

436. Beretning fra Statens Husdyrbrugs forsøg

K. Vestergaard Thomsen og J. Henriksen

Laboratoriemetoder til vurdering af fo- dermidlers og foderblandingers energetiske næringsværdi til drøvtyggere

Laboratory methods for evaluation of the energy value of
feedstuffs and feed compounds for ruminants

With English summary and subtitles



I kommission hos Landhusholdningsselskabets forlag,
Rolighedsvej 26, 1958 København V.

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri 1976



Forord

Denne beretning omhandler undersøgelser over forskellige analysesystemer til en laboratiemæssig vurdering af fodermidlers og foderblandingers energiske næringsværdi til drøvtyggere. Fremskridt på foderteknologiens område og den stadige tilkomst af nye fodermidler, særligt i relation til kvægbrugets rolle som udnytter af biprodukter, stiller øgede krav til forskning og kontrol for at sikre forbrugerne, og en forbedring af de eksisterende laboratiemetoder er en nødvendighed.

De i beretningen omtalte resultater er et led i en række undersøgelser, der for tiden udføres ved afdelingen med henblik på at undersøge hvilke kemiske analyser og andre laboratiemæssige bestemmelser, der er nødvendige og tilstrækkelige til vurdering af fodermidlers og foderblandingers energetiske næringsværdi.

Beretningen er udarbejdet af videnskabelig assistent, lic. agro. K. Vestergaard Thomsen og agronom J. Henriksen. En del af det foreliggende arbejde er udført af stud. agro. J. Henriksen som led i udarbejdelse af hovedopgave i kvæggets avl og fodring 1975.

Såvel ludbehandlingen af halm som fremstillingen af foderblandinger er foretaget på Bioteknisk Institut i Kolding, der ligeledes har udført bestemmelserne af cellulasedbrydeligt stof. Foderstofanalysen er udført på Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums afdeling for dyrefysiologi, biokemi og analytisk kemi. Øvrige analyser er udført på centrallaboratoriet for in vitro fordøjelighed m.v., Trollesminde, hvor assistenterne Ina Brendstrup, Nina Göranson og Edith Olsen har medvirket. Kontorassistent Birgitte Hansen har renskrevet manuskriptet.

København, februar 1976.

A. Neimann-Sørensen

INDHOLDSFORTEGNELSE

Indledning	5
Materiale og metoder	9
Resultater og diskussion	10
Sammendrag og konklusion	21
Summary and conclusion	22
Engelsk ordliste (list of translation)	23
Litteraturliste	24
Appendix	26

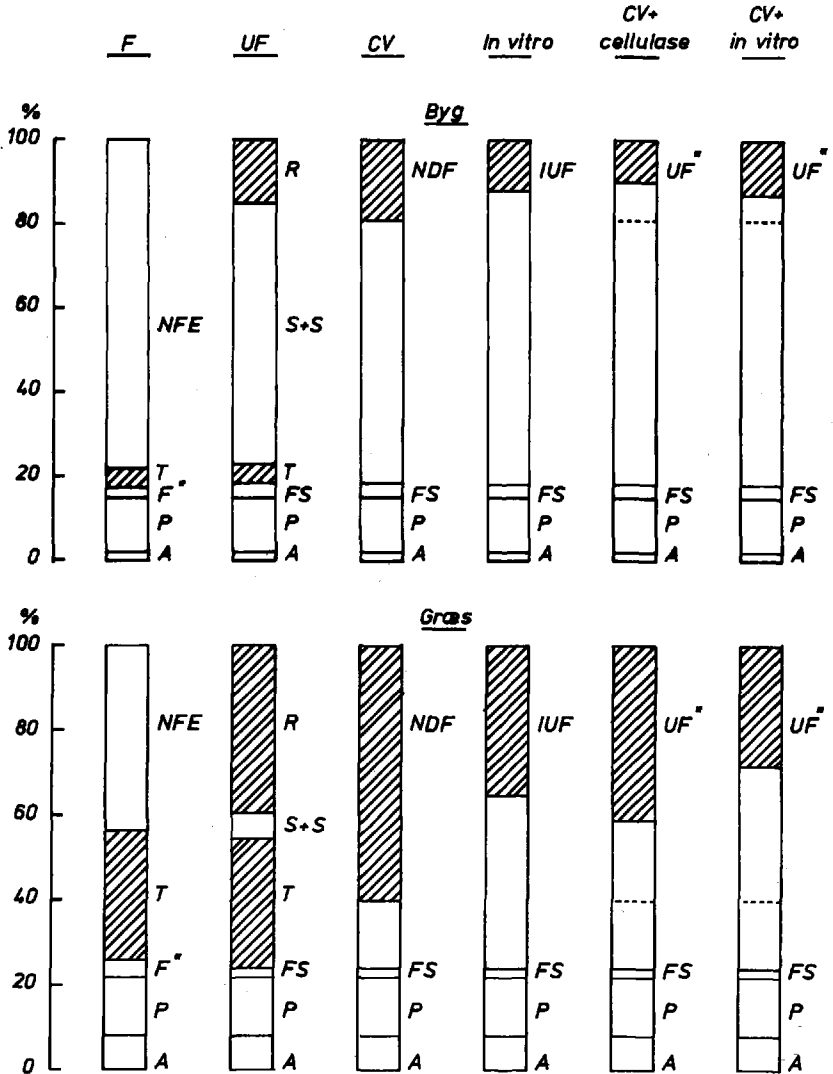
Indledning

Det kemisk analytiske grundlag for vurdering af fodermidlers energetiske næringsværdi til husdyr har i mange år været baseret på en foderstofanalyse, der indebærer en analytisk bestemmelse af tørstof, råaske, råprotein ($N\% \times 6.25$), råfedt og træstof. Stofgruppen de kvælstoffrie ekstraktstoffer beregnes som differens. Beregningen af den energetiske næringsværdi (skandinaviske foderenheder) foretages herefter med anvendelse af fordøjelighedskoefficienter for de enkelte organiske stofgrupper og korrektion med værdital. Værditallet kan enten være beregnet ud fra træstofindholdet eller være fastlagt ved et produktionsforsøg.

Ved fodringsforsøg foreligger der sjældent bestemmelse af fordøjeligheden af de fodermidler, der indgår i forsøget, eller af den samlede foderration. Fordøjelighedskoefficienterne må derfor i de fleste tilfælde fremskaffes ved opslag i egnede tabelværker. Dette beregningssystem har følgende ulemper: Et givet fodermiddels variationsområde er ikke tilstrækkeligt angivet i eksisterende tabelværker. Kendskab til en foderblandings sammensætning (mængden af de enkelte fodermidler, der indgår i blandingen) er nødvendig. Nye fodermidler, hvis fordøjelighedskoefficienter og værdital ikke findes i tabelværker, kan ikke vurderes ved kun at udføre foderstofanalysen i den traditionelle form. I 371. beretning fra Forsøgslaboratoriet har Frederiksen (1969) angivet en række beregningsformler til brug for beregning af den energetiske næringsværdi i græsmarksafgrøder, roer og roetop. Med kendskab til den kemiske sammensætning og brug af disse formler kan den energetiske næringsværdi (skandinaviske foderenheder) beregnes og således forbedre de førnævnte ulemper ved brug af tabelværker.

Det ville imidlertid være ønskeligt, om der kunne findes frem til laboratoriemetoder, der i højere grad giver udtryk for fodermidlers eller foderblandingers energetiske næringsværdi end foderstofanalysen med korrektion for fordøjelighed og med værdital, idet denne korrektion i mange tilfælde er af meget væsentlig betydning for den endelige angivelse af den energetiske næringsværdi.

Som analytisk vurderingsgrundlag til enmavede pattedyr og fugle har Thomsen (1972) derfor foreslået, at foderstofanalysen udvides med en analytisk bestemmelse af stivelse (evt. stivelse + sukker) og en bestemmelse af fedtsyreindhold i stedet for råfedt. Bestemmelse af fedtindholdet i foder og gødning har været undersøgt med hensyn til valg af den mest hensigtsmæssige analytiske metode (Thomsen 1965, 1969, 1971 og 1972). Det blev her vist, at det bedste



Figur 1. Forskellige analysesystemer til vurdering af næringsværdien i fodermidler.
Various analytical systems for evaluation of nutritive value in feedstuffs.

F: Foderstofanalysen.

UF: Udvidet foderstofanalyse.

CV: Cellevægsbestanddele (NDF).

CV + cellulase: Bestemmelse af cellevægsbestanddele med efterfølgende bestemmelse af disses cellulasenedbrydelighed.

CV + in vitro: Bestemmelse af cellevægsbestanddele med efterfølgende bestemmelse af disses in vitro fordøjelighed.

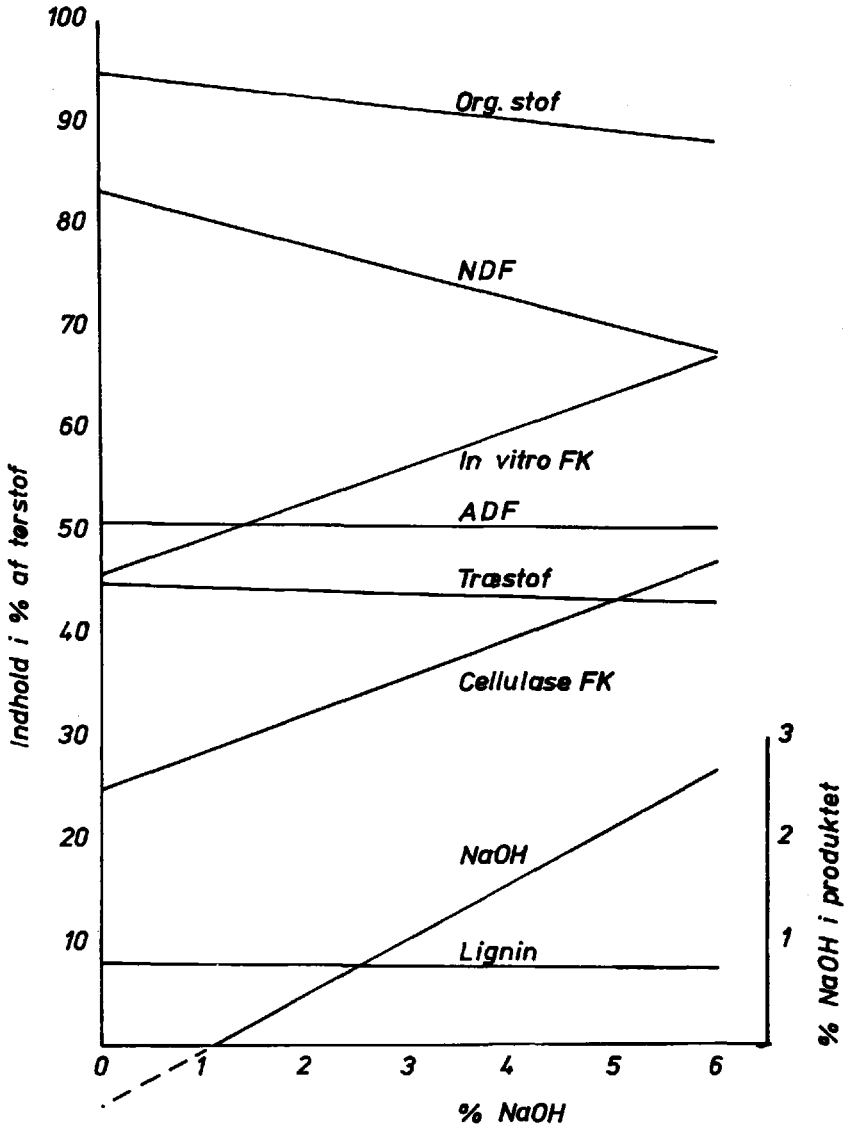
NFE: Kvælstoffrie ekstraktstoffer. T: Træstof. F: Råfedt. P: Råprotein. A: Aske. S + S: Stivelse + sukker. FS: Fedtsyrer. IUF: In vitro ufordøjeligt org. stof. UF*: Ufordøjeligt org. stof.

udtryk for fedtindholdet fås ved at bestemme fedtsyreindhold efter en forudgående hydrolyse med saltsyre før ekstraktion med æter. Endvidere blev det vist, at æterekstraktion med forudgående saltsyrehydrolyse er nødvendig for at få alt fedtet ekstraheret. I et senere arbejde (Thorbek og Henckel 1975) bekræftes dette, når det drejer sig om foder og svinegødning. I gødning fra drøvtyggere fastslår Thorbek og Henckel (1975), at det er nødvendigt at foretage dobbelt ekstraktion (æterekstraktion + saltsyrehydrolyse med efterfølgende æterekstraktion på det en gang æterekstraherede materiale) og begrunder dette med en bedre overensstemmelse mellem det beregnede og det fundne energiindhold. Det er imidlertid tvivlsomt, om denne antagelse er rigtig, idet der ikke er taget hensyn til den større ligninkoncentration, der findes i gødning fra drøvtyggere sammenlignet med gødning fra enmavede pattedyr og fugle. (Cellulose, hemicellulose: ca. 4100 kcal/kg; lignin: ca. 6500 kcal/kg. Schramm og Bergner 1969, cit. af Thomsen 1973 og Thomsen et al. 1973).

Den af Thomsen (1972) foreslåede foderstofanalyse indebærer, at fodermidler kan opdeles i to principielt forskellige stofgrupper, hvoraf den ene er fedtsyrer + protein + stivelse + sukker og den anden træstof + restfraktion. Førstnævnte stofgruppe har mulighed for at kunne udnyttes, idet husdyrene udskiller fordøjelsesenzymer, der kan nedbryde denne stofgruppe til absorberbare komponenter (fedtsyrer, monoglycerider, aminosyrer og glukose samt fruktose m.v.).

Sidstnævnte stofgruppe (træstof + restfraktion) kan for størstedelens vedkommende kun udnyttes ved, at der foregår en mikrobiel omsætning i tarmkanalen, hvorved en del af denne stofgruppe forgæres til absorberbare komponenter (flygtige fedtsyrer m.v.). Den mikrobielle virksomhed i tarmkanalen hos vore husdyr vil være af stigende betydning i følgende rækkefølge: Mink < fjerkræ, pattegrise, spædekulve < slagterisvin < ældre grise < heste < drøvtyggere. Den betydeligste forskel ligger mellem drøvtyggere og ikke drøvtyggere. Den førnævnte udvidede foderstofanalyse er derfor ikke et tilstrækkeligt vurderingsgrundlag, når det drejer sig om drøvtyggere. Problemstillingen har da også været genstand for opmærksomhed, og adskillige forslag til en løsning er fremsat (Jarrige et al. 1966, Van Soest 1963, 1964, 1965, 1965 a, 1965 b, 1966, 1967, 1967 a og 1969, Goering og Van Soest 1970, Thomsen 1972 og 1973 a, Tilley og Terry 1963, Thomsen og Muangcharoen 1973, Guggols et al. 1971, Hartley 1974).

For nærværende må det skønnes, at interessen samler sig om følgende laboratoriemetoder: In vitro fordøjelighed, bestemmelse af cellevægsbestanddele (cellulose, hemicellulose og lignin) samt bestemmelse af cellulasederbrydeligt stof. De nævnte metoder er i denne undersøgelse kombinerede for sammen med den sædvanlige foderstofanalyse at søge belyst, om et eller flere analysesystemer frembyder åbenbare fordele frem for den hidtil anvendte. I figur 1 er der vist seks forskellige analysesystemer: 1. Foderstofanalysen (F). 2.



Figur 2. Analysemetoder til måling af ludbehandlingseffekten i rent halm.
Analytical methods for measurement of the effect of alkali treatment in pure straw.

Udvidet foderstofanalyse (UF). 3. Cellevægsbestanddele evt. opdeling i cellulose, hemicellulose og lignin (CV). 4. In vitro fordøjelighed med fedtkorrektion (in vitro). 5. Cellevægsbestanddele og cellulasedbrydelighed af cellevægsbestanddele (CV + cellulase). 6. Cellevægsbestanddele og in vitro fordøjelighed af cellevægsbestanddele (CV + in vitro).

I figur 1 er disse seks analysesystemer vist for byg og græs (tørstoffets sammensætning). De skraverede felter for systemerne UF's og CV's vedkommende angiver tilnærmelsesvist størelsen af de stofgrupper, der skal nedbrydes ved mikroorganismernes virksomhed for at kunne udnyttes af husdyrene. For systemerne in vitro, CV + cellulase og CV + in vitro angiver de skraverede felter med tilnærmelse mængden af ufordøjeligt organisk stof.

Ved det her foreliggende arbejde er de forskellige analysesystemer (med undtagelse af UF) undersøgt i foderblandinger, hvori der indgik såvel ubehandlet som natriumhydroxidbehandlet byghalm. Det vil derfor være naturligt at fremdrage de undersøgelser, der er udført over mulige laboratoriemetoder til bestemmelse af ludbehandlingseffekten i rent halm (Thomsen et al. 1973, Thomsen 1973, Rexen og Thomsen 1976). Resultaterne af disse undersøgelser er vist i figur 2.

Det fremgår, at forskellen mellem ubehandlet og NaOH-behandlet halm kan registreres ved bestemmelse af NDF (cellevægsbestanddele), in vitro fordøjelighed, bestemmelse af cellulasedbrydeligt stof samt bestemmelse af ikke reageret NaOH, der er tilbage i produktet. Derimod kan ludbehandlingseffekten ikke registreres ved bestemmelse af træstof, lignin eller ADF (cellulose + lignin). Det skal bemærkes, at ludningen af halm er foretaget efter tørludningsmetoden (Rexen 1972, Rexen et al. 1975, Rexen og Thomsen 1976, Thomsen et al. 1973).

Materiale og metoder

Til undersøgelsen blev der fremstillet ialt 39 forskellige foderblandinger med anvendelse af følgende fodermidler: Ubehandlet byghalm, NaOH-behandlet byghalm, sojaskrå, byg, bomuldsfrøkager, bomuldsfrøskrå, melasse og animalsk fedt. I appendixtabel 1 er sammensætningen af de undersøgte foderblandinger angivet. Såvel halmludningen som fremstillingen af foderblandingerne er foretaget på Bioteknisk Institut i Kolding.

I alle foderblandinger samt i ludet halm (5% NaOH), ubehandlet halm, sojaskrå, byg, bomuldsfrøkager og bomuldsfrøskrå er der foretaget følgende analyser:

1. Foderstofanalysen (tørstof, råaske, råfedt, råprotein og træstof).
2. In vitro fordøjeligt organisk stof (Tilley og Terry 1963, modificeret af Frederiksen 1966).

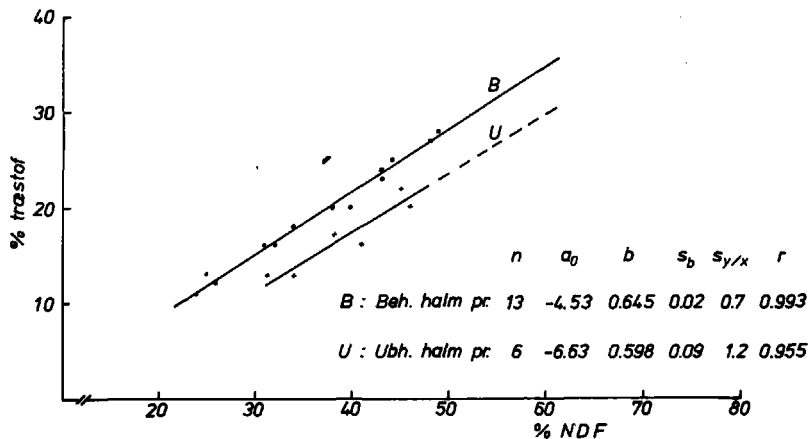
3. Bestemmelse af cellevægsbestanddele (NDF) (Goering og Van Soest 1970).
4. Cellevægsbestanddele med efterfølgende bestemmelse af cellevægsbestanddelenes cellulasedbrydelighed (Guggolz et al. 1971, Thomsen et al. 1973).
5. Cellevægsbestanddele med efterfølgende bestemmelse af cellevægsbestanddelenes in vitro fordøjelighed.

Foderstofanalysen er udført på afdelingen for dyrefysiologi, biokemi og analytisk kemi, København. Bestemmelse af cellulasedbrydelighed er foretaget på Bioteknisk Institut, Kolding. Øvrige analyser er udført på Centrallaboratoriet for in vitro fordøjelighedsbestemmelse m.v., Trollesminde, Hille-rød.

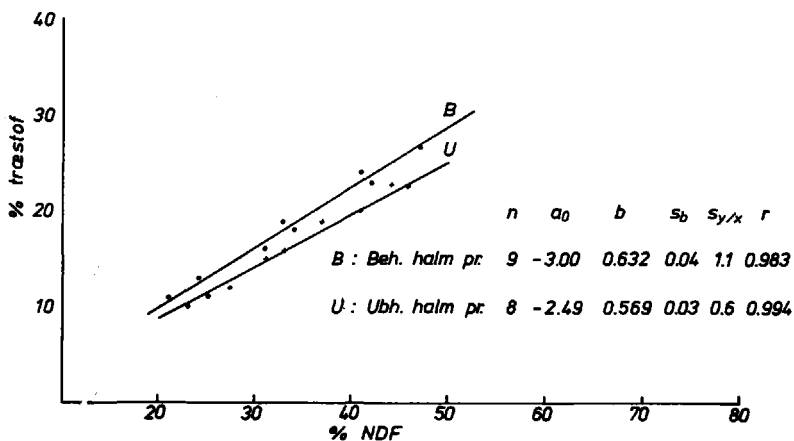
Resultater og diskussion

I appendixtabel 1 er resultaterne fra de udførte foderstofanalyser anført (tørstof, råaske, råfedt, råprotein, træstof og de ved differens beregnede mængder af kvælstoffrie ekstraktstoffer). Endvidere er indholdet af skandinaviske foderenheder anført. Disse er beregnet ud fra tabelværdier for fordøjelighed og værdital for de enkelte fodermidler med undtagelse af ludet halm, hvor fordøjeligheden af organisk stof er sat til 65% (forsøg med får) og værditallet til 75 (Andersen et al. 1970, Kristensen og Andersen 1973).

De øvrige udførte analytiske bestemmelser findes angivet i appendixtabel 2. Endvidere er følgende beregninger anført: 1. In vitro fordøjeligt organisk stof + råfedt. Dette kan begrundes med, at fedt ikke forgæres ved mikrobiel virksomhed i vommen hos drøvtyggere og vil ved invitro analysen sandsynligvis indgå i den ufordøjelige rest (se blanding 21 – 26 og blanding 36 – 39 samt bomuldsfrø-kager, 44). 2. Celleindholdsstoffer + cellulasedbrydeligt organisk stof angivet i procent af tørstof. 3. Celleindholdsstoffer + in vitro fordøjeligt organisk stof angivet i procent af tørstof. Det fremgår af appendixtabel 2, at alle de udførte bestemmelser påvirkes af, om ubehandlet eller NaOH-behandlet halm indgår i blandingerne, og de øvrige komponenter holdes konstante. Endvidere påvirkes resultaterne af mængde og art af de øvrige komponenter. Sidst i tabellen er resultaterne for de enkelte fodermidler anført, og det fremgår, at variationerne mellem blandinger for størstedelens vedkommende kan forklares ved forskellene mellem de indgåede fodermidler. I indledningen er det omtalt, at træstofindholdet i halm enten ikke ændres eller kun ændres svagt som følge af NaOH-behandling, hvorimod indholdet af cellevægsbestanddele falder som følge af NaOH-behandling, hvilket skyldes ændrede opløselighedsforhold. Det er derfor undersøgt, om dette forhold kan anvendes til vurdering af såvel halmindhold som ludningseffekten på det indgåede halm i blandinger.

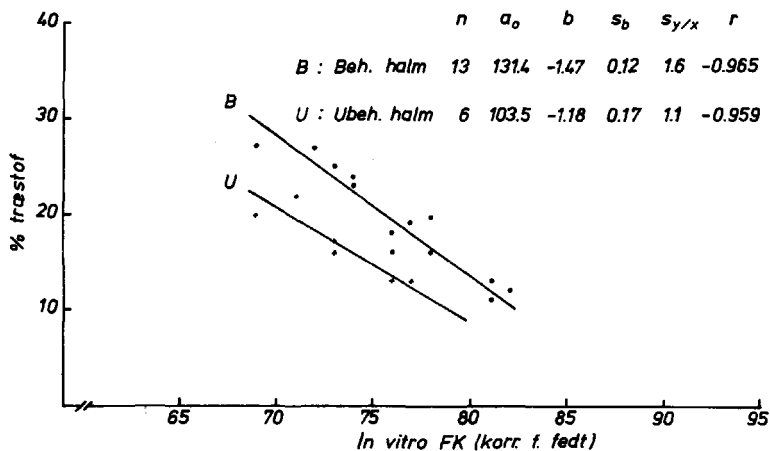


Figur 3. Relation mellem % træstof og % NDF (blandinger med sojaskrå).
Relation between % crude fiber and % NDF (mixtures containing soy meal).

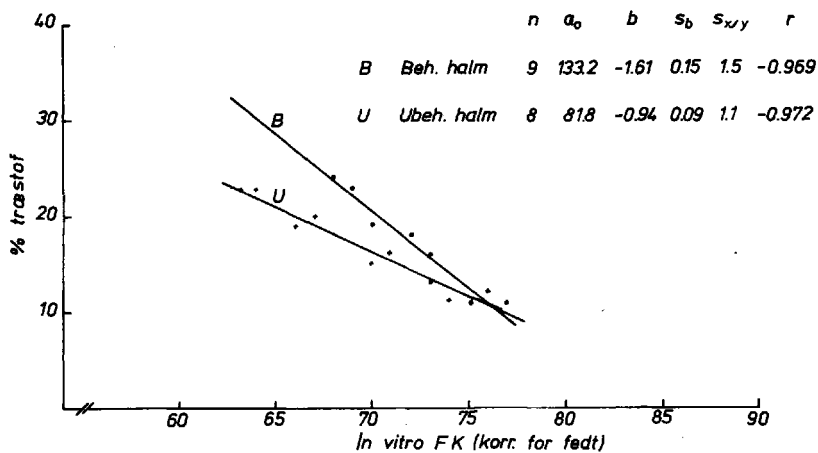


Figur 4. Relation mellem % træstof og % NDF (blandinger med bomuldsfrøprodukter).
Relation between % crude fiber and % NDF (mixtures containing cottonseed products).

I figurerne 3 og 4 er sammenhæng mellem træstofindhold og indholdet af cellévægsbestanddele (NDF) i de undersøgte blandinger vist. Alle blandinger med sojaskrå er vist i figur 3, og alle blandinger med bomuldsfrøprodukter er vist i figur 4. Det fremgår, at sammenhæng mellem træstofindhold og indhold af cellévægsbestanddele er afhængig af, om behandlet eller ubehandlet halm indgår. Endvidere vil mængde og art af ikke halmkomponenter have indflydelse på denne sammenhæng.



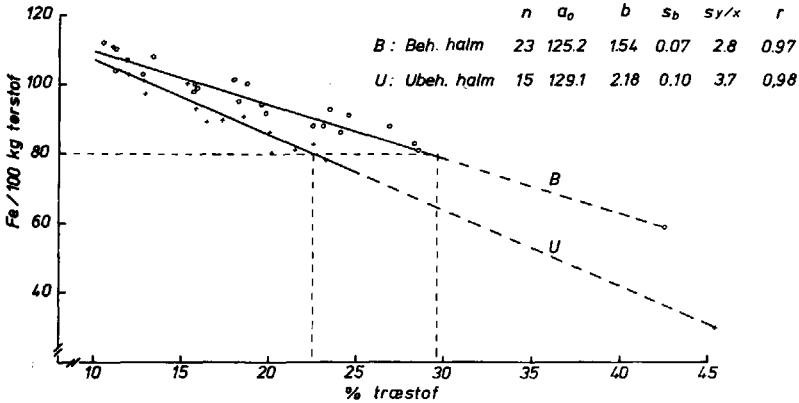
Figur 5. Relation mellem % trøstof og in vitro fordøjelighed (blandinger med sojaskrå).
Relation between % crude fiber and in vitro digestibility (mixtures containing soy meal).



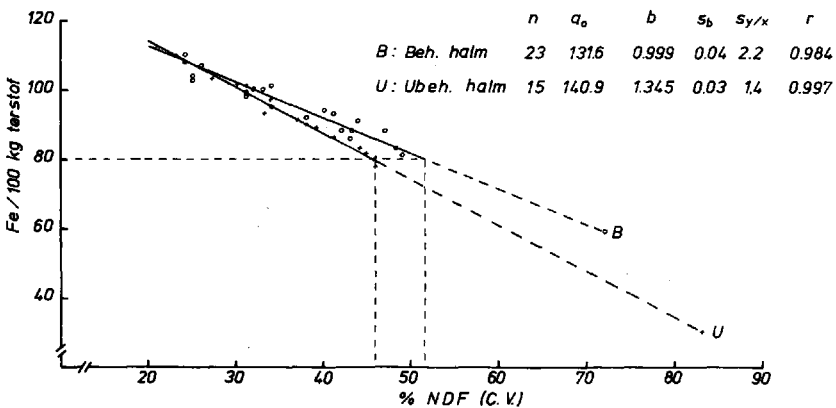
Figur 6. Relation mellem % trøstof og in vitro fordøjelighed (blandinger med bomuldsfrøprodukter).
Relation between % crude fiber and in vitro digestibility (mixtures containing cottonseed products).

Relationerne mellem trøstofindhold og in vitro fordøjelighed er vist i figurerne 5 og 6. Det ses, at relationerne også her er påvirket af, om behandlet eller ubehandlet halm indgår, ligesom mængde og art af ikke halmkomponenter øver indflydelse.

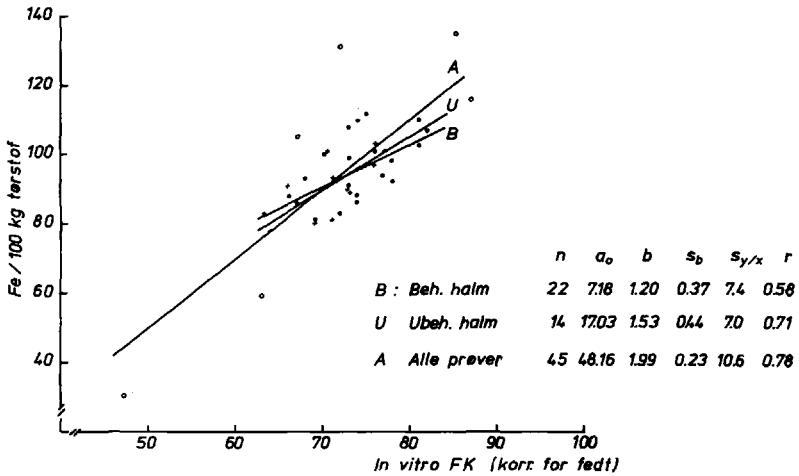
Kendskab til en foderblandings halmindhold og ludningseffekten kan således fås ved at bestemme træstofindholdet samt enten cellevægsbestanddele eller in vitro fordøjelighed. Det fremgår af figurerne, at kendskab til mængde og art af ikke halmkomponenter i foderblandinger er nødvendig, endvidere bliver målemetoderne svage ved lavt halmindhold (under 25%).



Figur 7. Relation mellem indhold af skandinaviske foderenheder og % træstof.
Relation between content of Scandinavian feed units and % crude fiber.

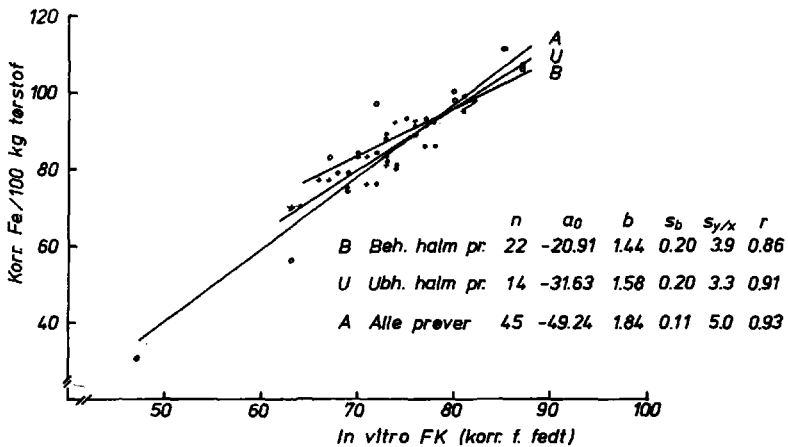


Figur 8. Relation mellem indhold af skandinaviske foderenheder og % cellevægsbestanddele (NDF).
Relation between content of Scandinavian feed units and cell wall constituents (NDF).



Figur 9. Relation mellem indhold af skandinaviske foderenheder og in vitro fordøjelighed korrigeret for fedtindhold.

Relation between content of Scandinavian feed units and in vitro digestibility corrected for fat content.



Figur 10. Relation mellem korrigerede foderenheder og in vitro fordøjelighed korrigeret for fedtindhold.

Relation between corrected feed units and in vitro digestibility corrected for fat content.

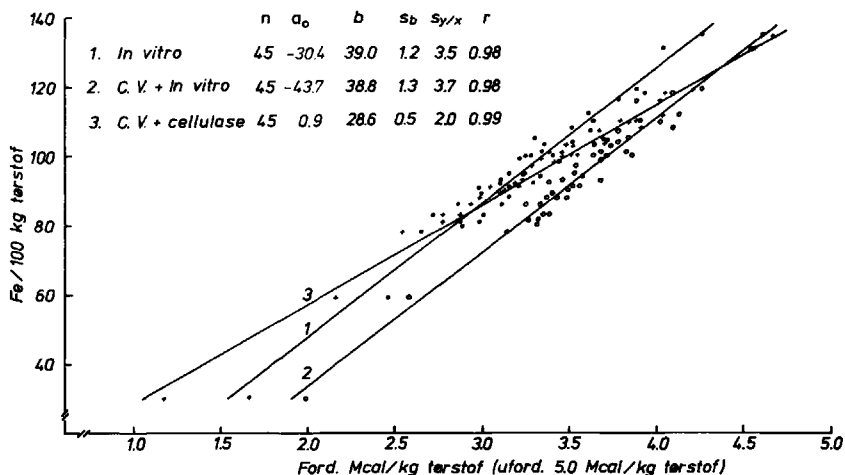
De i indledningen omtalte analysesystemer til vurdering af fodermidlers og foderblandingers næringsværdi til drøvtyggere er undersøgt med hensyn til relation til det beregnede indhold af skandinaviske foderenheder. Figur 7 viser relationen mellem indholdet af foderenheder og træstof. Resultaterne viser, at fodermiddelvurdering på grundlag af træstofindhold svigter, når det drejer sig om ludbehandlet halm. Dette er tidligere fundet i ren, ludbehandlet halm (Thomsen et al. 1973, Thomsen 1973, Rexen og Thomsen 1976), hvilket også hermed viser sig at være tilfældet i foderblandinger, hvori ludbehandlet halm indgår. Relationen mellem cellevægsbestanddele (NDF) og foderenheder er vist i figur 8. Det ses, at det lavere indhold af cellevægsbestanddele (NDF) i ludbehandlet halm end i ubehandlet ikke er tilstrækkeligt til at kompensere for den højere næringsværdi (foderenheder) i ludbehandlet halm. Bestemmelse af cellevægsbestanddele (NDF) kan således ikke anvendes som erstatning for træstofanalysen i foderblandinger, hvori halm (ubehandlet eller ludbehandlet) indgår. Sammenhæng mellem foderenheder og in vitro fordøjeligt organisk stof korrigeret for fedtindhold fremgår af figur 9. Det ses, at denne sammenhæng er dårlig (lave korrelationskoefficienter: blandinger med behandlet halm $r = 0.58$, blandinger med ubehandlet halm $r = 0.71$ og for alle undersøgte blandinger og fodermidler $r = 0.78$). Der kan imidlertid ikke forventes en god sammenhæng, medmindre der korrigeres for forskellig kemisk sammensætning (protein og fedt). Ved beregningen af foderenheder ganges de fordøjelige mængder med følgende forholdstal: råprotein 1,43, råfedt-oliekager 2,41, råfedt-korn 2,12, råfedt-grovfoder 1,91. Ved korrektion af råprotein og råfedt til samme energiværdi som kulhydrater (1,00) kan der udregnes korrigerede foderenheder. I figur 10 er vist relationen mellem de således korrigerede foderenheder og in vitro fordøjeligt organisk stof korrigeret for fedt. Det fremgår, at korrelationerne forbedres betydeligt (blandinger med behandlet halm $r = 0,86$, blandinger med ubehandlet halm $r = 0,91$ og for alle undersøgte blandinger og fodermidler $r = 0,93$).

Korrektionen af foderenheder bør nok erstattes med en korrektion af in vitro fordøjeligheden for forskellig kemisk sammensætning, og det vil være formålstjenligt at foretage denne på kaloriebasis. Indholdet af in vitro fordøjelig energi kan beregnes ved at trække den in vitro ufordøjelige energimængde fra bruttoenergiindholdet (beregnet ud fra den kemiske sammensætning, protein: 5700, fedt: 9500 og NFE: 4100 g cal/g). Ved in vitro bestemmelsen med fedtkorrektion foreligger der en bestemmelse af in vitro ufordøjeligt organisk stof. Problemet er derfor, hvilken energiværdi der er den mest hensigtsmæssige. Med hensyntagen til en formodet høj fordøjelighed af protein og fedt og hensyntagen til ligninkoncentrering i gødning vil værdien 5000 kcal/kg skønnes rimelig (vil blive diskuteret senere).

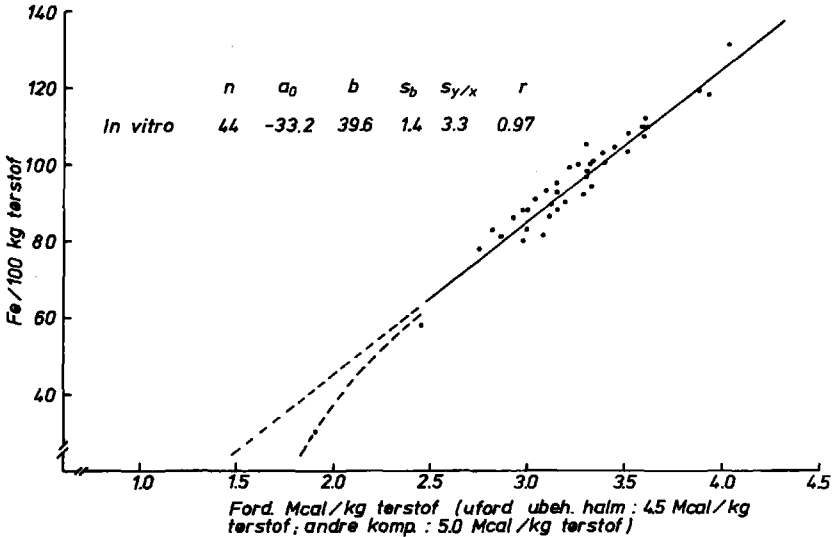
Foruden in vitro fordøjelighed er der som tidligere omtalt i denne undersøgelse foretaget analyser, ud fra hvilke der kan foretages en beregning af en for

drøvtyggere ikke anvendelig del af et fodermiddel (i indledningen omtalt som analysesystem CV + cellulase og CV + in vitro). Beregning af anvendelig energi (fordøjelig) kan derfor i det foreliggende materiale foretages ud fra tre forskellige analysesystemer med anvendelse af værdien 5000 kcal/kg for den ikke anvendelige del (ufordøjelig). Sammenhæng mellem de på denne måde beregnede, anvendelige (fordøjelige) energimængder og indholdet af foderenheder er vist i figur 11. 1: In vitro. 2: Cellevægsbestanddele med efterfølgende in vitro bestemmelse af disses fordøjelighed (CV + in vitro). 3: Cellevægsbestanddele + cellulasedbrydelighed af disse (CV + cellulase).

Det fremgår, at korrelationerne mellem de på den angivne måde beregnede, anvendelige kalorier og f.e. er høje ($r = 0,98$, $r = 0,98$ og $r = 0,99$). Ved beregningerne er alle undersøgte blandinger og fodermidler medtaget (ialt 45). Det ses endvidere, at kurve 1 (in vitro) og kurve 2 (cellevægsbestanddele + in vitro fordøjelighed af disse (CV + in vitro)) er parallelt forløbende med en afstand af ca. 14 foderenheder og ca. 350 anvendelige kcal/kg. Dette skyldes, at bestemmelse af cellevægsbestanddele med efterfølgende bestemmelse af disses in vitro fordøjelighed i gennemsnit for det undersøgte materiale giver ca. 7% højere fordøjelighed end in vitro fordøjelighedsbestemmelse udført direkte på prøverne og kan sandsynligvis forklares med, at fordøjeligheden af celleindholdsstofferne ikke kan påregnes at være 100%, som antaget ved anvendelse af analysesystem CV + in vitro og analysesystem CV + cellulase.



Figur 11. Relation mellem indhold af skandinaviske foderenheder og fordøjelig energi (1. In vitro, 3. CV + in vitro, 3. CV + cellulase).
Relation between content of Scandinavian feed units and digestible energy (1. In vitro, 2. CV + in vitro, 3. CV + cellulase).



Figur 12. Relation mellem indhold af skandinaviske foderenheder og in vitro fordøjelig energi.

Relation between content of Scandinavian feed units and in vitro digestible energy.

Kurve 3, figur 11 viser beregningerne med anvendelse af analysesystem CV + cellulase, og det fremgår, at hældningskoefficienten er lavere end for de to andre beregningssystemer. Dette kan forklares ved at betragte analyseværdierne for fodermidlerne (anført sidst i appendixtabel 2). Det ses, at cellulasebrydeligt stof ligger betydeligt lavere end de tilsvarende in vitro fordøjeligheder for behandlet og ubehandlet halms vedkommende, hvorimod det modsatte på nær bomuldsfrøskrå er tilfældet for de øvrige fodermidlers vedkommende. Dette bevirker, at anvendelsesmulighederne for cellulasebrydelighed af cellevægsbestanddele – den fundne høje korrelation vist i figur 11 til trods – tilsyneladende ikke kan anvendes generelt men indskrænker sig til foderblandinger, hvor enten ubehandlet eller NaOH-behandlet halm er udslagsgivende for foderblandingsens næringsværdi (det her undersøgte materiale). In vitro fordøjeligt organisk stof synes derimod at kunne få mere generel anvendelse. Det anvendte cellulaseenzympræparat virker tilsyneladende specifikt på cellulosefraktionen, hvorimod de enzymesystemer, der arbejder i in vitro-glassene, angriber både cellulose og hemicellulose m. v.

Funktionerne i figur 11 er beregnet som rette linier. Det kan skønnes urimeligt, at næringsværdien (foderenheder) er en retliniet funktion af fordøjeligheden, men dette hænger sandsynligvis sammen med den valgte energiværdi for den ufordøjelige eller uanvendelige del af fodermidlet (5000 kcal/kg). Bruttokalorieindholdet i ubehandlet halm er beregnet til 4072 kcal/kg. In vitro fordøje-

ligheden af organisk stof beregnet i procent af tørstof er fundet til 47,1%. Ligninindholdet i halm kan bestemmes ved forskellige analysemetoder og vil være stærkt afhængig af den anvendte analysemetode. Et sandsynligt skøn vil være 10–15%.

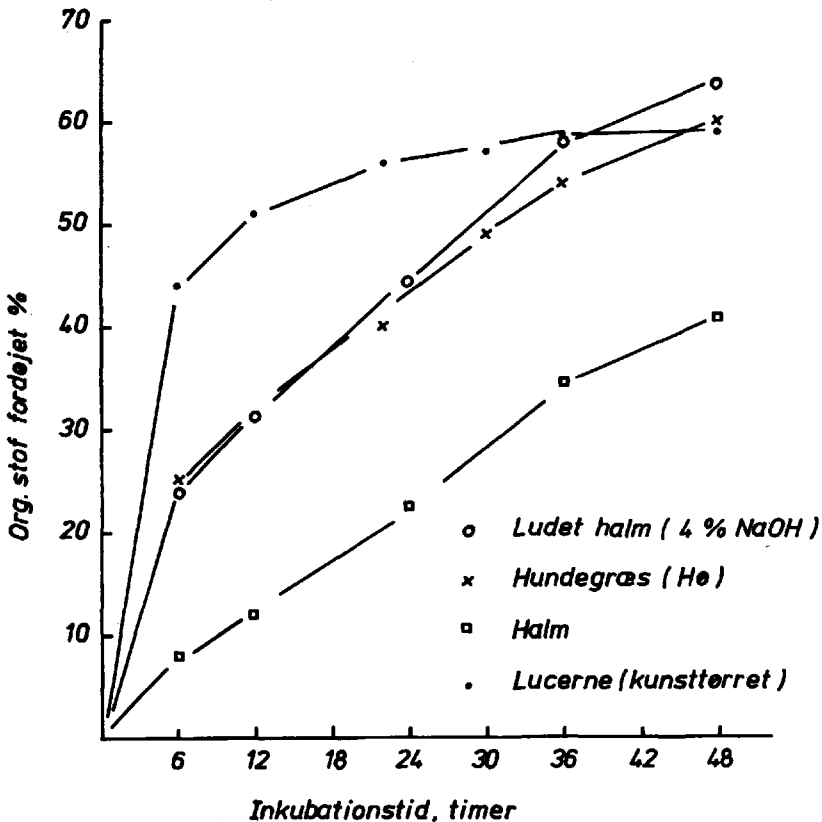
Energiindholdet i lignin er højt (ca. 6500 kcal/kg, Schramm og Bergner 1969), hvorfor energiindholdet i den ufordøjelige mængde af organisk stof vil være højere end energiindholdet i ubehandlet halm. Et sandsynligt skøn vil være, at værdien ligger omkring 4500 kcal/kg. I ludbehandlet halm vil fordøjeligheden af cellulose og hemicellulose være højere end i ubehandlet, hvorved ligninkoncentrationen i den ufordøjelige del vil blive endnu større. Et rimeligt skøn vil være 5000 kcal/kg. Det fremgår, at værdien 5000 kcal/kg, der er anvendt ved de tidligere omtalte beregninger sandsynligvis er for høj for ubehandlet halms vedkommende. Anvendes værdien 4500 kcal/kg for såvel ubehandlet halm alene som for blandinger med ubehandlet halm for de respektive halmprocenters vedkommende, fås det i figur 12 viste kurveforløb. Her ses en antydning af, at kurven er krumliniær. Det ses endvidere, at kurven mellem 60 og 134 foderenheder/100 kg tørstof med god tilnærmelse kan beregnes retliniet. Udelades prøven af ren, ubehandlet halm, fås følgende regressionsligning: $y = 39,6 \cdot x - 33,2$ ($r = 0,97$). Denne er næsten identisk med ligning 1 i figur 11: $y = 39,0 \cdot x - 30,4$ ($r = 0,98$).

I det område, der har størst interesse, kan et fodermiddels eller foderblandings energetiske næringsværdi til drøvtyggere således beregnes efter en bestemmelse af følgende størrelser: Tørstof, aske, råfedt, (evt. HCl-fedt), råprotein (N% x 6,25) samt in vitro fordøjeligt organisk stof. Bruttoenergiindholdet kan i stedet for at beregnes ud fra den kemiske sammensætning bestemmes direkte. Det bemærkes, at denne laboratoriemetode ikke kræver kendskab til, hvilke fodermidler der indgår i blandinger eller den procentiske fordeling. Endvidere må det fremføres, at systemet også har svagheder. Vurderingen baseres på fordøjelig energi (in vitro), og der kan således ikke skelnes mellem stofgrupperes forskellige udnyttelsesgrad til en given produktion (forholdet mellem stivelse + sukker og cellulose + hemicellulose). Med kendskab til en sådan forskellig udnyttelsesgrad kan dette dog afhjælpes ved en analytisk bestemmelse af de nævnte stofgrupper. Værdien 5000 kcal/kg for ufordøjeligt organisk stof er ansat efter et skøn. Dette kan imidlertid forbedres ved en analytisk bestemmelse af ligninindholdet i fodermidlet og lade dette være medbestemmende for hvilken værdi, der bør vælges ved beregning af ufordøjeligt organisk stof's energiindhold. Det kan tilføjes, at der i nogle af foderblandingerne er foretaget energibestemmelse i den rest, der er tilbage efter in vitro fordøjelse og fundet værdier på 5000–5400 kcal/kg.

Ved et omfattende forsøgsarbejde med malkekøer har Moe og Tyrrell (1975) fundet følgende relation mellem nettoenergi til mælkeproduktion og fordøjelig energi: Nettoenergi (Mcal/kg tørstof) = $-0,36 + 0,677 \cdot \text{fordøjelig energi}$

(Mcal/kg tørstof). Omregnes denne ligning til enhederne anvendt i figurerne 11 og 12, fås følgende ligning: Foderenheder pr. 100 kg tørstof = $41,0 \cdot \text{fordøjelig energi} - 21,8$. Ligningen ses at være i rimelig overensstemmelse med ligningerne fundet ved in vitro teknikken. Ligningerne er tilsyneladende næsten parallelt forløbende, hvorfor en relativ vurdering af fodermidlers og foderblandingers energetiske næringsværdi til drøvtyggere tilsyneladende kan udføres ved hjælp af in vitro teknik. Afstanden mellem de to linier skyldes sandsynligvis forskellige forhold, hvoraf kan nævnes vanskeligheder ved en omregning af nettokalorier til mælkeproduktion (Moe og Tyrrell, 1975) til skandinaviske foderenheder (faktoren 1,43 m.v.). Udskillelse af stofskifteprotein og stofskiftedefet hos dyrene kan være en medvirkende årsag til den viste forskel.

Den her fundne relation mellem skandinaviske foderenheder og fordøjelig energi bestemt med de undersøgte analysesystemer gælder foreløbig kun for de



Figur 13. Fordøjelseshastigheden in vitro i nogle fodermidler.
The rate of digestion in vitro for some feedstuffs.

fodermidler, der indgår i undersøgelsen, hvorfor andre fodermidler og blandinger bør underkastes en lignende undersøgelse med henblik på at finde frem til, om een eller flere af analysesystemerne kan anvendes generelt i alle fodermidler og foderblandinger til drøvtyggere.

Et fodermiddels eller foderblandings værdi til drøvtyggere er ikke alene bestemt af den totale fordøjelighed. Den mængde foder, som dyrene kan optage pr. dag, øver også en betydelig indflydelse på værdivurderingen. De faktorer, der påvirker dyrenes foderoptagelse, er sandsynligvis mange. Een af disse er den hastighed, hvormed den mikrobielle nedbrydning i formaverne foregår. Et mål for den mikrobielle omsætningshastighed kan fås ved hjælp af in vitro teknik (Thomsen og Muancheroen 1973, Thomsen et al. 1973, Rexen og Thomsen 1976). Figur 13 viser eksempler på sådanne undersøgelser, og det fremgår, at den hastighed, hvormed den mikrobielle nedbrydning foregår, varierer meget mellem de valgte fodermidler.

De omtalte undersøgelser antyder, at der ligger betydelige muligheder i in vitro analyseteknikken som laboratoriemetode til vurdering af værdien i fodermidler og foderblandinger til drøvtyggere.

Sammendrag og konklusion

Der er foretaget en undersøgelse af følgende laboratoriemetoder til vurdering af fodermidlers og foderblandingers energetiske næringsværdi til drøvtyggere: 1. Bestemmelse af cellevægsbestanddele (CV). 2. Bestemmelse af cellevægsbestanddele med efterfølgende bestemmelse af disses cellulasedbrydelighed (CV + cellulase). 3. Bestemmelse af cellevægsbestanddele med efterfølgende bestemmelse af disses in vitro fordøjelighed (CV + in vitro). 4. In vitro fordøjelighed med fedtkorrektion (in vitro).

I de undersøgte blandinger indgik ubehandlet og ludbehandlet byghalm i varierende mængder. De udførte træstofbestemmelser og bestemmelser af cellevægsbestanddele samt in vitro fordøjelighed viste, at kendskab til disse i et vist omfang kan give oplysning om såvel halmindholdet som ludningseffekten (over ca. 25% halm i blandingen). En udnyttelse heraf er dog betinget af kendskab til art og mængde af andre fodermidler, der indgår i blandingen.

Relationen mellem beregnede foderenheder på 100 kg tørstof og træstofindholdet viste sig at være afhængig af, om ubehandlet eller NaOH-behandlet halm indgik i blandingerne. Træstofindholdet i halm ændres ikke eller kun lidt ved NaOH-behandling (tør-ludningsmetoden). Indholdet af cellevægsbestanddele i halm falder ved ludbehandling (ændrede opløselighedsforhold). Relationen mellem beregnede foderenheder pr. 100 kg tørstof og indholdet af cellevægsbestanddele viste sig i lighed med træstofindholdet at være afhængig af, om ubehandlet eller NaOH-behandlet halm indgik i blandingerne. Det kan derfor konkluderes, at både træstofindhold og indhold af cellevægsbestanddele ikke er velegnede til vurdering af den energetiske næringsværdi i blandinger, hvori indgår NaOH-behandlet halm.

Ved fra bruttokalorieindholdet at trække energimængden i den ufordøjelige (uansendelige) del fås fordøjelig eller anvendelig energi. Ufordøjelig eller uansendelig energi er udregnet ved at ansætte brændværdien for ufordøjeligt eller uansendeligt organisk stof til 5000 kcal/kg.

Relationerne mellem beregnede foderenheder og det således beregnede indhold af fordøjelig eller anvendelig energi fandtes høje. Analysesystem 2, CV + cellulase ($r = 0,99$); analysesystem 3, CV + in vitro ($r = 0,98$); analysesystem 4, in vitro ($r = 0,98$).

Analysesystem 2, CV + cellulase forløber med en hædningskoefficient, der afviger fra de to øvrige analysesystemer. Cellulaseenzymet virker tilsyneladende kun på cellulose, hvorimod enzymsystemerne i in vitro-glassene (levende mikroorganismer) angriber og forgærer alt tilgængeligt materiale. Det kan derfor konkluderes, at in vitro-metoden har større generel anvendelse end CV + cellulase-metoden, selvom sidstnævnte metode tilsyneladende kan anvendes, når ubehandlet eller NaOH-behandlet halm er udslagsgivende for en foderblandings energetiske næringsværdi til drøvtyggere.

Summary and conclusion

Investigations were carried out testing different laboratory procedures in order to evaluate the feed value of various feedstuffs and feed compounds for ruminants. The following treatments were performed: I. Determination of cell wall constituents. II. I followed by treatment with cellulase. III. I followed by in vitro digestibility determination of organic matter (CV + in vitro). IV. Determinations of in vitro digestibility of organic matter using fat correction (in vitro).

Different amounts of untreated and alkali treated barley straw were components in the feed compounds. Determination of fiber content, cell wall constituents and in vitro digestibility showed that these parameters to some extent were able to provide information concerning the straw content in the compounds as well as the effect of alkali treatment, when the straw content exceeded 25% of the compounds. For practical use it will be necessary, however, to know the kind and amount of other feedstuffs in the compound.

The relationship between the calculated content of Scandinavian feed units per 100 kg dry matter and the fiber content was dependent upon whether untreated or NaOH treated straw was part of the compound. The fiber content in straw does not change or changes very little with NaOH treatment (dry alkali treatment). The content of cell wall constituents decreases when the straw is alkali treated (change in solubility). The relationship between the calculated content of feed units per 100 kg dry matter and the content of cell wall constituents showed – like the fiber content – to be dependent on whether untreated or NaOH treated straw was part of the compound. It is therefore concluded that neither fiber content nor cell wall constituents are suitable parameters in determining the energetic feed value of feed compounds if NaOH straw is included in the mixture.

The digestible or available energy is calculated by subtracting the amount of energy in the indigestible (unavailable) from the gross energy content of the feeds. The indigestible or unavailable energy is calculated on the basis that the energy value of indigestible organic matter amounts to 5000 Kcal/kg.

The relationships between the calculated amount of feed units and the calculated content of digestible energy were high. Experimental procedure II, CV + cellulase ($r = 0.99$), experimental procedure III, CV + in vitro ($r = 0.98$) and experimental procedure IV, in vitro ($r = 0.98$).

Procedure II, CV + cellulase, shows a regression coefficient which differs from procedures III and IV. Apparently the cellulase enzyme works on cellulose only, whereas the enzyme system in the in vitro types (living microorganisms) attacks and ferments all available materials. It is therefore concluded that the in vitro technique consists of greater general usefulness than CV + cellulase technique even though the latter method can be used when untreated or NaOH treated straw is responsible for the energetic feed value of a feed compound for ruminants.

List of translation

ADF	Acid detergent fiber
Alle prøver	All samples
Andre komp.	Other components
Aske	Ashes
Beh. halm	Treated straw
Bestemmelse af	Determination of
Cellævægsbestanddele (CV, NDF)	Cell wall constituents
Cellulase FK	Digestibility with cellulase
Cellulasenedbrydelighed	Degradation with cellulase
disses ---	--- of those
F.e./100 kg tørstof	Scandinavian f.u./100 kg dry matter
Fedtsyrer (FS)	Fatty acids
Foderstofanalysen (F)	The feedstuff analysis (Weende)
Ford. Mcal/kg tørstof	Digestible Mcal/kg dry matter
Fordøjelighed	Digestibility
Halm	Straw
Hundegræs	Cocksfoot
I produktet	In the product
In vitro FK	In vitro digestibility
In vitro ufordøjeligt org.st. (IUF)	In vitro indigestible organic matter
Indhold	Contents
Inkubationstid	Incubation period
Korr. for fedt	Corrected for fat
Kvælstoffrie ekstraktstoffer (NFE)	Nitrogen-free extracts
Lucerne (kunsttørret)	Lucerne artificial dried)
Ludet halm	Lye treated straw
Med efterfølgende	Followed by
NDF	Neutral detergent fiber
Org.st.	Organic matter
Org. stof fordøjet	Organic matter digested
Råfedt (F*)	Crude fat
Råprotein (P)	Crude protein
Stivelse + sukker (S + S)	Starch + sugar
Timer	Hours
Træstof (T)	Crude fiber
Tørstof	Dry matter
Ubeh. halm	Untreated straw
Udvidet foderstofanalyse (UF)	Extended feedstuff analysis
Uford.	Indigestible
Ufordøjeligt org.st. (UF*)	Indigestible organic matter

Litteraturliste

- Andersen, P. E., S. Klausen og M. Sørensen, 1970: Tabeller over fodermidlers sammensætning m.m. Det kgl. danske Landhusholdningsselskab.
- Deinum, B. and P. J. Van Soest, 1969: Prediction of Forage Digestibility from some Laboratory Procedures. *Neth. J. Agric. Sci.* 17, 119.
- Frederiksen, J. Højland, 1966: Fordøjelighedsforsøg efter in vitro metoden. *Ugeskrift for Landmænd* 111, 63.
- Frederiksen, J. Højland, 1969: Beregning af foderværdien i græsmarksafgrøder, roer og roetop. 371. beretning fra Forsøgslaboratoriet.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest, 1970: Forages fiber Analysis. *Agriculture Handbook* No. 379, 20 pp.
- Guggolz, J., R. M. Saunders, G. O. Kohler and T. J. Klopfenstein, 1971: Enzymatic evaluation of processes for improving agricultural wastes for ruminant feeds. *J. Anim. Sci.* 33, 167.
- Hartly, R. D., E. C. Jones and J. S. Fenlon, 1974: Prediction of the digestibility of forages by Treatment of their Cell Walls with Cellulolytic Enzymes. *J. Sci. Fd. Agric.* 25, 947.
- Jarrige R., P. Thivend and C. Demarquilly, 1966: Development of a Cellulolytic Enzym Digestion for Predicting the Nutritive Value of Forages. *Proc. 10th Int. Grassld. Congr.*, 762.
- Kristensen, V. Friis og P. E. Andersen, 1973: Foderværdien af NaOH-behandlet halm. *Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums årbog*, 394.
- Moe, P. W. and H. F. Tyrrell, 1975: Efficiency of Conversion of Digested Energy to Milk. *J. Dairy Sci.* 58, 602.
- Rexen, F. P., 1972: Forøgelse af halms fordøjelighed ved kemisk behandling. *Ugeskrift for Agronomer og Hortonomer* 18, 364.
- Rexen, F. P., P. Stigsen and V. Friis Kristensen, 1975: The effect of a new alkali technique on the nutritive value of straw. 9th Conference for Feed Manufacturers, University of Nottingham.
- Rexen, F. P. and K. Vestergaard Thomsen, 1976: The effect on digestibility of a new technique for alkali-treatment of straw. *Animal Feed Science and Technology*. Under trykning.
- Schramm, S. und H. Bergner, 1969: Untersuchungen zu einem neuen Verfahren der indirekten kalorimetrischen Bestimmung des Lignins in Futtermitteln. *Arch. Tierernährung* 19, 281.
- Thomsen, K. Vestergaard, 1965: Foderfedtets indflydelse på fedtsyresammensætningen i æggefedt. Licentiaatafhandling. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.
- Thomsen, K. Vestergaard, 1969: Analytisk bestemmelse af fedtfraktionen i fæces. *Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums årbog*, 252.
- Thomsen, K. Vestergaard, 1971: Vurdering af analytiske metoder til bestemmelse af fedtfraktionen i forbindelse med fordøjelighedsforsøg. *Ugeskrift for Agronomer og Hortonomer* 26/27, 568 og 29/30, 613.
- Thomsen, K. Vestergaard, 1972: Foderstofanalysen. *Ugeskrift for Agronomer og Hortonomer* 16, 316.
- Thomsen, K. Vestergaard, 1973: In vitro - og in vivo fordøjelighed af ludet halm. *Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums årbog*, 384.
- Thomsen, K. Vestergaard, 1973 a: Undersøgelse af fordøjeligheden i foderblanding indeholdende tørret fjerkrægødning. *Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums årbog*, 416.
- Thomsen, K. Vestergaard og V. Muangcharoen, 1973: Undersøgelse af forskellige kemiske metoder til vurdering af græsmarksprodukters næringsværdi til drøvtyggere. *Landøkonomisk Forsøgslaboratoriums årbog*, 401.

- Thomsen, K. Vestergaard, F. Rexen og V. Friis Kristensen, 1973: Forsøg med natriumhydroxid-behandling af halm. Ugeskrift for Agronomer og Hortonomer 25, 436 og 26/27, 467.
- Thorbek, G. og S. Henckel, 1975: Bestemmelse af fordøjelighedskvotienter for råfedt. 51. meddelelse fra Statens Husdyrbrugsforsøg.
- Tilley, J. M. A. and R. A. Terry, 1963: A two-stage Technique for the In Vitro Digestion of Forages. J. Br. Grassld. Soc. 18, 104.
- Van Soest, P. J., 1963: Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds I and II. J. Ass. off. anal. Chem. 46, 825.
- Van Soest, P. J., 1964: New Chemical Procedures for Evaluating Forages, J. Anim. Sci. 23, 838.
- Van Soest, P. J., 1965: Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds III. J. Ass. off. anal. Chem. 48, 785.
- Van Soest, P. J., 1965 a: Voluntary Intake in Relation to Chemical Composition and Digestibility. J. Anim. Sci. 24, 838.
- Van Soest, P. J., 1966: Nonnutritive Residues: A System of Analysis for Replacement of Crude Fiber. J. Ass. off. anal. Chem. 49, 546.
- Van Soest, P. J., 1967: Use of Detergents in the Analyses of Fibrous Feeds IV. J. Ass. off. anal. Chem. 50, 50.
- Van Soest, P. J., 1967 a: Development of a Comprehensive System of Feed Analysis and its Application to Forages. J. Anim. Sci. 26, 119.
- Van Soest, P. J., 1969: Chemical Properties of Fiber in Concentrate Feedstuffs. Proc. Cornell Nutr. Conf. 17.
- Van Soest, P. J. and L. A. Moore, 1965: New Chemical methods for Analysis of Forages for the Purpose of Predicting Nutritive Value. Proc. 9th Int. Grassld. Congr. 783.
- Van Soest, P. J., R. H. Wine and L. A. Moore, 1966: Estimation of the True Digestibility of Forages by the In Vitro Digestion of Cell Walls. Proc. Grassld. Congr., 438.

Appendix

Table 1. Fodermidlernes sammensætning (kvalitativ og kemisk) og indhold af f.e. pr. 100 kg tørstof
Composition of feeds (qualitative and chemical) and amount of Scandinavian feed units per 100 kg of dry matter

Prøve nr.	Halm %	Byg %	Oliekager %	Melasse %	An. fedt %	Tørstof %	% af tørstof					F.e./100 kg tørstof
							Råprotein	Råfedt	N-fri ekstr.	Træstof	Aske	
1	40 -	48	4S	8		90.9	10.6	1.8	63.1	20.1	4.4	80.1
2	30 -	58	4S	8		89.9	11.5	1.9	66.6	16.3	3.8	89.2
3	20 +	68	4S	8		88.7	12.2	2.1	69.3	12.9	3.6	96.6
4	20 +	68	4S	8		89.7	12.7	2.0	68.2	12.8	4.3	102.8
5	30 +	58	4S	8		90.7	11.7	1.5	66.3	15.7	4.8	98.0
6	40 +	48	4S	8		91.9	10.6	1.7	62.2	19.9	5.6	92.1
7	50 +	38	4S	8		92.7	10.3	1.8	57.7	24.1	6.1	86.3
8	60 +	28	4S	8		94.5	9.5	1.8	54.3	27.6	6.8	80.9
9	40 -	40	12S	8		94.3	13.1	1.8	59.2	21.5	4.4	81.3
10	30 -	49	13S	8		93.3	14.7	1.9	61.8	17.3	4.2	90.2
11	20 -	58	14S	8		92.2	16.8	2.2	64.1	12.9	4.0	100.5
12	20 +	58	14S	8		92.0	17.0	2.1	64.6	11.9	4.5	107.0
13	30 +	49	13S	8		92.3	15.4	1.8	61.7	15.8	5.3	100.3
14	40 +	40	12S	8		91.9	13.9	1.9	58.6	19.6	5.9	93.5
15	50 +	30	12S	8		93.1	13.6	1.2	55.8	23.1	6.3	88.3
16	60 +	20	12S	8		92.6	12.1	1.2	52.5	27.3	7.0	82.5
17	0	68	25S	7		89.4	22.6	1.9	65.7	5.8	4.0	118.0
18	17 +	49	27S	7		90.9	21.9	1.4	60.6	11.3	4.9	110.0
19	34 +	34	25S	7		91.9	19.0	1.3	56.1	18.0	5.7	100.6
20	51 +	17	25S	7		93.3	17.4	1.1	50.1	24.6	6.8	91.0
21	0	56.0	33BK	8	3.0	91.1	22.8	6.6	59.5	7.1	4.0	118.8
22	10 +	46.2	33BK	8	2.8	91.8	22.7	6.4	55.7	10.5	4.8	111.9
23	20 +	36.4	33BK	8	2.6	93.0	22.4	6.7	52.0	13.4	5.6	108.2
24	30 +	26.6	33BK	8	2.4	92.3	20.3	5.4	49.5	18.7	6.2	100.4

25	40+	16.8	33BK	8	2.2	93.0	17.7	4.7	47.2	23.5	6.9	92.9
26	49+	14.3	28BK	6.8	1.7	93.2	15.2	3.9	46.9	26.9	7.1	88.0
27	0	59.0	33BsK	8		89.8	23.9	1.8	61.6	8.4	4.3	109.6
28	10+	49.0	33BsK	8		89.9	23.2	1.5	59.2	11.2	5.0	104.4
29	20+	39.0	33BsK	8		91.0	21.7	1.1	55.9	15.9	5.4	98.6
30	30+	29.0	33BsK	8		91.3	21.3	1.0	53.1	18.3	6.2	94.0
31	40+	19.0	33BsK	8		92.4	19.9	1.0	49.9	22.6	6.6	88.2
32	10 -	53.1	29.7BsK	7.2		89.7	21.8	1.6	60.4	11.9	4.3	102.5
33	20 -	47.2	26.4BsK	6.4		90.3	19.7	1.5	58.6	15.8	4.4	93.4
34	30 -	41.3	23.1BsK	5.6		91.0	17.6	1.3	57.0	20.0	4.3	85.5
35	40 -	35.4	19.8BsK	4.8		91.9	15.2	1.5	55.9	23.2	4.3	77.6
36	10 -	50.4	29.7BK	7.2	2.7	92.0	20.8	6.3	57.7	11.2	4.0	110.0
37	20 -	44.8	26.4BK	6.4	2.4	92.3	19.0	5.8	56.1	15.2	4.0	100.4
38	30 -	39.2	23.1BK	5.6	2.1	93.1	16.9	4.7	56.0	18.5	4.1	90.7
39	40 -	33.6	19.8BK	4.8	1.8	93.6	14.7	4.6	53.9	22.6	4.2	82.6
40	Råhalm					85.1	2.9	2.0	45.4	45.4	4.4	29.8
41	Ludet halm					84.1	3.3	1.7	43.7	42.6	8.9	58.8
42	Sojaskrå					86.7	50.2	6.9	35.8	6.6	6.5	134.6
43	Byg					83.8	13.0	2.6	77.9	4.6	2.0	115.8
44	Bomuldsfrøkager (afsk.)					91.3	45.8	10.0	26.7	10.8	6.7	131.0
45	Bomuldsskrå (delv. afsk.)					91.5	45.6	1.3	31.3	15.1	6.8	104.7

S = sojaskrå
BK = bomuldsfrøkager
BsK = bomuldsfrøskrå

- = ubehandlet halm
+ = behandlet halm

Table 2. Analytiske resultater
Analytic results

Prøve nr.	Org. NDF % af tørstof	In vitro ford. org. stof % af org. stof	In vitro ford. org. stof + råfedt % af org. stof	In vitro ford. af NDF %	Cellulase opl. af NDF %	In vitro ford. org. stof + råfedt % af tørstof (In vitro)	Celleindholds- stoffer + cellulase ford. org. NDF % af tørstof (CV+cellulase)	Celleindholds- stoffer + in vitro ford. org. NDF % af tørstof (CV + in vitro)
1	45.9	70.6	72.4	61.7	39.9	69.4	68.1	78.0
2	38.6	74.4	76.3	57.1	40.9	73.3	73.4	79.6
3	34.3	77.0	79.1	57.8	43.7	76.3	77.1	81.8
4	25.3	82.9	84.9	60.2	45.4	81.2	81.9	85.6
5	31.1	80.5	82.0	53.2	51.4	78.0	80.1	80.6
6	38.3	80.4	82.1	60.8	50.7	77.5	75.6	79.5
7	43.2	77.1	78.8	64.8	47.9	74.0	71.4	78.7
8	49.4	72.4	74.2	67.5	49.9	69.2	68.5	77.2
9	44.5	72.1	73.9	59.3	34.4	70.7	66.4	77.4
10	38.0	74.4	76.3	58.6	39.0	73.0	72.6	80.1
11	31.1	77.6	79.8	58.1	45.0	76.6	78.9	83.0
12	26.3	83.4	85.5	60.5	52.4	81.7	83.0	85.2
13	31.9	81.5	83.3	63.2	51.3	78.1	79.2	83.0
14	39.9	80.1	82.0	69.6	52.8	77.1	75.2	81.9
15	42.9	78.1	79.3	70.2	48.3	74.3	71.5	80.9
16	48.2	76.2	77.4	71.0	46.3	72.0	67.1	78.9
17	16.8	88.3	90.2	62.0	57.8	86.6	88.9	89.6
18	23.9	83.3	84.7	64.6	54.4	80.6	84.3	86.8
19	34.2	79.4	80.7	69.8	50.4	76.1	77.3	84.0
20	44.2	77.2	78.3	71.5	49.0	73.0	70.6	80.5
21	16.2	76.8	83.4	51.0	44.4	80.1	87.0	88.4
22	20.6	72.5	78.9	53.6	44.4	75.1	83.8	85.6
23	23.9	70.6	77.3	58.5	43.2	73.0	80.9	84.6
24	32.6	69.1	74.5	62.8	43.1	69.9	75.3	81.8
25	40.8	68.1	72.8	66.6	44.4	67.8	70.4	79.5

26	47.0	67.6	71.5	64.4	45.4	66.4	67.2	76.1
27	20.0	81.6	83.4	43.1	46.6	79.8	85.0	84.3
28	25.4	79.3	80.8	55.5	45.6	76.8	81.2	83.7
29	31.1	76.2	77.3	54.1	39.3	73.1	75.7	80.3
30	34.4	75.7	76.7	57.9	41.7	71.9	73.7	77.3
31	41.6	73.0	74.0	60.1	43.6	69.1	69.9	76.7
32	27.1	77.3	78.9	47.4	36.1	75.5	78.4	81.4
33	33.1	73.2	74.7	48.7	33.9	71.4	73.7	78.6
34	40.6	69.1	70.4	49.8	33.9	67.4	68.9	75.3
35	45.9	65.2	66.7	51.8	26.1	63.8	61.8	73.6
36	23.0	71.4	77.4	47.9	33.2	74.3	80.6	84.0
37	31.3	67.5	73.3	46.6	35.2	70.4	75.7	79.2
38	37.3	64.3	69.0	51.2	33.5	66.2	71.1	77.8
39	43.6	57.6	62.2	52.4	28.9	59.6	64.8	74.2
40	82.5	47.5	49.5	49.2	29.7	47.1	37.6	53.8
41	72.1	67.2	68.9	63.9	52.1	62.8	56.6	65.1
42	12.5	90.0	90.9	85.2	93.0	85.0	92.6	91.6
43	19.4	85.6	88.3	43.6	57.3	86.6	89.8	87.1
44	17.3	67.2	77.2	38.3	40.3	72.0	82.9	82.6
45	27.8	70.1	71.4	42.8	33.4	66.6	74.7	77.4

Prøvernes art og sammensætning se tabel 1.