

Landbrugsministeriet

Statens Husdyrbrugsforsøg



# Anvendelse af nedbrydningsprofiler i fodermiddel- vurderingen

*Use of degradation curves in feed evaluation*



isbjerg, P. K. Bhargava,  
und og J. Madsen

30 OKT. 1990

679

Beretning

Foulum 1990

## **STATENS HUSDYRBRUGSFORSØG**

**Foulum, Postboks 39, 8830 Tjele. Telf.: 86 65 25 00**

Statens Husdyrbrugsforsøg, oprettet 1883, er en institution under Landbrugsministeriet.

Institutionens mål er gennem forskning vedrørende avl, ernæring og miljø m.v. at øge den biologiske viden på husdyrbrugsområdet samt at udvikle nye metoder og ny teknik til fremme af dansk husdyrbrug.

Forskningen finansieres over statsbudgettet suppleret med bevillinger fra statslige og private fonde og landbrugets organisationer. Institutionen består af følgende afdelinger:

Dyrefysiologi og biokemi  
Forsøg med kvæg og får  
Forsøg med svin og heste

Forsøg med fjerkræ og kaniner  
Forsøg med pelsdyr  
Landbrugsdrift

Administration

## **NATIONAL INSTITUTE OF ANIMAL SCIENCE**

**Foulum, Postboks 39, 8830 Tjele, Denmark**

**Telephone: +45 86 65 25 00**

The National Institute of Animal Science was founded 1883 and is a governmental research institute under the Ministry of Agriculture.

The aim of the institute is to investigate genetical, nutritional and environmental factors in farm animal production and to develop new methods and technology for the promotion of animal husbandry in Denmark.

The institute is financed by the State budget supplemented by grants from governmental, agricultural and private foundations.

The institute consists of the following departments:

Animal Physiology and Biochemistry  
Research in Cattle and Sheep  
Research in Pigs and Horses

Research in Poultry and Rabbits  
Research in Fur Animals  
Farm Management

Administration

# 679

## Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg

*Report from the National Institute of Animal Science, Denmark*

---

M. R. Weisbjerg, P. K. Bhargava,  
T. Hvelplund  
Afd. for Forsøg med Kvæg og Får

J. Madsen  
Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole

### **Anvendelse af nedbrydningsprofiler i fodermiddelvurderingen**

*Use of degradation curves in feed evaluation*

With English summary and subtitles

Manuskriptet afleveret juli 1990

---

Trykt i Frederiksberg Bogtrykkeri a-s 1990



## FORORD

Fodermiddelvurdering har hidtil bygget på fordøjeligheder fundet hos får fodret på vedligeholdsniveau. I takt med et øget produktionspotentiale hos malkekvæget er foderniveauet gennem årene øget så stærkt i forhold til vedligeholdsniveau, at man hos køer på produktionsniveau kan forvente en anderledes rangering af fodermidlerne m.h.t. fordøjelighed end man finder hos får på vedligehold.

Formålet med dette arbejde er at vise, hvorledes man kan beskrive forskelle i forgæringshastighed v.h.a. nedbrydningsprofiler fundet ved vominkubation i nylonpose, og beskrive hvorledes nedbrydningsprofiler kan anvendes til at forudsige et fodermiddels fordøjelighed ved forskellig fodringsintensitet.

EDB-medarbejder Lars Bilde Gilbjerg har bistået med figurtegninger. Manuskriptet er opsat og renskrevet af Birgitte Fangel og Jette Brixen.

Foulum, 1990

A. Neimann-Sørensen

## INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
<b>Sammendrag</b> .....	5
<b>Summary</b> .....	6
<b>1 Indledning</b> .....	7
<b>2 Beskrivelse af nedbrydningsprofil</b> .....	8
<b>3 Anvendelse af nedbrydningsprofil</b> .....	11
3.1 Fordøjelighed ved forskellig passagehastighed .....	11
3.2 Fylde i vommen .....	12
<b>4 Eksempler på nedbrydningsprofiler for tørstof, NDF og protein</b> .....	14
4.1 Materiale og metoder .....	14
4.2 Nedbrydningsprofiler .....	15
4.3 Effektiv nedbrydning ved forskellig passagehastighed .....	21
4.4 Partikeltab .....	24
4.5 Fylde .....	27
4.6 Inkubationstidernes længde .....	29
<b>5 Konklusion</b> .....	31
<b>6 Litteraturliste</b> .....	32

## SAMMENDRAG

Formålet med denne beretning er at beskrive, hvorledes fodermidlers nedbrydningsprofiler bestemt ved hjælp af nylonposemetoden kan anvendes til beskrivelse af fodermidlers og fodermiddelfraktioners potentielle fordøjelighed. Endvidere er formålet at beskrive, hvorledes man ud fra nedbrydningsprofilerne kan beregne fordøjelighedsfaldet ved stigende passagehastighed af foderet gennem vommen. Effekten af en procentvis reduktion af forgæringshastigheden i vommen på fordøjeligheden vil ligeledes kunne beskrives ud fra nedbrydningsprofiler.

Nedbrydningsprofilerne for henholdsvis tørstof og cellevægskulhydrater bestemt som »Neutral Detergent Fiber« (NDF) i 9 grovfodermidler er analyseret, og der blev fundet store forskelle imellem fodermidlerne med hensyn til nedbrydningsprofil for både tørstof og NDF. Denne forskel i nedbrydningsprofil medfører, at rangeringen af fodermidler efter fordøjelighed beregnet som effektiv nedbrydning kan variere meget afhængig af passagehastigheden gennem vommen og dermed af foderniveauet. Brug af nedbrydningsprofiler muliggør, at der i fodermiddelvurderingen kan tages hensyn til foderniveau og vommiljø. Endvidere er der potentielle muligheder for, at nedbrydningsprofilerne kan bruges som udtryk for fodermidlernes fylde i vommen.

## SUMMARY

The aim of this report is to describe, how degradation curves determined by nylon bag procedure can be used for evaluation of potential digestibility of feedstuffs or feedstuff fractions. Furthermore the aim is to describe how it is possible from the degradation curves to calculate the decrease in digestibility with increased passage rate of the feed through the rumen. The effect of a percentual decrease in fermentation rate in the rumen on the digestibility can also be described from the degradation curve.

Degradation profiles for dry matter and cell wall carbohydrates determined as "Neutral Detergent Fiber" (NDF) in 9 different roughages has been analysed, and large differences were found between feedstuffs concerning degradation profile for both dry matter and NDF. These differences in degradation profiles has the effect, that the ranking of feedstuffs when digestibility is calculated as effective degradability can vary largely dependent on passage rate through the rumen and thereby on level of feeding. Use of degradation profiles makes it possible to take level of feeding and rumen environment into consideration in feed evaluation systems. It is also possible, that degradation curves can be used as a measure for the fill of feedstuffs in the rumen.



## 1 INDLEDNING

En af de væsentligste elementer i fodermiddelvurderingen er fordøjeligheden af de forskellige fodermiddelfraktioner. I dag bestemmes fordøjeligheden normalt som fårefordøjeligheden ved vedligehold, eller som *in vitro* fordøjeligheden efter 48 timers inkubation med vomvæske.

Dette er metoder, der er velegnede til at estimere den potentielle fordøjelighed, men som kun tager lidt hensyn til de forskelle, der er i nedbrydningshastighed i vommen mellem forskellige fodermidler og fodermiddelfraktioner. Nedbrydningshastigheden er bestemmende for, hvor høj den reelle fordøjelighed ved forskellige fodringsintensiteter bliver i forhold til den potentielle fordøjelighed, og har desuden betydning for vommiljøet og sammensætningen af forgærringsprodukterne.

Nedbrydningshastigheden kan bestemmes ud fra nedbrydningsprofiler, hvor et fodermiddel inkuberes i forskellige tidsrum, enten *in vitro* eller *in sacco*. Specielt *in sacco* metoden vil være velegnet ved korte inkubationstider, hvor *in vitro* metodens troværdighed kan være tvivlsom p.g.a. den tid, det tager for vompopulationen at indrette sig på de nye forhold.

*In sacco* metoden gennemføres ved at fylde en foderprøve i en nylonpose med små porer (normalt  $36\mu \times 36\mu$ ) og inkubere denne i vommen via en vomfistel. Prøvefoderet holdes dermed adskilt fra det øvrige foder i vommen, og kun nedbrydningsprodukterne fra fodermidlet kan forsvinde ud af posen, hvorimod partikler tilbageholdes. Inkubationstiden i vommen kan være en tidsrække på f.eks. 7 poser inkuberet i henholdsvis 0, 2, 4, 8, 16, 24 og 48 timer. Efter inkubationen vaskes poserne, og den resterende mængde af f.eks. tørstof, protein eller cellevægskulhydrater (NDF) registreres, og angives som unedbrudt mængde ved den givne inkubationstid.

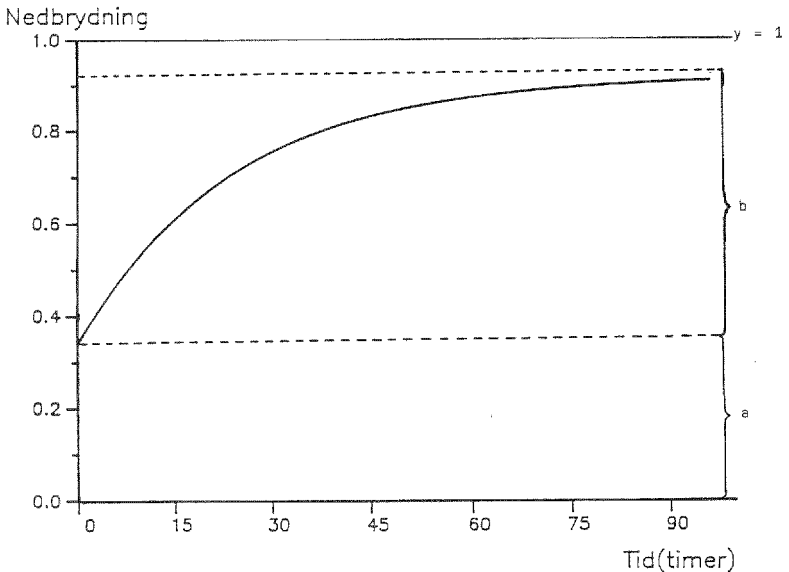
Nylonposemetoden har i de forløbne år overvejende været brugt til bestemmelse af vomnedbrydningen af protein i forskellige fodermidler (Kristensen et al., 1982, Møller et al., 1983, Madsen et al., 1984), hvilket har været en vigtig del af grundlaget for det nye proteinvurderingssystem (Hvelplund & Madsen, 1990). Men i de senere år er nylonposemetoden også anvendt til at beskrive tørstof og kulhydrat nedbrydningen i vommen, samt til beskrivelse af hvorledes forskellige rationer og dermed forskellige vommiljøer påvirker nedbrydningen af cellevægskulhydrater (Istasse et al., 1986; Børsting & Weisbjerg, 1989) og organisk stof (Bøe, 1988).

Formålet med denne beretning er at beskrive, hvorledes nylonposemetoden anvendes ved Afdelingen for Forsøg med Kvæg og Får til beskrivelse af nedbrydningen af andre komponenter end protein, samt hvorledes resultaterne kan bruges til fodermiddelvurdering.

## 2 BESKRIVELSE AF NEDBRYDNINGSPROFIL

I figur 1 er vist en nedbrydningsprofil for fodertørstof. Nedbrydningsprofiler for protein og tørstof vil i modsætning til NDF normalt starte et stykke oppe på Y-aksen til tid = 0, idet en stor del af både proteinet og tørstoffet i mange fodermidler er vandopløselige, og derved hurtigt forsvinder fra poserne. Den vandopløselige del bestemmes ved vask af poserne uden forudgående inkubation i vommen. En del af det stof, der måles som vandopløseligt ved denne metode, kan dog være uopløseligt stof, men med en så lille partikelstørrelse, at det kan passere ud af nylonposerne.

Nedbrydningsprofilen vil følge en kurve fra skæringen på Y-aksen, der asymptotisk vil nærme sig en vandret linie. Asymptoten beskriver den potentiel vomfordøjelige del af fodermidlet. Dette bygger dog på den forudsætning, at alt det udvaskede og nedbrudte er vomfordøjeligt. Kurveforløbet fra skæringen med Y-aksen mod asymptoten afhænger af hvor hurtigt nedbrydeligt fodermidlet er.



Figur 1 Nedbrydningsprofil for tørstof.  $a$  = vandopløselig del,  $b$  = ikke vandopløselig men potentielt vomfordøjelig del,  $a + b$  = potentiel vomfordøjelig del (asymptote).

*Degradation profile for dry matter.  $a$  = water soluble,  $b$  = not water soluble but potentially rumen degradable part,  $a + b$  = potentially rumen digestible part (asymptote).*

Under den antagelse, at en konstant andel af det tilbageværende potentielt fordøjelige materiale nedbrydes pr. tidsenhed (d.v.s. 1. ordens kinetik) kan nedbrydningsprofilen beskrives efter følgende model angivet af Ørskov & McDonald (1979).

$$I) \quad Y(t) = a + b(1 - e^{-ct})$$

hvor  $Y(t)$  = nedbrudt andel til tiden  $t$

$a$  = vandopløselig del (= skæring med  $Y$ -akse)

$b$  = ikke vandopløselig men potentiel vomfordøjelig andel

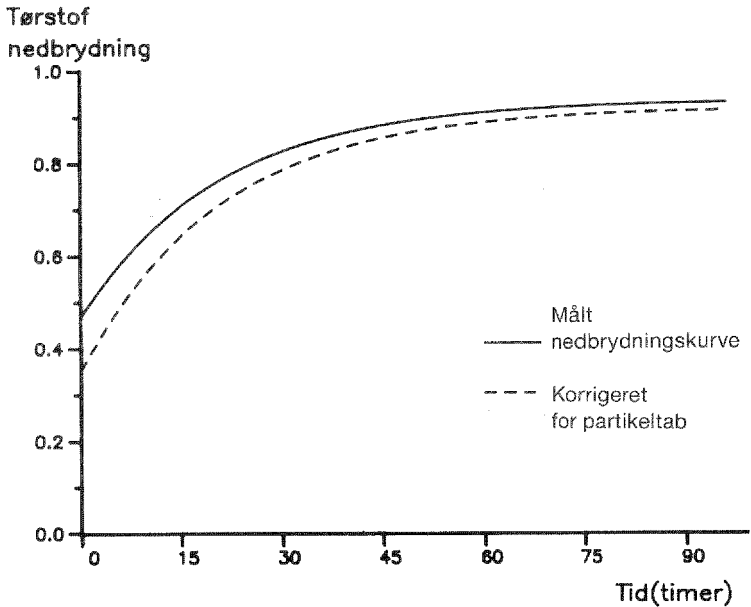
$c$  = den andel af  $b$ , der nedbrydes pr. time  
(= hastighedskonstant)

$t$  = inkubationstid i timer

Hvis nedbrydningen følger 1. ordens kinetik vil de 3 parametre  $a$ ,  $b$  og  $c$  give en fuldstændig beskrivelse af nedbrydningskurven. Da fodermidlerne ikke er i opløsning, men består af partikler, der skal nedbrydes udefra, følger det ikke teorien for en 1. ordensreaktion. På trods af dette giver model I en rimelig beskrivelse af kurveforløbet for næsten alle fodermidler (Weisbjerg, 1987).

Der kan dog være problemer i starten af kurveforløbet, hvor især træstofrige fodermidler har en vis forsinkelse i nedbrydningen, hvilket giver sig udslag i en S-formet kurve. Denne forsinkelse må skyldes, at bakteriefloraen skal etablere sig på fodermidlet i posen. Ligeledes kan fodermidler med et højt indhold af ikke vandopløselig men meget hurtigt forgærbart materiale (f.eks. stivelse) give problemer med kurvefastlæggelse i starten. Det skyldes, at en lettilgængelig stivelsesfraktion vil forgære med en meget højere hastighedskonstant end den øvrige del af fodermidlet. Dette problem med at de enkelte foderfraktioner fordøjes med forskellig hastighed, er af nogle forfattere (f.eks. Robinson et al., 1986) søgt løst ved at udvide model I til at omfatte flere puljer med forskellig hastighedskonstant, men dermed fås modeller med mange parametre og hvor betydningen af de enkelte parametre er vanskelig at tolke. En mere direkte måde at løse problemet på er at anvende de direkte målte nedbrydningshastigheder i forskellige tidsperioder efter inkuberingsstart. Denne metode er udviklet af Kristensen et al. (1982) og bl.a. anvendt af Madsen et al. (1984). Denne direkte beskrivelse har den fordel, at den ingen krav stiller om, at nedbrydningsprofilen skal følge en bestemt model.

Med hensyn til  $a$  værdierne bør det konstateres, at disse virkelig beskriver vandopløseligt materiale, og ikke er et tab af små partikler. Dette kan kontrolleres ved at vaske foderprøven på et filter, der kun slipper opløste stoffer igennem. Et vasketab af partikler vil påvirke kurveforløbet som vist i figur 2.



Figur 2 Virkning af partikeltab på nedbrydningsprofilen. Værdier for rajrgræs fra tabel 1 og 3.

*Effect of particle loss on the degradation profile. Values for rye grass from table 1 and 3.*

Ved et målt partikeltab ved vaskning skal de enkelte nedbrydningsværdier korrigeres til en værdi, der kan fastlægges ved hjælp af formel II. Formel II forudsætter, at den fraktion, der er partikeltab, nedbrydes med samme hastighed som den resterende fraktion i nylonposen, og ikke momentant som det vandopløselige.

$$\text{II)} \quad K(t_i) = M(t_i) - (P \cdot (P((M(t_i) - (P+V))/(1-(P+V)))))) \\ = M(t_i) - P(1 - ((M(t_i) - (P+V))/(1-(P+V))))$$

hvor  $K(t_i)$  = korrigeret nedbrydning til tiden  $t_i$

$M(t_i)$  = målt nedbrydning til tiden  $t_i$

$P$  = partikeltab

$V$  = vandopløselig del bestemt på filterpapir

Ovennævnte korrektion vil ikke påvirke den beregnede hastighedskonstant, men derimod den vandopløselige del og asymptoten. Man kan derfor istedet for korrektion af hver enkel observation korrigerer  $a$  og  $b$  værdierne til

$$a \text{ korrigeret} = a \div P$$

III)

$$b \text{ korrigeret} = b + P(b/(1 \div (P+V)))$$

### 3 ANVENDELSE AF NEDBRYDNINGSPROFIL

#### 3.1 Fordøjelighed ved forskellig passagehastighed

Inden for fodermiddelvurderingen har grundlaget indtil nu været fårefordøjelighed bestemt på vedligeholdelsesniveau. Denne bestemmelse af fordøjelighed er nær den maksimale fordøjelighed for et fodermiddel. Alternativt hertil kunne *in vitro* fordøjelighed med lang inkubationstid bestemmes, og i flere år har *in vitro* fordøjelighed efter 48 timers inkubation med vomvæske været anvendt synonymt med fårefordøjelighed for grovfodermidler.

I det nye proteinvurderingssystem tages der hensyn til, at en del af proteinet passerer vommen, inden det når den maksimale nedbrydning. Under antagelse af at en konstant andel af den til enhver tid i vommen værende pulje strømmer fra vommen til tarmen pr. tidsenhed, kan en effektiv nedbrydning beregnes. Den effektive nedbrydning defineres som den nedbrydning, der kan forventes *in vivo* ved en bestemt passagehastighed, hvor en del af fodermidlet passerer ud af vommen før det når maksimal nedbrydning. I det nye proteinvurderingssystem beregnes den effektive protein nedbrydning efter den tidligere beskrevne metode med summation af bidragere fra hver inkubationstid (Kristensen et al., 1982).

Med  $a$ ,  $b$  og  $c$  værdierne fra model I, kan den effektive nedbrydning også beregnes som angivet af Ørskov & McDonald (1979):

$$\text{IV) } Y = a + (b/(c+k))$$

hvor  $a$ ,  $b$  og  $c$  er forklaret i (I)

$k$  = andel af vompuljen der strømmer ud af vommen pr. time

og  $Y$  = effektiv nedbrydning ved passagehastigheden  $k$

Brug af model I har den ulempe, at værdierne  $a$ ,  $b$  og  $c$  kun kan beregnes v.h.a. EDB (f.eks. PROC NLIN, SAS (1985)), samt at  $a$ ,  $b$  og  $c$  værdiernes troværdighed afhænger af at model I ikke alvorligt og systematisk afviger fra nedbrydningsprofilen. Disse krav stilles der ikke til beregning af effektiv nedbrydning med metoden udviklet af Kristensen et al., (1982). Denne metode kræver til gengæld mange observationer for ikke systematisk at undcrestimere den effektive nedbrydning, hvor model I med  $a$ ,  $b$  og  $c$  værdier i princippet kun kræver 3 observationer for at estimere de tre parametre. Fordelene ved beregning af  $a$ ,  $b$  og  $c$  værdier er også, at disse værdier i sig selv giver oplysninger om fodermidlets karakteristika. Endvidere vil det være meget hurtigt via formel IV at beregne den effektive nedbrydning ved en vilkårlig passagehastighed ved hjælp af værdierne  $a$ ,  $b$  og  $c$ . Det vil dog kun være meget atypiske nedbrydningsprofiler,

der vil give forskelle mellem de to alternative metoder til beregning af effektiv nedbrydning.

Som tidligere nævnt er beregning af effektiv nedbrydning udviklet til brug for proteinvurdering, men metoden vil være lige så relevant til vurdering af værdien (fordøjeligheden) af tørstof, organisk stof eller cellevægskulhydrater. Således må faldet i fordøjelighed af cellevægskulhydrater ved stigende foderniveau og dermed stigende passagehastighed formodes at være større for fodermidler med lav hastighedskonstant for nedbrydningen af cellevægskulhydrater end for fodermidler med høj hastighedskonstant. Beregning af effektiv nedbrydning af cellevægskulhydrater for fodermidlerne ved forskellige passagehastigheder kan således kvantificere den del af fordøjelighedsfaldet ved stigende foderniveau, som skyldes øgning af passagehastigheden. Dette vil muliggøre en rangering af fodermidlerne ved forskellig passagehastighed (foderniveau) under forudsætning af, at partikler fra forskellige fodermidler passerer med samme hastighed. Hvis partikelpassagehastigheden varierer meget fra fodermiddel til fodermiddel, vil det være nødvendigt at kende den reelle passagehastighed for at kunne rangere fodermidlerne. Men selv uden kendskab til passagehastighederne vil nedbrydningsprofilerne kunne fortælle hvilke fodermidler, der er mest påvirkelige af en stigning i passagehastighed.

### 3.2 Fylde i vommen

Siden 1983 er der i Danmark anvendt et system til beregning af køers foderoptagelse, der bygger på en fysisk regulering (fylde) af foderoptagelsen (Kristensen, 1983). Systemet af Kristensen (1983) bygger på foderoptagelsen fundet i fodringsforsøg, og er meget ressourcekrævende ved fastlæggelse af fyldefaktorer for nye fodermidler eller regulering af allerede fundne fyldefaktorer.

Ørskov et al. (1988) har påvist, at nedbrydningsprofilen indenfor et fodermiddel kan give en beskrivelse af foderoptagelsen in vivo, idet en regression på a, b og c værdierne fra model I kunne forklare en stor del af forskellene i tørstofoptagelse mellem forskellige halmpartier.

Fastlæggelse af nedbrydningsprofiler kan således eventuelt være en hurtig metode til fastlæggelse af den fysiske fylde for fodermidler ved en given passagehastighed.

Dette bygger på den forudsætning, at bidraget til fylden kommer fra den del af fodertørstoffet, der hverken er fordøjet eller passeret ud af vommen. Som estimat for det ufordøjede kan det unedbrudte fundet i nylonpose anvendes, d.v.s. i figur 1 vil det være afstanden fra nedbrydningsprofilen til linjen  $y=1$ . Herved tages der ikke hensyn til det bidrag fra fylden, der kommer fra det vandopløselige, der forholdsvis hurtigt forsvinder fra nylonposen. Dette bidrag vil sandsynligvis være minimalt p.g.a. en stor hastighedskonstant for både nedbrydningen og passagen af denne fraktion, der følger væskepassagen.

Partikelpassagen ud af vommen vil her ligesom ved beregningen af effektiv nedbrydning kunne antages at følge kurven  $e^{-kt}$ , d.v.s. en konstant andel af den til enhver tid værende pulje i vommen passerer pr. time. Den unedbrudte rest  $R$  i vommen til tiden  $t$  vil således være produktet af den andel, der er unedbrudt i nylonposen og den andel, der ikke er passeret ud af vommen.

$$V) \quad R(t) = (1 - (a + b(1 - e^{-ct})))e^{-kt}$$

hvor  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $k$  og  $t$  er forklaret i (I) og (IV)

Arealet under denne kurve vil være et udtryk for fylden  $F$ , idet arealet vil udgøre summen af tørstof i vommen over tiden.

$$VI) \quad F = \int_0^{\infty} (1 - (a + b(1 - e^{-ct})))e^{-kt} dt$$

$$= (1 - a - b) \int_0^{\infty} e^{-kt} dt + b \int_0^{\infty} e^{-(c+k)t} dt$$

$$= (1 - a - b)/k + b/(c + k)$$

Det ses af model VI, at fylden  $F$  er lig den unedbrydelige rest divideret med hastighedskonstanten for passagen ud af vommen plus den potentielt fordøjelige andel  $b$  divideret med summen af hastighedskonstanterne for henholdsvis passage og nedbrydning. Passagehastigheden  $k$  for vompassagen får således stor betydning for den beregnede fylde. Derfor vil brug af nedbrydningsprofiler til beregning af fylde kræve nøjagtige estimater for passagehastigheden, hvilket besværliggøres af at forskellige fodermidler sandsynligvis har forskellig passagehastighed, afhængig af partikelstørrelse m.m. Dette vil især give problemer ved sammenligning af formalede og uformalede fodermidler. En sådan forskel mellem fodermidler i passagehastighed vil vanskeliggøre brug af den her beregnede fylde. På grund af disse forhold kan den i model VI beregnede fylde ikke umiddelbart forventes at rangere fodermidlerne på samme måde som fyldefaktorerne i metoden udviklet af Kristensen (1983).

## 4 EKSEMPLER PÅ NEDBRYDNINGSPROFILER FOR TØRSTOF, NDF OG PROTEIN

### 4.1 Materiale og metoder

Nedbrydningsprofilen for tørstof og NDF i 9 grovfodermidler er undersøgt ved inkubationstiderne 0, 8, 16, 24, 48, 72 og 96 timer. Nedbrydningen af NDF blev målt som nedbrydning af rene NDF fibre efter kogning med NDF opløsning. Tallene for proteinnedbrydning er fra den løbende proteinvurdering, og er målt ved inkubationstider på henholdsvis 0, 2, 4, 8, 16, 24 og 48 timer. Inkubationerne er gentaget i 3 køer, således at de enkelte kurver bygger på 21 observationer, 3 observationer for hver inkubationstid. For proteins vedkommende er prøverne behandlet i »stomacher« efter inkubationen for at fjerne mikrobielt stof tilhæftet partiklerne i nylonposen. I »stomacheren« behandles prøven fysisk ved at to stænger skiftevis slår på en plastikpose, hvori resten fra nylonposen er overført sammen med en passende mængde vand. Stomacherbehandling af prøver, hvor bakterier og partikler skal adskilles, anvendes ofte i mikrobiologiske laboratorier (Sharpe & Jackson, 1972), men er også med held anvendt til at fjerne tilhæftede bakterier i vomprøver (Merry & McAllan, 1983).



## 4.2 Nedbrydningsprofiler

I tabel 1 er vist det målte tab fra nylonposerne ved vask uden inkubation; a, b og c værdier; asymptoten beregnet som  $a + b$ , målt nedbrydning ved 96 timer (48 timer for protein), samt effektiv nedbrydning beregnet efter model IV ved en passagehastighed på 1, 3, 5 og 8% for de 9 undersøgte fodermidler. Som mål for modellens evne til at beskrive data er spredningen fra model I ved beregning på gennemsnit for 3 køer pr. inkubationstid givet i tabel 1. Da NDF ikke indeholder en vandopløselig del, må en eventuel nedbrydning ved vask uden inkubation skyldes et partikelstab, og NDF værdierne er derfor korrigeret ifølge formel II for et partikelstab, der er sat lig den målte nedbrydning ved vask uden inkubation.

I tabel 1 er værdierne som ovenfor nævnt givet som gennemsnit for målinger på 3 køer. Der var imidlertid en betydelig systematisk effekt af den enkelte ko på NDF nedbrydningen og en mindre effekt på tørstofnedbrydningen. Forskellen mellem køer på NDF nedbrydningen er betydelig større end forskellen mellem køer på protein nedbrydningen, vurderet ud fra resultater fundet tidligere i dette laboratorium. I modsætning hertil fandt Bøe (1988) ingen signifikante forskelle mellem køer på nedbrydningen af organisk stof fra nylonposer. Størrelsen på den i dette forsøg fundne forskel mellem køer på NDF nedbrydningen vil stille større krav til gentagne målinger på flere køer ved fastlæggelse af NDF nedbrydningsprofiler for et fodermiddel end tilfældet er ved fastlæggelse af protein nedbrydningsprofiler, hvis den samme sikkerhed på bestemmelsen ønskes.

**Tabel 1 Nedbrydningskarakteristika for en række fodermidler, opført efter stigende hastighedskonstant for tørstofnedbrydning.**  
*Degradation characteristics for different roughages, ranked after increasing rate constant for dry matter degradation.*

	Målt tab ved vask af nylonposer uden inkubation	a	b	c	Asymptote a + b	Målt nedbrydning 96 timer	Effektiv nedbrydning *** ved passagehastigheden (% pr. time)				Spredning****	
							1	3	5	8		
<i>Byghalm</i>												
Tørstof	0,111	0,100	0,504	0,023	0,604	0,544	0,451	0,319	0,260	0,213	0,016	
NDF**	0,032	0,005	0,537	0,021	0,542	0,440	0,369	0,226	0,164	0,117	0,007	
<i>Rajgræs hø</i>												
Tørstof	0,230	0,210	0,697	0,031	0,906	0,847	0,737	0,564	0,477	0,405	0,031	
NDF**	0,017	0,010	0,810	0,034	0,820	0,807	0,636	0,440	0,388	0,252	0,021	
<i>Rajgræs ensilage</i>												
Tørstof	0,354	0,340	0,568	0,039	0,909	0,886	0,792	0,661	0,589	0,526	0,018	
NDF**	-	0	0,834	0,045	0,833	0,821	0,682	0,500	0,395	0,300	0,023	
<i>Hundegræs</i>												
Tørstof	0,337	0,340	0,579	0,042	0,920	0,904	0,808	0,678	0,604	0,539	0,016	
NDF**	0,035	0	0,931	0,028	0,931	0,839	0,686	0,445	0,334	0,241	0,041	
Protein	0,397	0,384	0,553	0,124	0,937	0,928*	0,896	0,829	0,778	0,720	0,025	
<i>Rajgræs (alm.)</i>												
Tørstof	0,478	0,469	0,468	0,048	0,937	0,929	0,856	0,757	0,698	0,645	0,022	
NDF**	0,117	0	0,890	0,044	0,890	0,871	0,725	0,529	0,417	0,316	0,048	

*Ærter (grønfoeder)*

Tørstof	0,501	0,496	0,376	0,054	0,872	0,867	0,813	0,738	0,691	0,648	0,013
NDF**	0,144	0	0,624	0,045	0,624	0,662	0,511	0,374	0,296	0,225	0,026
Protein	0,666	0,652	0,288	0,081	0,940	0,930*	0,908	0,862	0,830	0,797	0,012

*Hvidkløver*

Tørstof	0,430	0,415	0,538	0,059	0,953	0,941	0,875	0,772	0,706	0,643	0,025
NDF**	0,032	0	0,879	0,039	0,879	0,830	0,700	0,497	0,385	0,288	0,045

*Roepiller*

Tørstof	0,150	0,148	0,806	0,060	0,954	0,943	0,839	0,685	0,588	0,493	0,049
NDF**	0,193	0	0,932	0,075	0,932	0,939	0,822	0,666	0,559	0,451	0,019

*Lucerne*

Tørstof	0,369	0,367	0,434	0,062	0,801	0,799	0,741	0,660	0,607	0,557	0,006
NDF**	0,012	0	0,549	0,034	0,549	0,514	0,424	0,292	0,222	0,164	0,034
Protein	0,636	0,618	0,326	0,113	0,944	0,937*	0,918	0,876	0,844	0,809	0,020

\* 48 timer

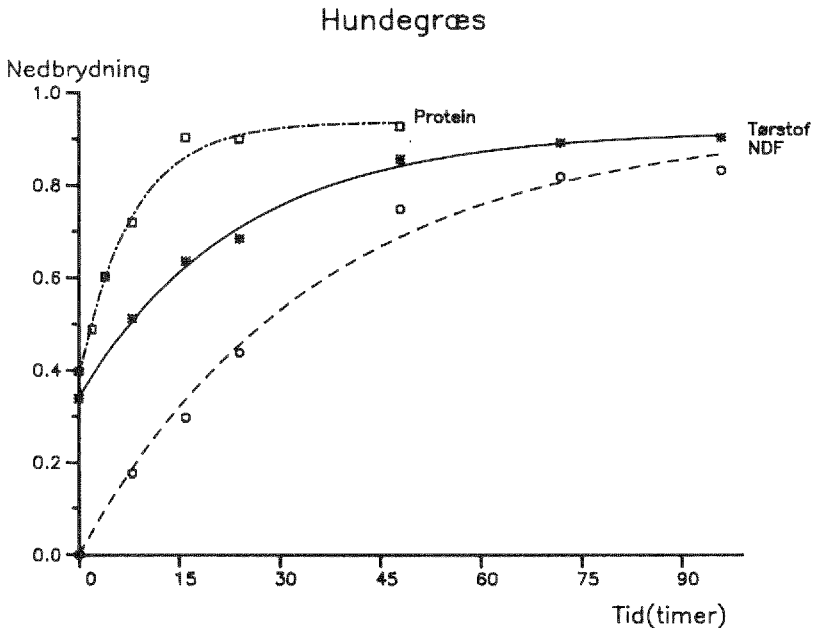
\*\* korrigeret for udvaskningstab ifølge (II)

\*\*\* beregnet efter (IV)

\*\*\*\* spredning på model (1) beregnet på gennemsnit af 3 køer pr. inkubationstid

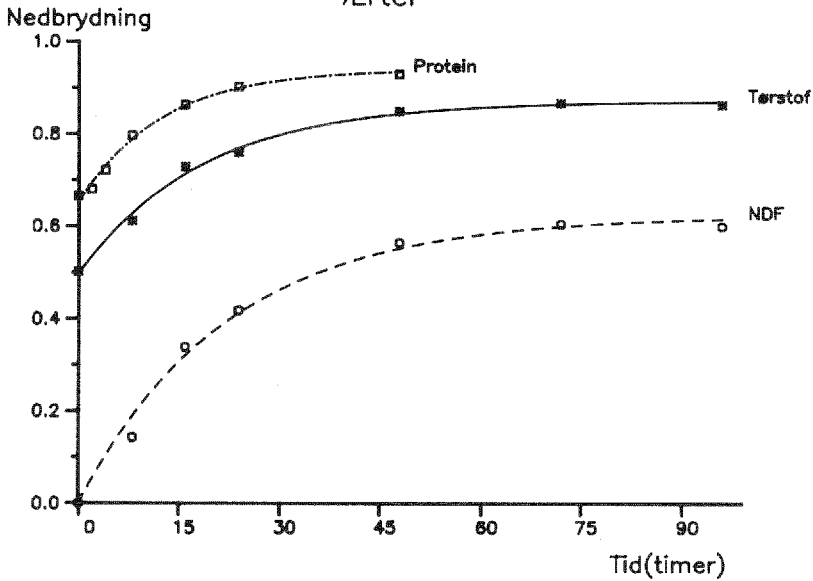
Det ses af tabel 1 og af figur 3, 4 og 5, at der inden for fodermiddel er stor forskel på hvorledes nedbrydningskurverne for henholdsvis tørstof, NDF og protein forløber for disse grovfodermidler. Proteinfraktionen har således en stor vandopløselig andel samt en høj hastighedskonstant for nedbrydningen sammenlignet med NDF-fraktionen, og tørstoffractionen har en hastighedskonstant, der er mindre end proteins og højere end NDF's, idet tørstof indeholder begge disse fraktioner. Det ses endvidere af tabel 1 og figur 6 og 7, at der mellem fodermidlerne er stor forskel på hvorledes fraktionerne nedbrydes. Dette er anskueliggjort i figur 6 for tørstof i rajgræs, lucerne og byghalm. Af figuren ses, at lucerne med den højeste hastighedskonstant (6,2% pr. time) meget hurtigt nærmer sig asymptoten (max. nedbrydning), mens det går langsommere med rajgræs med en middel hastighedskonstant (4,8% pr. time), og byghalm har en så lille hastighedskonstant (2,3% pr. time), at asymptoten langt fra er nået efter 96 timer.

I figur 7 er tilsvarende kurver vist for NDF. Blandt de 9 fodermidler i tabel 1 havde roepiller den højeste hastighedskonstant (7,5% pr. time) for NDF fraktionen, rajgræs en middel hastighedskonstant (4,4% pr. time), og byghalm den laveste hastighedskonstant (2,1% pr. time) for NDF-fraktionen.



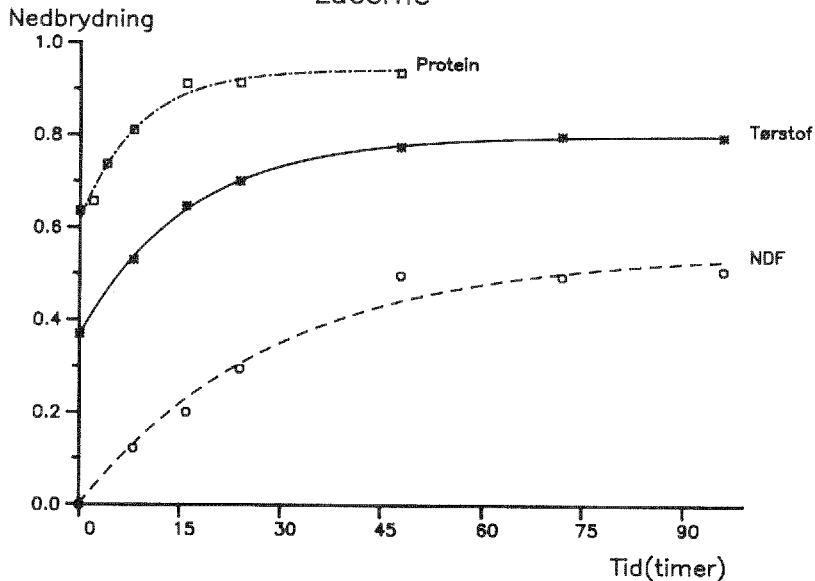
Figur 3 Nedbrydningsprofiler for tørstof, protein og NDF i hundegræs.  
*Degradation profiles for dry matter, protein and NDF in cocksfoot*

## Ærter

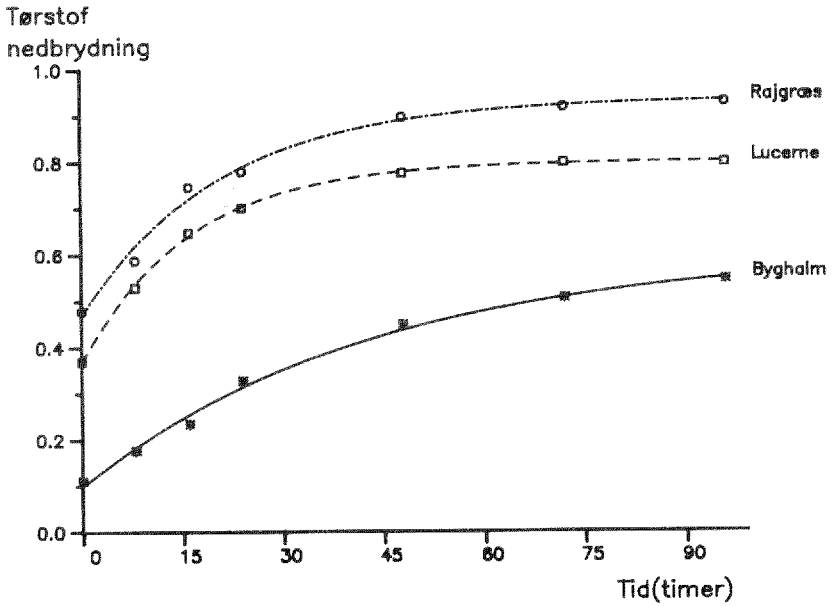


Figur 4 Nedbrydningsprofiler for tørstof, protein og NDF i ærtegrønfoder.  
*Degradation profiles for dry matter, protein and NDF in pea whole crop.*

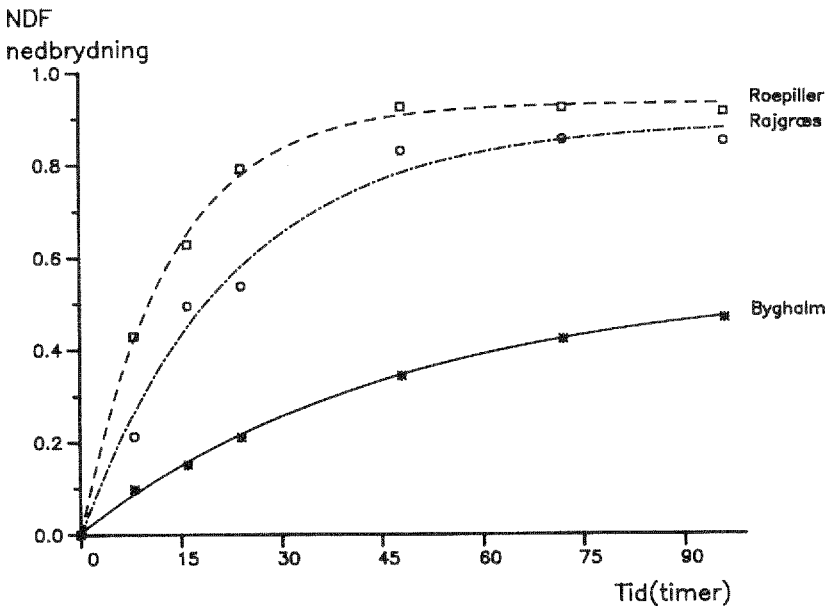
## Lucerne



Figur 5 Nedbrydningsprofiler for tørstof, protein og NDF i lucerne.  
*Degradation profiles for dry matter, protein and NDF in alfalfa.*



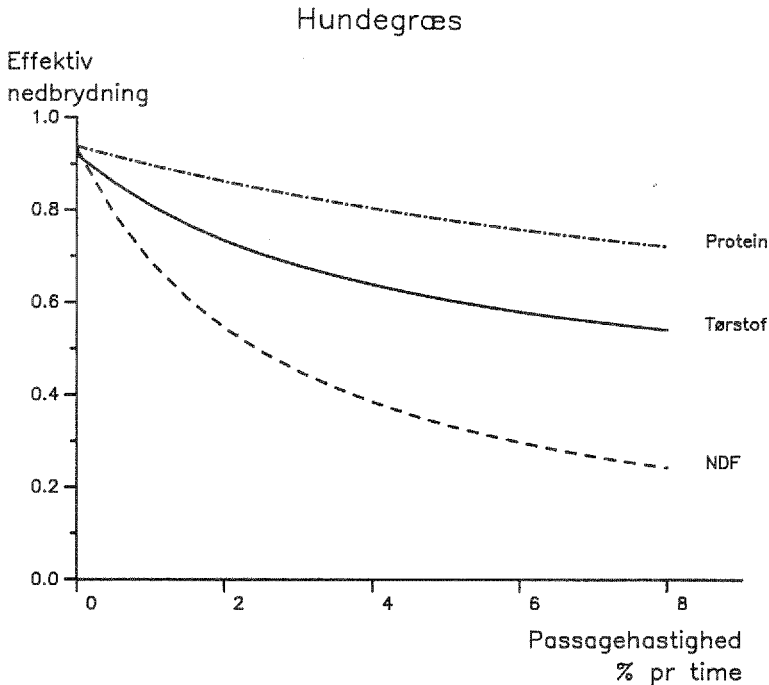
Figur 6 Nedbrydningsprofiler for tørstof i rajgræs, lucerne og byghalm.  
*Degradation profiles for dry matter in rye grass, alfalfa and barley straw.*



Figur 7 Nedbrydningsprofiler for NDF i roepiller, rajgræs og byghalm.  
*Degradation profiles for NDF in dried sugar beet pulp, ryegrass and barley straw.*

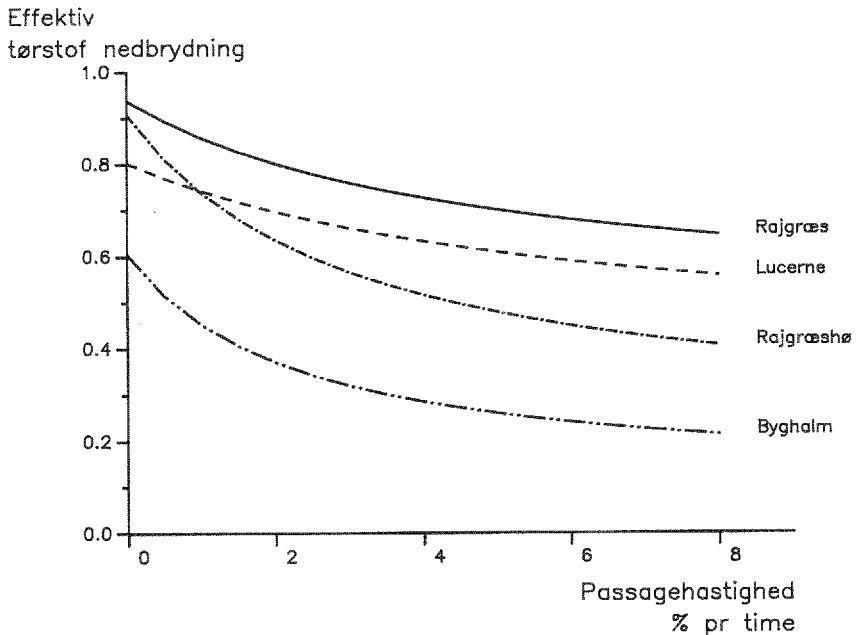
### 4.3 Effektiv nedbrydning ved forskellig passagehastighed

Faldende fordøjelighed ved stigende foderniveau skyldes både en effekt af ændret vommiljø (lavere pH m.m.) og en effekt af kortere opholdstid i vommen, idet passagehastigheden gennem vommen stiger med stigende foderniveau, og konsekvensen heraf er at den gennemsnitlige opholdstid i vommen falder. Derved får fodermidlerne mindre chance for at nå maximal fordøjelighed. Effekten af en stigning i passagehastigheden vil dog afhænge af forløbet af nedbrydningskurven, og effekten bliver mindre jo større hastighedskonstanten er og jo større en del af det potentielt nedbrydelige materiale, den vandopløselige del udgør. Effekten af foderniveau og rationens sammensætning på fordøjeligheden er bl.a. beskrevet af Kristensen & Aaes (1989) og Thomsen (1983), hvor det anføres, at fordøjelighedsfaldet ved øget foderniveau overvejende rammer de tungt fordøjelige kulhydrater.



Figur 8 Den effektive nedbrydnings afhængighed af passagehastigheden. Beregnet for værdier i tabel 1 for protein, tørstof og NDF ved hjælp af model IV.  
*Effective degradation at different passage rates. Calculated for values in table 1 for protein, dry matter and NDF according to model IV.*

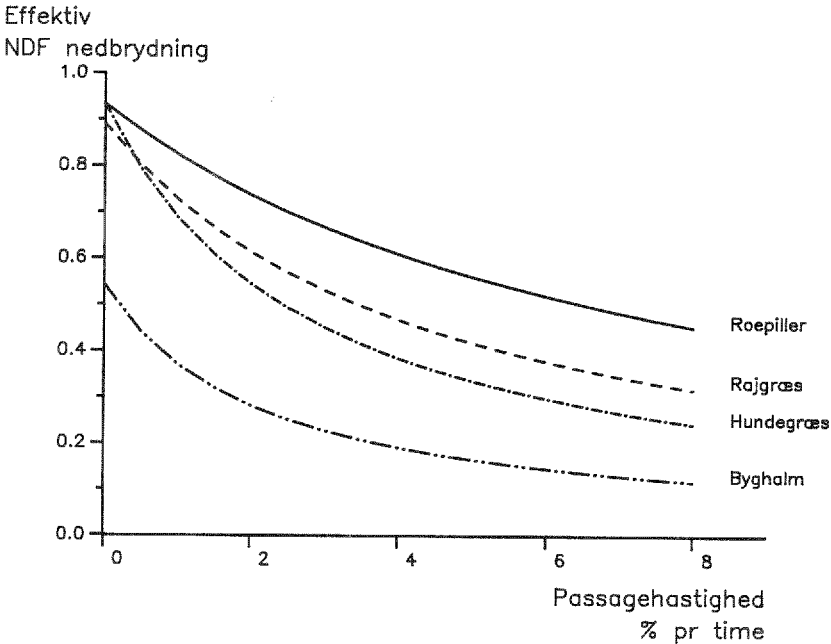
Faldet i fordøjelighed (effektiv nedbrydning) med stigende passagehastighed vil derfor, som det ses af figur 8 med hundegræs som eksempel, være størst for et ikke vandopløseligt langsomt nedbrydeligt materiale som NDF, mens betydningen af øget passage for proteinet med en høj hastighedskonstant og en stor vandopløselig andel vil være meget mindre. Også mellem fodermidler er der stor forskel på, hvor meget den effektive nedbrydning falder ved stigende passagehastighed, hvilket ses af figur 9 og 10. Af figur 10 ses endvidere, at tre fodermidler hundegræs, rajgræs og roepiller med omtrent samme potentielle NDF fordøjelighed (89–94%) ved en passagehastighed på 8% pr. time varierer i effektiv nedbrydning (fordøjelighed) fra 24 til 45%. Effektiv nedbrydning beregnet ud fra nedbrydningsprofilerne fortæller således, hvor stærkt fordøjeligheden vil være påvirket af ændringer i passagehastigheden.



Figur 9 Effektiv tørstofnedbrydning ved stigende passagehastighed. Beregnet for værdier i tabel 1 ved hjælp af model IV.

*Effective dry matter degradation with increasing passage rate. Calculated for values in table 1 according to model IV.*





Figur 10 Effektiv NDF nedbrydning ved stigende passagehastighed. Beregnet for værdier i tabel 1 ved hjælp af model IV.

*Effective NDF degradation with increasing passage rate. Calculated for values in table 1 according to model IV.*

Almindeligvis bygger vores fodermiddelvurdering på fårfordøjelighed målt ved vedligehold eller in vitro fordøjelighed efter 48 timers inkubation med vomvæske. Disse fordøjeligheder vil svare til effektiv nedbrydning ved en passagehastighed et sted mellem 0 og 4% pr. time. Lakterende køer på et højt foderniveau vil have en passagehastighed på mellem 3 og 8% pr. time. Dette kan konkluderes ud fra følgende litteraturoversigt af Lindberg (1985). Her viste undersøgelser over 14 forskellige rationer til får fodret på et foderniveau mindre end 15 g tørstof/kg levende vægt (svarende til max. 1,2 kg tørstof til et får på 80 kg, hvilket er lidt højere end vedligeholdsfodring) en partikelpassagehastighed på gennemsnitlig 3,8% pr. time med en spredning på gennemsnittet på 0,4. Desuden viste undersøgelser over 15 forskellige rationer, hvor køer blev fodret på et foderniveau større end 25 g tørstof/kg levende vægt (svarende til min. 15 kg tørstof til en ko på 600 kg) en partikelpassagehastighed på gennemsnitlig 5,5% pr. time med en spredning på gennemsnittet på 0,4. Denne litteraturoversigt af Lindberg (1985) viser, at passagehastigheden hos køer fodret på produktionsniveau er mindst 1,7 procentenheder højere pr. time end passagehastigheden hos

får fodret på vedligeholdsniveau. Denne forskel på forholdene mellem foder-middelvurdering og praktiske fodringsforhold kan, som det fremgår af figur 9 og 10, føre til at fodermidler under praktiske fodringsforhold vil have en meget anderledes rangering end den som angives i fodermiddeltabellen. Nedbrydningsprofiler vil således være et godt redskab at inkludere i en alternativ foder-middelvurdering, hvor der tages hensyn til, at potentielt fordøjeligt materiale ikke i alle tilfælde fordøjes fuldt ud. Forskellige muligheder for at inkludere en sådan korrektion for foderniveau i fodermiddelvurderingen er diskuteret af Thomsen (1983).

#### 4.4 Partikeltab

Værdierne for NDF-nedbrydning i tabel 1 samt i figur 3, 4, 5, 7, 8 og 10 er korrigerede for partikeltab ifølge formel II, idet NDF ikke er vandopløseligt. Derfor er hele udvaskningstabt ved vask uden inkubation regnet som partikeltab.

Da det derfor også må formodes, at der for tørstof og proteins vedkom-mende kunne være tale om et partikeltab, blev dette undersøgt ved at vaske fo-dermidlerne på et filter efter følgende procedure: 1 g fodermiddel sættes i støb i 40 ml vand (20°C) i 1 time, hvorefter det overføres på papirfilter og vaskes med 4×40 ml vand (20°C). Efter tørring kan tørstofftabet ved udvaskning bestem-mes.

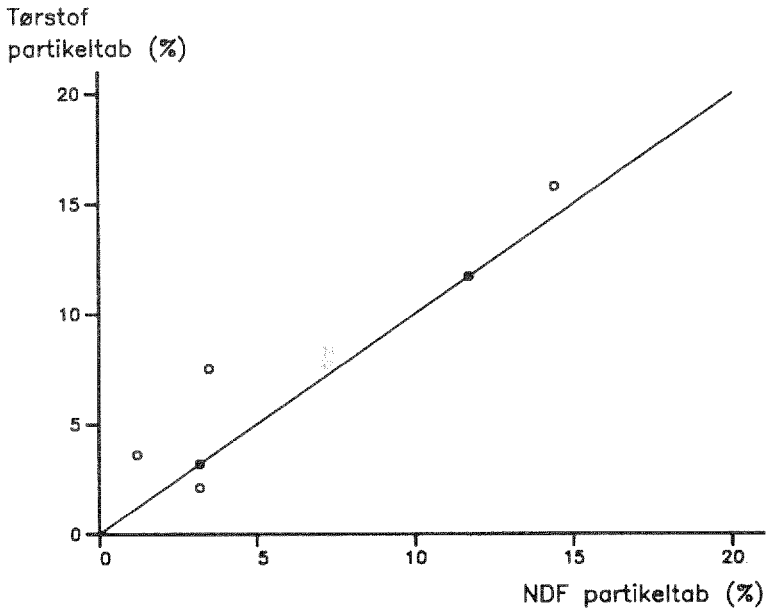
Den vandopløselige del er vist i tabel 2, hvor det er sammenlignet med ud-vaskningstab fra nylonpose efter vask i vaskemaskine og et partikeltab, der er beregnet som differens er mellem udvaskningstabt fra nylonposen og udvask-ningstabt gennem et papirfilter. Desuden er udvaskningstabt vist fra nylonpo-ser med en porestørrelse på 9 $\mu$  efter vask i vaskemaskine. Det ses af tabel 2, at det beregnede partikeltab varierer fra 2% af tørstoffet i halm til 16% af tørstof-fet i ærter. Partikeltab beregnet som forskel i udvaskningstab mellem 36 $\mu$  poser og 9 $\mu$  poser giver knap så store værdier, hvilket sandsynligvis skyldes, at der også fra 9 $\mu$  poserne er et vist partikeltab. Det i tabel 2 estimerede partikeltab ligger på nogenlunde samme niveau som fundet af Lindberg & Varvikko (1982), hvor forskellen i udvaskningstab fra nylonposer med porestørrelse på henholds-vis 36 $\mu$  og 10 $\mu$  varierede fra 1% af tørstoffet for rapsskrå til 15% af tørstoffet for byg. For grovfodermidler varierede forskellen i udvaskningstab mellem de to porestørrelser fra halm med 2% til hør med 8% af tørstoffet. Lindberg & Knut-son (1981) fandt partikeltab fra 36 $\mu$  poser på op til 16% af tørstoffet for græshø.

**Tabel 2 Vandopløselig del målt som tab ved filtrering over papirfilter, tab fra nylonposer ved vask uden inkubation i poser med porestørrelse på henholdsvis 36 $\mu$  og 9 $\mu$  samt beregnet partikeltab, alt i % af tørstof.**

*Water soluble part measured as the loss after filtration through paper filter, loss from nylon bags with washing without incubation in bags with pore sizes of 36 $\mu$  and 9 $\mu$ , respectively, and calculated particle loss, all in % of dry matter.*

	(1) Vandopløseligt gennem papirfilter	(2) Udvasket fra nylonposer 36 $\mu$	Udvasket fra nylonposer 9 $\mu$	(2-1) Beregnet partikeltab
Byghalm	9,0	11,1	9,5	2,1
Hundegræs	26,3	33,7	27,4	7,5
Rajgræs (alm.)	36,1	47,8	36,7	11,7
Ærter (grønfoeder)	34,3	50,1	39,0	15,8
Hvidkløver	40,7	43,0	43,5	2,3
Lucerne	33,3	36,9	37,9	3,6

Korrektionerne efter formel II og III har som forudsætning, at partikeltabet har samme nedbrydningsprofil som det der resterer i posen efter udvaskning. Ud fra denne betragtning skulle man forvente samme procentvise partikeltab fra henholdsvis NDF og totaltørstof. I figur 11 er partikeltabet af tørstof i det op-rindelige materiale plottet mod partikeltabet af NDF efter vask i nylonposer. Partikeltabet af NDF er på grundlag af rent NDF-materiale. Der er en rimelig sammenhæng mellem NDF partikeltabet og tørstof partikeltabet. Dette tyder på, at partikeltabet er en repræsentativ sammensat del af tørstoffet, og derfor er det rimeligt med korrektionen for partikeltab, som beskrevet med formel II og III, hvor det forudsættes, at det udvaskede partikeltab nedbrydes med samme hastighed som den resterende fraktion i nylonposen.



Figur 11 Sammenligning af partikeltabet i det oprindelige materiale (tørstof) og for rent NDF materiale, %.  
*Comparison of particle loss from original material (dry matter) and for pure NDF material, %.*

I tabel 3 er nedbrydningskarakteristika vist for tørstof korrigeret efter formel III. En sammenligning af værdierne i tabellerne 3 og 1 viser, at korrektionerne for partikeltab har ændret den effektive nedbrydning og særligt for høje passagehastigheder. Som sammenligningsgrundlag er i tabel 3 vist den ukorrigerede effektive nedbrydning ved en passagehastighed på 8% pr. time. Det ses heraf, at den ukorrigerede effektive nedbrydning ved 8% passagehastighed svarer til korrigerede værdier ved en passagehastighed mellem 3 og 8% pr. time. I figurerne 3, 4, 5, 6, 8 og 9 er der for tørstofs vedkommende brugt ukorrigerede værdier fra tabel 1, da partikeltabet ikke har kunnet estimeres for samtlige 9 fodermidler.

**Tabel 3** Nedbrydningskarakteristika for tørstof korrigeret for partikeltab efter formel III.

*Degradation characteristics for dry matter corrected for particle loss according to formula III.*

	a	b	c	Effektiv nedbrydning ved passagehastigheden (% pr. time)				Ukorrigeret 8% passagehastighed
				1	3	5	8	
Byghalm	0,079	0,516	0,023	0,448	0,303	0,242	0,194	0,213
Hundegræs	0,265	0,645	0,042	0,786	0,641	0,560	0,487	0,539
Rajgræs (alm.)	0,352	0,569	0,048	0,823	0,702	0,630	0,565	0,645
Ærter (grønfoder)	0,338	0,494	0,054	0,755	0,656	0,595	0,537	0,648
Hvidkløver	0,392	0,559	0,059	0,870	0,763	0,695	0,629	0,643
Lucerne	0,331	0,459	0,062	0,726	0,640	0,585	0,531	0,557

#### 4.5 Fylde

I tabel 4 er fyllden beregnet ved hjælp af model VI for de 9 undersøgte grovfodermidler ved 4 forskellige passagehastigheder. Disse værdier for fylde udtrykker kg vomtørstof-timer pr. kg fodertørstof, og skal ses i forhold til en foderoptagelse over døgnets 24 timer. Med et gennemsnitligt tørstofindhold i vommen på 8–9 kg hos køer ved et foderoptagelse på 16–20 kg tørstof (Robinson et al., 1987), giver det en kapacitet på 8 kg vomtørstof·24 timer = 192 kg vomtørstof-timer pr. døgn.

**Tabel 4** Fylde for en række fodermidler (kg vomtørstof-timer pr. kg fodertørstof) beregnet ud fra model VI samt værdier for tørstofnedbrydningen fra tabel 1. Desuden foderoptagelse beregnet for en gennemsnitlig tørstofmængde i vommen på 8 kg og en passagehastighed på 3% pr. time.

*Fill value of different roughages (kg rumen dry matter-hours per kg feed dry matter), calculated from model VI and values for dry matter degradation from table 1. In addition feed uptake calculated from a mean dry matter content of 8 kg in the rumen and a passage rate of 3% pr. hour.*

	Fylde ved passagehastigheden (% pr. time)				Foderoptagelse kg tørstof/døgn	Korrigeret*	
	1	3	5	8		Fylde	Foderoptagelse
Byghalm	54,9	22,7	14,8	9,8	8,5	23,2	8,3
Rajgræs hø	26,4	14,6	10,5	7,5	13,1		
Rajgræsensilage	20,7	11,3	8,2	5,9	17,0		
Hundegræs	19,1	10,7	7,9	5,7	17,9	12,0	16,0
Rajgræs (alm.)	14,4	8,7	6,4	4,7	22,1	9,9	19,4
Ærter (grønfoder)	18,7	8,7	6,2	4,4	22,1	11,5	16,7
Hvidkløver	12,5	7,6	5,9	4,5	25,3	7,9	24,3
Roepiller	17,2	10,9	8,5	6,5	17,6		
Lucerne	25,9	11,4	7,9	5,5	16,8	12,0	16,0

\*) Korrigerede værdier for a, b og c fra tabel 3, passagehastighed 3% pr. time, foderoptagelse i kg ts pr. døgn.

Det ses af tabel 4, at den beregnede fylde er meget afhængig af passagehastigheden. Således reduceres fylden af byghalm til ca.  $\frac{1}{2}$  ved en øgning af passagehastigheden fra 1 til 8% pr. time, hvorimod fylden af roepiller og hvidkløver kun reduceres til ca.  $\frac{1}{3}$  ved denne øgning i passagehastighed. Den indbyrdes rangering med hensyn til fylde er således meget mere afhængig af passagehastigheden end tilfældet er ved beregning af effektiv nedbrydning.

I tabel 4 er angivet en beregnet daglig foderoptagelse ved 3% passagehastighed pr. time og en daglig foderoptagelseskapacitet på 192 kg tørstof-timer. Den beregnede foderoptagelse er for flere fodermidler i overkanten af, hvad der kan forventes. Årsagen kan være en generel undervurdering af fylden ved denne beregningsmetode eller at passagehastigheden ud af vommen for disse fodermidler er mindre end 3% pr. time. En del af undervurderingen af fylden kan også skyldes, at beregningseksemplet i tabel 4 bygger på tørstofdata fra tabel 1, der ikke er korrigeret for partikeltab. For de fodermidler, hvor det er muligt, er der derfor i tabel 4 også beregnet fylde og foderoptagelse ved 3% passagehastighed pr. time med værdier fra tabel 3 korrigeret for partikeltab, hvilket i enkelte tilfælde reducerer den beregnede foderoptagelse med helt op til 25%.

Det er endnu usikkert, om de her beregnede udtryk for fylden vil være rimeligt korreleret til foderoptagelsen, og værdierne må testes overfor in vivo forsøg, før det eventuelt kan anbefales at bruge værdierne som supplement til eller som erstatning for det nuværende system.

#### 4.6 Inkubationstidernes længde

Betydningen af inkubationstidernes længde er anskueliggjort for NDF i tabel 5, hvor a, b og c værdier samt effektiv nedbrydning ved en passagehastighed på 1 og 8% pr. time er vist, hvor længste inkubationstid er henholdsvis 96 timer og 72 timer. Værdierne for 72 timer er fundet ved at udelade observationerne for 96 timers inkubation fra beregningerne, d.v.s. total antal observationer er reduceret fra 21 til 18.

Det ses af tabel 5, at udeladelse af observationerne for 96 timer generelt har medført, at b værdierne estimeres højere og c værdierne estimeres lavere på nær for rajgræshø, hvor det er omvendt. Grunden til denne forskel er sandsynligvis, at der sker en opkoncentrering af langsomt nedbrydeligt stof med lav hastighedskonstant ved længere inkubation. Dette er et resultat af at model I ikke giver en fuldstændig beskrivelse af nedbrydningskurven, der sandsynligvis er sammensat af en række kurver for forskellige fraktioner med forskellig forgæringshastighed. Den negative korrelation mellem b og c værdierne medfører, at de beregnede effektive nedbrydninger kun påvirkes lidt. Dog giver udeladelse af 96 timers observationerne en højere effektiv nedbrydning ved en lav passagehastighed (1% pr. time) da den estimerede højere potentielle fordøjelighed her får stor betydning, mens det modsatte er tilfældet ved en høj passagehastighed, hvor hastighedskonstanten får større betydning.

Det må heraf konkluderes, at det må tilstræbes at anvende lange inkubationstider for at få troværdige estimater for b og c værdierne. På den anden side betyder den negative korrelation mellem b og c værdierne, at beregnet effektiv nedbrydning er robust overfor ændringer i b og c værdier som følge af forskellig maksimal inkubationstid.

**Table 5** Betydningen af længste inkubationstid for estimering af a, b og c værdier samt effektiv nedbrydning af NDF. Alle værdier er korrigeret for partikeltab efter formel II.

*Importance of the length of the longest incubation time for estimating a, b, and c values and effective degradation of NDF. All values are corrected for particle loss according to formula II.*

	a <sup>o</sup>	a <sup>*</sup>	b <sup>o</sup>	b <sup>*</sup>	c <sup>o</sup>	c <sup>*</sup>	Effektiv nedbrydning ved passagehastigheden (% pr. time)			
							1 <sup>o</sup>	1 <sup>*</sup>	8 <sup>o</sup>	8 <sup>*</sup>
Byghalm	0,005	0,005	0,537	0,543	0,021	0,020	0,369	0,367	0,117	0,114
Rajgræs hø	0,010	0,005	0,810	0,786	0,034	0,037	0,636	0,624	0,252	0,254
Rajgræs ensilage	0	0	0,834	0,834	0,045	0,045	0,682	0,682	0,300	0,300
Hundegræs	0	0	0,931	1,000	0,028	0,025	0,686	0,714	0,241	0,238
Rajgræs (alm.)	0	0	0,890	0,925	0,044	0,041	0,725	0,744	0,316	0,313
Ærter (grønfoder)	0	0	0,624	0,643	0,045	0,042	0,511	0,519	0,225	0,221
Hvidkløver	0	0	0,879	0,929	0,037	0,034	0,700	0,718	0,288	0,277
Roepiller	0	0,001	0,932	0,938	0,075	0,074	0,822	0,827	0,451	0,451
Lucerne	0	0	0,549	0,589	0,034	0,030	0,424	0,442	0,164	0,161
Middel			0,776	0,799	0,040	0,039	0,617	0,626	0,262	0,259

<sup>o</sup>) 96 timer længste inkubationstid.

<sup>\*</sup>) 72 timer længste inkubationstid, beregnet ved at udelade observationerne ved 96 timer.



## 5 KONKLUSION

Beskrivelse af nedbrydningsprofilen ved hjælp af parametrene  $a$ ,  $b$  og  $c$ , der beskriver henholdsvis vandopløselig andel, ikke vandopløselig men potentiel vomfordøjelig andel samt hastighedskonstanten for tørstof eller forskellige fraktioner af tørstoffet beregnet ud fra model I vil være et redskab til en alternativ fodermiddelvurdering. Man skal dog være opmærksom på, at  $a$ ,  $b$  og  $c$  værdierne skal vurderes samlet, idet værdierne er stærkt korrelerede. En sådan samlet vurdering får man ved beregning af effektiv nedbrydning.

Brug af  $a + b$  som udtryk for potentielt vomfordøjeligt stof kræver, at man ved den længste inkubationstid får en nedbrydning, der er tæt på den potentielt opnåelige nedbrydningsgrad. Hvis dette ikke er tilfældet, vil der være risiko for at estimere asymptoten til en for høj værdi, samt underestimere hastighedskonstanten. Det kan derfor være nødvendigt med inkubationstider på 72 eller 96 timer eller endnu længere, når der skal fastlægges nedbrydningsprofiler for tørstof og cellevægskulhydrater i tungt fordøjelige fodermidler.

Værdierne for den vandopløselige del bestemt som vasketab fra nylonposen ( $a$ ) bør korrigeres for partikeltab af små partikler. Partikeltabet kan kontrolleres ved at vaske foderprøver på et filter, der kun slipper opløste stoffer igennem og korrektion kan gennemføres ved formel II eller III.

Generelt må det konkluderes, at tabellering af  $a$ ,  $b$  og  $c$  værdier for relevante fraktioner af tørstoffet for samtlige fodermidler vil øge mulighederne for at vurdere foderværdien af enkelte fodermidler under forskellige fodringsforhold, idet effektiv nedbrydning så let vil kunne beregnes fra model IV. Desuden vil værdierne beregnet fra model VI give et indtryk af, hvor fyldende et foder er. Imidlertid er det afgørende at kende passagehastigheden ud af vommen for at kunne beregne fylden. Men omvendt vil det være muligt at beregne passagehastigheden ud af vommen under forudsætning af fysisk regulering, hvis ad libitum foderoptagelsen af et fodermiddel kendes foruden nedbrydningsprofilen. Problemer med fastlæggelse af passagehastigheder for forskellige fodermidler kan betyde, at den her skitserede metode kun vil være anvendelig til at beskrive forskelle i fylde indenfor et fodermiddel eller fodermiddelgruppe med rimelig homogen struktur og partikelstørrelse.

Hvilken nedbrydningsprofil, der vil være optimal under forskellige produktionsforhold, er ikke klarlagt på nuværende tidspunkt. Men ud fra et ønske om at holde et konstant vommiljø (konstant vom pH) vil det være ønskeligt at minimere den vandopløselige del ( $a$ ) af kulhydraterne i rationen, idet denne del er fuldt tilgængelig for vommikroberne og derfor kan give anledning til store pH fald. På den anden side kræver en stor foderoptagelse, at hastighedskonstanten for foderets nedbrydning af tørstof og cellevægskulhydrater er høj sammen med en høj potentiel fordøjelighed.

## 6 LITTERATURLISTE

- Bøe, U.B. 1988. Associative effects of mixed diets for ruminants. Dissertation. Agricultural University of Norway. 116 pp.
- Børsting, C.F. & M.R. Weisbjerg. 1989. Fatty acid metabolism in the digestive tract of ruminants. Ph.D. thesis. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, København. 249 pp.
- Hvelplund, T. & J. Madsen, 1990. A study of the quantitative nitrogen metabolism in the gastrointestinal tract, and the resultant new protein evaluation system for ruminants. The AAT-PBV system. The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen. 215 pp.
- Istasse, L., R.I. Smart & E.R. Ørskov. 1986. Comparison between two methods of feeding concentrate to sheep given a diet high or low in concentrate with or without buffering substances. *Animal Feed Science and Technology*. 16. 37-49.
- Kristensen, E.S., P.D. Møller & T. Hvelplund. 1982. Estimation of the effective protein degradability in the rumen of cows using the nylon bag technique combined with the outflow rate. *Acta Agric. Scand.* 32. 123-127.
- Kristensen, V.F. 1983. Styring af foderoptagelsen ved hjælp af foderrationens sammensætning og valg af fodringsprincip. I: Optimale foderrationer til malkekoen. Foder-værdi, foderoptagelse, omsætning og produktion. Beretn. 551 fra Statens Husdyrbrugsforsøg. 7.1-7.35.
- Kristensen, V.F. & O. Aaes. 1989. Foderniveauets betydning for fodereffektiviteten. I: Grundlag for valg af avlsmål og tilhørende produktionssystem i mælkeproduktionen. Beretn. 660 fra Statens Husdyrbrugsforsøg. 10-42.
- Lindberg, J.E. 1985. Estimation of rumen degradability of feed proteins with the in sacco technique and various in vitro methods: A review. *Acta Agric Scand Suppl.* 25. 64-97.
- Lindberg, J.E. & P.G. Knutson. 1981. Effect of bag pore size on the loss of particulate matter and on the degradation of cell wall fibre. *Agriculture and Environment*. 6. 171-182.
- Lindberg, J.E. & T. Varvikko. 1982. The effect of bag pore size on the ruminal degradation of dry matter, nitrogenous compounds and cell walls in nylon bags. *Swedish J. Agric. Res.* 12. 163-171.
- Madsen, J., T. Hvelplund, P.D. Møller og P.E. Petersen. 1984. Forskellige handelsfodermidlers proteinnedbrydning i vommen hos kvæg. Medd. nr. 532, Statens Husdyrbrugsforsøg. 4 pp.
- Merry, R.J. & A.B. McAllan. 1983. A comparison of the chemical composition of mixed bacteria harvested from the liqued and solid fractions of rumen digesta. *Br. J. Nutr.* 50, 701-709.
- Møller, P.D., P.E. Petersen & T. Hvelplund. 1983. Undersøgelser over forskellige fodermidlers proteinnedbrydning i vommen målt ved nylonposeteknikken. Medd. nr. 472, Statens Husdyrbrugsforsøg. 4 pp.
- Robinson, P.H., J.G. Fadel & S. Tamminga. 1986. Evaluation of mathematical models to describe neutral detergent residue in terms of its susceptibility to degradation in the rumen. *Animal Feed Science and Technology*. 15. 249-271.
- Robinson, P.H., S. Tamminga & A.M. van Vuuren. 1987. Influence of declining level of feed intake and varying the proportion of starch in the concentrate on rumen ingesta turnover in dairy cows. *Livestock Production Science*. 17. 37-62.

- SAS. 1985. SAS Users Guide statistics. Version 5 edition. Cary, North Carolina.
- Sharpe, A.N. & A.K. Jackson. 1972. Stomaching: A new concept in bacteriological sample preparation. *Appl. Microbiol.* 24. 175-178.
- Thomsen, K.V. 1983. Fodermidlernes karakteristika. I: Optimale foderrationer til malkekoen. Foderværdi, foderoptagelse, omsætning og produktion. Beretn. 551 fra Statens Husdyrbrugsforsøg. 3.1-3.37.
- Weisbjerg, M.R. 1987. Tørstof nedbrydning i vommen hos malkekøer. Analysering af data fra nylonposeinkubationer v.h.a. en mekanistisk model. Skriftlig opgave i statistik. Institut for Matematik og Statistik. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. 40 pp.
- Ørskov, E.R. & I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. Camb.* 92. 499-503.
- Ørskov, E.R., G.W. Reid & M. Kay. 1988. Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughages. *Anim. Prod.* 46. 29-34.