



Bachelorprojekt i Husdyrvidenskab

15 ECTS

Udarbejdet af:

Morten Maigaard Sørensen – thb321

Thorben Krüger – hnw830

Effekten af malkekøers sortering i foderrationen på NDF-fordøjelsen

Vejleder: Mette Olaf Nielsen

Medvejleder: Niels Bastian Kristensen

Afleveret den: 16. juni 2017

Abstract

Digestion rate of fiber is limiting for dry matter uptake in dairy cows and may therefore affect their production and health. Sorting behavior can lead to variation in nutrient composition and may result in a variation in supply with concentrate feeds between cows, which may affect the total fiber digestion. One way to limit sorting behavior is to offer the ration as a *compact total mixed ration* (TMR).

A literature review was conducted to investigate the extent of sorting behavior in dairy cows. It was investigated if the sorting behavior may result in a variation of nutrient uptake, and furthermore if this variation may lead to a decrease in fiber digestibility. It was found likely, that a variation in nutrient uptake may affect the fiber digestion, but the extent of this variation is unclear.

In addition, an experiment was conducted in a herd of Jersey cows by offering the feed as compact TMR. Fecal samples were collected both before and after the shift to compact TMR and analyzed by near-infrared spectroscopy (NIR) for parameters estimating the fiber- and starch digestion. A simple t-test was carried out. It was found that the NIR calibration was too inaccurate to show an effect on fiber digestion. A significant effect ($p=0.0045$) of the compact TMR was found on an increased starch digestion. **Eller der var ingen effekt??**

Forord

Dette projekt er udarbejdet som en afsluttende del af bacheloruddannelsen i Husdyrvidenskab. Projektet er udarbejdet ved Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet, Frederiksberg, Institut for Klinisk Veterinær- og Husdyrvidenskab (IKVH).

Vi vil gerne takke vores vejleder professor Mette Olaf Nielsen, IKVH, for vejledende indsats. Der er under udarbejdelsen benyttet data fra en jerseybesætning ejet af Niels-Henrik Krogsgaard Hjerrild. I den forbindelse vil vi gerne takke Niels-Henrik for at stille besætning til rådighed, samt indrapportering af data til DMS. Ydermere takkes Niels Bastian Kristensen, SEGES Kvæg, for medvejledende indsats og sparring i forbindelse med den anvendte besætning, samt bistand med analyser af foder- og gødningsprøver.

Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet, Frederiksberg,
Afleveringsdato: fredag den 16. juni 2017

Morten Maigaard Sørensen, thb321

Thorben Krüger, hnw830

Indholdsfortegnelse

ABSTRACT	2
FORORD	3
1. INDLEDNING	6
1.1. Baggrund	6
1.2. Problemformulering	7
2. LITTERATUR-REVIEW	8
2.1. Sorteringsadfærd	8
2.2. Hvorfor er NDF-fordøjeligheden vigtig?	9
2.2.1. NDF nedbrydning i mave-tarmkanalen	10
2.2.2. Koens foderoptag er begrænset	12
2.3. Effekten af variation i næringsstofforsyningen på NDF-fordøjelsen	14
2.3.1. Effekten af cyklisk variation i næringsstofforsyning	14
2.3.2. Andelen af letfordøjelige kulhydrater har en betydning for NDF-fordøjelsen	16
2.3.3. Betydning af vomnedbrydeligt protein i rationen for NDF-fordøjeligheden	18
2.4. Kompakt fuldfoder – et fodringsprincip	19
2.5. Opsummering af litteratur-review	20
3. EGNE UNDERSØGELSER	20
3.1. Formål	21
3.2. Metode	21
3.3. Resultater og analyse	22
3.3.1. Foderprøver	22
3.3.2. Gødningsprøver	23
3.4. Diskussion af egen undersøgelse	27
3.5. Konklusion af egen undersøgelse	29
4. DISKUSSION	29

5. KONKLUSION.....	31
6. PERSPEKTIVERING.....	32
REFERENCER.....	34
BILAG.....	37

Bilagsoversigt

Bilag 1: Blandingsprotokol for kompakt fuldfoder.....	37
Bilag 2: Billede af ”medbringer”.....	38
Bilag 3: Udklip af data fra NIR-analyse.....	39

1. Indledning

1.1. Baggrund

I et "cafeteria-forsøg" har Krohn & Konggaard, (1987) vist, at køer, der selv kan sammensætte deres ration har et lavere fedtindhold i mælken end køer, der er fodret med et fuldfoder, hvor selvvalg ikke er muligt. Det tyder på en variation i optaget og fordøjelsen af NDF ved selvvalg. I forsøget konkluderes det, at køer ikke er i stand til selv at sammensætte en afbalanceret foderration, selvom de tilbudte foderemner giver mulighed hertil. Fodringsituationen i nogle af de danske kvægstalde, hvor foderets blandingsgrad er utilstrækkelig, kan imidlertid mere ligne en "cafeteria-fodring" end et fuldfoder. Køer fodret med traditionelt fuldfoder udviser nemlig en udpræget sorteringsadfærd med en præference for velsmagende kraftfoderpartikler og en undgåelse af lange partikler (Leonardi et al., 2005). De køer, der er bedst til at sortere og først står ved foderbordet optager derfor potentielt en ration, der har en højere kraftfoderandel end planlagt og efterlader en ration med lavere kraftfoderandel end planlagt. Sorteringsadfærd medfører derfor potentielt en variation af næringsstofforsyningen på ko til ko niveau, dag til dag niveau og en variation hen over dagen. Udover dag til dag variationen er det tænkeligt, at nogle køer i den beskrevne fodringssituation generelt indtager mere kraftfoder end andre og dermed er konstant overforsynet med protein og letfordøjelige kulhydrater ift. foderplanen, mens andre køer må nøjes med en ration der medfører en underforsyning af protein og letfordøjelige kulhydrater. Omfanget af sorteringsadfærd blandt køer ønskes derfor undersøgt, for at vurdere om det kunne tænkes at være et reelt problem i praksis.

Den mikrobielle aktivitet i vommen afhænger i høj grad af protein- og energiforsyningen til mikroorganismene. Er mikroberne underforsynet, hæmmes den mikrobielle aktivitet, hvilket sandsynligvis også går ud over fiberfordøjelsen. En overforsyning med letfordøjelige kulhydrater vil formentlig også hæmme fiberfordøjelsen, grundet lavere pH i vommen og substratpræference hos nogle bakterier (Mould et al., 1983; Weisbjerg et al., 1999). Man kunne derfor forestille sig, at fiberfordøjeligheden kan variere fra ko til ko og give anledning til udsving i næringsstofindtag ift. behov mellem køer i besætningen, såfremt rationens egenskaber giver køerne mulighed for en væsentlig sortering.

NDF udgør en stor del af koens energiforsyning og er samtidig den tungest fordøjelige og mest fyldende fraktion i foderet. Med denne baggrund er NDF den bestemmende faktor for rationens fylde og dermed koens foderoptagelse og derfor energiforsyning (Ingvarsen & Kristensen, 2003). Samtidig kommer den største del af NDF i foderet fra grovfoder. Det vil

derfor også være relevant, at undersøge hvilken effekt en over- eller underforsyning med kraftfoder har på NDF-fordøjeligheden.

En mulighed for at minimere sorteringsadfærd er at tilsætte vand til rationen. Ved ”støbsætning” af kraftfoderfraktionen og kraftig blanding af græsensilagen, kan der opnås et kompakt fuldfoder, der er meget svært at skille ad for køerne. En sådan ration har typisk et tørstofindhold på under 35% (Kristensen, 2016) . På den baggrund kan man opstille den hypotese, at et skift til kompakt fuldfoder sænker sorterbarheden af rationen, og dermed øger den gennemsnitlige NDF-fordøjelighed, da vommiljøet stabiliseres.

1.2. Problemformulering

For at kunne besvare ovennævnte hypotese, er det nødvendigt at få besvaret følgende spørgsmål:

- Hvad er omfanget af sorteringsadfærd og hvilke konsekvenser har den for vommiljøet i køer i moderne malkekvægsbesætninger?
- Hvilken betydning har NDF-fordøjeligheden for koens foderoptag?
- Hvad er effekten af variation i næringsstofforsyningen på koens fordøjelse af NDF?

Herunder:

- o Hvad er effekten af varierende forsyning med letfordøjelige kulhydrater på fordøjeligheden af NDF?
- o Hvad er effekten af varierende forsyning med vomnedbrydeligt råprotein på fordøjeligheden af NDF?
- Hvad er responsen af skift til kompakt fuldfoder på den tilsyneladende fordøjelighed af NDF?

Sidstnævnte spørgsmål besvares ved udførelsen af et forsøg, hvor implementering af kompakt fuldfoder gennemføres i en besætning og NDF-fordøjeligheden måles ved NIR-analyse af gødningsprøver. Resultaterne af egne undersøgelser vil blive sammenholdt med litteraturstudiet.

I disse egne undersøgelser er kun undersøgt effekten af skiftet til kompakt fuldfoder på NDF- og stivelsesfordøjelsen, selvom data for f.eks. råfedt og råprotein også er indsamlet. Ligeledes er nærværende projekt afgrænset fra, at undersøge ædeadfærd i relation til reduceret sortering, og racespecifik sorteringsadfærd, nærmere.

2. Litteratur-review

Formålet med dette litteraturstudie er at undersøge omfanget og konsekvenser på vommiljøet af malkekøers sortering i deres foderration. Det ønskes undersøgt om denne sorteringsadfærd kan resultere i betydelige afvigelser fra den planlagte ration, samt om eventuelle afvigelser kan have en negativ effekt på køernes fordøjelse af NDF.

2.1. Sorteringsadfærd

For at belyse, om sorteringsadfærd har indflydelse på NDF-fordøjeligheden, er det i første omgang nødvendigt at undersøge sorteringsadfærdens omfang og dens konsekvenser for vommiljøet ved traditionelle foderblandinger. Dette afsnit skal belyse, om sorteringsadfærd kan føre til en betydelig variation i næringsstofoptaget køerne imellem og hen over døgnet.

Typiske højtydende malkekøer i løsdriftstalder bruger omtrent 4-6 timer dagligt på at æde, typisk i 9-14 omgange, alt efter antallet af udfodringer, indskubninger, malkninger osv. (Grant, 2009). I et studie af DeVries et al. (2003) fandt man, at den største motivationsfaktor for at få køerne til foderbordet, er tildelingen af frisk foder. I studiet havde de opereret med to daglige fodringer af TMR umiddelbart efter malkning. For at undersøge om det var returkomst fra malkning der var motivationsfaktoren i sig selv, var der opstillet en kontrolgruppe, der blev fodret seks timer efter malkning. Her fandt de ydermere at køerne i denne kontrolgruppe samlet set øgede deres ædetid med 12,5 pct. Dette kan indikere, at en TMR, der tildeles straks efter malkning, må give køerne mere tid til øvrige adfærdsmønstre såsom hvileadfærd og drøvtygning. At køerne motiveres til at gå til foderbordet af leverancen af frisk foder, kan yderligere indikere, at rationen på foderbordet ændrer kvalitet henover dagen. En grund til at rationen ændrer kvalitet kan være, at de foretrukne foderpartikler gradvist sorteres fra, således at den tilbageværende ration bliver mindre attraktiv. En anden faktor der kan gøre foderet mindre attraktivt er varmedannelse grundet øget mikrobiel aktivitet i foderet.

At køer har en tendens til sorteringsadfærd kan yderligere understøttes ved en diskussion om optimal fødesøgning. Hughes (1993) hævder, at fouragering og sortering vil favorisere fodertyper/fødeemner, der er mest profitable med hensyn til energiudbytte per tidsenhed der kræves til at fordøje foderemnet. Wallis de Vries & Daleboudt (1994) observerede, at kvæg, der selv har mulighed for at afgræsse/vælge fodertype (indenfor en bestemt tidsramme), opnår et maksimeret energiindtag i forhold til tilbuddets gennemsnit. I konklusionen herpå, er det vigtigt at holde sig for øje, at denne græsningsstrategi ikke nødvendigvis passer på dyr i alle omgivelser. F.eks. vil domesticerede dyr under moderne forhold angiveligt vælge foderemner på

baggrund af andre foderkarakteristika end energiindhold (Miller-Cushon & DeVries, 2016), men det synliggøres altså, at dyrene evolutionært har en drivkraft for at sortere i foderet. Interessant i denne sammenhæng er det, at Keunen et al. (2002) har fundet, at køer med en vom pH under optimum (sur), vil til en vis grad fouragere efter partikler eller fodermidler med mere struktur og højere NDF-forhold, for en eventuel kompensation.

Et review af Miller-Cushon & DeVries (2016) har undersøgt litteraturen på sorteringsadfærd og det påvises bl.a., at køer fodret med TMR, med tendens til at sortere i foderet typisk er mere udsatte for reduceret vom-pH, eventuelt resulterende i subakut vomacidose. Dette skyldes et større indtag af letfermenterbare kulhydrater og et reduceret indtag af effektive fibre, i forhold til det planlagte. Det er velkendt, at en af hensigterne ved en foderration tilbudt som TMR, er at den bør afbalancere næringsstofferne til koen til fordel for en stabil og effektiv mikrobiel population i vommen. DeVries, et al. (2008) undersøgte sammenhængen mellem sortering og vom-pH. Her fandt de, at de køer der sorterede de store partikler fra (> 19 mm på en Penn State Particle Separator), havde en laveste maksimal vom-pH. Forskergruppen har ligeledes eftervist at køer med præference for fraktioner med øget stivelsesindhold og reduceret NDF-indhold, også har lavest maksimale vom-pH. Dette har vist sig også at kunne antydes af mælkens fedtindhold. Her ses reduceret fedtprocent i mælken i takt med øget frasortering af store partikler (Fish & DeVries, 2012). **Hvad skyldes fedt% ændringer <-> struktur?**

Det har ikke været muligt at finde studier, der kvantificerer variationen i næringsstofoptaget, forårsaget af sorteringsadfærd. Med mindre alle køer udfører den samme grad af sorteringsadfærd på samme tidspunkt på døgnet, må man dog gå ud fra, at sortering af foderet resulterer i en vis variation i næringsstofoptaget køerne imellem og hen over døgnet. **Mellem dage?**

Altså må køer, der er tildelt en homogen og usorterbar ration, have reduceret risiko for at få en ubalanceret næringsstofforsyning og følgevirkningerne deraf. Omvendt må det betyde, at en sorterbar ration giver anledning til sortering og varierende næringsstofforsyning køerne imellem og fordelt over døgnet. Det er især forskelle i vom-pH i forsøgene, der indikerer denne variation. Tiden som køerne bruger ved foderbordet kan også være et mål for udført sorteringsadfærd.

2.2. Hvorfor er NDF-fordøjeligheden vigtig?

Når man belyser sorteringsadfærds indflydelse på NDF-fordøjelsen, er det vigtigt at gøre rede for, hvilken størrelse NDF er og hvorfor fordøjelsen af denne er en vigtig faktor. Dette vil blive belyst i dette afsnit samt de to underafsnit.

Neutral detergent fiber (NDF) betegner den fraktion af cellevægskulhydrater i foderet, der er tilovers efter kogning i neutral sæbe (Van Soest, 1995) og derved består NDF hovedsageligt af cellevægskulhydrater i form af cellulose og hemicellulose, samt lignin, og står dermed for den tungest fordøjelige fraktion i foderet. Protein, stivelse og fedt er eksempler på næringsstoffraktioner, der er lettere fordøjelige, og ikke en del af NDF. Ikke opløselige fibre i cellevægstofferne, som pektinstoffer, der typisk er at finde i store mængder i f.eks. roepiller udgør altså ikke en del af NDF. Disse pektinstoffer er kendetegnet ved at have en meget høj sandfordøjelighed, og derfor kan variationen i fodermidlernes fordøjelighed alene tilskrives fordøjeligheden af NDF. NDF udgør altså en betydelig og uundværlig del af en typisk foderration for malkekøer.

NDF kan fraktioneres i potentielt nedbrydeligt NDF (pdNDF), og ufordøjeligt NDF (iNDF). iNDF bestemmes ved in sacco metoden, hvor en nylonpose med fodermidlet anbringes i koens vom og restfraktionen i posen er iNDF. pdNDF beregnes som differencen mellem NDF og iNDF. Den del af pdNDF, der rent faktisk bliver fordøjet i vommen, betegnes vomnedbrudt NDF (rdNDF) (Volden, 2011). Andelen af pdNDF af den samlede NDF fraktion kan variere betydeligt mellem fodermidlerne fra f.eks. 45% i rapskage til 99% i sojaskaller. I græsser ligger denne andel på 78 – 91%, alt efter modenhed. Også nedbrydningshastigheden varierer meget fra 1,5 %/time for hvedehalm til 14 %/time for roepiller (Weisbjerg & Lund, 2004).

2.2.1. NDF nedbrydning i mave-tarmkanalen

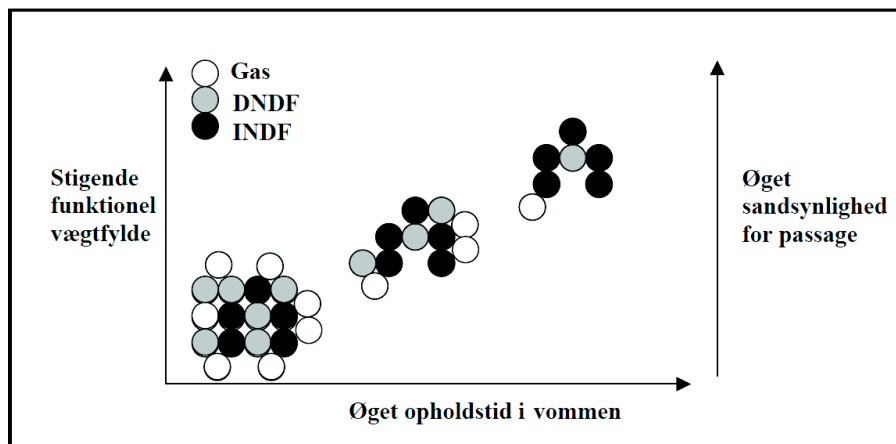
Da køer, som pattedyr generelt, ikke kan producere cellulolytiske enzymer, foregår NDF-fordøjelsen i symbiose med mikroorganismer i vommen og i bagtarmen. Foderet i sig selv og udefrakommende faktorer spiller en rolle i forhold til fordøjelsen af cellevægskulhydraterne og deres passage gennem koen. I det følgende vil det beskrives, hvorledes man forestiller sig, at NDF-fordøjelsen sker i koens mave-tarmafsnit, og det er i den forbindelse nødvendigt med en beskrivelse af, hvorledes denne NDF-fordøjelse kan modelleres.

NDF nedbrydes relativt langsomt i vommen og Weisbjerg et al. (2003) beskriver, at den opnåede NDF-fordøjelighed vil være meget afhængig af opholdstid i vommen. Den andel der passerer vommen pr. time er passagehastigheden (kp). Denne beskrives som den reciprokke værdi af opholdstiden (i timer). Sammenfattet er den fordøjelighed af NDF der opnås, altså et udtryk for den konkurrence der er mellem hastigheden for nedbrydning (kd) og hastigheden for passage (kp). Dette kan simpelt sammenfattes i en model for NDF-fordøjelighed i vommen, der følger 1. ordens kinetik:

$$FK_{\text{vom}} = \frac{kd}{kd + kp} \quad (1)$$

Denne model benyttes også i Norfor og gælder kun i denne sammenhæng for fordøjelsen af NDF i kraftfoder, da det antages, at foderpartiklernes størrelse ikke indvirker herpå. NDF i grovfoder (partikler > 6 mm) simuleres i Norfor ved en såkaldt to-pool model, hvor der tages højde for, at foderpartiklerne er længere og varierer i størrelse, hvilket er afgørende for passage- og nedbrydningshastighed (Volden, 2011). Passagehastigheden afhænger desuden af foderoptaget (kg tørstof (TS) pr. dag), NDF i rationen og rationens sammensætning.

Produktet af fordøjelsen i vommen er kortkædede fedtsyrer, metan og kuldioxid. Under fordøjelsen samler metan og kuldioxid sig i små bobler på partikeloverfladen, inden de løsner sig og flyder til overfladen. Disse små bobler resulterer i en reduceret vægtfylde af partiklerne mens de fordøjes. Dette er med til at forhindre partiklerne i at passere videre til bladmaven. Dette er illustreret i Figur 1.



Figur 1: Partiklernes sandsynlighed for passage øges ved stigende funktionel vægtfylde med øget opholdstid i vommen (Weisbjerg et al., 2003)

Det er af Weisbjerg et al. (2003) beskrevet, at der desuden er tale om en selektiv tilbageholdelse af nyoptagne partikler, hvilket understøtter den ovenfor beskrevne to-pool model om fordøjelsen af NDF i grovfoder. For disse *større* partikler er passagehastigheden variabel, da øget opholdstid i vommen, som følge af selektiv tilbageholdelse, netop vil få sandsynligheden for passage til at stige. Denne selektive tilbageholdelse af partikler vil øge deres vægtfylde grundet afgang og mætning med vomvæske. Dermed reduceres størrelsen, således at de kan passere ud af vommen. På den baggrund findes det altså ikke rimeligt at antage, at alle partikler i vommen nedbrydes efter 1. ordens kinetik, og at alle partikler har samme sandsynlighed for passage ud af vommen. Derfor er modellen med to vompuljer meget anvendelig til beskrivelse af NDF-fordøjelse i vommen.

Beskriv!
Hvad er princippet?

Det fatter jeg ikke??

Ja, men det tager jo længere tid?

Summen af fordøjeligheden i disse to puljer udgør den samlede NDF-fordøjelighed. Fordøjeligheden af potentielt nedbrydeligt NDF fra foderet i den første pulje ($pdNDF_{Pulje\ 1}$) hvor foderet tilbageholdes selektivt, beregnes ud fra ovenfor omtalte 1. ordens kinetik (1), mens fordøjeligheden af potentielt nedbrydeligt NDF fra foderet i den anden pulje ($pdNDF_{Pulje\ 2}$) er et resultat af produktet af mængden af NDF, der ikke fordøjes i pulje 1, og fordøjeligheden af $pdNDF$ i pulje 2. Den samlede NDF-fordøjelse i begge puljer kan sammenfattes således (Weisbjerg et al., 2003) :

$$FK_{NDF} = pd_{NDF} * (kd_{NDF}/(kd_{NDF} + kp1)) * (1 + (kp1/(kd_{NDF} + kp2))) \quad (2)$$

Den andel NDF, der ikke fordøjes af mikroorganismene i vommen passerer videre til tyndtarmen, hvor der ingen omsætning af NDF sker. Cellevægskulhydraterne udsættes dog for mikrobiel omsætning i blind- og tyktarm. Denne omsætning bidrager minimalt til den totale fordøjelighed af NDF, grundet meget kort opholdstid her, sammenlignet med opholdstiden i vommen. Det er fundet, at fordøjeligheden i disse bagerste tarmafsnit kan estimeres til 6,5 % af NDF-indtaget (Weisbjerg et al., 2003). Weisbjerg et al. (2003) angiver desuden, at der tidligere har været formodninger om, at en hæmmet fordøjelighed af NDF i vommen kunne kompenseres ved en øget fordøjelse i blind- og tyktarm. Disse formodninger afvises, og det antages derfor, at den relative korte opholdstid af NDF i bagtarmen hos kvæg, er årsag til den minimale NDF-fordøjelse i dette tarmafsnit.

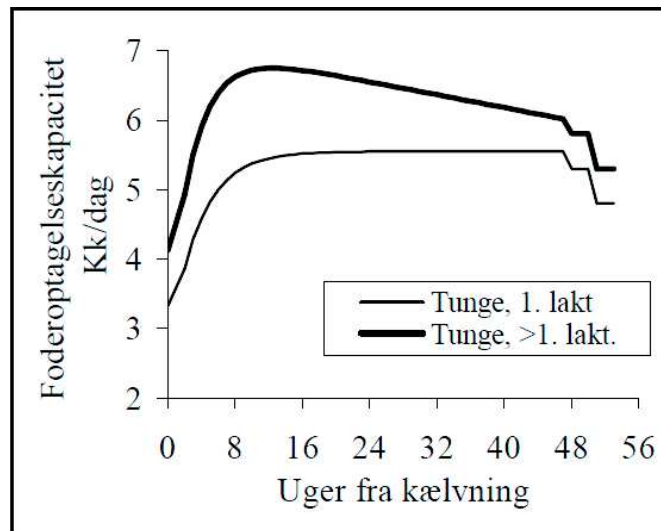
Af NDF
indtag eller
fordøjeligt
NDF?

2.2.2. Koens foderoptag er begrænset

I dette afsnit vil der blive gjort rede for, hvorfor NDF-fordøjelsen er af afgørende betydning for koens energiforsyning under betragtning af dens foderoptag.

Koens energioptag er sammensat af tørstofoptaget og fordøjeligheden af det optagede organiske stof. I tidlig laktation er koens foderoptag fysisk begrænset og koen er typisk i energiunderskud. Koen har en foderoptagelseskapacitet, som afhænger bl.a. af ydelsesniveau og antallet af dage efter kælvning. Som det fremgår af Figur 2, udvikler foderoptagelseskapaciteten sig henover laktationen. Foderet har en fylde, der bl.a. afhænger af partikelstørrelse og NDF-indhold. Koens foderoptagelse afhænger således af foderoptagelseskapaciteten og foderets fylde (Ingvarsen & Kristensen, 2003).

Hvad styrer fylden?



Figur 2: Udvikling i foderoptagelseskapaciteten (Kk) som funktion af uger fra kælvning hos malkekøer af tung race (Kristensen & Ingvarsten, 2003).

I det tidsrum, hvor koens energibehov overstiger foderoptagelsen, mobiliserer hun af sine kropsdepoter. De fleste produktionssygdomme hos malkekøer forekommer i tidlig laktation og er sat i forbindelse med en negativ energibalance (Ingvarsten & Kristensen, 2003).

NDF udgør typisk en betydelig del af koens foderoptag. På den besætning, der er anvendt til egne undersøgelser, udgør NDF 28,4 % af tørstof i rationen. Der er fundet en reduktion i foderoptagelsen med stigende NDF-indhold, samt en stigende foderoptagelse med øget fordøjelseshastighed af NDF (Allen, 2000; Forbes, 1995). Et øget NDF-indhold og lavere fordøjelseshastighed giver således højere fyldeværdi. Grunden hertil er, at NDF-fraktionens opholdstid i vommen er afhængig af dens nedbrydningshastighed. Jo længere NDF-fraktionen er om at passere videre fra vommen, jo længere fylder den også vommen ud og dette forringer foderoptagelsen. NDF-indholdet er dog ikke tilstrækkelig til at beskrive foderets indvirkning på foderoptagelsen da det især er partikelstørrelsen, der også er af afgørende betydning for foderoptagelsen (Ingvarsten & Kristensen, 2003). En reduktion af partikelstørrelse kan således også føre til et højere foderoptag. Dette hænger sandsynligvis sammen med, at en reduceret partikelstørrelse giver en større overflade og dermed en højere fordøjelseshastighed. Men også at passage ud af

Derudover er en høj total fordøjelighed af NDF ønskeligt. Da NDF er den tungest fordøjelige fraktion i foderet, må en høj fordøjelighed af NDF tyde på en høj fordøjelighed af det organiske stof og dermed høj foderudnyttelse. hurtigere bliver mulig

Det er altså ønskeligt, at fiberfordøjelsen sker så hurtig og effektiv som muligt. Dette sikrer en høj foderoptagelse og minimerer dermed koens negative energibalance og risiko for ernæringsbetingede følgesygdomme.

2.3. Effekten af variation i næringsstofforsyningen på NDF-fordøjelsen

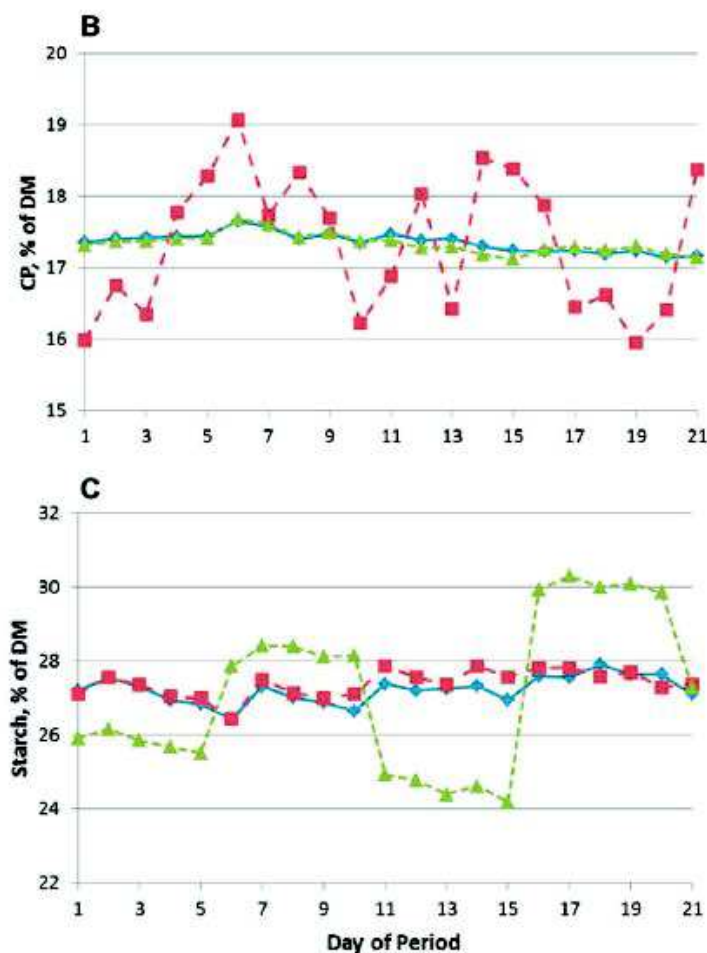
Nu er det konkluderet, at sorteringsadfærd sandsynligvis fører til variation i næringsstofoptaget og at NDF-fordøjeligheden er af afgørende betydning for koens præstation og sundhed. Hvad der nu mangler er, at undersøge, om sortering af foder kan have en effekt på NDF-fordøjeligheden. ’

For at undersøge dette er det nødvendigt at undersøge om en varierende næringsstofforsyning har en effekt på NDF-fordøjeligheden. Formålet med dette afsnit er at undersøge litteraturen mht. effekten af varierende næringsstofforsyning. Til dette formål er der fundet to artikler, der beskæftiger sig med varierende næringsstofforsyning, med den baggrund, at rationerne bliver blandet unøjagtig fra dag til dag, men i gennemsnit er ens – en situation, der kunne ligne den, der opstår ved sortering af foder.

2.3.1. Effekten af cyklisk variation i næringsstofforsyning

Variation i næringsstofforsyningen for malkekøer anses generelt som uønskeligt. Grunden hertil er, at man antager at mikroberne i vommen skal bruge tid til at tilpasse sig en ændret foderplan. Effekten af en varierende næringsstofforsyning er dog ikke særlig veldokumenteret. Der er imidlertid god grund til at antage, at foderrationens sammensætning kan variere fra dag til dag og ko til ko. Græs bliver høstet og ensileret fra forskellige marker, som kan variere mht. sort og modenhed. Det kan føre til variation i bl.a. NDF- og TS-indhold fra dag til dag. Sortering af foder kan føre til variation i stivelses- og proteinindhold køerne imellem (Yoder et al., 2013).

Yoder et al. (2013) har undersøgt effekten af variationer i fodersammensætningen på mælkeydelsen. Tre grupper af malkekøer blev fodret med tre gennemsnitlig ens rationer mht. TS, NDF-indhold, råprotein (CP), stivelse og energiindhold. Dag til dag variationer i sammensætningen af ensilagefraktionen (sat sammen af græsensilage og lucerne) blev induceret i den ene forsøgsgruppe, for at undersøge effekten af varierende NDF-fordøjelighed. I den anden forsøgsgruppe varierede forholdet af grovfoder og kraftfoder og dermed indholdet af stivelse og CP. Indholdet af CP varierede mellem 16 og 19%, mens indholdet af stivelse varierede fra 24-30% (jf. Figur 3). Der er ikke fundet en effekt på mælkeydelsen af disse variationer i rationens sammensætning. Den eneste signifikante effekt var effekten af varierende kraftfoderindhold på foderoptaget i form af øget tørstofoptag. Fodereffektiviteten, som havde været et mål for NDF-fordøjeligheden, blev ikke beregnet. Der kan dog argumenteres for, at hvis variationen havde haft en indflydelse på NDF-fordøjeligheden, så havde den også haft en indflydelse på mælkeydelsen og foderoptaget, da NDF-fordøjelsen har en betydning for energiforsyningen og foderoptaget.



Figur 3: Indhold af stivelse (starch) og råprotein (CP) i rationen til forsøgsgruppen med varierende forhold af grovfoder og kraftfoder (grøn linje) og forholdet mellem græsensilage og lucerne (rød linje). Den blå linje er kontrolgruppens indhold af råprotein og stivelse i rationen. (Yoder et al., 2013)

Yoder et al. (2013) konkluderer således at køerne kunne udligne variationer i fodersammensætningen ved mobilisering af kropsdepoter og recirkulering af kvælstof (N).

Et andet forsøg udført af Weiss et al. (2013) undersøgte dag til dag variationen i indholdet af råfedt i en gennemsnitlig konstant foderration. Også her var køerne i stand til at udligne kortvarige cykliske svingninger i fodersammensætningen. Det tyder på, at variationen i næringsstofforsyningen ikke har den store kortsigtede effekt, i hvert fald ikke hvis denne variation er cyklisk.

Resultaterne af disse to undersøgelser (Weiss et al., 2013; Yoder et al., 2013) tyder således ikke på, at varierende næringsstofforsyning forringer NDF-fordøjelsen – i hvert fald ikke i en grad, der kan ses på mælkeydelsen. Variationer i fodersammensætningen grundet sortering af foderet er dog ikke nødvendigvis cykliske og det er tænkeligt at nogle køer konstant vil optage en ration med højere energi og proteinindhold, mens andre køer må nøjes med en ration med

lavere indhold af energi og råprotein. Derfor undersøges i de følgende to afsnit effekterne af stivelses- og proteinniveau i rationen på NDF-fordøjelsen.

2.3.2. Andelen af letfordøjelige kulhydrater har en betydning for NDF-fordøjelsen

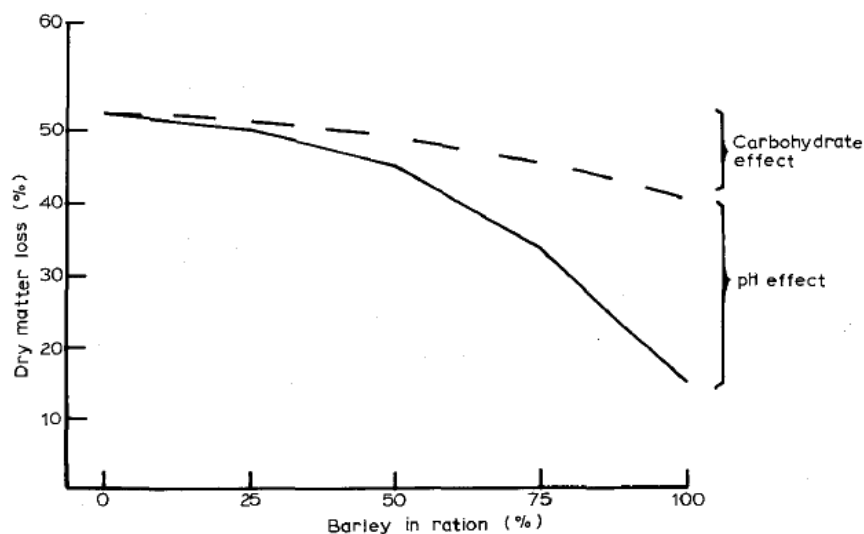
At en varierende næringsstofforsyning ikke afspejles i mælkeydelsen, betyder ikke nødvendigvis, at det ikke har indflydelse på NDF-fordøjeligheden. Da der ikke er lavet direkte undersøgelser af effekten af varierende næringsstofforsyning på NDF-fordøjeligheden, undersøges i dette afsnit effekten af andelen af letfordøjelige kulhydrater på NDF-fordøjeligheden. Det er relevant, fordi undersøgelser tyder på, at der er sammenhæng mellem andelen af letfordøjelige kulhydrater og NDF-fordøjelighed.

En videnskabelig rapport fra Beckman & Weiss (2005) konkluderer, at forskellige stivelses:NDF-forhold i rationen ikke har en effekt på NDF-fordøjelighed og en formentlig eftervist effekt i tidligere forskning skyldes konfundering med foderoptagelse og det faktum, at NDF fra grovfoder til dels erstattes med NDF fra kraftfoder ved supplementering af kraftfoder til en ration. Konfunderingen består her i, at NDF fra forskellige kilder har forskellige egenskaber mht. fordøjelighed.

I et forsøg har Beckman & Weiss (2005) således fundet, at der ikke er signifikant forskel på NDF-fordøjeligheden ved forhold af NDF:stivelse på 0,74, 0,95 og 1,27, hvis supplerings af stivelse *ikke* konfunderes af supplerings af NDF fra kraftfoder. Resultaterne skal dog sættes i perspektiv, idet stivelsen i forsøget stammede fra majs, som er relativt tungfordøjeligt i vommen, mens NDF-kilden var sojaskaller, som indeholder forholdsvis let tilgængeligt NDF. Der kan argumenteres for, at denne kombination af NDF og stivelse ikke vil være særlig udbredt i praksis og resultaterne derfor ikke kan overføres til fodermidler med lavere fordøjelighed af NDF.

Der er imidlertid mange videnskabelige undersøgelser, der konkluderer at et øget indhold af stivelse og sukker har en negativ effekt på fordøjelseshastigheden af NDF (kdNDF) i vommen (Huhtanen & Jaakkola, 1993; Khalili & Huhtanen, 1991; Lindberg, 1981; Stensig et al., 1998). Litteraturen er dog ikke helt enig om, om det er vommens reducerede pH eller bakteriernes substratpræference for letfordøjelige kulhydrater, der er grunden til den reducerede kdNDF. Mould et al. (1983) beretter om en faldende kdNDF ved stigende indhold af letfermenterbare kulhydrater i rationen til får. Ved tilsætning af buffer kunne fordøjelseshastigheden af NDF holdes på et højere niveau end uden buffer, ved stigende indhold af byg i rationen. Det tyder på, at pH har en indflydelse på fiberfordøjelsen. Studiet konkluderer, at cellulolyse signifikant hæmmes ved en pH på under 6,0. Det konkluderes dog også, at pH ikke

alene kan forklare faldet i kdNDF og en del af effekten forklares ved ”the carbohydrate effect”, som beskriver udkonkurrering af de cellulytiske bakterier ved stigende andel af letfermenterbare kulhydrater (Figur 4).



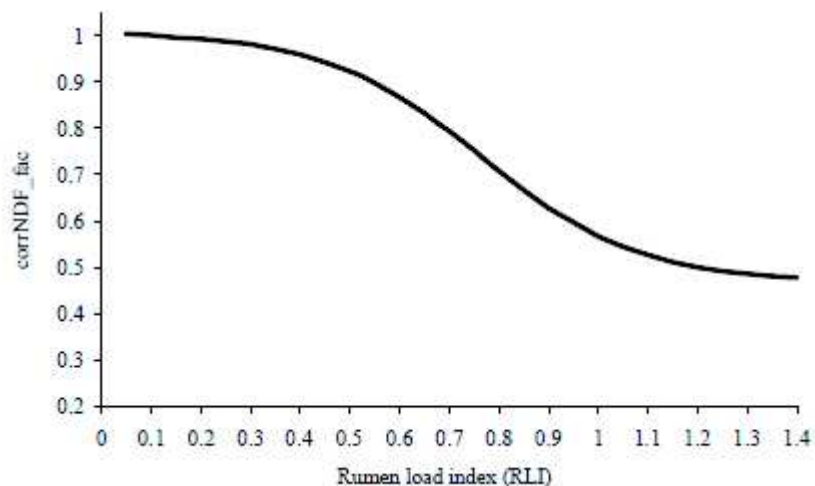
Figur 4: Tørstofftab som mål for NDF-fordøjelsen ved forskellige andele af byg i rationen med og uden buffer (Mould et al., 1983).

Weisbjerg et al. (1999) har imidlertid lavet et in vitro forsøg for at undersøge, om effekten af en øget forsyning af letfermenterbare kulhydraters effekt på NDF-fordøjelsen er en direkte effekt af kulhydraterne eller om effekten er indirekte gennem fald i pH. I et kontinuert kultursystem har de således undersøgt effekten af kulhydrater i et forsøg og effekten af pH i et andet forsøg. Forsøgene viser, at pH kan sænkes til 5,5 uden en statistisk signifikant reduktion i kdNDF, mens tilførsel af letfermenterbare kulhydrater har en signifikant effekt. Dette tyder på, at effekten udelukkende er at tilskrive substratpræference og modsiger dermed Mould et al. (1983). Det er således omdiskuteret, hvad den faldende kdNDF egentlig skyldes.

Norfor arbejder med et vombelastningstal (RLI), som beskriver forholdet mellem letfordøjelige kulhydrater og NDF. En foderplan i Norfor vil således have en faldende kdNDF og dermed faldende foderudnyttelse ved stigende andel af letfermenterbare kulhydrater i rationen. Udover de to nævnte artikler (Mould et al., 1983; Weisbjerg et al., 1999), angiver Volden (2011) som reference for baggrunden for RLI en række artikler, som alle sammen konkluderer, at et øget indhold af sukker og stivelse fører til en forringet kdNDF (Huhtanen & Jaakkola, 1993; Khalili & Huhtanen, 1991; Lindberg, 1981; Stensig et al., 1998).

På Figur 5 ses en korrektionsfaktor for kdNDF som funktion af RLI. Det anbefales, at RLI holdes på under 0,6 (Volden, 2011), hvor kdNDF er nedsat til ca 90%. Hvis man så antager at en ko kan sortere sig frem til en RLI på 0,7, vil hendes kdNDF være nedsat til ca 75%. Da hun så efterlader mindre kraftfoder i rationen, vil den næste ko optage mindre kraftfoder og

hendes RLI vil teoretisk set kunne falde til 0,5, hvor kdNDF så er omkring 92%, forudsat at hun ikke sorterer. I gennemsnit vil de to køer så have en kdNDF der er nedsat til 83,5 % ved en gennemsnitlig RLI på 0,6. Dette eksempel skal vise, at sortering af foder højst sandsynligt vil føre til en forringet kdNDF på besætningsniveau, da kdNDF falder mere ved stigende RLI, end den stiger ved et tilsvarende fald i RLI, ved den på Figur 5 viste sigmuide sammenhæng mellem RLI og korrektionsfaktoren for kdNDF.



Figur 5: Korrektionsfaktor (corrNDF_fac) for fordøjelseshastigheden som funktion af vombelastningstal (RLI). (Volden, 2011)

Når fordøjelseshastigheden for NDF er nedsat, må det gå ud over fordøjelseskoefficienten for NDF og/eller foderoptagelsen. Begge dele er uønskeligt.

Det tyder på at en varierende forsyning med letfordøjelige kulhydrater mellem køerne og hen over døgnet teoretisk set må have en negativ indflydelse på den gennemsnitlige fordøjelseshastighed af NDF, da en faldende RLI i nogle køer eller perioder ikke kan udligne effekten af en stigende RLI i andre køer eller perioder. Hvis det er sandt, at sortering af foder fører til et varierende optag af letfordøjelige kulhydrater, må det betyde, at denne sortering af foderet også har en negativ indflydelse på den gennemsnitlige fordøjelseshastighed af NDF.

Fordi det er noget der formodentlig vil være ret konsekvent over en periode. (køernes rangering i hierarkiet)

2.3.3. Betydning af vomnedbrydeligt protein i rationen for NDF-fordøjeligheden

Sortering af foderet kan muligvis føre til en underforsyning af vomnedbrydeligt protein til nogle køer. En tilstrækkelig kvælstofforsyning er essentielt for den mikrobielle aktivitet i vommen. Formålet med dette afsnit er at undersøge, om en variation i næringsstofforsyningen kan betyde en forringet kvælstofforsyning til mikroorganismene i vommen i et omfang, der kan reducere NDF-fordøjelsen.

Ifølge Weisbjerg et al. (2003) har mikroberne i vommen et behov for vomnedbrydeligt protein til deres vækst. Et mål for det vomnedbrudte protein er protein

balancen i vommen (PBV). Hvis denne er negativ, betyder det at rationen giver anledning til større proteinsyntese end der er råprotein til. Til en hvis grad kan et underskud af protein dækkes af recirkulering, men hvis PBV bliver for lav, går det ud over den mikrobielle vækst. Weisbjerg et al. (2003) refererer til et forsøg, hvor en øgning af PBV fra -650 g PBV/dag til 100 PBV/dag medførte en stigning i NDF-fordøjelighed fra 49% til 57%.

Det er umiddelbart usandsynligt, at sortering af foder vil føre til en så stor variation i PBV. Det er dog tænkeligt, at denne sortering vil føre til en lille variation i PBV, der kan have en negativ effekt på fx mælkeydelsen, men nok ikke vil kunne ses på NDF-fordøjelsen.

Det vil helt sikkert afhænge af hvor PBV i forvejen ligger.

I langt de fleste tilfælde vil det næppe betyde noget som helst

2.4. Kompakt fuldfoder – et fodringsprincip

En i praksis anvendt metode til at forhindre køers sorteringsadfærd er at gøre foderet homogent og kompakt. Konceptet omtales *Kompakt Fuldfoder*, og er udviklet af det danske videnscenter for landbrug, SEGES. En intervention af fodringen af traditionel PMR/TMR i en besætning til kompakt fuldfoder kræver en nærmere beskrivelse af konceptet, dets fokuspunkter og dets procedure. Dette er formålet med følgende afsnit.

Storm & Kristensen, (2010) har fundet ud af, at det er muligt at snitte foderet til 3 mm., og dermed reducere tyggetiden med ca. 150 minutter om dagen, uden at det havde en signifikant effekt på pH i vommen. Denne erkendelse har resulteret i konceptet om kompakt fuldfoder. Er det de to der har opfundet konceptet?

Konceptet (Kristensen, 2016) bygger på et princip om, at alle køer i en fodringsgruppe har ubegrænset adgang til en foderration, der er usorterbar og homogen blandet. Dette garanterer en konstant sammensætning og stabil tilførsel af foderemnerne til køernes vom og en minimal konkurrence køerne imellem ved foderbordet.

I praksis er grundprincipperne:

1. Der skal være rester på foderbordet. Minimum 2 % af fodermængden, skal være tilbage ved næste udfodring.
2. Tilbyd rationen som kompakt fuldfoder.

Blanding af kompakt fuldfoder sker i følgende trin (for uddybende forklaring, se bilag 1, side 37):

1. Støbsætning af tørvarer i vand. Her sikres det at kraftfoderet bliver opløst, således at partiklerne kan klæbe til resten af rationen. Vandet giver desuden tyngde, og dermed et øget blandingstryk i blanderen.

2. I mellemmixet tilsættes græsensilage og blandingen blandes i 20 minutter, for at nedskære græsbolde og ”åbne” lange strå.
3. I slutmixet tilsættes majsensilagen og det hele blandes i 15 minutter.

Det er vigtigt at følge blandingsflowet i mixervognen, da en tung og våd ration er tilbøjelig til at ”stå stille”, og dermed blandes uens. En optimal tørstofprocent i den færdige ration ligger på 36-38 %.

2.5. Opsummering af litteratur-review

Køer kan udvise udpræget sorteringsadfærd, såfremt rationen er sorterbar. Det har i litteraturen ikke været muligt at kvantificere forskelle i næringsstofoptaget, forårsaget af sortering. Et mål for sorteringsadfærd er dog den tid køerne har brugt ved foderbordet og varierende pH i vommen på forskellige køer ved samme foderration.

NDF-fordøjelsen er en konkurrence mellem passagehastighed og fordøjeshastighed, og særligt for grovfoder gælder det, at partikelstørrelsen også spiller en rolle. Vommiljøet har en stor indflydelse på NDF-fordøjelsen. Her kan især nævnes en faktor som stivelsesandelen i foderet, der er afgørende for vombelastningen, hvilket indikerer ugunstige forhold for cellulolytiske mikroorganismer.

Sorteringsadfærd kan formentlig resultere i et varierende næringsstofoptag køerne imellem og hen over døgnet, hvilket kan give anledning til varierende RLI-værdier. Dette må antages at have en negativ effekt på den samlede NDF-fordøjelse.

NDF-fordøjelsen er af betydning for koens foderoptag og det er et faktum at koens foderoptag er begrænset i tidlig laktation. NDF-fordøjelsen kan derfor være en vigtig begrænsende faktor for køernes energioptag og dermed sundhed og produktion.

3. Egne undersøgelser

Et forsøg blev gennemført hos besætningsejer Niels-Henrik Krogsgaard Hjerrild i Munke-Bjergby. Besætningen består af 245 årskøer af jerseyrace. Ydelsesniveauet ligger på 7300 kg mælk med 6,0% fedt og 4,2% protein. Dette svarer til en årsydelse på 9500 kg EKM.

Fodringen bestod inden forsøgets udførelse af en partial mixed ration (PMR). Rationen er majsbaseret med raps som proteinkilde. Foderblandingen fremgår af Tabel 1.**Fejl!**

Henvisningskilde ikke fundet.

Tørstofprocenten lå på omkring 48 % og rationens NDF-indhold er på 284 g/kg TS. Udfodringen foretages en gang dagligt efter morgenmalkningen. Den samlede blandings- og udførelsestid inden forsøgets udførelse udgjorde 15-20 minutter i en vertikal fuldfoderblander.

Tabel 1: Oversigt over fodermidlerne og deres andel af tørstof (TS) i PMR til malkende jerseykøer.

Foderemne	Andel af tørstof, %
Majsensilage	42
Kløvergræsensilage	13
Rapskager 11,5% fedt	16
Rapsskrå 4% fedt	16
Crimpet kernemajs	8
Roemelasse	2
Hvede	2
Mineraler	1

3.1. Formål

Formålet med forsøget var at undersøge om der var en umiddelbar positiv effekt af skift fra en konventionel PMR til kompakt fuldfodring på NDF-fordøjelsen, målt ved NIR analyse af gødningen.

3.2. Metode

Et skift til kompakt fuldfoder i besætningen blev foretaget. Syv dage forinden var der taget friske gødningsprøver fra 24 lakterende køer, ligeligt fordelt indenfor to grupper; midtlakterende og senlakterende køer. De midtlakterende køer var defineret som 75-125 dage efter kælvning (DEK) og senlakterende som 150-225 DEK. Fire dage efter skiftet, blev der igen taget gødningsprøver fra denne gang 23 tilfældigt valgte køer indenfor de to grupper, omtalt ovenfor.

Gødningsprøverne blev begge gange taget på samme tidspunkt på døgnet. 9 af de 23 prøver viste sig at være parrede observationer, således at der for 9 køer var både en ”før-” og en ”efter”-prøve. Gødningsprøverne blev analyseret for bl.a. in vitro fordøjeligheden af NDF (IVOS-NDF) ved nær-infrarød spektroskopi (NIR). Grupperne af midlakterende og senlakterende køer blev valgt, fordi NIR-apparatet er kalibreret med disse referencegrupper. Kalibreringen af NIR er baseret på in vitro fordøjelighed af isoleret NDF fra gødningsprøver af køer fra forskellige

bedrifter, fodret med forskellige foderrationer. IVOS-NDF i gødningen er et mål for, hvor meget af det NDF, der er i gødningen, rent faktisk kunne have været fordøjet ved en længere opholdstid. En lav IVOS-NDF tyder således på en høj effektiv fordøjelse af NDF i koen, og vice versa.

Foderskiftet bestod i tilsætning af vand til kraftfoderet, dagen inden udfodring. Der blev tilsat 15 kg vand per ration (i alt 3000 kg), hvilket ville sænke tørstofprocenten fra 48 % til 37 %. På udfodringsdagen blev dette støbmiks tilsat græsensilage, melasse og kernemajs, hvorefter det blandedes i 20 minutter. Herefter blev der tilsat majsensilage og blandingen blev blandet i yderligere 20 minutter. Omdrejningshastigheden på sneglene var på 25-29 omdrejninger/ minut. På interventionsdagen var blandingsflowet i foderblanderen ikke optimalt. Der blev derfor anbragt en ”medbringer” i form af en metalplade på hver snegl, der skulle forbedre blandingsflowet. På dag 4 efter skiftet blev medbringerne erstattet af lange knive, der kunne forbedre flowet i blanderen yderligere. Et foto af medbringeren ses af bilag 2, side 38.

Foderprøver blev taget under udfodringer på foderbordet og neddelte efter kegleneddelingsmetoden (Kristensen, n.d.), i tre gange inden og tre gange efter foderskiftet. Foderprøvernes tørstofindhold blev analyseret vha. et tørreskab. En visuel bedømmelse af TMR-score, græsbolde og partikeltab blev foretaget af en uafhængig og rutineret laborant i Kvægbrugets Forsøgslaboratorium. TMR-score er en vurdering af blandingsgraden; 1=høj blandingsgrad og 5=lav blandingsgrad. Græsbolde er ligeledes en vurdering af blandingsgraden på baggrund af tilstedeværelse af græsbolde i blandingen; 1=høj blandingsgrad og 5=lav blandingsgrad. Partikeltab er en vurdering af partikeltabet fra blandingen; 1= ingen tab og 5=stort tab. Alt i alt skulle disse parametre give en god indikation af blandingens sorterbarhed.

Databehandlingen blev foretaget vha. databehandlingsprogrammet R (R Core team, 2017). Der blev foretaget t-test på IVOS-NDF, tørstofindhold og stivelsesindhold, for at undersøge en eventuel forskel på *før*- og *efter*-prøverne.

3.3. Resultater og analyse

3.3.1. Foderprøver

Foderprøvernes analyseparametre (tørstofindhold og scoring) er anført i Tabel 2.

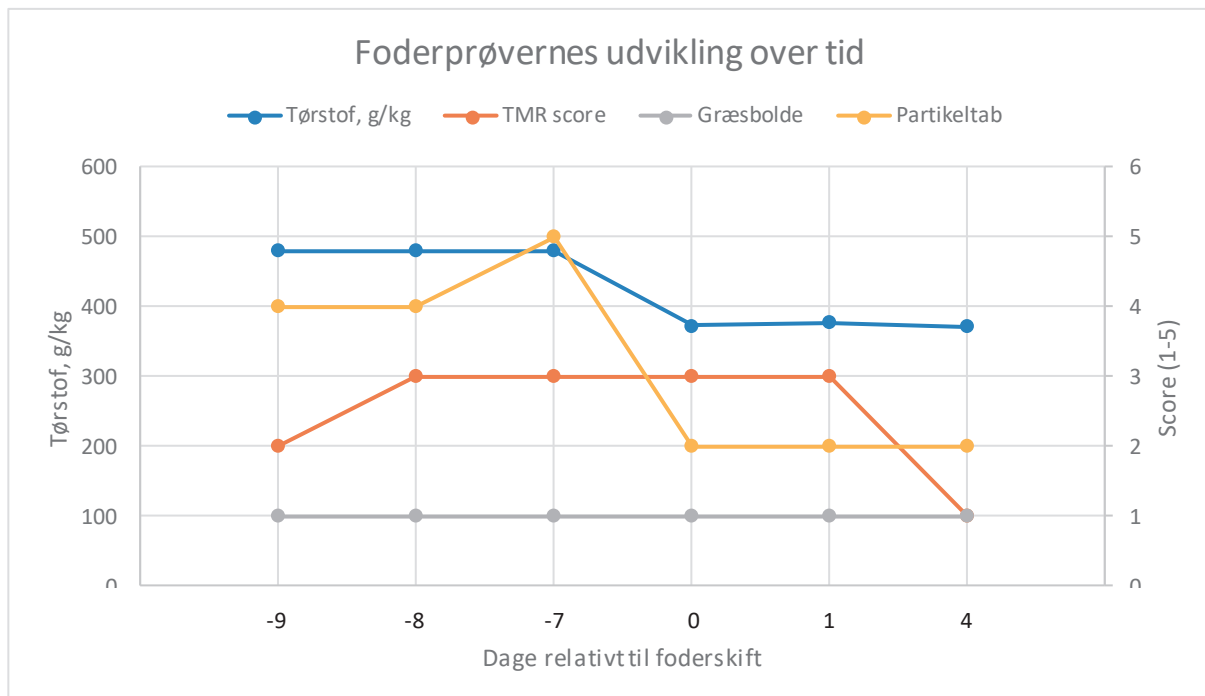
Tørstofindholdet ses tydeligt reduceret efter implementeringen af kompakt fuldfoder. TMR-scoren holder sig nogenlunde konstant, dog med en reduktion (dvs. mere homogenitet) sidst i forsøgsperioden, efter skiftet. At denne score især er reduceret til sidst, formodes at være på grund af isætning af nye knive på blanderens snegle på dette tidspunkt. Græsbolde-scoren ligger

på et stabilt niveau igennem hele forsøgsperioden. Partikeltabet ses reduceret over perioden fra score 5 til score 2.

Tabel 2: Resultater af foderprøver (PMR) foretaget ved tørreskab og subjektiv visuel vurdering. Den røde streg indikerer skiftet til kompakt fuld fodring. TMR-score, græsbolde og partikeltab er scoret fra 1-5, hvor 1 er bedst og 5 er dårligst i forhold til sortering.

Fuldfoderprøver, PMR						
Dag, relativ til foderskift (dag 0)	-9	-8	-7	0	1	4
Tørstof, g/kg	480	480	480	373	377	372
TMR score	2	3	3	3	3	1
Græsbolde	1	1	1	1	1	1
Partikeltab	4	4	5	2	2	2

Figuren nedenfor (Figur 6) angiver en grafisk afbildning af foderprøvernes udvikling over tid.



Figur 6: Foderprøvernes udvikling over tid, relativt til dagen for foderskift (dag 0) for de forskellige parametre, TS, TMR-score, græsbolde og partikeltab.

Det kan altså ses på uafhængige analyser, at den ændrede blandingsprotokol har ført til en mere homogen blanding og det må derfor antages, at den samlede ration er blevet vanskeligere for kørerne at sortere.

Hvad kunne I have gjort for at finde ud af om de sorterede mindre?

3.3.2. Gødningsprøver

For alle gødningsprøverne blev der målt IVOS-NDF, samt NDF-, stivelses-, råprotein- og råfedtindhold vha. NIR. Ydermere er der angivet en kalibreringskontrol. Kalibreringskontrollen

(MDI-værdien) skal ligge under 1, for at resultatet er pålideligt ift. forventningerne til kalibreringen. Data for IVOS-NDF blev behandlet, da det var det, forsøget primært skulle undersøge. Desuden blev data behandlet for stivelsesindholdet, da denne skilte sig ud fra de andre, idet resultaterne var de eneste der er nogenlunde pålidelige ift. kalibreringen af NIR-apparatet. Et udsnit af data ses på bilag 3, side 39.

Hvad mener I med det sidste??

IVOS-NDF

Der fandtes kun 11 ud af 47 prøver, hvor MDI-værdien for IVOS-NDF ligger under 1. Det tyder på at NIR analysen af gødningsprøverne er behæftet med stor usikkerhed. Alle observationer er dog brugt til den videre databehandling.

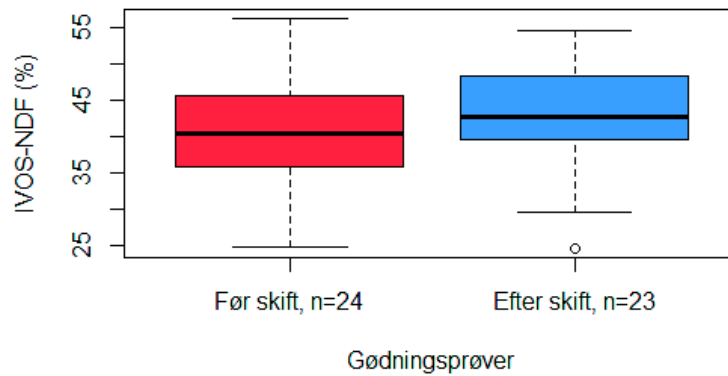
Tabel 3 angiver middelværdi af NIR-analysens resultater af NDF-fordøjeligheden (IVOS-NDF) fordelt på køer i hvert stadie af laktationen (midt og sen) samt et gennemsnit af grupperne, målt hhv. før og efter skiftet til kompakt fuldfodring. Ses der direkte på disse parametre antydes en forringelse af NDF-fordøjeligheden efter skiftet. Ydermere ses det, at de senlakterende køer generelt har en højere NDF-fordøjelse sammenlignet med de midtlakterende, uanset om det er før eller efter interventionen.

Tabel 3: Middelværdi (μ) og spredning (s) af IVOS-NDF målt på gødningsprøver via NIR, hhv. før og efter skift til kompakt fuldfoder. M-gruppen, er de midtlakterende køer (75-125 DEK) og S-gruppen er de senlakterende køer (150-225 DEK).

	Laktationsstadie	μ , IVOS-NDF (% af NDF)	s (IVOS-NDF)
FØR (08.05.2017)	M (n=12)	42,1	5,56
	S (n=12)	37,6	10,04
	<i>Samlet, S+M</i> (n=24)	39,8	8,25
EFTER (19.05.2017)	M (n=8)	43,6	9,36
	S (n=15)	42,3	7,29
	<i>Samlet, S+M</i> (n=23)	42,7	7,88

Samles køerne i én gruppe (S+M), der analyseres hhv. før og efter, er tendensen den samme. Her viser et box-plot (R Core team, 2017) af gødningsprøverne en lille nominal reduktion af NDF-

fordøjeligheden efter skiftet, fordi en høj IVOS-NDF tyder på en reduceret effektiv fordøjelse i koen. Der ses desuden mindre variation imellem køerne (Figur 7):



Hvad mener I om disse spredninger <-> reel forventet NDF fordøjelighed i køerne?

Figur 7: Boxplot af alle gødningsanalyser (M+S) for IVOS-NDF i gødningen, grupperet efter hhv. før og efter skift til en mere kompakt fodring.

Et t-test er udført, hvor middelværdierne for de respektive grupper under de to behandlinger testes mod hinanden for en signifikant forskel (95 % signifikansniveau). Herunder (Tabel 4) er angivet p-værdier for disse test. Da ingen af p-værdierne $< 0,05$, kan der ikke eftervises en signifikant effekt af hverken foderskiftet eller laktationsstadiet på forskel i IVOS-NDF, og dermed NDF-fordøjeligheden.

Tabel 4: p-værdier for t-test af middelværdiparametre af de forskellige kombinationer af behandling (FØR og EFTER) og grupper (M, S og Samlet).

t-test (beh. og gruppe)	t-teststørrelse	p-værdi
FØR M , FØR S	1,34	0,20
EFTER M , EFTER S	0,61	0,56
FØR M , EFTER M	-0,41	0,69
FØR S , EFTER S	-1,01	0,32
FØR Samlet , EFTER samlet	-1,13	0,26

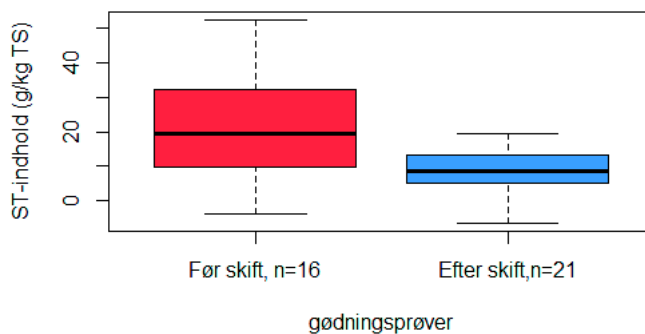
Et parret t-test af de 9 parrede observationer er udført og gav en p-værdi på 0,066 (t-teststørrelse = -2,1), hvilket indikerer, at det er tilnærmelsesvist signifikant, at der er en forskel på NDF-fordøjeligheden fra før til efter skiftet. Gennemsnit af IVOS-NDF af de 9 observationer var før skiftet på 36 % og efter skiftet på 45 %. **Men hvilken fodring gav det største udbytte?**

Stivelse

Udover IVOS-NDF blev der vha. NIR også målt følgende parametre: Proteinindhold, stivelsesindhold, askeindhold, råfedtindhold og CAB-værdi. Værdierne for stivelsesindhold

skilte sig ud, idet målingerne kun lå uden for kalibreringen for 10 ud af de 47 prøver. De ti datapunkter blev fjernet inden den videre databehandling.

Før skiftet til den kompakte fuldfodring lå gennemsnittet for stivelsesindholdet af 16 prøver på 21,1 g/kg TS med en spredning på 15. Efter skiftet lå gennemsnittet for 21 prøver på 8,4 g/kg TS med en spredning på 5,7. Boxplottet i Figur 8 viser prøvernes fordeling. Det ses at datapunkterne er nogenlunde normalfordelt om gennemsnittet og at gennemsnit og spredning er mindre efter foderskiftet. Et simpelt t-test af begge grupper viser en signifikant forskel ($p=0,0045$, $t=3,2$) Resultaterne er sammenfattet i Tabel 5.



Figur 8: Boxplot af stivelsesindholdet i gødningsprøverne før og efter skiftet til kompakt fuldfodring.

Tabel 5: Stivelsesindhold i gødningen før og efter skiftet til en mere kompakt fodring.

	Før	Efter	Difference	p-værdi (for differencen)
Antal prøver	16	21		
Stivelsesindhold, g/kg TS	21,1	8,4	12,8	0,0045
Spredning	15,0	5,6		

TS-indhold

Tørstofindholdet i gødningsprøverne er målt til 148 g/kg før skiftet og 144 g/kg efter skiftet. Et t-test viser ingen signifikant forskel mht. tørstofindholdet ($t=0,88$, $p=0,38$) resultaterne er sammenfattet i Tabel 6:

Tabel 6: Gødningsprøvernes tørstofindhold før og efter skiftet.

	Før	Efter	Difference	p-værdi (for differencen)
Antal prøver	24	23		
Tørstofindhold, g/kg	148	144	-4	0,38
Spredning	16	18		

3.4. Diskussion af egen undersøgelse

Foderprøverne

Foderskiftet har resulteret i en mere homogen blanding. Især partikeltabet er reduceret. Græsbolde-scoren har været konstant gennem perioden. Dette kan skyldes græsensilagens forholdsvis korte snitlængde (ca. 10-15 mm), der gør at partiklerne ikke klumper sammen og danner græsbolde. Hvis kørerne sorterede i rationen inden foderskiftet, må denne sortering være reduceret efter foderskiftet, da rationen er sværere at sortere i. Da det dog ikke blev målt, hvor meget kørerne sorterede i rationen før og efter foderskiftet, er det svært at sige noget om, hvor meget tættere på den planlagte ration de enkelte køers foderoptagelse og -samentætning er.

Det kan diskuteres, hvorvidt blandingen har opnået tilstrækkelig stor grad af homogenitet på det tidspunkt, hvor de sidste gødningsprøver er taget. Det ses af Figur 6, at den ration der scorede bedst i forhold til sorterbarhed, er opnået den samme dag, hvor responsprøven på gødning er taget, så denne sidste udfodring har ikke været fordøjet, da gødningsprøverne blev taget. Det kan også diskuteres, om kørerne behøver længere transitionstid end de maksimalt fire dage, der er gået siden skiftet.

Foderskiftets effekt på NDF-fordøjeligheden

Der kunne ikke eftervises en signifikant effekt af skiftet til en mere kompakt foderblanding på NDF-fordøjeligheden, når der målttes på alle observationer. Det parrede t-test indikerede en forringelse af NDF-fordøjeligheden efter skiftet. Der er kun 11 observationer, der har en MDI-værdi på under 1. Det viser, at kalibreringen er meget unøjagtig, hvilket kan forklare, at analysen ikke viste en effekt. Den tilnærmelsesvis signifikante effekt ved det parrede t-test vurderes også at være upålidelig, da NIR-kalibreringen er for unøjagtig.

Der er en forholdsvis stor spredning på de målte værdier (Figur 7), hvilket kan antyde en biologisk variation kørerne imellem. En størrelsesorden for denne variation har ikke været muligt at finde i litteraturen. Angiveligt kunne der være forskel i spredningen, afhængig af

Men tror I seriøst der kan være så stor variation i NDF fordøjelighed blandt enkelt køer der producerer nogenlunde lige meget mælk???

hvor i laktationen der måles. Spredningen skyldes dog højst sandsynligt hovedsageligt den utilstrækkelige kalibrering af NIR.

Interessant kunne det være, at vise en sammenhæng mellem NDF-fordøjelighed og mælkeydelse (som indikator for foderoptagelsen). Her forventes en øget NDF-fordøjelse med reduceret mælkeydelse, grundet lavere foderoptag. Dette ville harmonere med en eftervisning af, at de senlakterende køer har en generel højere NDF-fordøjelse, som følge af lavere ydelse. Det har ikke været muligt at eftervise en sådan effekt.

Tja -det er vel primært en passagehastighed effekt som er induceret af forskelle i foderoptagelse?

Havde det været muligt at eftervise en stigning i foderoptagelsen for besætningen, kunne man forestille sig, at denne øgede foderoptagelse kunne forklare den manglende forøgelse af NDF-fordøjeligheden. Da daglige vejninger af restfoder på gårdniveau før og efter skiftet ikke giver anledning til en ændring i foderoptagelsen, må denne hypotese forkastes.

Det udførte t-test, Tabel 4, giver et hurtigt overblik over, om der er signifikant forskel mellem grupperne. Det optimale havde dog været at lave en variansanalyse med status (M/S), dato (før eller efter skift) og ydelse som hovedeffekter og gødningsscore og ko som tilfældige effekter. Ydelsen kunne have tjent som indikator på foderoptagelse, hvilket er en vigtig faktor for NDF-fordøjelsen. Dette er dog fravalgt grundet manglende oplysninger om køernes ydelse ved foderskiftet.

Foderskiftets effekt på stivelsesindholdet i gødningen

Foderskiftet resulterede i et signifikant reduceret stivelsesindhold i gødningen (Tabel 5) ved et konstant tørstofindhold i gødningen (Tabel 6). Idet det antages, at foderoptaget er uforandret, må dette betyde, at der efter foderskiftet er en signifikant reduceret udskillelse af stivelse med gødningen. Det må betyde en højere total fordøjelighed af stivelsen. På baggrund af gødningsprøverne er det dog ikke muligt at adressere hvor i mave-tarmsystemet fordøjelsen af stivelsen er forbedret.

Der er flere mulige forklaringer på en øget stivelsesfordøjelighed som resultat af skiftet til det mere kompakte foder.

1. Vandindholdet i rationen er blevet forøget. Det kan tænkes at det øgede vandindhold har ført til, at mere af stivelsen er blevet vandopløst allerede i foderblanderen og på foderbordet, og derved er blevet mere og hurtigere tilgængeligt for mikroorganismene i vommen.
2. Blandingstiden er blevet stærkt forøget. Sammen med den forøgede vægt af foderblandingen af de tre tons vand, giver dette en hårdere bearbejdning af foderet. Muligvis har dette gjort stivelsen lettere tilgængeligt.

3. Hvis foderoptagelsen ikke er steget på trods af at foderet er blevet ”forfordøjet” i foderblanderen, så kan det betyde, at fordøjelseshastigheden er forøget ved en uændret passagehastighed.

Med disse antagelser om en øget tilgængelighed af stivelsen, kan det altså være sandsynligt, at en større andel af stivelsen er fordøjet i netop vommen. Dette kan muligvis hæmme NDF-fordøjelsen, der som beskrevet, begrænses ved øget stivelsesindhold og øget RLI. Om det kan have nogen kvantitativ betydning for RLI, når stivelsesindholdet i gødningen ændres fra 0,21 % til 0,08 % i TS, kan dog diskuteres.

3.5. Konklusion af egen undersøgelse

Tilsætning af vand og en længere blandingsstid, samt modifikationer på foderblanderen fører til et mere kompakt foder, der er sværere at skille ad. Det må forventes at resultere i mindre sorteringsadfærd. Det var ikke muligt at eftervise en effekt af en mere kompakt fodring på NDF-fordøjelsen. Grunden hertil kan være en for unøjagtig kalibrering af NIR eller ingen eller for lille effekt af blandingsens sorterbarhed på NDF-fordøjeligheden. Det var derimod muligt at eftervise en signifikant effekt på stivelsesindhold i gødningen og deraf udledes det, at det mere kompakte fuldfoder giver en øget fordøjelighed af stivelsen. Den øgede stivelsesfordøjelse kan teoretisk give anledning til en reduceret NDF-fordøjelighed.

Hvad med ydelseeffekter?

Kunne forklaringen også være at der ikke er nogen effekt??

4. Diskussion

I den på området undersøgte litteratur er der enighed om, at sorteringsadfærd kan optræde. Det kan dog diskuteres, hvorvidt den kvantitativt har en rolle, men forsøg hvor der blev målt på ædetid (DeVries et al., 2003) og pH i vommen (Devries et al., 2008) viser, at det kan føre til en variation i næringsstofoptaget.

I egen undersøgelse var det besætningsejerens og vores indtryk, at køerne efter skiftet til kompakt fuldfodring brugte mindre tid ved foderbordet og åd rationen i større mundfulde. Muligvis fører en hurtigere foderoptagelse til mere liggetid og dermed til øget mælkeproduktion og sundhed. Yderligere studier af f.eks. tidsbudget kunne vise eventuelle gavnlige effekter på f.eks. klovsundhed af reduceret tid ved foderbordet.

Ud over at sortering fører til varierende næringsstofforsyning køerne imellem, fører det muligvis også til en varierende næringsstofforsyning hen over døgnet og fra dag til dag. Betydningen af variation hen over døgnet for den enkelte ko er uklar. Forskellige

næringsstoffraktioner fordøjes med forskellige hastigheder i vommen. Vandopløselige fraktioner som sukker, dele af råproteinet, pektin og opløselig stivelse fordøjes i løbet af få timer, mens NDF fordøjes i området 1,5-14 %/time (afsnit 2.2. Hvorfor er NDF-fordøjeligheden vigtig?). Der kan derfor argumenteres for, at det derfor ikke er af betydning om køen f.eks. optager kraftfoderet lige efter udfodring og må *nøjes* med al grovfoderet senere på døgnet. **Ændringer i ns optag over døgn når de æder hurtigere?**

Det kan endvidere diskuteres, hvorvidt der i praksis forefindes TMR-/PMR-rationer, der er så sorterbare, at køer oplever variationer i næringsstofoptaget, der kvantitativt betyder noget for fordøjelsen af NDF. En usorterbar ration, der netop må være formålet med TMR/PMR, må forventes at være at foretrække.

I den udførte undersøgelse i jerseybesætningen er der eksempelvis ikke korrigeret for, at køerne får et tilskud af kraftfoder i malkestalden. En forudsætning for, at konkludere en given effekt, er at der er sikkerhed for, at alle køer eksempelvis æder den tilbudte ration af kraftfoder i malkestalden. Da en eventuel fejl i kraftfodertildelingen dog må forventes at være sket med lige stor sandsynlighed før, som efter foderskiftet, er der taget hensyn til det, i den statistiske analyse. Det er ligeledes relevant at diskutere, om udvælgelsen af køer i forsøget har været optimal. Optimalt havde det måske været at foretrække køer tidligere i laktationen, da her er størst sandsynlighed for negativ energibalance, hvis ellers kalibreringens referenceramme havde køer i dette laktationsstadiet.

Da det antages, at den øgede stivelsesfordøjelighed, om end den kvantitativt er meget lille, skyldes vandopløsning af stivelse (afsnit 3.4. Diskussion. Hvis det er sandt, at den vandopløste stivelse i rationen øges i takt med øget vandindhold i rationen, er det også tænkeligt, at *mere* af den stivelse, der ellers var blevet fordøjet i tyndtarmen, i en våd ration, fordøjes i vommen. Dette kan samlet set have en negativ effekt på fordøjelseshastigheden af NDF i vommen og dermed foderoptagelsen. Dette aspekt kunne svække en eventuel gavnlig effekt af mindre sorterbarhed af rationen. I en majsbaseret ration kunne man derfor med fordel anvende andre midler med ”klæbeeffekt” end vand.

Det kunne være interessant at undersøge effekten på stivelsesfordøjeligheden i en græs-baseret ration. Her kunne man forestille sig, at stivelsesniveauet i rationen havde været lavere, og derfor kunne man forestille sig at effekten på vombelastningen er lavere, som indvirker på NDF-fordøjelsen.

I egen undersøgelse er IVOS-NDF i gødningen undersøgt. Ud fra IVOS-NDF i gødningen kan man sige noget om, hvor meget af det potentielt fordøjelige NDF, der bliver fordøjet. I vommen alene er fordøjelseskoefficienten en konkurrence mellem passagehastighed og fordøjelseshastigheden af NDF (afsnit 2.2.1. NDF nedbrydning i mave-tarmkanalen). Et højt

foderoptag er særlig vigtigt for køer i tidlig laktation. Da NDF er den fraktion, der er længst om at blive fordøjet (Weisbjerg et al., 2003), er det også den fraktion, der fylder mest i vommen og dermed begrænser foderoptaget. Lad os betragte følgende mekanisme: Fordøjelseskoefficienten (FK-NDF) er et resultat af konkurrencen af fordøjelses- og passagehastighed. En høj RLI som følge af sorteringsadfærd vil hæmme fordøjelseshastigheden. En hæmmet fordøjelseshastighed hæmmer også til dels passagehastigheden og FK-NDF vil derfor forventes at være nogenlunde konstant. Dette, kun under forudsætning af, at foderoptaget er uændret. Den ekstra findeling af foderet (kompakt fuldfoder) kunne give anledning til en forestilling om at passagehastigheden er øget. Skulle dette gælde, ville vi have forventet øget foderoptag, hvilket ikke umiddelbart var tilfældet.

Om en større effekt af interventionen af kompakt fuldfodring var blevet set i en besætning, hvor man var gået fra en meget sorterbar ration til en usorterbar ration, er uvist. I den anvendte besætning, var vejen til kompakt fuldfoder ikke lang, om end tørstofprocenten reduceredes kraftigt. Det kan altså diskuteres, om køerne i virkeligheden havde mulighed for kraftig selektion i foderet forinden skiftet, selvom foderprøverne viste, at foderets blandingsgrad havde ændret sig.

Man må forvente, at den højere blandingstid sænker tyggetiden. Det er dog vist af Storm & Kristensen (2010), at tyggetid *ikke* har den kritiske betydning for vomsundheden, som man hidtil har antaget.

5. Konklusion

Hypotesen var, at minimeret sorteringsadfærd, via kompakt fuldfoder, vil forbedre NDF-fordøjelsen.

Køer er i stand til at sortere i foderet, hvilket sker i et ukendt omfang. Denne sortering må forventes at føre til en ubalance i næringsstofoptaget køer imellem og over tid, også i et ukendt omfang. Denne ubalance har teoretisk set en negativ effekt på nedbrydningshastigheden af NDF. Litteraturstudiet giver ikke anledning til at tro, at en over-/underforsyning med protein vil ændre fordøjelsen af NDF. Derimod er det tænkeligt, at en variation i forsyningen med letfermenterbare kulhydrater, indvirker negativt på denne NDF-fordøjelse og dermed koens foderoptag og energiforsyning, via den negative indflydelse på fordøjelseshastigheden af NDF.

En forventet øgning af NDF-fordøjeligheden kunne ikke eftervises i egne undersøgelser, hvor det undersøgte om reduceret mulighed for sortering kunne føre til en øget

fordøjelse af NDF. Målemetoden var meget unøjagtig og effekten på NDF-fordøjeligheden konfunderes sandsynligvis til dels af en målt signifikant effekt af skiftet til kompakt fuldfoder på stivelsesfordøjelsen, som sandsynligvis foregår i vommen. Det kan antages at den øgede stivelsesfordøjelse, modvirker en eventuel positiv effekt af reduceret sorterbarhed på fordøjelseshastigheden af NDF.

Dermed kan hypotesen om at minimeret sorteringsadfærd kan forbedre NDF-fordøjelsen, hverken be- eller afkræftes på baggrund af egne undersøgelser. Litteraturstudiet giver dog stadig anledning til at tro, at sortering fører til variation i stivelsesforsyningen, som indvirker på NDF-fordøjelsen.

6. Perspektivering

Der er mange aspekter indenfor dette emne, der ikke har kunnet afdækkes ved nærværende projekt.

Et stort aspekt, er ædeadfærd. Det er relativt nemt at påstå, at køer sorterer i foderet, hvis det er muligt for dem. En supplerende undersøgelse af køernes ædeadfærd hhv. før og efter en intervention af kompakt fuldfoder ville have være brugbart til at afdække dette nævnte aspekt. Her havde det været muligt ydermere, at få et mål for, om køernes samlede liggetid havde været forøget.

Endvidere er der et stort aspekt i de økonomiske overvejelser omkring konceptet. Konceptet indebærer en længere blandetid, hvilket er ensbetydende med højere dieselforbrug, slid og arbejdstid, og stiller i øvrigt krav til logistiske udfordringer med vandforsyning mm. Disse økonomiske udgifter skal betales af en højere ydelse og sundere køer. Undersøgelser foretaget af SEGES (Kristensen, 2016), indikerer at køer fodret efter dette koncept yder 500 kg EKM mere pr. 305 dages laktation. Her er det ydermere fundet, at fodereffektiviteten er øget med 3-5 % som respons på kompakt fuldfodring. Undersøgelsen angiver ikke, at der er nogle indikationer på, at køerne æder mere end nødvendigt og dermed bliver fede, som respons på kompakt fuldfoder. På den baggrund, er der angiveligt behov for flere studier, der også undersøger langsigtede effekter af dette fodringskoncept på besætningsniveau.

Den forøgede blandingsgrad og mekaniske bearbejdning af fuldfoderet giver anledning til en forestilling om, at de enkelte fibre og foderemner er lettere tilgængelige for vommens mikrober. Dette aspekt kunne ligeledes undersøges nærmere.

En høj blandingsgrad vil forhindre køerne i at sortere eventuel muggen ensilage fra. Det er dog usandsynligt at køerne kan sortere dårlig ensilage fra, selv i en traditionel TMR.

Det kunne være interessant at undersøge effekten af en meget våd ration på stivelsesfordøjelsen nærmere, da denne undersøgelse tyder på en forskydning af stivelsesfordøjelsen fra tyndtarmen til vommen. Dette kan føre til en undervurdering af RLI ved våde rationer med højt stivelsesindhold. Dette kunne være interessant at undersøge nærmere, for eventuelt at tilpasse Norfor-modellen til at tage hensyn til en sammenhæng mellem vandindhold og RLI, såfremt antagelsen og vandopløsning af stivelsesfodermidlerne gælder.

Referencer

- Allen, M.S. (2000): Effects of Diet on Short-Term Regulation of Feed Intake by Lactating Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, Elsevier, Vol. 83:7, pp. 1598–1624.
- Beckman, J.L. & W.P. Weiss (2005): Nutrient digestibility of diets with different fiber to starch ratios when fed to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Elsevier, Vol. 88:24, pp. 1015–1023.
- Devries, T.J., F. Dohme & K. a Beauchemin (2008): Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: feed sorting. *Journal of Dairy Science*, Vol. 91:10, pp. 3958–3967.
- DeVries, T.J., M.A.G. von Keyserlingk & K.A. Beauchemin (2003): Short communication: Diurnal feeding pattern of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Vol. 86:12, pp. 4079–82.
- Fish, J.A. & T.J. DeVries (2012): Short communication: Varying dietary dry matter concentration through water addition: effect on nutrient intake and sorting of dairy cows in late lactation. *Journal of Dairy Science*, Vol. 95:2, pp. 850–5.
- Forbes, J.M. (1995): Physical limitation of feed intake in ruminants and its interactions with other factors affecting intake. *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. Proceedings 8th International Symposium on Ruminant Physiology*.
- Grant, R. (2009): Stocking density and Time Budgets . *Western Dairy Management Conference*.
- Hughes, R. (1993): *Diet Selection: An Interdisciplinary Approach to Foraging Behaviour*, Blackwell Scientific Publications, Cambridge.
- Huhtanen, P. & S. Jaakkola (1993): The effect of the forage preservation method and the proportion of concentrate on digestion of cell wall carbohydrates and rumen digesta pool size in cattle. *Grass and Forage Science*, Vol. 48:, pp. 155–165.
- Ingvarsen, K.L. & V.F. Kristensen (2003): Regulering af foderoptagelsen. *Kvægets Ernæring og Fysiologi Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*, pp. 147–191.
- Keunen, J.E., J.C. Plaizier, L. Kyriazakis, T.F. Duffield, T.M. Widowski et al. (2002): Effects of a Subacute Ruminal Acidosis Model on the Diet Selection of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, Vol. 85:12, pp. 3304–3313.
- Khalili, H. & P. Huhtanen (1991): Sucrose supplementation in cattle given grass silage based diet. 2. Digestion of cell wall carbohydrates. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 33:, pp. 262–273.
- Kristensen, N.B. (2016): *Implement Compact TMR to Increase Productivity, Feed Efficiency and*

- Health in Dairy Herds*, [online]. SEGES, Skejby. [citeret 2. maj 2017]. Tilgængelig på internet: <https://www.landbrugsinfo.dk/kvaeg/foder/kmp/sider/implement-compact-tmr-to-increase-productivity-feed-efficiency.pdf>
- Kristensen, N.B. (n.d.). Vejledning til prøveudtagning i KMP-fuldfoder. [online]. SEGES, Skejby. [citeret 2. maj 2017]. Tilgængelig på internet: https://www.landbrugsinfo.dk/kvaeg/foder/kmp/sider/vejl-til-proeveudtagning-i-kmp-fuldfoder_2281.aspx
- Kristensen, V.F. & K.L. Ingvarsten (2003): Forudsigelse af foderoptagelsen hos malkekøer og ungdyr. *Kvægets Ernæring og Fysiologi. Bind 1*, pp. 511–564.
- Krohn, C.C. & S.P. Konggaard (1987): *Malkekoens optagelse af forskellige fodermidler ved selvvalg eller tildelt som fuldfoder*. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsøg, Frederiksberg.
- Leonardi, C., F. Giannico & L.E. Armentano (2005): Effect of Water Addition on Selective Consumption (Sorting) of Dry Diets by Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, Vol. 88:3, pp. 1043–1049.
- Lindberg, J.E. (1981): The effect basal diet on the ruminal degradation of dry matter, nitrogenous compounds and cell walls in nylon bags. *Swedish Journal of Agricultural Research*, Vol. 11:, pp. 159–169.
- Miller-Cushon, E.K. & T.J. DeVries (2016): Feed sorting in dairy cattle: Causes, consequences, and management. *Journal of Dairy Science*, American Dairy Science Association, Vol. 100:5, pp. 4172–4183.
- Mould, F.L., E.R. Ørskov & S.O. Mann (1983): Associative effects of mixed feeds. I. effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 10:1, pp. 15–30.
- R Core team (2017): R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-Project.org/>.
- van Soest, P.J. (1995): *Nutritional ecology of the ruminant*. *Livestock Production Science*. Vol. 43.
- Stensig, T., M.R. Weisbjerg & T. Hvelplund (1998): Digestion and passage kinetics of fibre in dairy cows as affected by the proportion of wheat starch or sucrose in the diet. *Acta Agriculturae Scandinavica Section a-Animal Science*, Vol. 48:3, pp. 129–140.
- Storm, A.C. & N.B. Kristensen (2010): Effects of particle size and dry matter content of a total mixed ration on intraruminal equilibration and net portal flux of volatile fatty acids in

- lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Elsevier, Vol. 93:9, pp. 4223–38.
- Volden, H. (2011): *NorFor – The Nordic feed evaluation system*, Wageningen Academic Publishers.
- Wallis de Vries, M.F. & C. Daleboudt (1994): Foraging strategy of cattle in patchy grassland. *Oecologia*, Vol. 100:1–2, pp. 98–106.
- Weisbjerg, M., P. Lund & T. Hvelplund (2003): Kulhydratomsætningen i mave-tarmkanalen. *Kvægets Ernæring og Fysiologi*.
- Weisbjerg, M.R., H. Gado, T. Hvelplund & B.B. Jensen (1999): The effect of easily fermentable carbohydrates and pH on fibre digestibility and VFA pattern in an in vitro continuous culture system, *S Afr J Anim Sci*.
- Weisbjerg, M.R. & P. Lund (2004): NDF-omsætningen i mave-tarmkanalen, pp. 96–97.
- Weiss, W.P., P. Yoder, L. Mcbeth, D. Shoemaker & N. St-pierre (2013): Effects of Variation in Nutrient Composition of Diets on Lactating Dairy Cows, 330, pp. 141–152.
- Yoder, P.S., N.R. St-Pierre, K.M. Daniels, K.M. O’Diam & W.P. Weiss (2013): Effects of short-term variation in forage quality and forage to concentrate ratio on lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Elsevier, Vol. 96:10, pp. 6596–609.

Bilag

Bilag 1: Blandingsprotokol for kompakt fuldfoder

Overview mixing protocol for Compact TMR

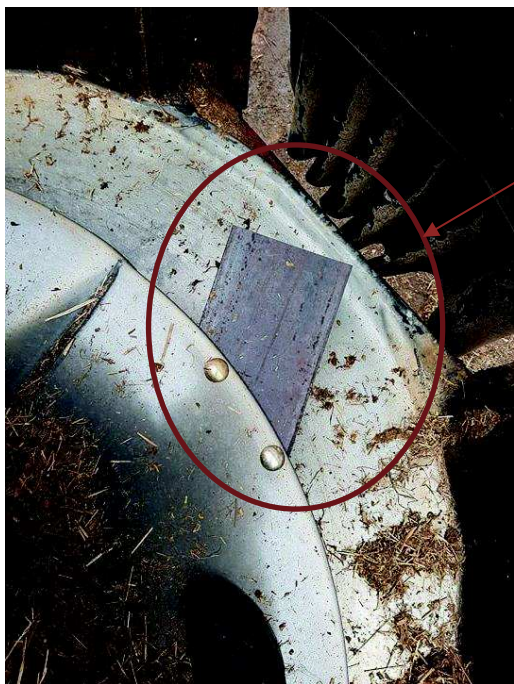
MIX Phase	Feedstuffs	Treatment time	Effect	Caution – be aware!
Soaking phase	Commodities, concentrate, and premixes. In combination with water or other humidifying feedstuffs. Common starting level is 1:1 (dry feedstuff: water).	1 - 12 h (overnight) Depends on feedstuffs. Canola meal, SBM, and concentrate pellets are fast absorbing water. Sugar beet pulp pellets slowly absorbs water.	Ensures that dry feedstuffs can adhere to fibers and the water needed to increase density of mix is applied to the dry components.	Important to add enough water so that commodities and pellets don't end as dough that survives the later mixing. It is far more dangerous to add too little water than to add too much water.
Structuring phase (middle-mix)	Mineral premix, grass silage and other fibrous silages*	15-20 min.	The structuring phase ensures a step wise mixing protocol and ensures that the concentrate components are attached to the fibers (skeleton of the mix).	Important to allow the mixer time to do the job. Be aware that the mix can be very heavy after completing the structuring phase and the mixer should not be stopped.
	Corn silage*	15-20 min.	In the final phase 2 large components are mixed and this is an important feature of the stepwise protocol.	It is often in the final phase of the mixing process that the vertical auger mixers fail to keep the mixing flow. This is a critical problem for the quality of the TMR. Mount auger shares/shoes etc. as necessary to ensure flow in the mixer. Maintain focus on the function of the feed mixer and replace parts as they wear. Use tractor with enough power to run the augers at target speed.

*Example based on ration containing both grass and corn silage. For ration with the majority of silage from either grass or corn loading of this same silage is split between structuring and final mixing phase.

Kilde:

Kristensen, N.B. (2016): *Implement Compact TMR to Increase Productivity, Feed Efficiency and Health in Dairy Herds*, [online]. SEGES, Skejby. [citeret 2. maj 2017]. Tilgængelig på internet: <https://www.landbrugsinfo.dk/kvaeg/foder/kmp/sider/implement-compact-tmr-to-increase-productivity-feed-efficiency.pdf>

Bilag 2: Billede af "medbringer"



Påmonteret "medbringer" på blandevoignens snegle. Hensigten er at skabe flow i blandingen.

