overensstemmelse imellem de beregnede og de aktuelt mælte værdier for indholdet af omsættelig energi i fuldfoderblanding A.

Af den fremlagte beretning vil det fremgå, at kalvenes energiomsætning, der blev målt i 8 balanceperioder i et 5 måneders forsøg, afveg ganske betydeligt i de sidste to måneder af forsøget i forhold til energiomsætningen i de tre første måneder. Energiindholdet i de anvendte fuldfoderblandinger er derfor vurderet dels på grundlag af resultaterne fra periode I-V og dels fra periode VIII ved forsøgets afslutning.

På grundlag af blandingerne indhold af bruttoenergi (GE), baseret på gennemsnitsprøver fra alle balanceperioder, og de individuelt målte værdier for fordøjelig energi (DE), omsættelig energi (ME) og energi aflejret i protein og fedt (RE) sammenholdt med de individuelt optagne tørstofmængder (DM) er det muligt at beregne energiindholdet i de anvendte fuldfoderblandinger, som vist i Table 9.1.

Tabel 9.1 Fuldfoderblandingernes energiindhold samt deres energieffekt

Blanding nr.	Periode nr.	GE MJ/kg DM	DE MJ/kg DM	ME MJ/kg DM	RE MJ/kg DM
A	I - V	18.48	11.88	9.78 (100)	3.11 (100)
A	VIII	18.48	11.88	9.78 (100)	3.15 (100)
B	I - V	18.05	11.74	9.85 (101)	3.25 (105)
B	VIII	18.05	11.74	9.85 (101)	1.44 (46)
C	I - V	17.93	11.91	9.99 (102)	3.32 (107)
C	VIII	17.93	11.91	9.99 (102)	1.89 (60)
D	I - V	17.66	12.01	10.24 (105)	4.03 (130)
D	VIII	17.66	12.01	10.24 (105)	2.24 (71)

Faldet i GE for blandingerne med ludet halm skyldes det større askeindhold i disse blandinge forårsaget af den anvendte teknik. Indholdet af DE og ME var for de enkelte blandinger identisk for hele forsøgsperioden, idet fordøjeligheden og metanproduktionen var upåvirket af forsøgstidens længde. Indholdet af ME var svagt stigende med indtil 5% ved anvendelse af ludet halm i fuldfoderblandingerne.

Medens blandingerne indhold af omsættelig energi var upåvirket af forsøgstidens længde, var forholdet et ganske andet med hensyn til deres energieffekt, målt ved deres evne til at aflejre energi i protein og fedt (RE). Blanding A med ubehandlet halm fastholdt den samme energieffekt med en gennemsnitlig aflejring på 3.13 MJ/kg

DM i hele forsøgstiden, hvorimod energieffekten af blandingerne med ludet halm var stærkt afhængig af forsøgstidens længde. I de tre første måneder (Per. I-V) medførte anvendelse af ludet halm en energiaflejring på henholdsvis 3.25, 3.32 og 4.03 MJ/kg DM for hold B, C og D, svarende til en forbedring i forhold til blanding A på henholdsvis 5, 7 og 30%. Ved fodring over længere tid faldt energieffekten drastisk for disse blandinger med ludet halm og energiaflejringen var i periode VIII kun 1.44, 1.89 og 2.24 MJ/kg DM for henholdsvis blanding B, C og D. Dette store fald i energiaflejringen skyldtes, som påvist ved respirationsforsøgene, den stærke stigning i varmeproduktionen, der til slut udgjorde omkring 80% af den omsættelige energi.

Udover at fremkalde en vis energiaflejring (Nettoenergi, NE) har foderet dækket kalvenes energibehov til vedligehold, hvorfor dette må inddrages i vurdering af blandingernes totale energiværdi. Sættes energibehovet til vedligehold, udtrykt i nettoenergi (NE_m), til $60.07 \text{ kcal/kg}^{0.75}$, Schiemann et al. (1971), svarende til $250 \text{ kJ/kg}^{0.75}$ kan NE_m beregnes på grundlag af kalvenes gennemsnitlige legemsvægte i de pågældende perioder og derefter i relation til den optagne tørstofmængde. Ved at addere NE_m og RE fås det totale nettoenergi-indhold (NE_{total}) i foderblandingerne og dette kan omregnes til fedningsfoderenheder (F.f.e.), idet 1 F.f.e. kan ansættes til 6900 kJ NE. Resultaterne af de foretagne beregninger er vist i Tabel 9.2.

Tabel 9.2 Fuldfoderblandingernes energiværdi i periode I-V og i periode VIII

Blanding nr.	LW kg	DM kg	NE _m MJ/KG DM	RE MJ/kg DM	NE _{total} MJ/kg DM	F.f.e./ kg DM
Periode I - V						
A	215	5.03	2.79	3.11	5.90	0.86 (100)
B	217	5.33	2.65	3.25	5.90	0.86 (100)
C	207	5.31	2.57	3.32	5.89	0.85 (100)
D	208	5.15	2.66	4.03	6.69	0.97 (113)
Periode VIII						
A	268	5.89	2.81	3.15	5.96	0.86 (100)
B	278	5.77	2.95	1.44	4.39	0.64 (74)
C	267	4.83	3.42	1.89	5.31	0.77 (90)
D	258	4.98	3.23	2.24	5.47	0.79 (92)

Beregningerne viste, at blanding A, B og C i den første fodringsperiode på 3 måneder stort set havde samme foderværdi på omkring 0.86 F.f.e./kg DM, medens blanding D (10% NaOH + HCl) indeholdt 0.97 F.f.e. svarende til en forbedring på 13%. Denne forbedring kunne imidlertid ikke fastholdes ved længere tids fodring med ludet halm, idet foderværdien faldt til henholdsvis 0.64, 0.77 og 0.79 F.f.e./kg DM efter 5 måneders fodring med blanding B, C og D, medens blanding A fastholdt sin værdi på 0.86 F.f.e. Foderværdien af blanding B med 50% ludet halm (5% NaOH) var således 74% af foderværdien for blanding A med ubehandlet halm. En neutralisering af den ludede halm med saltsyre som i blanding C og D forøgede foderværdien af disse blandinger, uden at de dog nåede op på niveau med blanding A.

Da halmen indgik konstant med 50% i fuldfoderblandingerne, og da der ikke anvendtes nogen form for tilskud af strukturfoder, er det muligt at få et vist skøn over selve halmens foderværdi i de enkelte

blandinger. Sættes kraftfoderblandingens foderværdi til 1.1 F.f.e./kg DM, har halmen i blanding A, B, C og D indeholdt henholdsvis 0.62, 0.62, 0.60 og 0.84 F.f.e./kg DM i de tre første måneder af foderstiden. Medens halmens foderværdi blev fastholdt i de følgende måneder for blanding A, faldt den til 0.18, 0.44 og 0.48 F.f.e./kg DM for blanding B, C og D efter 5 måneders fodring.

Denne undersøgelse viste, at fuldfoderblandingernes indhold af fordøjelig energi og omsættelig energi var uafhængig af forsøgstidens længde, ligesom effekten og foderværdien af blanding A var uafhængig af, hvor længe der var fodret med denne blanding. Ved anvendelse af ludet halm i fuldfoderblandingerne var effekten og foderværdien derimod stærkt afhængig af forsøgstidens længde, idet varmeproduktionen steg stærkt efter 3 måneders fodring med disse blandinger, hvorved energiæfleringen faldt ganske betydeligt.

Det må konkluderes, at foderværdien af fodermidler, der er behandlet på en sådan måde, at de eventuelt ændrer dyrenes energiomsætning, ikke kan vurderes alene på grundlag af deres indhold af fordøjelige næringsstoffer, som foreslået af Kristensen et al. (1978). Overfor sådanne fodermidler vil det være nødvendigt at inddrage målinger af dyrenes energiomsætning over en længere foderstidsperiode, for derved at undersøge om der sker en stigning i varmeproduktionen, svarende til en stigning i foderets termiske energi, hvorved dets foderværdi aftager.