



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp  
Fakultet for biovitenskap

## **Effekt av proteinnivå i rasjonen på fôropptak, melkeytelse, melke kvalitet, tyggeatferd og aktivitet hos melkekyr med ulike fôreffektivitet**

Effect of dietary protein level on feed intake, milk yield, milk quality, chewing behavior and activity in dairy cows with different feed efficiency

Camilla Therese Skjelbred  
Master i husdyrvitenskap



## FORORD

Denne masteroppgaven er skrevet ved Institutt for husdyr- og akvakultur ved Norges miljø og biovitenskapelige universitet (NMBU) på Ås, våren 2017. Dette er avslutningen på to år på Ås og tre år på Høgskolen i Nord-Trøndelag (nå NORD Universitet) hvor jeg tok bachelor i Husdyrfag Velferd- og Produksjon.

Interessen min for husdyr og landbruk har alltid vært der da jeg er oppvokst på et småbruk. Interessen ble vekket for alvor da jeg tok agronomutdanning ved Søve videregående skole (nå Nome vgs. Avd. Søve), og jeg var så heldig at jeg fikk muligheten til å jobbe i fjøset under studiene der, samt fast jobb etter endt skolegang. Her jobbet jeg i 5 år før turen gikk videre til Steinkjer og Ås, noe som ga stor motivasjonen til å studere videre. Valget av tema for oppgaven var litt tilfeldig, da jeg ble tipset mens jeg jobbet for det samme forsøket denne oppgaven er basert på. Jeg synes temaet virket spennende og passet bra med at jeg ville kombinere ernæring og etologi.

Jeg vil rette en spesiell takk til min hovedveileder Egil Prestløyken, og biveileder Knut E. Bøe for all veiledning og hjelp med denne oppgaven, samt biveileder Alemayehu Sagaye for all hjelp med innsamling og bearbeiding av datamateriell.

Jeg vil også takke alle på lesesalen for oppmuntring, mye latter, og koselige lunsjpauser. Jeg vil også takke familien min som har støttet meg hele veien. En spesiell stor takk til alle som har hjulpet meg med korrekturlesing, jeg setter utrolig stor pris på at dere har tatt dere tida i en hektisk hverdag. Og sist men ikke minst, en stor takk til kjæresten min, Rolf Arne Holte, som har holdt ut, uansett hvor stressa jeg har vært, og du har kommet med god oppmuntring hele veien, og støttet meg.

Institutt for husdyr- og akvakultur, NMBU

Ås 13.mai 2016

Camilla T. Skjelbred

## SAMMENDRAG

Kyr og andre drøvtyggere lever i symbiose med mikrobene i vomma som brytes ned cellulose og hemi-cellulose i fôret. For at mikrobene skal fungere optimalt er det viktig at miljøet i vomma er stabilt. En viktig del av fôret til kyrne er protein, og dette tilsettes i form av importert soya som fører til økte kostnader og klimapåvirkning. Derfor vil det være interessant å undersøke om soya kan erstattes med lokale proteinkilder. Dersom dette påvirker vommiljøet vil dette kunne gi utslag på tyggeatferden til kyrne. Det er også mulig at kyr med ulik fôreffektivitet (FE) vil reagere ulikt på en forandring i fôrets sammensetning.

Formålet med forsøket var å undersøke effekten av fôreffektivitet (høy og lav) og proteinnivå i fullfôr på fôropptak, melkeytelse, melkekvalitet, tyggeatferd og aktivitet hos NRF melkekyr.

Denne masteroppgaven er basert på et forsøk av Feed Mileage ved Senter for Husdyrforskning NMBU Ås. Det ble benyttet totalt åtte vomfistulerte kyr av rasen NRF som var gjennomsnittlig  $126 \pm 38$  DIM,  $631 \pm 56$  kg og 2.-5. laktasjon. Kyrne var fordelt i fôreffektivitetsgruppe (FE) høy eller lav, på bakgrunn av et forsøk i 2015. Det var fire kyr i hver FE høy og lav. Kyrne ble tildelt en TMR rasjon med fri tilgang, tre ganger daglig (kl. 07, 14, 19.30). Hver av de fire kyrne i hver FE lav og høy fikk fire ulike nivåer av protein i fôret; 130, 145, 160 og 175 g/kg TS. Forsøket besto av fire perioder, og hver periode varte i 28 dager. Det ble tatt melkeprøver to ganger i uka, fôrrester ble veid opp daglig, samt ble det gjort automatiske målinger av tyggeatferd og aktivitet.

Resultatene viste at fôreffektivitet og proteinnivå i fôret ikke hadde effekt på fôropptak, melkeytelse, melkekvalitet, tyggeatferd og aktivitet. Allikevel, hadde kyr med høy FE signifikant lenger liggetid enn kyr med lav FE ( $P < 0,05$ ). Økt proteinnivå i fôret førte til økt innhold av urea i melk ( $P < 0,05$ ), og en svak, ikke lineær, tendens til økt vannopptak ( $P = 0,093$ ), og liggetid ( $P = 0,058$ ). Samspillet hadde ingen effekt på hverken drøvtyggingstid, tyggetid, annen aktivitet, antall jort, antall etetygg per minutt, antall drøvtygg, og tyggetid per kg TS. Det var et signifikant samspill for etetid, tygg per jort, antall etetygg og antall tygg totalt ( $P < 0,05$ ).

Det konkluderes med at fôreffektivitet og proteinnivå i fôret ikke hadde innvirkning på noen av parameterne. Det var en samspillseffekt på etetid, drikketid, tygg per jort, etetygg totalt og antall tygg totalt.

## ABSTRACT

The dairy cow and other ruminants live in symbiosis with the microbes in the rumen, which breaks down the cellulose and hemi-cellulose in the feedstuff. Microbes require optimal rumen environment. One of the most important components in the feed is protein, which is added as soya, that is costly and give environmental issues. Therefore, it would be interesting to investigate if soya could be replaced by locally available protein source. The effects of such substitution in the rumen environment could be seen by a change in eating/chewing behaviour, constituting as an indicator for good rumen function. It is also possible that cows having different feed efficiencies (FE) do not react similarly to a change in feed composition.

The aim of this thesis was to investigate the effect of feed efficiency (high and low) and protein level in a total mixed ratio (TMR) on feed intake, milk yield, milk quality, chewing behaviour and activity in NRF dairy cows.

This thesis is based on an experiment by the Feed Mileage project, and was conducted at the Animal Production Centre (SHF), at the Norwegian University of Life Sciences (NMBU) Ås, Norway, in the spring of 2016. Eight rumen fistulated NRF dairy cows,  $126 \pm 38$  DIM,  $631 \pm 56$  kg BW, in 2.-5. lactation. The cows were divided in two feed efficiencies, high and low, based on a previous study in 2015. The cows were fed a total mixed ration with four distinct levels of protein; 130, 145, 160, 175 g/kg DM, offered three times a day (7 am, 2 PM and 7.30 PM). The experiment consisted of four periods of 28 days. Feed intake was registered and residuals were collected and weighed every morning before feeding. Milk samples were taken twice in a week. The cows were monitored for behavioural activities (eating, rumination, resting, and drinking etc.) using RumiWatch noseband and leg-band sensors for 10 days in each period.

The results showed that feed efficiency and protein level in the feed had no effect on feed intake, milk yield, milk quality, chewing behaviour and activity. Except, cows with high FE had a significant longer lying time than cows with low FE ( $P < 0,05$ ). An increased protein level in the feed led to significant higher levels of milk urea ( $P < 0,05$ ), and a weak tendency for increased water intake ( $P = 0,093$ ) and lying time ( $P = 0,058$ ). There were also a significant interaction effect of FE and protein level in the feed for eat time, chews per bolus, total eating chew, and total chews ( $P < 0,05$ ). But there was no interaction on rumination time, chewing time, other activities, number of boluses, number of eating chews per minute, and total ruminating chews. There was also no effect on chewing time per kg DM and per kg NDF.

In conclusion, there were no effect of FE and protein level on any of the parameters. There was an interaction effect for eating time, drinking time, chews per bolus, eating chews and total chews.

## INNHOOLD

Forord .....	I
Sammendrag .....	II
Abstract .....	III
1.0 Innledning.....	1
2.0 Teoridel .....	3
2.1 Definisjon av begrep omkring tyggeatferd.....	3
2.2 Drøvtyggerens fordøyelsessystem og fordøyelsen av hovednæringsstoff i vom .....	3
2.2.1 Drøvtyggerens fordøyelsessystem .....	3
2.2.2 Omsetningen av karbohydrater i vom.....	5
2.2.3 Syntese av mikrobeprotein.....	7
2.2.4 Vommiljø .....	8
2.3 Drøvtyggerens tyggeatferd og aktivitetsmønster.....	9
2.3.1 Døgnrytme .....	9
2.3.2 Fôropptak .....	9
2.3.3 Vanninntak .....	10
2.3.4 Drøvtygging .....	10
2.3.5 Aktivitet .....	11
2.4 Melkemengde og melke kvalitet.....	12
2.4.1 Melkesyntesen.....	12
2.4.2 Proteinnivået i fôret har påvirkning på melkeytelse og melke kvalitet .....	14
2.6 Fôreffektivitet .....	17
3.0 Egne Undersøkelser.....	18
3.1 Materiale og Metode.....	18
3.1.1 Forsøksdyr.....	18
3.1.2 Fôrmidler og rasjonssammensetning .....	20
3.1.3 Utfôring og fôrrester .....	21

3.1.4 Eteatferd og aktivitet.....	21
3.4.5. Vanninntak.....	22
3.1.5 Vekt og holdpoeng.....	23
3.1.6 Beregninger og statistikk.....	24
3.1.7 Forkortelser.....	25
3.2 Resultater.....	26
3.2.1 Fôr- og vannopptak.....	26
3.2.2 Melkeproduksjon.....	28
3.2.3 Tyggeatferd.....	30
3.2.4 Tyggetid pr kg TS.....	36
3.2.5 Aktivitet.....	38
3.2.6 Døgnrytme.....	42
4.0 Diskusjon.....	43
4.1 Fôr- og vanninntak.....	43
4.2 Melkeytelse og melke kvalitet.....	44
4.3 Tyggeatferd.....	46
4.5 Aktivitet.....	48
5.0 Konklusjon.....	49
6.0 Referanser.....	50



## 1.0 INNLEDNING

Kua er en drøvtygger som gjennom sin produksjon av kjøtt og melk kan omdanne gras til mat som vi mennesker kan nytte oss av. Produksjonen blir imidlertid til stadighet framstilt som miljøfiendtlig på grunn av metanutslipp fra kyrne, og på grunn av en høy andel importert soyaprotein i fôret. Målet med forsøket denne oppgaven er basert på, er å forbedre på denne framstillingen ved å undersøke om det er mulig for melkekua å opprettholde produksjonsnivået med et lavere innhold av protein i fôret. På den måten kan miljøbelastningen reduseres.

Årsaken til at kua kan omdanne gras til kjøtt og melk er mikroorganismene som lever i vomma (Niu et al. 2016). I vomma er det gode vekstbetingelser for bakterier, protozoer og sopp, og drøvtyggeren lever i symbiose med disse. Mikrobene skiller ut enzymer som bryter ned de kjemiske bindingene i blant annet cellulose og hemi-cellulose, og omdanner dette til energi som mikrobene kan nyttiggjøre seg av (Sjaastad et al. 2003). Mikrobene bruker denne energien sammen med protein fra fôret til egen vekst. Denne veksten består hovedsakelig av protein, og når mikrobene føres ut av vomma og fordøyes i vertedyrets tynntarm, vil de på denne måten tilføre vertedyret protein (Clark et al. 1992). I tillegg vil mikrobene i sin fordøyelse av de komplekse karbohydratene, produsere flyktige fettsyrer (VFA). VFA blir absorbert og utnyttet av kua. Den mikrobielle fordøyelsen av fôret i vomma er på denne måten svært viktig for en drøvtygger.

For å oppnå en best mulig utnytting av fôret er det viktig at miljøet i vomma er stabilt (Lean et al. 2014), og på mange måter er en god fôring av drøvtyggere et spørsmål om god fôring av mikrobene (Van Soest et al. 1991). Mikrobene må få tilført næringsstoffene, inkludert protein, i de mengdene de trenger. Ved å bytte ut soya med en større andel norskbasert protein, og samtidig redusere proteinnivået i fôret, vil avhengigheten av importert protein reduseres og dermed også klimapåvirkningen. Redusert proteininnhold i fôret må imidlertid ikke gå på bekostning av utnyttingen av gras og produksjonen av melk. I så måte er miljøet for mikrobiell vekst i vomma viktig. En viktig parameter for godt vommiljø, er fôropptak og drøvtygging. En ku med dårlig vommiljø vil ha redusert fôropptak og redusert tid brukt på drøvtygging.

Det er forskjeller mellom kyr i hvor effektive de er til å utnytte den samme rasjonssammensetningen (Williams et al. 2011). Derfor vil det være interessant å undersøke om disse kyrne har for eksempel ulik drøvtyggingsatferd. Kyrne brukt i forsøket denne oppgava er en del av, var plukket ut for å være henholdsvis effektive og ineffektive med hensyn på å håndtere rasjoner som ikke er sammensatt optimalt. I tillegg til påvirkning på melkeproduksjon,

var målet med forsøket å undersøke om det var forskjeller i tyggeatferd og aktivitet hos kyr, som fikk rasjoner med et proteininnhold økende fra sub-optimalt til optimalt nivå.

### **Formål**

Formålet med dette forsøket var å undersøke effekten av ulik fôreffektivitet (høy og lav) hos kyr, og ulikt proteinnivå (130, 145, 160, 175 g/kg TS) i fullfôret på fôropptak, melkeytelse, melke kvalitet, tyggeatferd og aktivitet.

### **Hypoteser**

H1: Kyr med høy fôreffektivitet vil bruke mer tid på eting og drøvtygging enn kyr med lav fôreffektivitet.

H2: Kyr med høy fôreffektivitet vil ligge mer enn kyr med lav fôreffektivitet.

H3: Kyr med lav fôreffektivitet vil ha lavere TS-inntak og lavere innhold av protein i melka.

H4: Proteinmengden i fôret har ingen effekt på T- inntaket til melkekyr.

H5: Proteinmengden i fôret har ingen effekt på hverken eteatferd eller aktivitet til melkekyr.

H6: Økt proteinmengde i fôret vil øke urea innholdet i melka.

## 2.0 TEORIDEL

### 2.1 Definisjon av begrep omkring tyggeatferd

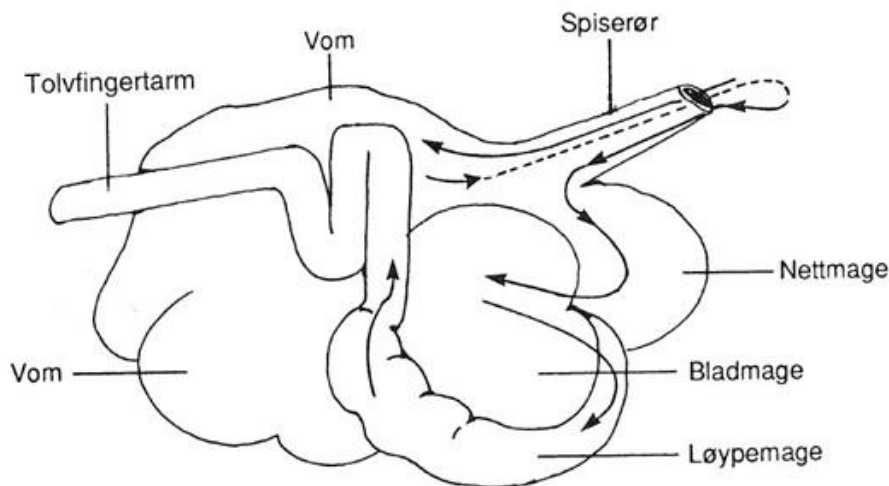
**Tyggeatferd** er all aktivitet omkring eting og drøvtygging, inkludert tid brukt på eting og drøvtygging, antall tygg brukt på eting og drøvtygging, og antall jorter (boluser) tygd. **Tyggetid** er summen av etetid og drøvtyggingstid og er gitt ved;  $\text{tyggetid} = \text{etetid} + \text{drøvtyggingstid}$ . En **jort** er fôret som kua gulper opp for videre drøvtygging. **Drøvtyggingsatferd** er all aktivitet i forhold til selve drøvtyggingen, hvor lenge kua tygger drøv, antall jorter og antall tygg per jort. **Eteatferd** er all aktivitet i forhold til eting inkludert tid og antall tygg brukt til fôropptak. **Annen aktivitet** er alle hodebevegelser som ikke har med opptak og bearbeiding av fôr. Det kan være aktivitet som sosial kroppspleie, eller ulik stereotypisk atferd. **Aktivitet** er hvor lenge og ofte kua ligger eller står.

### 2.2 Drøvtyggerens fordøyelsessystem og fordøyelsen av hovednæringsstoff i vom

#### 2.2.1 Drøvtyggerens fordøyelsessystem

Fordøyelsen av fôret starter allerede i munnen med innblanding av spytt. Imidlertid inneholder drøvtyggerens spytt lite enzymer i forhold til andre dyrearter. Spyttet inneholder natrium, bikarbonat, fosfat, kalium, klorid, urea, kalsium, magnesium og mucoproteiner (Nørgaard 2003). Spyttets komponenter, særlig bikarbonat, gjør det basisk og er med på å opprettholde en jevn pH i vomma (Myhre 1980). I løpet av et døgn kan kua produsere ca. 150 liter spytt (Gjefsen 2007; McDonald et al. 2011).

Storfe har 3 formager; vom, nettmage og bladmage, samt en løypemage som tilsvarer magesekken hos enmaga dyr (Figur 1).



**Figur 1: Tverrsnitt av fordøyelsessystemet til drøvtyggeren (Hentet fra Gjefsen (2007))**

Vomma er sentral for drøvtyggerens fordøyelse og absorpsjon av næringsstoffer, og består av tre blindsekker (dorsale, ventrale og craniale) som delvis er adskilt av 3 muskelfolder (Nørgaard & Hvelplund 2003). Vomma rommer 150-200 liter hos et voksent dyr (Myhre 1980). Innvendig er vomma dekket av papiller som øker overflaten og dermed absorpsjon og transport av produktene fra vomgjæringen, væske og mineraler som Na, K og Mg fra vomma og over i blodet (Nørgaard & Hvelplund 2003). Vomma vil bli nærmere omtalt i avsnitt 2.2.2.

Nettmagen ligger like under utmunningen av spiserøret og har en rutete struktur (Myhre 1980; Nørgaard & Hvelplund 2003). Den viktigste funksjonen til nettmagen er å fordele materialet som er ferdig fordøyd i vomma og å porsjonere dette over til bladmagen. Passasjen skjer via bladmagekanalen som ligger ca. 16 cm under utmunningen av spiserøret. Bladmagekanalen er 1-6 cm i diameter og åpner seg i takt med bevegelsene i vomma og nettmagen (Nørgaard & Hvelplund 2003).

Bladmagen ligger høyere opp enn nettmagen. For hver kontraksjon i vomma slippes det 50-100 ml væske og fordøyelsespriklene inn i bladmagen (Sjaastad et al. 2010). Når materialet fra vomma som føres opp gjennom bladmagekanalen inneholder mye væske og bladene i bladmagen vil suge opp deler av væska og samtidig knuse fôrpartiklene noe før det videre til løypemagen (Myhre 1980).

Løypemagen ligger på tvers av bukhulen (Myhre 1980) og er dekket med et lag sylinderepitel som produserer pepsin og saltsyre, samt slim som beskytter mot den lave pH-verdien (Bjerkås et al. 2002; Gjefsen 2007). Fôrmaterialet har normalt en pH på ca. 6 når det blir transportert til løypen, men blir her, som følge av saltsyreutskillelse, senket til en pH på ca. 2,5. Den lave pH-

verdien fører til at mikrobemassen dør (Gjefsen 2007), og pepsin starter nedbrytningen av mikrobeproteinet til peptider (McDonald et al. 2011).

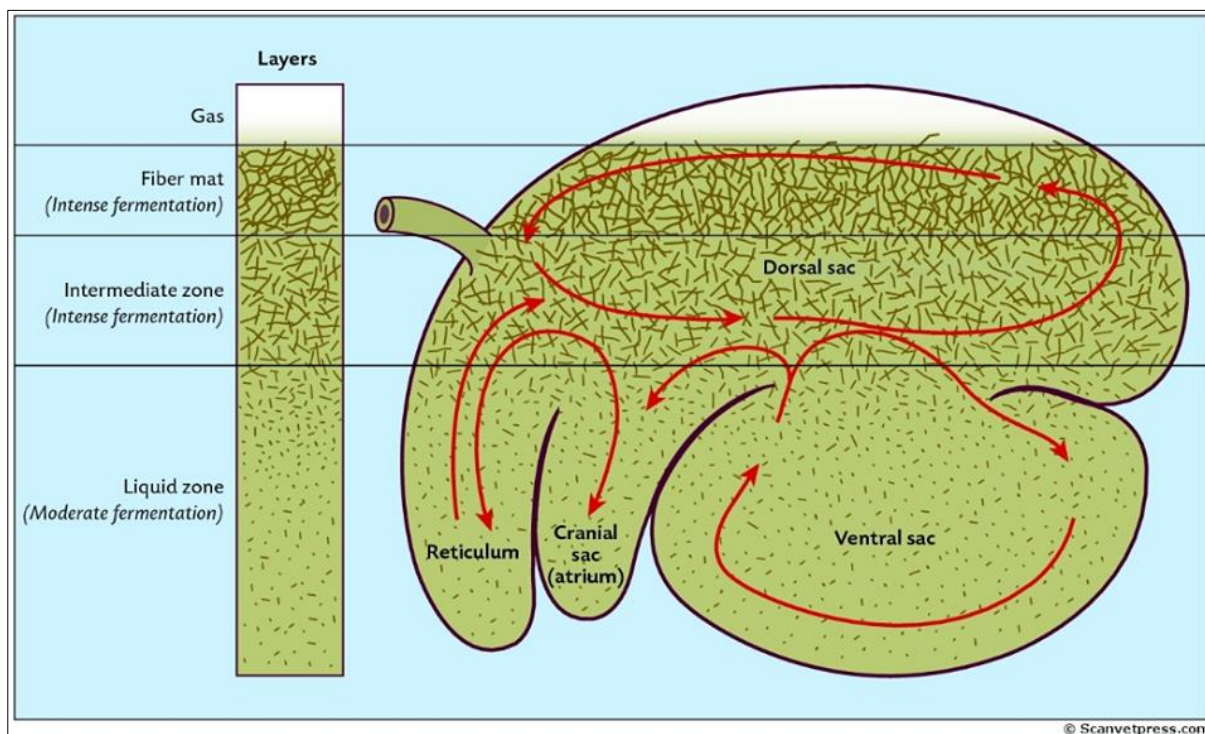
Tolvfingertarmen skiller ut galle og bukspytt som hever pH-verdien i fôrmaterialiet. Bukspyttet produseres i bukspyttkjertelen som ligger i tarmopphengnet til tolvfingertarmen, og det føres ut gjennom en utførselsgang før det havner i tolvfingertarmen. Bukspyttet sørger for spalting av peptid ved hjelp av trypsin (Myhre 1980). Gallen blir produsert i levra og lagret i galleblæra mellom måltider, og tømmes ut i tolvfingertarmen under måltid (Myhre 1980). Hovedoppgaven til gallen er å findele fett slik at lipase kan omdanne fett til glyserol og frie fettsyrer (Bjerkås et al. 2002; Myhre 1980). Karbohydrat i form av stivelse som ikke ble fermentert i vomma blir brutt ned til glukose av  $\alpha$ -amylase (Weisbjerg et al. 2003).

Tynntarmen består av tarmtotter som gir en stor innvendig flate. En segmenteringsbevegelse blander tarminnholdet godt ved å flytte det fram og tilbake, noe som også gjør næringsstoffene mer tilgjengelige for å bli absorbert over tarmveggen (Bjerkås et al. 2002; Myhre 1980). Når næringsstoffene er absorbert vil en peristaltisk bevegelse flytte alt tarminnholdet videre til tykktarmen (Bjerkås et al. 2002).

Hovedfunksjonen til tykktarmen er å absorbere vann og ioner ut av tarminnholdet. Det finnes også mikrober i tykktarmen som fordøyer eventuelle rester av karbohydrater og proteiner (Bjerkås et al. 2002).

### ***2.2.2 Omsetningen av karbohydrater i vom***

Vominholdet består av store partikler, små partikler, væske og gass delt inn i et gasslag, et flytelag og et bunnlag som vist i Figur 2 og 3. Gasslaget består hovedsakelig av metan og CO<sub>2</sub>. De store fôrpartiklene flyter på toppen av vomvæska før de blir gulpet opp til videre tygging. Partiklene som er blitt mindre etter drøvtygging vil synke ned til bunnlaget. Innholdet i vomma blandes og sorteres ved at det skjer rytmiske kontraksjoner som beveger seg i et fast mønster mellom de ulike kamrene i vomma, noe som sørger for at alle partiklene blir gjort tilgjengelig for fermentering av mikrobene (McDonald et al. 2011; Myhre 1980; Nørgaard & Hvelplund 2003).



Figur 2: Illustrasjon av de ulike lagene i vomma (gasslag, flytelag og væskelag) og hvordan fôret beveger seg mellom kamrene i vomma og i nettmagen (reticulum) (Hentet fra Sjaastad et al. (2003)).



Figur 3: Vomma innvendig med klumper av fôr som flyter i vomvæska før drøvtygging. Bildet viser også den glatte strukturen i vomveggen. Bildet er tatt under en vomtømming slik at vomma er halvfull (Foto: Camilla T. Skjelbred).

Karbohydrater utgjør 70-75 % av rasjonen til drøvtyggere og består i hovedsak av fiberrikt materiale fra grovfôr, stivelse fra kraftfôr og enklere sukkerarter med opphav i grovfôr og

kraftfôr (Weisbjerg et al. 2003). Karbohydrater i fôret utgjør vommikrobenes viktigste energikilde (Van Soest et al. 1991). I vomma er det en omfattende mikrobiell fermentering av enkle og komplekse karbohydrater. De 3 hovedgruppene av mikrober som står for denne fermenteringen er protozoer, bakterier og sopp. Disse finnes i et antall på henholdsvis  $10^6$ ,  $10^{10}$  og  $10^3$ - $10^7$  per milliliter vominnhold. De viktigste produktene som dannes er propionsyre, smørsyre, eddiksyre,  $\text{CO}_2$  og metan ( $\text{CH}_4$ ) (Kristensen, N. B. et al. 2003).

Bakterier utgjør den største gruppen mikrober i vomma, men protozoene har større biomasse, noe som gjør at de kan stå for 50 % av biomassen (Baldwin & Allison 1983). Mikrobene deles inn i ulike grupper ut fra hvilke komponenter i fôret de nytter som substrat. Cellulolytiske bakterier er en samlebetegnelse på bakterier som fermenterer celluloserikt materiale i form av fiber. Disse bakteriene skiller ut enzymer som er i stand til å bryte  $\beta$ -bindingene i cellulose og dermed gjør det mulig å omdanne energien i gras til melk og kjøtt (Miller 1979). Ett av hovedproduktene ved fermentering av cellulose av de cellulolytiske bakteriene er eddiksyre, som er et viktig energisubstrat hos drøvtyggere, og en viktig byggestein blant annet i melkefett (McDonald et al. 2011). Amylolytiske bakterier er en samlebetegnelse på bakterier som fermenterer stivelse. Hovedproduktet ved fermentering av stivelse er propionsyre som videre kan inngå i glukoneogenesen i lever (Sjaastad et al. 2003). Protozoer fermenterer hovedsakelig stivelse og sukker, med eddiksyre og smørsyre som restprodukt, men også propionsyre, melkesyre og  $\text{CO}_2$  (Sjaastad et al. 2003).

### *2.2.3 Syntese av mikrobeprotein*

Proteinet i fôret brytes ned av protease-enzymmer, som skiller ut fra de proteolytiske bakteriene i vomma. Proteinet brytes først ned til peptider, som blir nedbrytet videre til aminosyrer av bakteriene. Aminosyrene blir enten brukt direkte i mikrobesyntesen, eller omdannet til ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ), som kan bli brukt videre i syntesen av mikrobeprotein (Sjaastad et al. 2003).

Under fermenteringen frigis energi i form av ATP som mikrobene nytter til energi. Denne energien sammen med  $\text{NH}_3$  fra protein blir brukt til mikrobevekst. Mikrobene inneholder ca. 50 % protein, såkalt mikrobeprotein (Hvelplund et al. 2003). Når deler av denne mikrobielle biomassen blir skylt ut fra vomma blir den transportert til tynntarmen hvor bakteriene og protozoene blir fordøyd. På denne måten bidrar mikrobene med omtrent 75 % av aminosyrene som blir absorbert i tynntarmen. De øvrige absorberte aminosyrene stammer fra protein som ikke er brutt ned i vom (Nørgaard & Hvelplund 2003).

Gjennom produksjon av mikrobeprotein kan drøvtyggeren slik skaffe seg essensielle aminosyrer fra nitrogen som ikke stammer fra protein (NPN – non protein nitrogen). Urea er et eksempel på NPN. Dette er blant annet vist av Loosli et al. (1949) hvor lam som kun fikk N i form av urea i rasjonen hadde mer aminosyrer i både vomma og avføringen enn det som ble gitt i rasjonen. Hvor mye av N i rasjonen som blir omdannet til mikrobielt N er avhengig av følgende faktorer; (a) oppholdstid i vomma, (b) nedbrytbarheten til N i rasjonen, (c) tilgjengelighet av N til mikrobiell proteinsyntese, (d) energitilgjengelighet til fermentering i vomma, (e) tilstedeværelse av andre næringsstoffer eller vekstfaktorer (Hogan & Weston 1967).

#### **2.2.4 Vommiljø**

Vommiljøet er i stor grad styrt av surhetsgraden (pH) i vomvæska. Normalt vil pH i vomma variere mellom 5,5 og 7,0. De ulike gruppene av mikrober trives best ved ulike pH-verdier slik at effektiviteten vil variere med pH, noe som vil påvirke hvilke VFA-syrer det blir produsert mest av. En stivelsesrik rasjon vil favorisere produksjonen av propionsyre og kunne gi en senkning av pH til under 6. Det er fordi fermenteringen av sukker, stivelse og pektin er hurtigere enn fermenteringen av cellulose, hemicellulose og lignin. Den lave pH'en hemmer de cellulolytiske bakteriene som trives bedre ved en høyere pH, slik at det blir dannet mindre eddiksyre. Et tegn på dette er at fettinnholdet i melka går ned (Gjefsen 2007).

Når pH går under ca. 5 blir også de amylytiske bakteriene hemmet, slik at dannelsen av propionsyre blir redusert. Dette fører til at streptococcus og laktobacillene får redusert konkurranse, og disse vil da akkumulere slik at det dannes melkesyre. Denne tilstanden gir sur vom eller vomacidose (Sjaastad et al. 2003). I verstefall kan det dannes så mye melkesyre at den kan bli absorbert over i blodet. Dersom det skjer ved store mengder vil pH i blodet synke, og kua kan få metabolsk acidose og i verste fall dø (Kristensen, N. B. et al. 2003). En høy andel grovfôr vil stimulere til økt drøvtygging, noe som gir økt produksjon av spytt. Spyttet er som tidligere nevnt en viktig buffer i vomma for å holde en stabil pH (Myhre 1980). For sikre tilstrekkelig fordøyelse av fiber, og opprettholde en høy ratio av eddiksyre propionsyre samt forebygge fettdepresjon i melk anbefales det at tyggetiden ikke er lavere enn 32 min/kg TS (Nørgaard et al. 2011).

Protozoene tar opp stivelseskornene, og konkurrer om disse med bakteriene. I motsetning til bakteriene, danner ikke protozoene melkesyre og kan på den måten hjelpe til med å opprettholde en stabil pH i vomma (Van Soest 1994). Dersom protozoene tar opp for mye stivelse vil de kunne lysere, noe som antas å være årsaken til at det er færre protozoer dersom



det fôres med for mye stivelse (Van Soest 1994). Protozoene danner  $\text{NH}_3$  som bakteriene kan nytte seg av for å danne mikrobeprotein, slik at disse kan leve i symbiose med hverandre (Van Soest 1994).

## 2.3 Drøvtyggerens tyggeatferd og aktivitetsmønster

### 2.3.1 Døgnrytme

Storfe er flokkdyr og beiter normalt til samme tid av døgnet når de går fritt ute. Hovedperiodene for beiting er ved soloppgang og før solnedgang. I tillegg har de noen kortere perioder med beiting på tidlig formiddag og tidlig ettermiddag. Rytmen i beiteaktiviteten vil imidlertid variere med årstid og vær, og om sommeren kan beiting forekomme om natten, spesielt hvis det er veldig varmt på dagtid (Hafez & Bouissou 1975).

### 2.3.2 Fôropptak

Drøvtyggeren spiser hovedsakelig gress, enten ute på beite eller inne i fjøset som konservert grovfôr (Tucker 2009). Storfe bruker tungen som de slynger rundt gresset, og de nedre fortennene til å kutte gresset med en sidelengs bevegelse mot den harde platen i ganen. Fôret tygges kjapt før det svelges (Giersing 2006). I tillegg blir det gitt kraftfôr for å sikre tilførselen av energi, protein, vitaminer og mineraler.

Fôropptaket og energibalansen blir hovedsakelig regulert av en liten del i hypothalamus som blir påvirket av ulike hormoner og neurotransmittere. Når vomma og/eller tynntarmen er full blir det sendt signaler til hypothalamus om at fôropptaket kan opphøre (Sjaastad et al. 2010).

Storfe bruker om lag 4-7 timer i døgnet på å ete. Ved fri tilgang på fôr vil storfe ha to lengre måltider på 1-2 timer og 4-10 måltider á 5-30 minutter (Nørgaard 2003). Tiden brukt på eting og drøvtygging varierer med innholdet av fiber i fôret. Hvor mye fôr storfe spiser i løpet av et døgn kommer an på blant annet; høstetidspunkt, smak, antall fôringer, alder, vekt, laktasjonsstadiet, energiverdi i fôret, samt passasjehastigheten (McDonald et al. 2011). Passasjehastigheten til fôret ut av vomma avhenger stor grad av hvor finkuttet fôret er. Finere kuttet fôr vil passere hurtigere, da det hurtigere vil oppnå kravet for å passere inn i nettmagen (Ingvartsen & Kristensen 2003).

Høyt fôropptak kan gi redusert oppholdstid i vomma (Blaxter 1962), når oppholdstiden i vomma blir kortere kan dette påvirke fermenteringen i vomma på en slik måte at mer av næringsstoffene i fôret går ut av vomma uten å bli fermentert. Karbohydrat i form av stivelse og sukker som ikke blir fermentert i vomma kan bli absorbert i tynntarmen som glukose, mens fordøyeligheten av fiber vil bli lavere fordi fiber ikke er fordøyelig i tynntarmen (Ørskov et al. 1968).

Det er gjort flere typer forsøk som har sett på fôropptak og tyggeatferd hos kyr. Blant annet så Arieli et al. (2010) på TS-inntaket hos kyr som fikk 2 kg høy i tillegg til en normal rasjon. Resultatet viste at det ikke var signifikant forskjell i TS-inntaket, derimot var det som følge av høyet, et høyere NDF-inntak hos kyrne som fikk høy. Sett opp mot tyggetid og aktivitet, var det ingen forskjell i hverken etetid, drøvtygging, drikketid og liggetid, ved manuell observasjon.

Et forsøkt som så på om TS-inntak hos småfe ble påvirket av proteinnivået i fôret, hadde lama dårligere TS-inntak enn sau og geit, mens for sau og geit var det ingen forskjell i TS opptaket (Nielsen et al. 2010). Mutsvangwa et al. (2016) fant at kyr som fikk fôr med lavt innhold av råprotein, bestående av en høy andel vom-nedbrytbart råprotein hadde høyere tørrstoffopptak (TS-opptak) enn kyr som fikk en lav andel vom-nedbrytbart råprotein. For kyrne som fikk fôr bestående av en høy andel råprotein var trenden den motsatte. Holter et al. (1982) fant imidlertid i sitt forsøk at 4 ulike proteinnivåer fra 11,0 til 20,9 % av TS-innholdet i fôret, ikke hadde noen signifikant effekt på TS-inntaket.

### **2.3.3 Vanninntak**

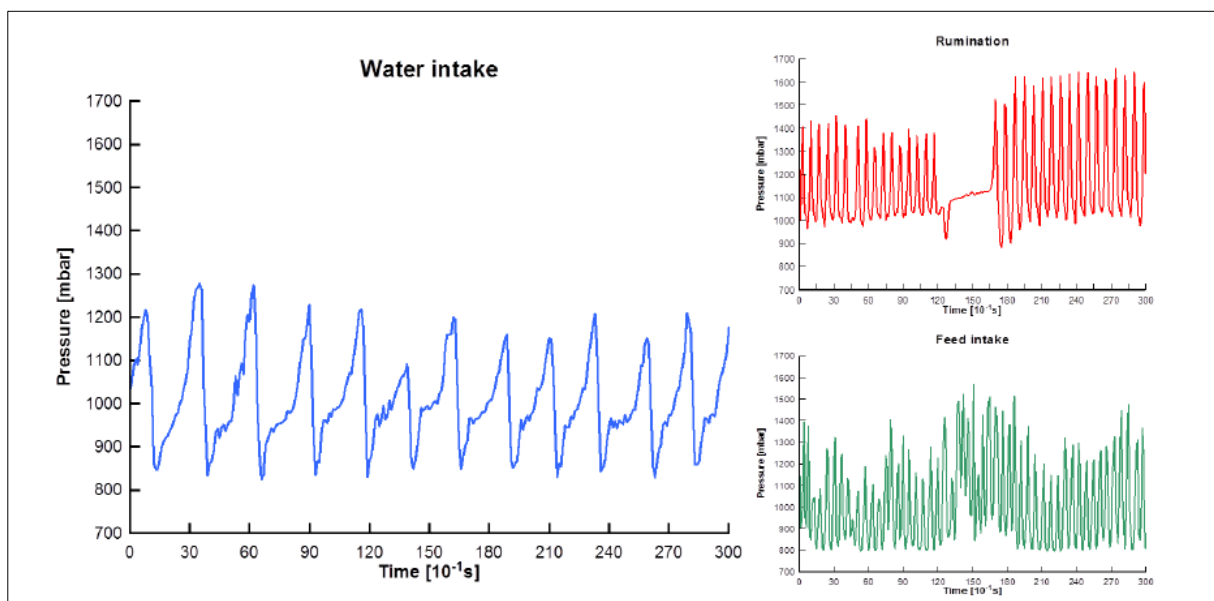
Vanninntaket til melkekyr midt i laktasjonen varierer med sammensetningen av fôret, klima, og individuelle forskjeller som melkeytelse og TS-inntak. Kyrne drikker stort sett i tiden rett etter fôring og melking, i tillegg foregår det mest drikking på dagtid (Cardot et al. 2008). Cardot et al. (2008) fant at kyrne i gjennomsnitt drakk  $83,6 \pm 17,1$  liter/dag, noe som er nærliggende resultatet til Appuhamy et al. (2016) som fant et gjennomsnittlig vanninntak på  $78,4 \pm 2,6$  kg/dag ved å gå gjennom resultatene til 55 ulike studier. Forsøk har vist at inntak over 16,6 % protein av TS-innholdet har ført til høyere vannopptak, noe som kan bety at kroppen trenger mer vann for å skille overflødig nitrogen ut av kroppen som urea (Holter et al. 1982).

### **2.3.4 Drøvtygging**

Ved å studere vommas bevegelsesmønster er det mulig å skille mellom eting, drøvtygging og raping av gass (Nørgaard & Hvelplund 2003). Måten kua tygger på er også distinktiv for eting, drøvtygging og drikking (Figur 4). Vomkontraksjonen starter i den nederste delen av vomma

ved at kua puster dypt inn. Dette skaper et undertrykk og vominnholdet blir presset oppover slik at flytelaget kommer i høyde med spiserøret og grove partikler blir sugd opp gjennom spiserøret slik at kua kan tygge det på nytt (drøvtygge) (Myhre 1980). Ved å studere kua er det mulig å se jorten bevege seg kjapt opp spiserøret i det kua gulper den opp, og det samme ses når jorten svelges. Jorter som er ferdig tygd synker først til bunn og blir her til fermenteringen er over (Myhre 1980).

Drøvtyggingen foregår omtrent en halvtime til en time etter at kua har spist (Giersing 2006; Gjefsen 2007). I løpet av et døgn tygger kua i gjennomsnitt drøv i 6-8 timer fordelt over 15-20 ganger og gulper opp mellom 100-600 jorter (Nørgaard 2003). For hver jort tygges det omtrent 50-60 ganger (Giersing 2006; McDonald et al. 2011). Drøvtygging foregår oftest når kua ligger (Arieli et al. 2010; Schirmann et al. 2012). Hvor lenge kua tygger drøv avhenger blant annet av NDF-innholdet i fôret, hvorav høyere andel NDF (fiber) vil øke drøvtyggingstiden (Ambriz-Vilchis et al. 2015).



**Figur 4:** Illustrerer frekvensen i munnbevegelsen ved drikking (venstre), drøvtygging (øverst høyre) og eting (nederst høyre). Den rette streken midten på drøvtygging er oppholdet mens kua svelger og gulper opp en ny jort) (Hentet fra Zehner et al. (2012)).

### 2.3.5 Aktivitet

Tid brukt på å ligge er en viktig del av kuas atferdsmønster og liggetid ses på som en av måtene å måle dyrevelferd på. I fjøs som ikke har optimalt miljø vil liggetiden kunne. Oppstallingsmåte påvirker også hvor lenge kyrne ligger, da det er vist at kyr på båsfjøs har kortere liggetid enn kyr i løsdrift (Haley et al. 2000). Dette forutsetter at liggebåsen er optimalt utformet til kuas bevegelsesmønster når de legger seg ned og når de reiser seg opp (Haley et al. 2001). Økt

liggetid kan på sikt øke melkeytelsen da det er økt blodtilløp til juret når kua ligger (Metcalf et al. 1992). Derimot fant ikke Haley et al. (2000) forskjell i melkeytelse når kyrne lå lengre, men foreslo at det kunne komme av at forsøket kun varte i 3 uker, og at det trengs lengre tid før melkeytelsen endres.

Kilgour (2012) så i sin review-artikkel på 22 studier fra 1927-2009 som omhandlet atferd hos storfe (ikke kyr som melkes) på beite for å finne ut hva normal atferd er. Han kom frem til at storfe bruker om lag 6,8-13 timer i døgnet til beiting, hvorav mesteparten foregår på dagtid. Kyrne hvilte i 3,6-10,6 timer i døgnet (ikke medregnet drøvtygging). Det ble observert i noen av forsøkene at kyrne gikk alt fra 1,7 til 12,6 km per døgn. Tidligere var det vanlig å observere liggetid hos kyr med manuell observasjon, men dette kan forstyrre kyrne slik at liggeatferden endres ved at de ligger mindre (Gordon 1995). Til tross for dette har forsøk vist at det ikke er signifikant forskjell på for eksempel liggetid om det måles manuelt eller automatisk (Champion et al. 1997; Darr & Epperson 2009; O'driscoll et al. 2008).

## 2.4 Melkemengde og melke kvalitet

### 2.4.1 Melkesyntesen

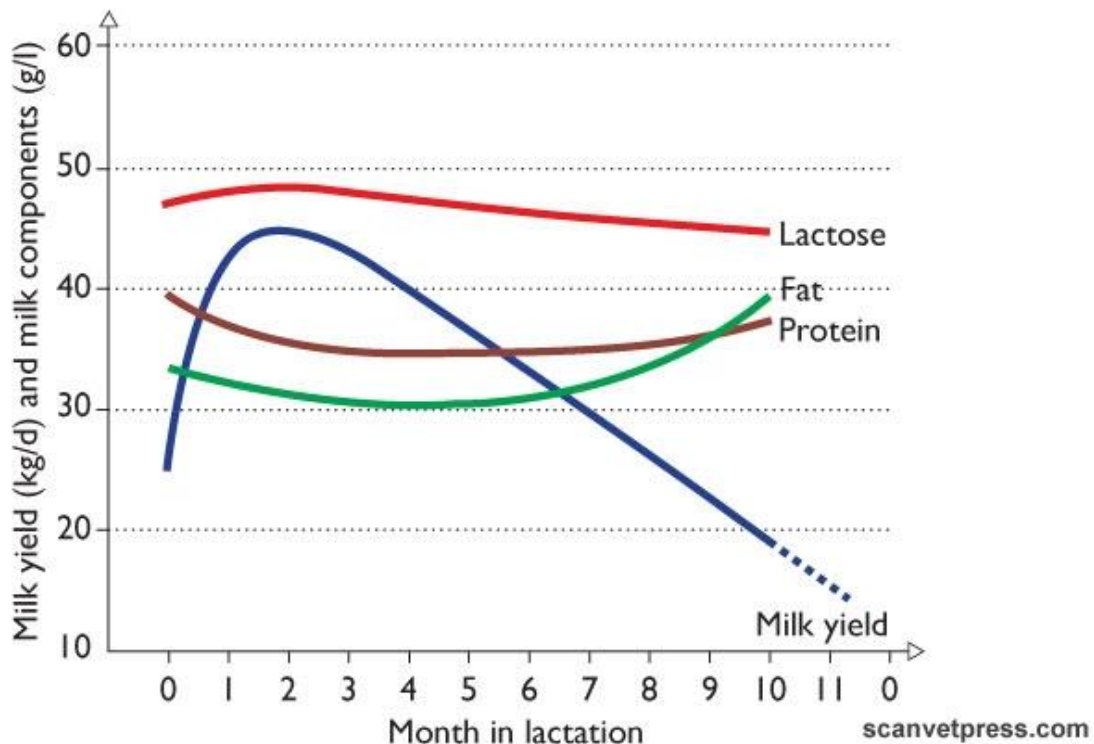
Produksjonen av melk er spesiell ved at de fleste komponenten i melka blir syntetisert i juret. Næringsstoffene som trengs til melkesyntesen blir transportert til juret via blodet. For hver liter melk kua produserer passerer 400-500 liter blod gjennom jur-vena (Sjaastad et al. 2003). Melka inneholder normalt omtrent 5 % laktose uavhengig av fôringen (Gjefsen 2007). Laktose er et naturlig sukker som er bygd opp av glukose og galaktose (McDonald et al. 2011). Dersom ikke kua får omdannet nok glukose i glukoneogenesen, vil dette gi mindre laktose og dermed mindre melk (Sjaastad et al. 2003).

Både fett- og proteininnholdet i melka varierer i større grad gjennom både laktasjonen og årstiden, samt er det forskjeller mellom raser (Hermansen et al. 2003). Fett i melka stammer fra blant annet eddiksyre som blir omdannet til melkefett i fettsyntesen (de novo syntesen) i juret. Melkefettet består hovedsakelig av en blanding av triglyserider. Disse består av både metta og umetta fett. Den viktigste metta fettsyren er palmitinsyre, mens oljesyre er den viktigste umetta fettsyra (McDonald et al. 2011). Opphavet til disse fettsyrene er eddiksyre fra mikrobene, samt kylomikroner og lipoproteiner fra blodet.

Proteinet i melka blir satt sammen av ulike aminosyrer i juret (Sjaastad et al. 2003). Aminosyrene som blir brukt i melkeproteinsyntesen stammer fra nedbrutt protein i tynntarmen. Som nevnt over er innholdet av laktose i melka stabil gjennom hele laktasjonen, mens både protein og fett blir påvirket av laktasjonsstadiet (Figur 5). For å måle kvaliteten på melka sjekkes innholdet av protein, fett og laktose, samt urea. Det tas prøver av tankmelk omtrent to ganger per måned i Norge. På den måten får bonden tilbakemelding på om fôringa er optimal.

Hvor mye melk ei ku kan produsere kommer an på flere faktorer, blant annet rase, alder, laktasjonsstadiet, fôring, og miljø. Gjennomsnittlig årsavdrått hos NRF i Norge er omtrent 7800 kg melk i året (Tine Medlem 2016). Kyr melker minst det første året. Ved 2. laktasjon og utover vil melkeytelsen ha en tendens til å øke (McDonald et al. 2011). Dette fører imidlertid til at kvaliteten på melka blir dårligere, ved at det blir lavere innhold av protein. Fett vil derimot holde seg stabilt fram til 4.laktasjon før også denne reduserer gradvis (McDonald et al. 2011). Sammensetningen av melka og ytelsen kan endre seg dersom man ikke melker med jevnt intervall og intervallet går over 16 timer. Laktasjonsstadiet har allikevel den største effekten på ytelsen, da kyr produserer mest melk de første syv til åtte ukene i laktasjonen. Det er når ytelsen er på det høyeste at innholdet av fett og protein i melka er på det laveste. Etter disse ukene vil innholdet av fett og protein øke gradvis, i takt med en gradvis nedgang av ytelsen. De siste 3

månedene av laktasjonen vil økningen av fett og protein øke hurtigere, mens melkeytelsen blir hurtigere redusert (Figur 5) (McDonald et al. 2011).



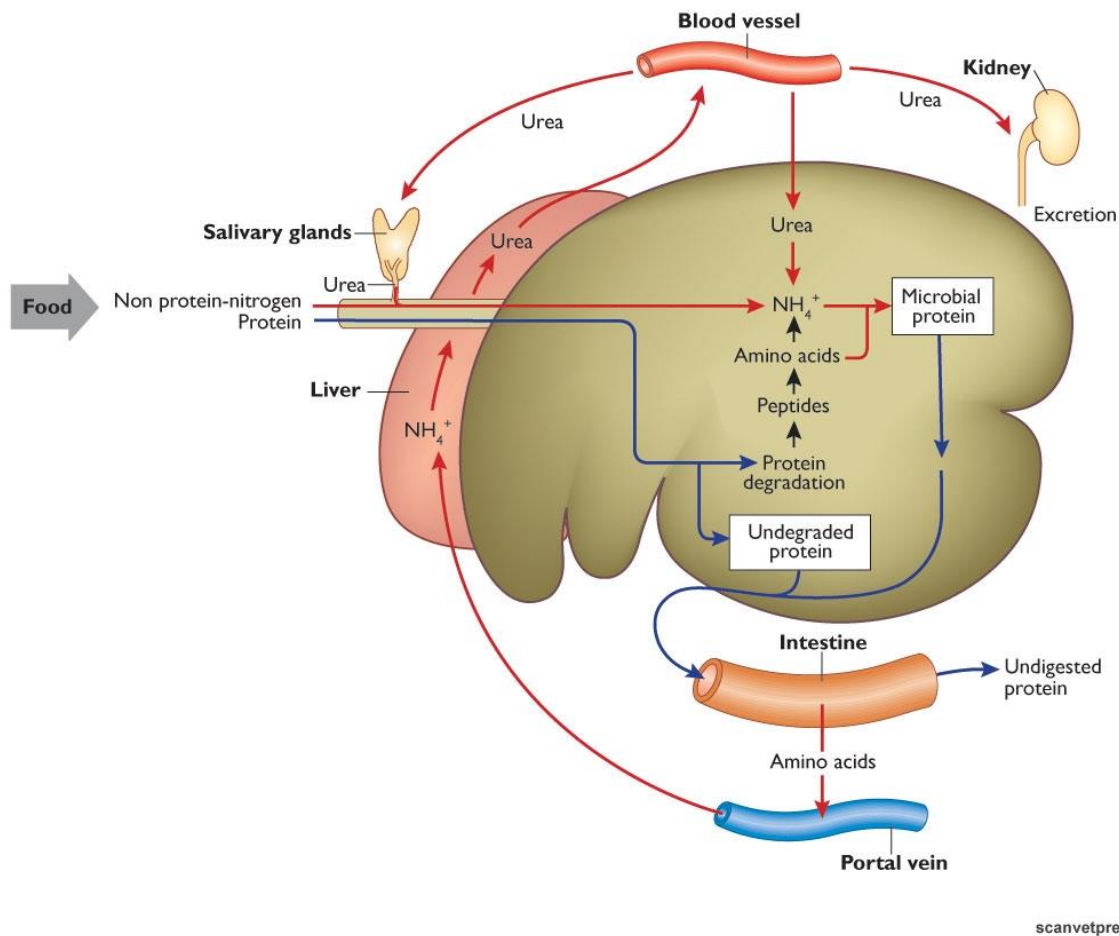
Figur 5: Illustrasjon som viser hvordan melkeytelsen og innholdet av laktose, fett og protein i melk, endres gjennom laktasjonen (Hentet fra Sjaastad et al. (2003)).

#### 2.4.2 Proteinnivået i fôret har påvirkning på melkeytelse og melke kvalitet

Melkeytelse og melkekvalitet er styrt av flere faktorer, deriblant av fôringsnivå og fôrets sammensetning. Melkesyntesen samarbeider lite med resten av kroppen. Dersom fôringen ikke er optimal så vil kua kunne melke av kroppslagrene ved at juret skaffer glukose fra fett som omdannes til glukose i glukoneogenesen i levra. Det kreves mye energi for å produsere melk, og derfor det viktig at det fôres etter den ytelsen kua har, for å unngå for mye vekttap i løpet av laktasjonen. Kyr i høy laktasjon er også utsatt for ketose dersom de ikke får i seg nok energi fra fôret.

Den mest kritiske fasen er de to første månedene i laktasjonen, det er her forutsetningene til resten av laktasjonen settes. Dersom fôret er for dårlig i denne perioden, kan dette føre til redusert ytelse (Kristensen et al. 2003). En av faktorene for optimal melkeytelse er innholdet av protein i fôret (Madsen et al. 2003).

Dersom det blir gitt mer protein i fôret enn mikrobenes trengsel blir det produsert store mengder  $\text{NH}_3$  som blir absorbert inn i blodet og transportert til levera som omdanner dette til urea og det blir skilt ut med urinen (Colmenero & Broderick 2006). Urea kan også bli transportert med blodet til spyttkjertelen og blir blandet med nytt fôr (Figur 6) (Sjaastad et al. 2003). Resirkulering av urea på denne måten er spesielt viktig når tilgangen på protein og NPN er lav, for å opprettholde et stabilt miljø i vomma.

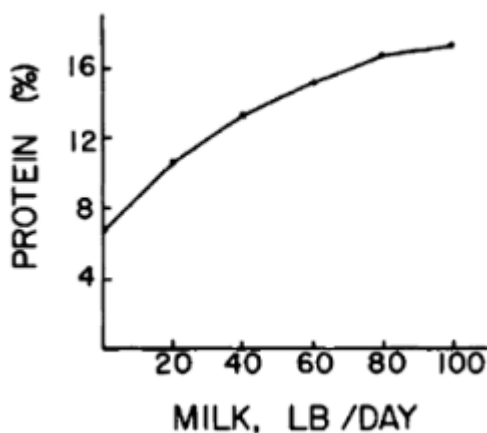


Figur 6: Proteinmetabolismen og resirkulering av urea hos drøvtyggeren (Hentet fra Sjaastad et al. (2003)).

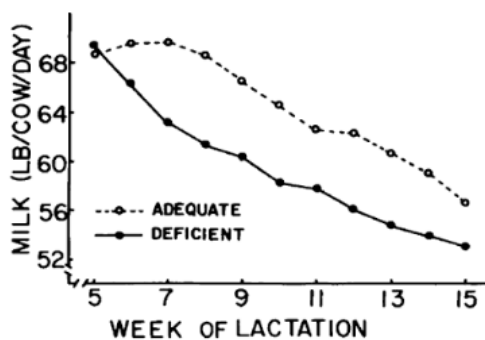
Proteinnivå på 13 % i rasjonen har vist seg å være for lite for kyr som melker 29 kg eller dersom de får den samme mengden protein gjennom hele laktasjonen, da dette gir redusert ytelse og økt vekttap (Edwards et al. 1980). For lite nivå av protein i fôret gir for lite vekst til mikrobenes slik at de blir mindre effektive (Madsen et al. 2003). Sannes et al. (2002) fant ingen klar forskjell da protein fra urea og soya ble sammenlignet. Det var ingen forskjell i pH i vom. Soya ga høyere andel av  $\text{NH}_3$  i vomma enn urea, noe de kunne forklare med at soya inneholdt en høyere andel protein enn urea. Det var ingen forskjell i andel VFA, melkeytelse og kjemisk

innhold i melk. Det ble også gitt ulikt nivå av protein, og kyrne hadde høyere inntak av fôr når de fikk høyere andel protein i rasjonen, noe (Sannes et al. 2002) forklarte med at det økte nivået av  $\text{NH}_3$  i vomma førte til ineffektive mikrober. Mikrobene i vomma er avhengig av vomnedbrytbart protein for at de skal kunne vokse (Clark et al. 1992).

For at ei ku skal kunne produsere mest mulig melk trengs det ca. 160 g protein per kg TS i fôret (Figur 7) (Miller 1979). Kyr som fikk tilstrekkelig med protein i fôret gjennom en hel laktasjon hadde høyere ytelse enn kyr som fikk for lite protein gjennom hele laktasjonen (Figur 8) (Miller 1979).



Figur 7: Responsen av andelen protein i fôret på melkeytelsen (Hentet fra Miller (1979))



Figur 8: Responsen av tilstrekkelig og utilstrekkelig innhold av protein i fôret til kyr på samme produksjonsnivå (Hentet fra Miller (1979)).

Nyere forskning har vist at proteinmengden i fôret ikke har innvirkning på mengden melk eller følgende innholdsstoffer i melka; fett, protein og laktose (Mutsvangwa et al. 2016; Niu et al. 2016; Reynolds et al. 2010). Derimot er det vist at økt innhold av protein i fôret har ført til økt innhold av urea i melk (Mutsvangwa et al. 2016). I motsetning til dette fant Colmenero og Broderick (2006) i sitt forsøk med 4 ulike nivåer av protein i fôret (13,5 til 19,4 % av TS-



innholdet) at fettinnholdet i melka økte lineært med økt mengde protein i fôret, men det hadde ingen effekt på melkeytelsen, protein- og laktoseinnholdet i melka, samt fôropptaket. De konkluderte med at den beste proteinsyntesen ble sett ved et proteininnhold på omtrent 16,5 %, mindre enn dette førte til for lite mikrobeprotein slik at proteinsyntesen ikke ble maksimal. Proteinnivå på lavere enn 13,6 % av TS-innholdet har gitt lavere melkeytelse (Holter et al. 1982).

## 2.6 Fôreffektivitet

Fôreffektivitet er mengden fôr et dyr spiser i forhold til produksjonen til dyret. Det betyr at et dyr med høy effektivitet spiser mindre fôr, men opprettholder samme produksjon som et dyr som spiser mer fôr på samme produksjonsnivå. Fôreffektivitet uttrykkes som kg melk produsert per kg TS-inntak (Shirley 2006). Fôreffektiviteten varierer mellom rase, for eksempel er kyr av rasen Jersey er mer fôreffektive enn kyr av rasen Holstein (Shetty et al. 2017). Ifølge Green et al. (2013) finnes det ingen publiserte artikler som omhandler sammenhengen mellom residualt fôrinntak (RFI) og tyggeatferd hos melkekyr fôret med grovfôr, derimot finnes det noe forskning for kjøttfe. Green et al. (2013) fant i sitt forsøk med Holstein-Friesian kvigekalver, at de mest fôreffektive kvigene spiste signifikant mindre og brukte mindre tid på å ete enn de minst fôreffektive kvigene.

## 3.0 EGNE UNDERSØKELSER

### 3.1 Materiale og Metode

Forsøk D-179 ble utført i stoffskifteavdelingen ved Senter for Husdyrforsøk (SHF) ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Forsøket hadde oppstart 14. mars 2016 og ble avsluttet 3. juli 2016. Tilvenningen til det nye fôret startet 7.mars. Det ble brukt åtte kyr i forsøket. Kyrne er nærmere beskrevet i avsnitt 3.1.1. Forsøket ble utført som to 4\*4 Latinsk kvadrat med fire kyr og fire nivåer av protein i fôret for hver fôreffektivitet (høy FE og lav FE). Forsøket hadde fire perioder som varte i 4 uker hver. Forsøket inngår i prosjektet «Feed Mileage», og denne masteroppgaven ser kun på en liten del av forsøket.

#### 3.1.1 Forsøksdyr

Det ble benyttet åtte vomfistulerte kyr som i gjennomsnitt var  $126 \pm 38$  dager ut i laktasjonen ved forsøkets start hadde en gjennomsnittlig vekt på  $631 \pm 46$  kg, var i 2.-5. laktasjon, og hadde normalt hold på gjennomsnittlig 3-3,5. Mer detaljert beskrivelse av kyrne, og hvilke kyr som var i høy og lav FE kan ses i Tabell 1.

**Tabell 1: Oversikt over kyrne ved oppstart av forsøket.**

FE <sup>1</sup>	Ku	Siste kalving	Laktasjonsnummer	Ytelse kg EKM	Vekt kg	Hold poeng <sup>2</sup>
H	5838	19.09.2015	3	27,3	670	3,75
H	5733	28.09.2015	4	20,3	607	3,50
H	5979	14.10.2015	2	30,2	583	2,00
H	5928	11.01.2016	3	24,0	678	3,50
L	5589	09.10.2015	5	20,3	658	4,00
L	5862	17.10.2015	3	18,2	693	4,25
L	5851	12.12.2015	3	29,7	575	2,50
L	5921	30.11.2015	3	30,5	582	2,25

<sup>1</sup> FE = Høy (Høy FE) og Lav (Lav FE) fôreffektivitet

<sup>2</sup> Holdpoeng = Målt 4.april 2016

Med basis i et tidligere forsøk ble de åtte kyrne delt inn i to fôreffektivitetsgrupper, heretter kalt høy fôreffektivitet (høy FE) og lav fôreffektivitet (lav FE). Bakgrunnen for denne inndelingen var et forsøk fra 2015 hvor 48 NRF-kyr fra tidlig- til midtlaktasjon ( $\text{DIM} \pm \text{SD}; 123 \pm 60$ ) fikk grovfôr av 2 ulike kvaliteter, samt kommersielt kraftfôr fra Felleskjøpet (Formel Favør 90). I forsøket ble fôreffektivitet beregnet som residualt fôr inntak (RFI) som er differansen mellom målt og beregnet fôrinntak. Kyr som havnet i fôreffektivitetsgruppe Høy hadde lavt RFI, og

høy brutto fôrutnyttelse (feed utilization efficiency (FE)) beregnet som kg EKM / kg TS-inntak og høyere utnyttelse av nitrogen sammenlignet med kyrne i fôreffektivitetsgruppe Lav. Forsøk har vist at kyr beholdet samme nivå av effektivitet over tid med ulikt fôrsammensetning (Potts et al. 2015). Oversikt over hvilke kyr som var i gruppe høy FE og lav FE, samt hvilke proteinnivå de ulike kyrne fikk i de ulike periodene kan ses i Tabell 2.

**Tabell 2: Fordeling av kyr i et 4\*4 latinsk kvadrat med henholdsvis høy (høy FE) og lav (lav FE) fôreffektivitet.**

Periode	Høy FE, Ku ID				Lav FE, Ku ID			
	5838	5733	5979	5928	5589	5862	5851	5921
1	130	145	160	175	130	145	160	175
2	175	160	130	145	175	160	130	145
3	160	175	145	130	160	175	145	130
4	145	130	175	160	145	130	175	160

Kyrne ble oppstallet i båsfjøs med isolerte vegger og undertrykksventilasjon med en jevn temperatur på 10-15 °C. Båsene hadde gumminmatter og flis som underlag og det var ca. én meter mellom hver bås for at dyrene skal kunne håndteres sikkert og for at kyrne ikke kunne legge seg over på nabo-kua sin bås. De to første periodene var kyrne oppstallet på bås på bakkenivå, mens de to siste periodene ble de oppstallet på opphevede båser med oppsamlingskar under gjødselristen for å gjøre oppsamling av avføring enklere. Kyrne fikk tildelt en fullfôrblanding etter appetitt som ble tildelt 3 ganger i døgnet.

Kyrne ble melket to ganger daglig av røktere på stoffskifteavdelingen; kl. 07:30 og 19:30 Melkemengdene ble registrert hver dag, og annenhver mandag ble det tatt 2 standard melkeprøver (separat prøve av morgen- og kveldsmelk i forhold til den aktuelle melkemengden) av hver ku som ble sendt til TINE for analyse. Kyrne ble veid ca. kl. 07:00 den første dagen i hver periode, og siste dagen i den siste perioden. I løpet av de fire månedene ble to kyr syke i én periode hver. Den ene ble fjernet helt i periode to fra både NBS-sensoren grunnet problemer i vomma, mens den andre ble fjernet i pedometer registreringen i periode to grunnet problemer betennelse i beinet.

### 3.1.2 Fôrmidler og rasjonssammensetning

Kyrne fikk grovfôr med et proteininnhold på  $\leq 110$  g/kg TS samt en bestemt mengde kraftfôr med 130, 145, 160 eller 175 g råprotein/kg TS, hvor 130 er kontrollfôret. Grovfôr og kraftfôr ble blandet sammen i en Kverneland Siloking med en ratio på 64:36. Ingredienser og kjemisk sammensetning av fôret kan ses i Tabell 3.

**Tabell 3: Ingrediens inkluderings rate og kjemisk sammensetning av den totale sammensatte rasjonen som ble gitt til kyrne. Verdiene er i g/kg TS dersom annet ikke er angitt.**

Ingredienser i total- rasjonen	Ingredienser i fôr fordelt på proteininnhold i g/kg TS			
	130	145	160	175
Gras surfôr	500	500	493	493
FORMEL favør 90 <sup>a</sup>	425	425	425	415
Byggpellets	65,0	37,5	17,5	0,0
Proteinsupplement <sup>b</sup>	10	37,5	65,0	92,5
<b>Kjemisk sammensetning av totalrasjonen</b>				
Tørrstoffinnhold (g/kg fersk)	411	411	415	415
Organisk materiale	931	939	938	938
Aske	60,9	61,0	61,5	62,0
Råprotein	118	134	149	167
Stivelse	227	224	222	211
NDF	405	398	399	398
NDF aske korr <sup>c</sup>	399	392	392	391
ADF	241	238	239	239
Råfett	24,8	24,0	24,9	22,8
FPF <sup>d</sup>	15,0	15,0	14,5	14,8
RestCHO <sup>e</sup>	159	153	139	134

<sup>a</sup> Kommersielt konsentrert fôr produsert og levert av Felleskjøpet Norge.

<sup>b</sup> Proteinsupplement satt sammen av bygg, DEMP (mikrobielt basert råprotein levert av Alltech; Alltechnology, Irland Limited) og urea (I forholdet 41,4 %, 14,5 % og 44,1 % på TS basis) produsert av Fôrtek, Ås, Norge.

<sup>c</sup> Neutral detergent fiber (nøytralt løselig fiber) korrigeret for aske.

<sup>d</sup> Fermenteringsprodukter i den totale sammensatte rasjonen bidratt fra surfôr delen.

<sup>e</sup> Rester av karbohydrater korrigeret for lav molekylære vekt fraksjoner (urea og NH<sub>3</sub>-N) som i Norfôr

Kyrne hadde en tilvenningsperiode til det nye fôret i 7 dager før forsøket startet, og hver forsøksperiode varte i 28 dager (Tabell 4).

**Tabell 4: Start og stopp datoer for hver periode i forsøket med tilvenning og fortynningsperiode.**

Periode	Uke	Dato for perioden	Tilvenning	Utvaskingsdager før hver periode
0	Tilvenningsperiode fra 7. mars 2016 til 13. mars 2016			
1	11-14	14.03.2016 10.04.2016	– 14–20.03.2016	Ingen
2	15-18	11.04.2016 08.05.2016	– 11-17.04.2016	6-10.04.2016
3	19-22	09.05.2016 05.06.2016	– 09-15.05.2016	4-8.05.2016
4	23-26	06.06.2016 03.07.2016	– 06-13.06.2016	1-6.06.2016

### 3.1.3 Utfôring og fôrrester

Fôring ble utført av røktere i stoffskifteavdelingen kl. 07:00, 14:00 og 19:30, som ble tildelt i ratio 50:30:20 med omtrent 5-10 % refusjonsrate. Fullfôrblendingen ble veid opp hver dag, og hver morgen før den første fôringen ble restene til hver ku samlet opp og veid slik at kyrne fikk tilpasset mengde hver dag for å oppfylle kravet om fôring etter appetitt, som er angitt ved 5-10 % rester av den totale mengden som er gitt. Fôret ble gitt manuelt i individuelle fôrkasser. Det forventede fôropptaket er ca. 22 kg TS per dag på grunnlag av fôropptaket til kyrne i det foregående forsøket i 2015.

### 3.1.4 Eteatferd og aktivitet

Eteatferd og aktivitet ble bestemt ved hjelp av en grime med nesebandsensor og pedometer fra RumiWatch ITIN + HOTCH GmbH, Liestal Switzerland. Nesebandsensoren (NBS) gir informasjon om hvor lenge kua eter, drikker, drøvtygger, gjør andre ting, hvor mange jorter kua har, antall tygg på jorter, antall tygg på eting og drøvtygging. Da man kan få resultatene ut med antall minutter brukt på hver enkelt tyggeatferd for hver time i døgnet, kan man sette sammen et sammendrag som viser døgnrytmen til kyrne. De ulike tyggeatferdene måles ved hjelp av en sensor som sitter over nesen til kua, rytmen i klemmingen av denne sensoren når kua beveger munnen bestemmer hvilken aktivitet kua har. Nesebandsensoren (NBS) har vist seg å gi

korrekte målinger på drøvtygging, men noen små feil ved etetid og feilregistrering av drikketid (Ruuska et al. 2016).

Pedometeret gir informasjon om hvor lenge kua ligger eller står, hvor mye hun beveger seg, og hvor mange ganger hun har reist seg opp. Pedometeret ble festet på venstre frambein med borrelås. Pedometeret er validert og godkjent med korrekte målinger av Kajava et al. (2014).

Målingen med pedometer foregikk i ti dager fra dag 5-15 i hver periode, mens NBS-målingene foregikk over fem dager fra dag 5-10 eller 10-15, da det kun var fem fungerende NBS-grimer. Derfor ble brukt fire om gangen, og byttet til de fire siste kyrne den femte dagen. Det ble byttet på slik at alle kyrne hadde grimen på de første og siste fem dagene under denne registreringen. Begge disse målingene vil bli satt opp mot faktisk TS-inntak og melkemengde.

Både NBS-sensoren og pedometeret ble sjekket for eventuelle feil daglig med en bærbar PC som var koblet til utstyret med bluetooth. På denne måten fikk man opp om utstyret kom inn på PC en, og fikk dermed sjekket loggingen, og man kunne gå inn på live-sending der det vises grafisk hva kua gjør. Dette stemte stort sett med hva kua faktisk gjorde. Noen av målerne sluttet å fungere, dette medførte at grunnet feil i utstyret mangler det til sammen åtte døgn med registrering for NBS-sensoren og femten døgn for pedometeret. Dette er ikke medregnet kyrne som ble tatt ut grunnet sykdom. Til sammen skulle det være måling for 20 døgn for NBS-sensoren og 40 døgn for pedometeret per ku.

#### **3.4.5. Vanninntak**

Vanninntaket ble målt med en digital vannmåler «Senus Residia M», som er koblet til hvert drikkekar. Den store avstanden mellom båsene gjør at ei ku kun kan drikke fra eget drikkekar. Enkeltdyr kan ha en uvane med å søle vann slik at det registrerte vanninntaket kan være noe høyere enn det faktisk var.



**Figur 9: Grime med nesebandsensor i bruk. Den øverste pila viser sensoren som registrerer hvilken tyggeaktivitet kua har. Den nederste pilen viser boksen som registreringene blir lagret i. Det sitter en slik boks på andre siden som inneholder batteriet. (Foto Camilla T. Skjelbred).**



**Figur 10 Pedometer i bruk. Det er festet på venstre frambein (Foto: Camilla T. Skjelbred).**

### **3.1.5 Vekt og holdpoeng**

Alle kyrne ble veid ca. kl. 07:00 ved start og slutt av hver periode. Kyrne ble også holdvurdert på en skala fra 1-5 hvor 1 er veldig tynn og 5 er veldig tykk. Det ble gitt poeng med trinn på 0,25, som ved Gillund et al. (2000) som er en forenklet versjon av edomondos body score for rasen Holstein (Edmonson et al. 1989). Holdvurderingen ble utført av en ansatt med erfaring i holdvurdering, og dette ble utført i begynnelsen av hver uke i forsøksperioden.

### 3.1.6 Beregninger og statistikk

Diagrammer og datasett er laget i Microsoft Excel 2016. Tyggetiden ble ikke automatisk registrert av NBS-sensoren, men finnes ved følgende formel:

#### Formel 1:

CI= EI + RI, hvor CI er tyggeindeks, EI er eteindeks og RI er drøvtyggingsindeksen (Nørgaard et al. 2011).

Det er også kjørt statistiske analyser for ulike parameter for tyggetid pr kg TS og NDF i fôret. Verdiene er beregnet ved følgende formel før statistisk analyse kunne kjøres:

#### Formel 2:

$$\text{Tyggetid per kg TS} = \frac{\text{Tyggetid}}{\text{TS inntak}}$$

Statistiske analyser er gjort i SAS 9.4. Det er brukt. Forskjeller mellom effekten av proteinnivå i fôret, FE og samspillet mellom disse er undersøkt ved bruk av proc mixed statement og LSmeans, med ku som repetisjon og kovarians (AR=1) for alle beregningene. Sammenligningen er kjørt i samme analyse for å få fram samspillseffekten. P-verdier ble regnet som statistisk sikker ved  $P < 0,05$  og tendens mellom  $P \geq 0,05$  og  $P < 0,10$ .

Det er kun brukt data for hele døgnet, slik at dager med ufullstendige registreringer har fått estimerte verdier i SAS. Alle verdier for opptak av fôr og vann er for de 10 dagene måling av eteatferd og aktivitet faktisk foregikk, og dermed ikke for alle 28 dagene i forsøket. Dette er gjort for å få minst mulig variasjon da opptaket av fôr og vann kan ha blitt påvirket de andre dagene på grunn av ulike prøvetakinger.

Statistiske analyser er utført som 4\*4 Latinsk kvadrat design med følgende modell for parametere på tyggeatferd, aktivitet, opptak av fôr- og vann samt melkeytelse:



**Modell 1:**

$$Y_{ijkmn} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \gamma_k + \eta_m + (\tau\gamma)_{jk} + \delta_n + \varepsilon_{ijkmn}$$

$\mu$  = Estimert gjennomsnitt for variabelen

$\alpha_i$  = individ 1, 2 .....8

$\tau_j$  = Fôeffektivitet 1, 2

$\gamma_k$  = Proteinnivå 1, 2, 3, 4

$\eta_m$  = Periode 1, 2, 3, 4

$(\tau\gamma)_{jk}$  = Samspillet mellom fôeffektivitet og proteinnivå

$\delta_n$  = Dag (1, 2 ...5 for nesebandsensoren; og 1,2.....10 for pedometer, vann og TS-opptak) innen periode (1, 2, 3, 4)

$\varepsilon_{ijkmn}$  = Tilfeldig feil

For statistiske analyser for melkas innhold av fett, protein, laktose, og urea, samt tyggeatferd per kg TS og NDF ble modell 2 brukt.

**Modell 2:**

$$Y_{ijkmn} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \gamma_k + \eta_m + (\tau\gamma)_{jk} + \varepsilon_{ijkm}$$

$\mu$  = Estimert gjennomsnitt for variabelen

$\alpha_i$  = individ 1, 2 .....8

$\tau_j$  = Fôeffektivitet 1, 2

$\gamma_k$  = Proteinnivå 1, 2, 3, 4

$\eta_m$  = Periode 1, 2, 3, 4

$(\tau\gamma)_{jk}$  = Samspillet mellom fôeffektivitet og proteinnivå

$\varepsilon_{ijkm}$  = Tilfeldig feil

**3.1.7 Forkortelser**

Forkortelser for behandlingene er som følger: Proteinnivåene 130, 145, 160 og 175 = P130, P145, P160 og P175. Fôeffektivitetsgruppene høy og lav blir omtalt som høy FE og lav FE. For protein innen høy og lav FE blir det: H130, H145, H160, H175, L130, L145, L160 og L175.

## 3.2 Resultater

### 3.2.1 Fôr- og vannopptak

Det var ingen signifikante forskjeller i opptaket av hverken TS, NDF, protein eller vann hos kyr med høy og lav FE (Tabell 5). Proteinnivået i fôret hadde heller ingen effekt på opptaket av TS, NDF eller vann. Derimot økte opptaket av protein signifikant med økende proteinnivå i fôret. Det var ingen samspillseffekt for noen av de overnevnte parameterne. Numerisk sett hadde kyrne i høy FE høyere opptak av TS og NDF, og lavere opptak av vann enn lav FE. Den numeriske forskjellen på proteinnivå for TS og NDF følger hverandre med en svak økning fra P130 til P160, før det blir noe redusert for P175. Det er en svak tendens til at økende proteinnivå gir økt opptak av vann, men de numeriske forskjellene er små.

Tabell 5: Estimert gjennomsnittsverdier for fôr- og vannopptak med statistiske verdier.

Fôr- og vannopptak	FE <sup>1</sup>		Protein				SEM <sup>1</sup>	Statistiske verdier		
	Høy	Lav	130	145	160	175		FE	Protein	Samspill
TS-opptak (kg)	19,7	18,9	18,6	19,1	19,7	19,6	0,60	0,353	0,206	0,168
NDF (g)	7876	7543	7543	7622	7868	7806	241,4	0,356	0,420	0,169
Protein (g)	2805	2676	2198 <sup>a</sup>	2571 <sup>b</sup>	2938 <sup>c</sup>	3254 <sup>d</sup>	31,95	0,318	<0,001	0,152
Vann (l)	68,4	70,1	65,7	71,2	67,3	72,9	24,1	0,689	0,097	0,165

<sup>1</sup>SEM = Gjennomsnittet av least square means for høy og lav FE

<sup>2</sup>FE = Fôreffektivitet

<sup>abcd</sup> = Ulik bokstavkombinasjon innen samme rad viser hvilke verdier som er signifikant ulike ( $P < 0,05$ )

### *3.2.2 Melkeproduksjon*

Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller i hverken melkemengde eller innhold av fett, protein og laktose i melka med økende proteinnivå i fôret (Tabell 6). Det var ingen forskjell i urea hos kyr med høy og lav FE. Derimot økte mengden urea i melka signifikant med økende proteinnivå i fôret ( $P < 0,05$ ). Det var også et samspill mellom FE og proteinnivået i fôret på urea i melk.

**Tabell 6: Estimerte gjennomsnittlig melkemengde i kg for fersk melk og energikorrigert melk (EKM), samt prosent av protein, fett og laktose i melka fordelt på FE og proteinnivå i fôret, med statistiske verdier.**

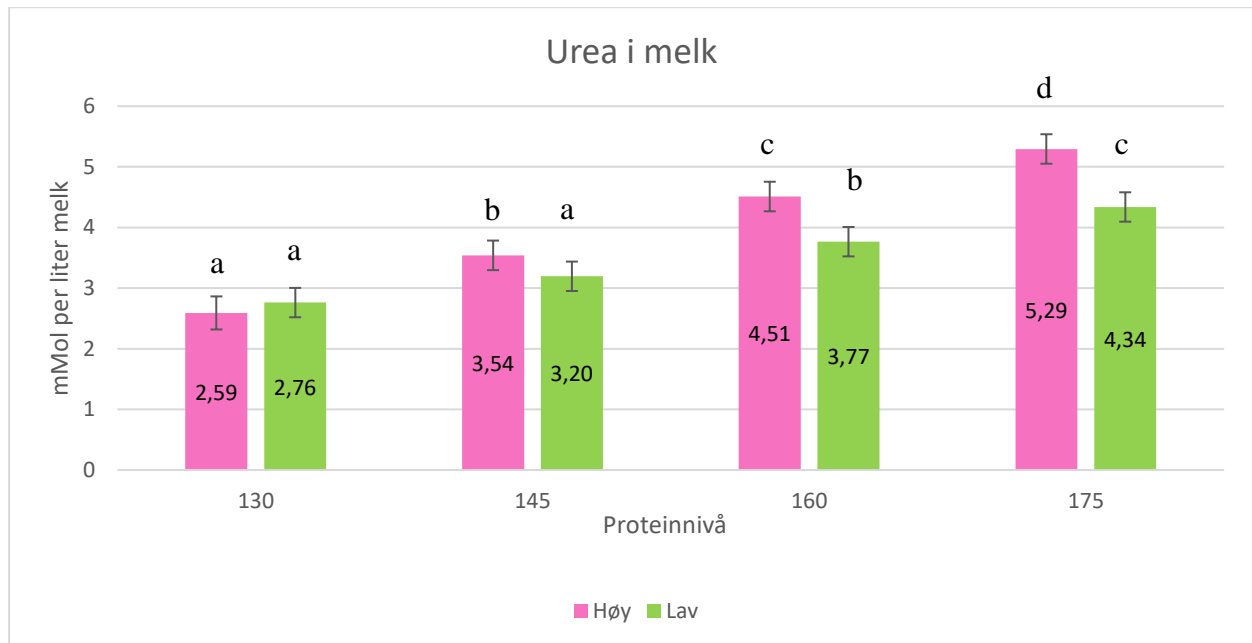
	FE <sup>1</sup>		Protein				SEM <sup>2</sup>	Statistiske verdier		
	Høy	Lav	130	145	160	175		FE <sup>1</sup>	Protein	Samspill
Melk kg/dag	23,8	20,6	21,8	21,8	22,3	23,0	2,60	0,249	0,326	0,457
EKM kg/dag	24,5	20,5	21,6	22,3	22,7	23,5	2,46	0,153	0,122	0,426
Fett %	4,17	4,00	4,02	4,10	4,04	4,19	0,13	0,407	0,569	0,842
Laktose %	4,64	4,41	4,52	4,55	4,54	4,49	0,10	0,186	0,722	0,958
Protein %	3,56	3,43	3,46	3,52	3,54	3,48	0,09	0,403	0,341	0,818
Urea mMol/L	3,98	3,52	2,68 <sup>a</sup>	3,37 <sup>b</sup>	4,14 <sup>c</sup>	4,82 <sup>d</sup>	19,0	0,141	<0,001	0,027

<sup>1</sup>FE = Fôreffektivitet

<sup>2</sup>SEM = Gjennomsnittet for LSmeans standard error for kyr med høy og lav FE

<sup>abcd</sup> = Ulik bokstavkombinasjon innen samme rad viser hvilke verdier som er signifikant ulike ( $P < 0,05$ )

Samspillet mellom FE og proteinnivå viser at kyrne med lav FE hadde signifikant høyere innhold av urea i melka og en større økning i urea, enn kyrne med høy FE.



Figur 11: Estimert gjennomsnittlig innhold av urea i melk fordelt på FE innen hvert proteinnivå med standardfeil. Ulik bokstavkombinasjon (a b) mellom proteinnivå innen samme FE viser signifikant forskjell ( $P < 0,05$ ).

### 3.2.3 Tyggeatferd

For FE og proteinnivå alene er det ingen signifikante forskjeller på noen av parameterne for tyggeatferd (Tabell 7). Det er ingen samspill mellom FE og proteinnivå for parameterne drøvtygging, total tyggetid, annen aktivitet, antall jorter, antall etetygg per minutt, og antall drøvtygg totalt. Derimot var det et signifikant samspill for etetid, drikketid, antall tygg per jort, antall etetygg totalt og antall tygg totalt. Det er en svak tendens til høyere andel tygg per jort hos kyr med lav FE i forhold til kyr med høy FE ( $P=0,093$ ). Det var en stor variasjon i drikketid da den varierte fra 1-38 minutter, noe som gjør at den signifikante verdien på drikketid ikke kan stoles på.

Tabell 7: Estimerte gjennomsnitt og statistiske verdier for tyggeatferd fordelt på FE og proteinnivå.

Tyggeatferd	FE <sup>1</sup>		Protein				SEM <sup>2</sup>	Statistiske verdier		
	Høy	Lav	130	145	160	175		FE <sup>1</sup>	Protein	Samspill
Etetid (min)	318	363	350	352	333	327	21,5	0,190	0,713	0,012
Drøvtygging (min)	580	563	570	588	563	565	25,3	0,616	0,600	0,595
Tyggetid totalt <sup>3</sup> (min)	894	914	914	915	897	890	18,4	0,468	0,820	0,082
Annen aktivitet (min)	511	495	488	479	520	525	24,6	0,594	0,251	0,126
Drikketid (min)	16,2	13,0	14,9	13,8	13,1	16,7	4,28	0,525	0,413	0,028
Jorter (antall)	623	533	582	583	565	582	18,0	0,093	0,796	0,383
Etetygg per min	63,2	65,0	64,5	66,6	63,4	62,0	22,7	0,657	0,297	0,160
Tygg per jort (antall)	51,7	62,2	56,9	60,4	57,4	53,1	15,2	0,093	0,119	0,008
Etetygg totalt (antall)	21362	24927	23314	23683	22842	22740	2726	0,390	0,942	0,004
Drøvtygg totalt (antall)	35670	37780	37162	38403	35911	35425	2058	0,495	0,301	0,608
Tygg totalt <sup>4</sup> (antall)	57054	62703	60093	60266	60344	58810	3922	0,390	0,953	0,004

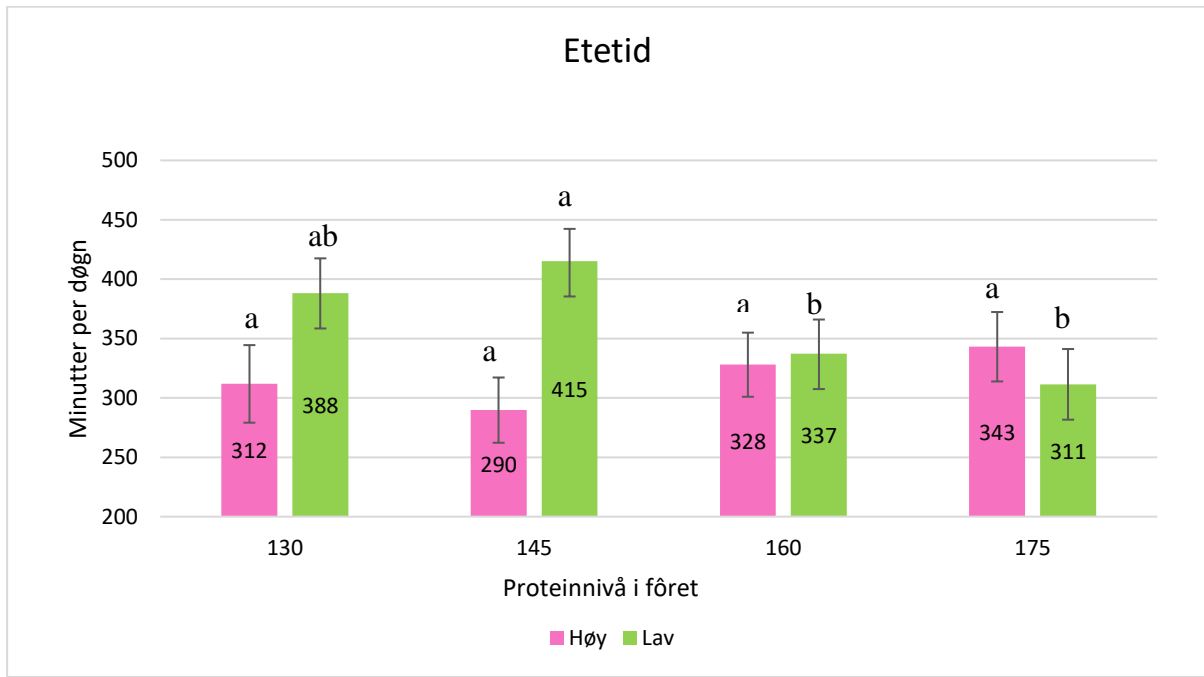
<sup>1</sup>FE = Fôreffektivitet

<sup>2</sup>SEM = gjennomsnittet av LSmeans standard error i for kyr med høy og lav FE

<sup>3</sup>Tyggetid = totalt er summen av etetid + drøvtygging for estimert gjennomsnitt

<sup>4</sup>Antall tygg totalt =beregnet som estimert gjennomsnitt

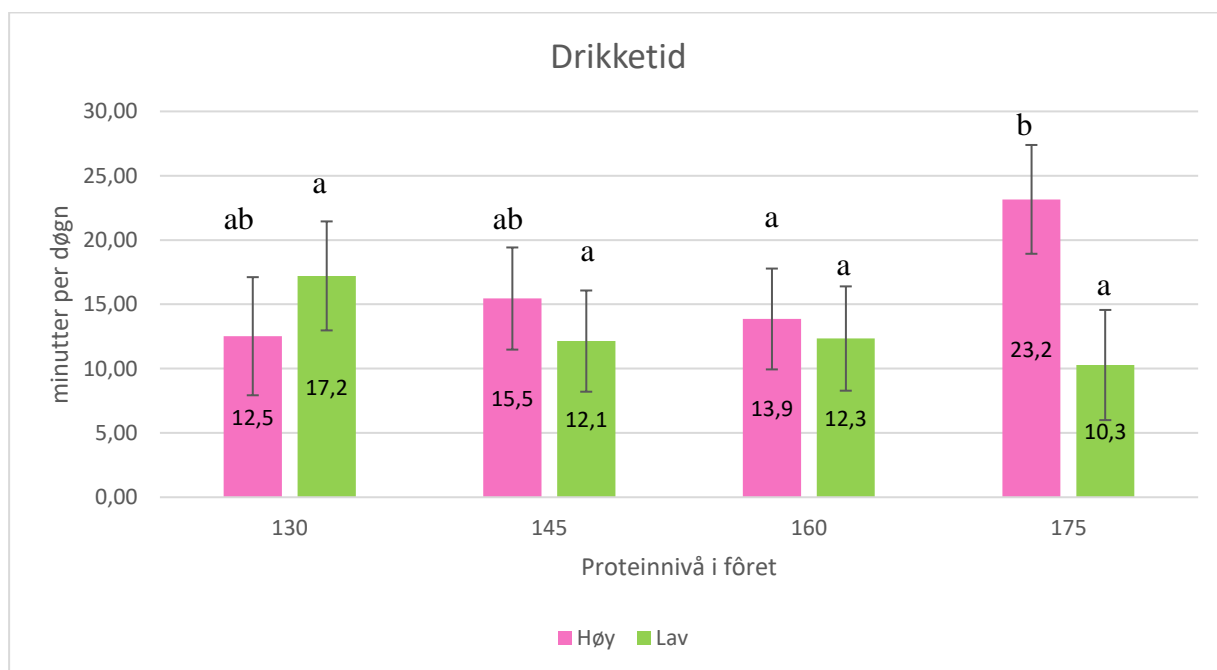
For kyr innen høy FE var det ingen signifikante forskjeller på etetid fordelt på proteinnivå (Figur 12). Derimot var det en signifikant forskjell mellom proteinnivå hos kyr med lav FE mellom L145-L160 og L145-L175, samt en tendens mellom L130-L175.



Figur 12: Estimert gjennomsnittlig etetid for proteinnivå innen hver FE med standardfeil. Ulik bokstavkombinasjon (a b) mellom proteinnivå innen samme FE viser hvilke som er signifikant ulike ( $P < 0,05$ ).

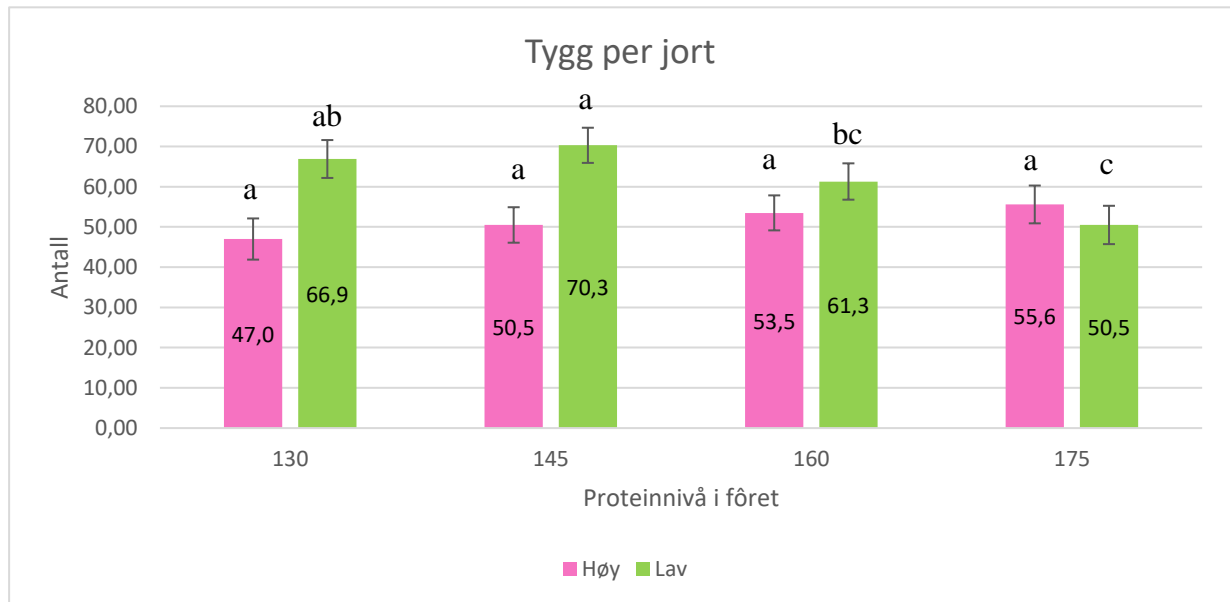


For kyr med lav FE er det ingen forskjeller i drikketid på proteinnivå i fôret (Figur 13). Kyr med lav FE hadde kun en signifikant forskjell i drikketid mellom H160 og H175. Resultatet for drikketid virker tilfeldig, da laveste drikkeverdi registrert er ett minutt (data ikke vist), noe som ikke er mulig, da kua det gjelder drakk 55 liter vann den dagen.



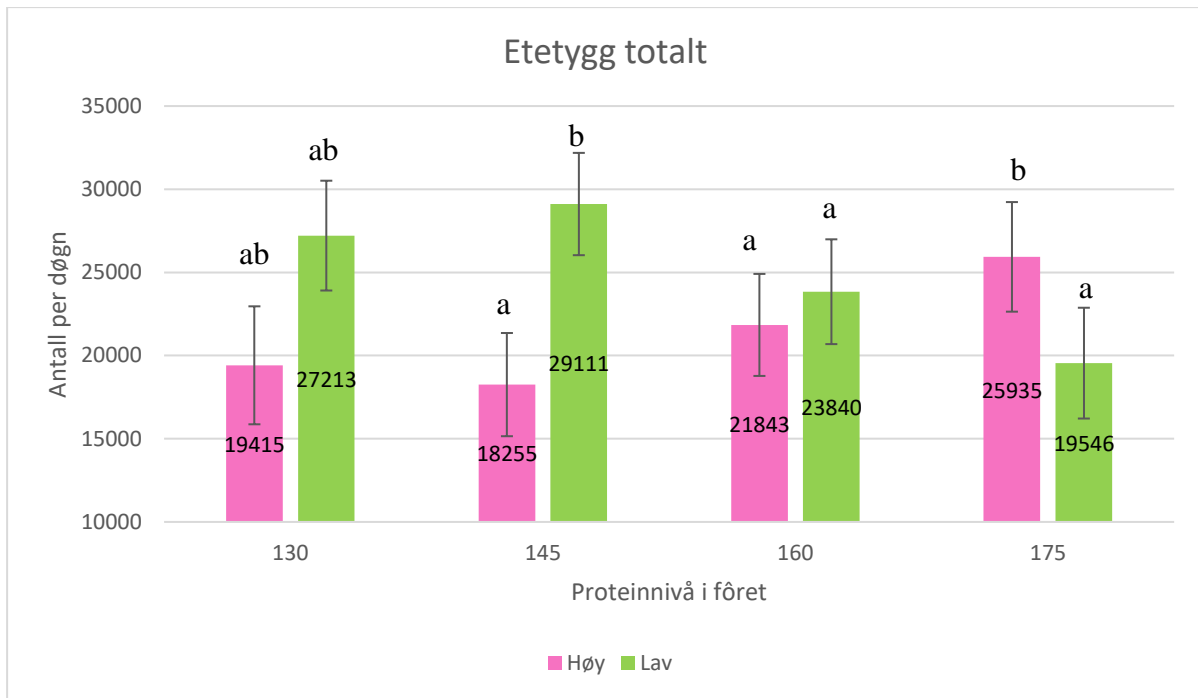
**Figur 13:** Estimert gjennomsnitt av drikketid for proteinnivå innen hver FE med standardfeil. Ulik bokstavkombinasjon viser hvilke proteinnivåer innen samme FE høy eller lav som er signifikant ulike ( $P < 0,05$ ).

Samspillet for tygg per jort viser at kyr med høy FE ikke har hatt endring i antall tygg per jort (Figur 14). Kyr med lav FE har signifikant færre tygg per jort med økende proteinnivå i fôret. L145 har signifikant flere tygg per jort enn både L160 og L175.



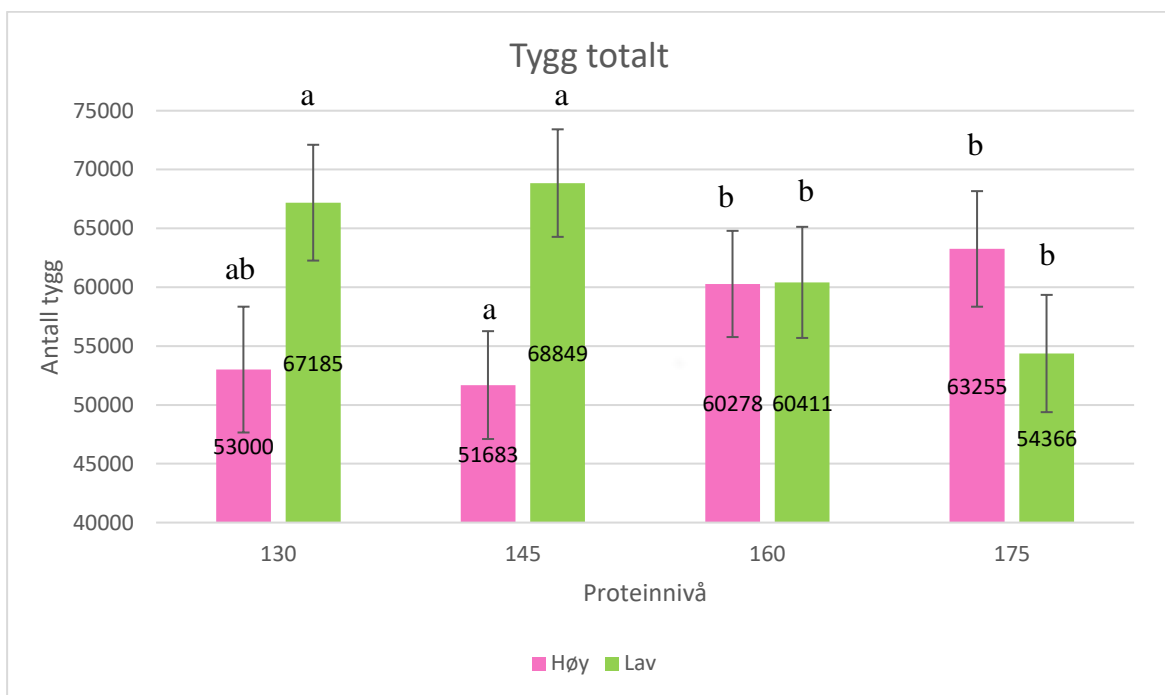
**Figur 14:** Estimert gjennomsnittlig antall tygg per jort for FE og proteinnivå med standardfeil. Ulik bokstavkombinasjon (abc) viser hvilke verdier som er signifikante mellom proteinnivå innen samme FE ( $P < 0,05$ ).

Kyr med høy FE har fra L145 en signifikant økning i antall etetygg fra L145 og L160 til L175 med økende proteinnivå i fôret (Figur 15). Kyr med lav FE har redusert antall etetygg totalt signifikant, med økende proteinnivå i fôret.



Figur 15: Estimert gjennomsnittlig antall etetygg fordelt på proteinnivå innen hver FE med standardfeil. Ulik bokstavkombinasjon viser signifikant forskjell ( $P < 0,05$ ).

Det er et samspill mellom FE og proteinnivå for antall tygg totalt der kyr med lav FE har større forskjell i antall tygg fordelt på proteinnivå enn kyr med høy FE (Figur 16). For proteinnivå innen samme FE er det en signifikant forskjell mellom L130 - L175, L145 - L160 og L145 - L175. Det er flest tygg hos L130 i forhold til L175. Kyr med lav FE kan det har redusert antall tygg med økende andel protein i fôret, med unntak av L145, der går totalt antall tygg litt opp før den reduseres igjen fra L160 og enda lavere for L175. For kyr med høy FE er trenden motsatt da de ser ut til tygge mer med økende innhold av protein i fôret. For kyr med høy FE er det signifikant flere tygg hos H160 i forhold til H145, og for H175 i forhold til H145.



**Figur 16:** Estimert gjennomsnittlig antall tygg per døgn fordelt på proteinnivå innen hver FE med standardfeil. Ulik bokstavkombinasjon (a b) viser signifikant forskjell mellom proteinnivå innen samme FE.

### 3.2.4 Tyggetid pr kg TS

For tiden brukt på å ete, tygge drøv og total tyggetid per kg TS og per kg NDF var det kun numeriske forskjeller. For etetid og tyggetid per kg TS og NDF brukte kyrne med høy FE kortere tid enn kyrne med lav FE (Tabell 8). For tiden brukt på drøvtygging per kg TS og NDF brukte kyrne med lav FE numerisk kortere tid enn kyrne med høy FE.

Tabell 8: Estimert gjennomsnittlig antall minutter brukt på tyggeatferd per kg TS og NDF-inntak fordelt på FE og proteinnivåene, med statistiske verdier.

	FE <sup>1</sup>		Proteinnivå				SEM <sup>2</sup>	Statistiske verdier		
	Høy	Lav	130	145	160	175		FE <sup>1</sup>	Protein	Samspill
Minutt / Kg TS										
Etetid	16,5	19,5	18,9	18,7	17,7	16,7	2,26	0,373	0,206	0,107
Drøvtygging	29,5	28,6	30,1	28,4	27,8	23,9	1,02	0,565	0,736	0,947
Tyggetid	45,9	46,5	49,9	46,5	44,7	47,8	2,81	0,533	0,344	0,685
Minutt / kg NDF										
Etetid	41,5	48,2	46,8	47,1	43,8	41,7	5,09	0,381	0,195	0,087
Drøvtygging	74,0	70,8	74,5	71,5	69,1	74,3	2,22	0,352	0,735	0,962
Tyggetid	115	120	123	118	111	119	5,92	0,614	0,259	0,606

<sup>1</sup>FE = Fôreffektivitet

<sup>2</sup>SEM = Gjennomsnittet for LSmeans standard error for kyr med høy og lav FE.

### **3.2.5 Aktivitet**

Kyrne med høy FE brukte signifikant lengre tid på å ligge og mindre tid på å stå enn kyrne med lav FE (Tabell 9). Det var også en tendens til at økende proteinnivå ga økt liggetid, med unntak av P175, da liggetiden her ble redusert. For ståtiden var det motsatt tendens. Det var ingen signifikant effekt av proteinnivå og FE på aktivitetsendring.

Tabell 9: Gjennomsnittlig liggetid og ståtid i minutter per dag, samt antall aktivitetsendringer per dag, fordelt på FE og proteinnivå i føret, samt statistiske verdier.

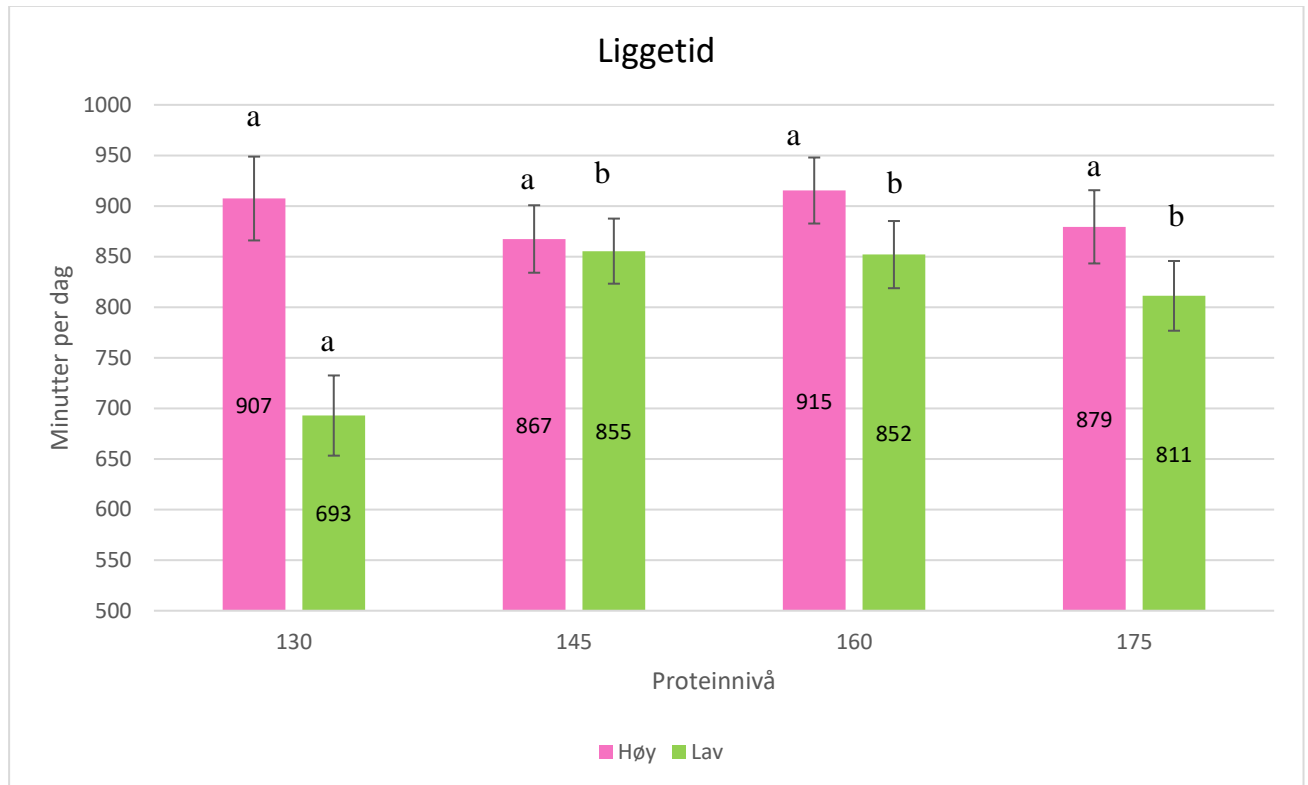
Aktivitet	FE <sup>1</sup>		Proteinnivå				SEM <sup>2</sup>	Statistiske verdier		
	Høy	Lav	130	145	160	175		FE <sup>1</sup>	Protein	Samspill
Liggetid	892	803	800	861	884	845	26,0	0,050	0,058	0,010
Ståtid	536	626	625	563	550	586	25,7	0,048	0,069	0,016
Aktivitets-endring	97,3	109,1	127,5 <sup>a</sup>	95,6 <sup>b</sup>	85,3 <sup>b</sup>	104,4 <sup>ab</sup>	7,5	0,566	0,090	0,011

<sup>1</sup> FE = Fôreffektivitet

<sup>2</sup> SEM = Gjennomsnittet for LSmeans standard error for kyr med høy og lav FE.

<sup>ab</sup> = Ulik bokstavkombinasjon innen samme rad viser hvilke verdier som er signifikant ulike ( $P < 0,05$ )

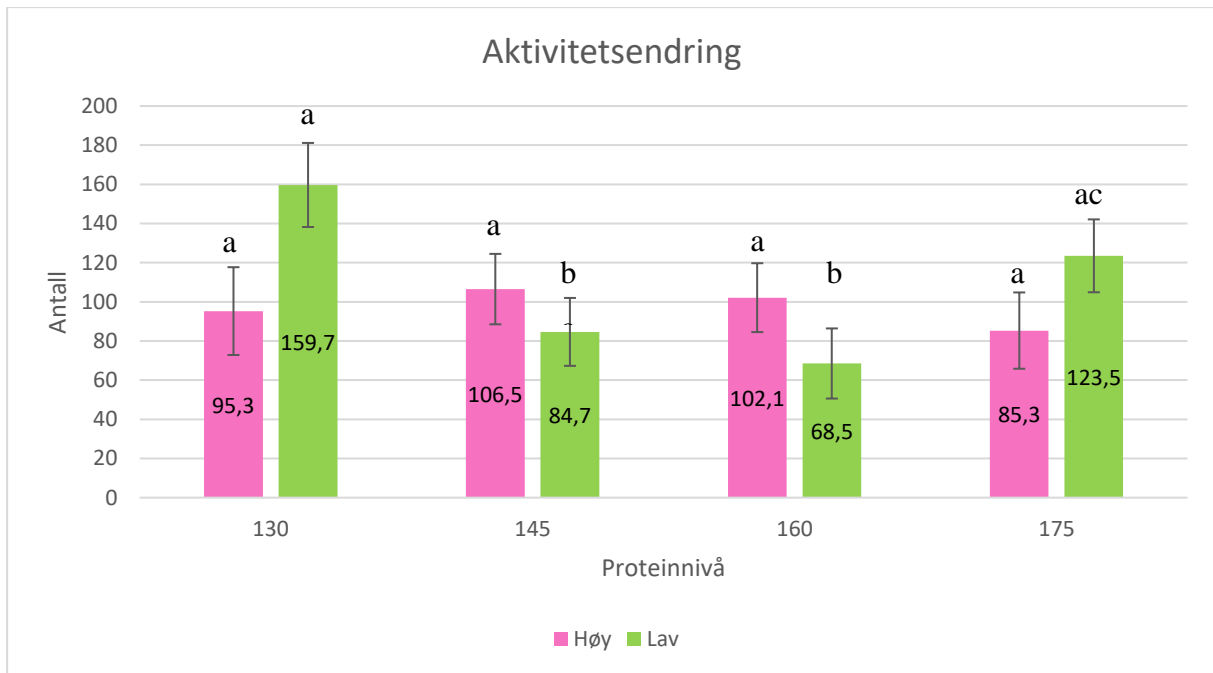
For kyrne med høy FE hadde proteinnivået i fôret ingen effekt på liggetiden (Figur 17). Derimot var det en signifikant lavere liggetid for kyrne med lav FE i L130 sammenlignet med L145, L160 og L175. For ståtid vil det bli det motsatte av liggetid og det blir derfor ikke lagt til en figur for dette.



**Figur 17:** Estimert gjennomsnittlig liggetid i minutter per døgn fordelt på proteinnivå i fôret innen hver FE med standardfeil. Ulik bokstavkombinasjon (a b) viser signifikante forskjeller mellom proteinnivå innen samme FE ( $P < 0,05$ ).



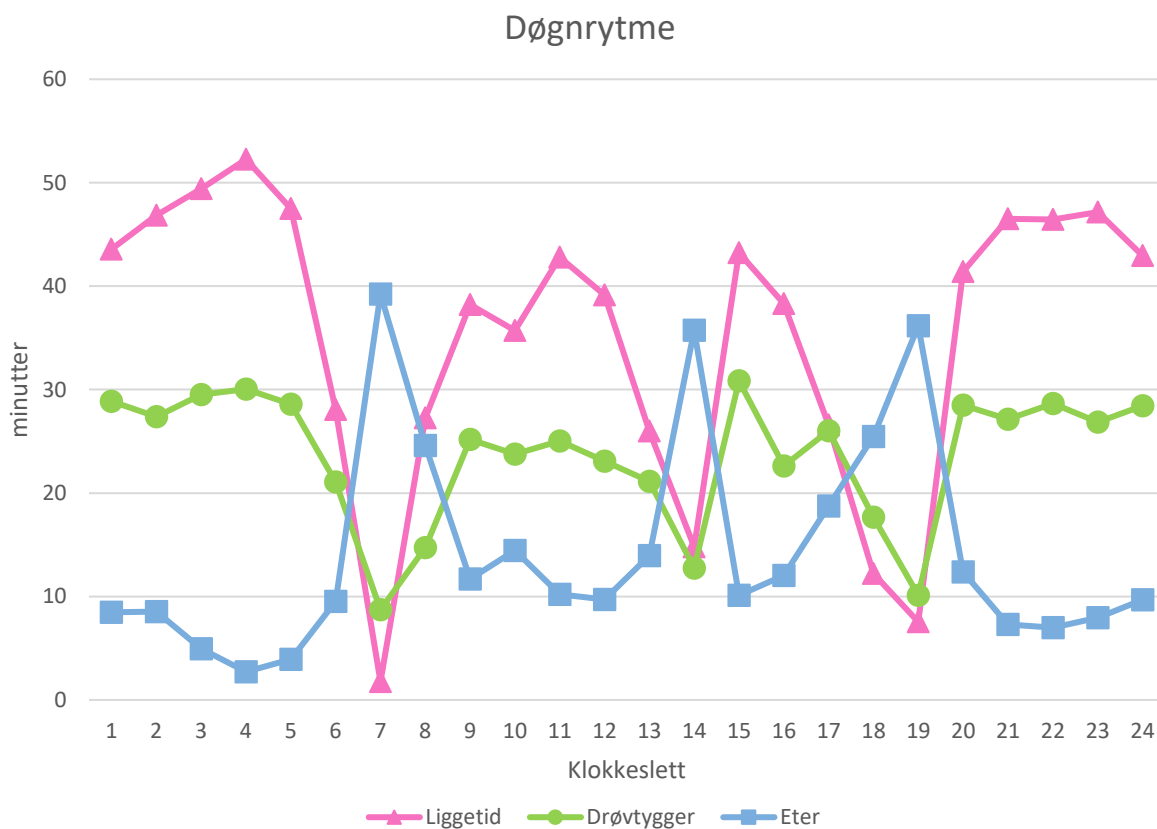
For antall aktivitetsendringer i døgnet ligger kyr med høy FE jevnt på samme nivå under hele forsøksperioden, og det er derfor ingen forskjell (Figur 18). For kyr med lav FE er det derimot en større variasjon, da kyrne ser ut til å være mest urolige ved L130, og endrer aktivitet signifikant mindre ved L145 og L160, før de igjen blir signifikant mer urolige ved L175 i forhold til L160.



**Figur 18:** Estimert gjennomsnittlig antall aktivitetsendringer per døgn fordelt på proteinnivå i fôret innen hver FE med standardfeil. Ulik bokstavkombinasjon (abc) viser signifikante forskjeller mellom proteinnivå innen samme FE ( $P < 0,05$ ).

### 3.2.6 Døgnrytme

Døgnrytmen er med for å illustrere når på døgnet kyrne bruker tid på å ete, drøvtygge og ligge uavhengig av FE og proteinnivå. Kyrne bruker mest tid på å ete i tiden rett etter fôring (7.00, 14.00 og 19.30). Fra klokken 8 starter kyrne å tygge drøv. Figuren viser at timen etter fôring er stort sett da kyrne tygger mest drøv. Kyrne ligger stort sett når de tygger drøv. På natten bruker kyrne mest tid på å ligge. Det er kun i tiden rundt fôring og melking at kyrne tygger drøv lengre enn de ligger nede, som tyder på at de da står når de tygger drøv på denne tiden (Figur 19).



Figur 19: Gjennomsnittlig antall minutter per time brukt på å ete, drøvtygge og ligge, for hver time i døgnet.

## 4.0 DISKUSJON.

### 4.1 Fôr- og vanninntak

Det var ingen samspillseffekt på opptak av tørrstoff, NDF, protein og vann. Så langt det er undersøkt er det ikke andre som har sett på denne problemstillingen, slik at det ikke er mulig å sammenligne med andre resultater. Samspillet blir diskutert helhetlig senere i diskusjonen.

Økt proteinnivå i fôret ga som forventet økt opptak av protein, lignende funn er dokumentert av Colmenero og Broderick (2006) og Cyriac et al. (2008). Derimot var ikke opptak av protein per kg TS som forventet da totalrasjonen inneholdt 8-12 g protein/kg TS mindre enn planlagt. Det førte til at totalopptaket ble lavere og dermed er ikke effekten av en høy andel av protein blitt registrert. Proteinnivået har også vært lavere enn planlagt. Effekten av for lite protein kan burde bli synligere på de andre parameterne.

Det var heller ikke en signifikant forskjell i TS-opptak, NDF-inntak og vannopptak med økende proteinnivå i fôret. Dette støtter hypotese H4 som predikerte at proteinnivået i fôret ikke påvirker TS-opptak. Lignende resultat er funnet av Colmenero og Broderick (2006). I motsetning fant Sannes et al. (2002) en signifikant forskjell i TS-opptaket med økende proteinnivå i fôret. Det forklares med en økt andel NH<sub>3</sub> i vomma, som kan ha ført til dårligere vommiljø for mikrobene og har dermed ført til økt fôropptak for å kompensere. Broderick (2003) fant også en signifikant forskjell i TS-inntak med økende proteinnivå, 15,1 %, 16,7 % og 18,4 %, hvorav kyrne hadde økende fôropptak i takt med økt proteinnivå. Effekten av proteinnivå i fôret er tydeligere i forsøket til Broderick (2003) enn i dette forsøket. Trolig grunnet flere forsøksdyr (totalt 63 kyr, sammenlignet med 8 kyr). Det er også en vesentlig faktor at kyrne ble blokkert i syv ulike grupper etter paritet og DIM (dager i melk), og at Broderick (2003) benyttet høyere proteinnivåer i fôret.

Det var en svak tendens til økt vannopptaket med økende proteinnivå i fôret. Det var derimot ingen lineær tendens, slik at det virket mer tilfeldig. Denne tilfeldigheten kan komme av at enkelte kyr kan ha en uvane med å presse på drikkenippelen i drikkekarret uten å faktisk drikke, slik at vannopptak registreres høyere enn det faktisk var. Likevel viste resultatene til Holter et al. (1982) at økende proteinnivå i fôret signifikant økte vannopptaket til kyrne. Det ble forklart med at høyere opptak av protein enn det dyret trenger, krever høyere opptak av vann for å skille proteinet ut i form av urea.

Resultatene viste ingen signifikant forskjell i opptak av hverken TS, vann eller NDF for kyr med høy og lav FE. Det er dermed ikke støtte for hypotese H3 som blant annet sier at kyr med lav FE vil ha lavere fôropptak enn kyr med høy FE. NDF-opptaket pr kg TS var identisk for kyr med både høy og lav FE, selv om Kyr med høy FE hadde numerisk høyere fôropptak enn kyr med lav FE. Dette førte til videre til høyere opptak av NDF for kyr med høy FE i forhold til kyr med lav FE. Rius et al. (2012) har lignende resultat med kyr av rasen Holstein-Friesian. Dette samsvarer imidlertid ikke med resultatet til hverken Potts et al. (2015) som så på melkekyr og Kelly et al. (2010) som så på kjøttfeviger, hvor dyrene med lav FE hadde signifikant høyere TS-inntak enn kyr med høy FE. En årsak til disse variasjonene kan være at laktasjonsstadie og variasjon i laktasjonsstadie, samt få dyr i hver FE med ulik paritet.

## 4.2 Melkeytelse og melke kvalitet

Det var ingen effekt av hverken FE, proteinnivå eller samspill mellom disse, i fôret på melkeytelse, samt melke kvalitet for FE, og for proteinnivå var ingen forskjell i melkas innhold av fett, protein og laktose.

Økende proteinnivå i fôret førte til signifikant økning av urea i melk, noe som var forventet og predikert i hypotese H6. Dette samsvarer også med Sannes et al. (2002). For P130 var urea på 2,68 mMol/liter melk, noe som er lavere enn det anbefalte og som tyder på for lite protein i rasjonen, da det optimale er mellom 3 og 6 mMol/liter melk (Geno 2014). Dersom urea stiger over 6 i melka betyr det at det er for mye protein i fôret, da den ikke nyttiggjør seg av den. For P175 var urea på 4,82, noe som er optimalt. Det ser derfor ut som at den beste utnyttingen ses ved proteinnivå P160 og P175 i dette forsøket. Det skal samtidig huskes at proteinnivåene var lavere enn planlagt. Colmenero og Broderick (2006) fant at 166 g/kg TS protein ga best produksjon av melk og melkeprotein.

Resultatet viste derimot at det var ingen signifikant effekt av proteinnivået i fôret på melkeytelse og melkas innhold av fett, protein og laktose. Det samsvarer med et lignende forsøk på geiter av Kowalczyk et al. (2010). Colmenero og Broderick (2006) hadde lignende resultat på kyr, men med en tendens til lineær og kvadratisk økning av melkeytelse med økende innhold av protein i fôret. Ved proteininnhold over 16,6 % i fôret ble melkeytelsen redusert og det var en lineær økning av fettprosenten i melka. Det kan være flere årsaker til at det i dette forsøket ikke ble funnet andre effekter for melka. Blant annet vil også paritet og laktasjonsstadie være en medvirkende årsak. Kyr med ulik paritet og laktasjonsstadie vil naturlig har ulik ytelse og

sammensetning i melka (Sjaastad et al. 2003). Det kunne muligens blitt observert en større effekt av økende proteinnivå i fôret dersom kyrne hadde fått proteinnivået gjennom hele laktasjonen, slik Edwards et al. (1980) gjorde. Edwards et al. (1980) konkluderte med at den høyeste melkeproduksjon ble sett ved proteinnivåer i fôret på 15 % og 17 %. Videre førte 13 % proteininnhold i fôret til redusert ytelse for kyr som melket 29 kg per dag. Derimot krever et slikt forsøk stor tilgang på dyr, samt ville det blitt svært kostbart da forsøket måtte pågått over flere år. Schei et al. (2005) konkluderte med at økt AAT-innhold i fôr med lavt energiinnhold førte til økt melkeytelse og produksjon av melkeprotein i tidlig laktasjon. Det er også viktig å huske på at protein finnes i mange ulike former. Urea er blant annet brukt som kilde til N i dette forsøket, og denne brytes i større grad ned i vomma enn soya (Leibholz 1976). Broderick og Reynal (2009) konkluderte at ved å gradvis bytte ut soya med urea som vomnedbrytbart N førte til blant annet redusert TS-opptak, melkeytelse, melkefett, melkeprotein og laktose, samt økt innhold av urea i melk og urin.

Samspillet hadde også en signifikant forskjell på innholdet av urea i melka. Som tidligere nevnt har flere forsøk registrert en nedgang i urea ved redusert innhold av protein i fôret. En fersk undersøkelse av Corea et al. (2017) viste at ved å redusere proteininnholdet fra 170 til 155 g/kg TS ble det ingen forskjell i melkeytelse, protein, fett og laktose. Derimot ble urea i melk redusert og det var en økt utnyttelse av N i melka i forhold til opptak av N i rasjonen. Konklusjonen var at redusert innhold av protein i fôret ga en økt FE. Selv om begge fôreffektivitetsgruppene i dette forsøket har økt innhold av urea i melka, har kyr med ulik FE hatt ulik økning av urea i melka. Dette tyder på at kyrne som er effektive har en bedre utnyttelse av N enn kyrne med lav FE. Årsaken til forskjellen ligger muligens i tyggeatferden og aktiviteten til kyrne. Det var ingen signifikant effekt på melkeproduksjonen for samspillet mellom FE og proteinnivå i fôret.

Det var ingen signifikant forskjell mellom kyr med høy og lav FE for hverken melkeytelse eller melkas innhold av fett, protein og laktose. Dermed er det ikke støtte for hypotese H3 som sier at kyr med lav FE har lavere TS-inntak og lavere proteininnhold i melka. Resultatet samsvarer med Potts et al. (2015) som undersøkte om kyr endret RFI når fôret inneholdt ulik mengde stivelse. Det har ikke vært mulig å finne flere referanser som har sett på melkas sammensetning hos kyr med ulik FE. Det at sammensetningen av melka er tilnærmet lik for kyr med høy og lav FE tyder på at FE gruppen til kyrne ikke har noe å si for kvaliteten på melka. Det er mulig at større forskjeller kunne vært funnet dersom det var flere dyr i forsøket og at det ble benyttet kyr i samme laktasjonsstadiet da melkeytelsen vil bli redusert over tid, og at forsøket hadde startet tidligere i laktasjonen.

### 4.3 Tyggeatferd

Det var ingen effekt av hverken FE eller proteinnivå i fôret på tyggeatferden. Det var heller ingen signifikante samspill på drøvtygging, total tyggetid, antall jorter, og antall drøvtyggings tygg. Derimot er det et signifikant samspill mellom FE og proteinnivået i fôret på etetid, drikketid, tygg per jort, etetygg totalt og tygg totalt. Det har ikke vært mulig å finne referanser som tar for seg denne problemstillingen.

Kyrne med høy FE økte antall etetygg og tygg totalt med økende proteinnivå i fôret, mens kyrne med lav FE hadde redusert etetid, færre tygg per jort, færre etetygg totalt og færre tygg totalt. Når det ikke var signifikante forskjeller i fôropptak, og signifikant økt innhold av urea ved økende proteinnivå i fôret, kan dette indikere at kyrne med høy FE stabiliserer vommiljøet ved å tygge mer effektivt. Det kan tenkes at økt antall etetygg kan ha ført til høyere passasjehastighet ut av vom, ved at størrelseskravet for passasje ble oppnådd hurtigere. På denne måten har kanskje ikke mikrobenes produksjon av mye VFA og  $\text{NH}_3$  til å redusere mikrobeaktiviteten slik at fôropptaket ville blitt påvirket. Dette er derimot kun spekulasjoner, og bør undersøkes ved nye forsøk.

Kyrne med lav FE hadde redusert etetid og antall tygg ved økende proteinnivå i fôret. Dette kan ha ført til mer nedbrutt protein i vom og dermed redusert mikrobeeffektivitet på grunn av en mulig opphoping av  $\text{NH}_3$  i vomma, som i større grad har blitt resirkulert til urea i melk. Dette burde derimot ha ført til redusert fôropptak slik det ble registrert i forsøket til Cyriac et al. (2008). Redusert tygging vil føre til redusert spyttproduksjon og dermed føre til redusert pH i vomma (Gjefsen 2007; Nørgaard 2003). Spyttet bidrar også til resirkulering av blant annet urea fra blodet til vomma, som er en av årsakene til at kua kan klare seg med lavere nivå av protein i fôret (Nørgaard & Hvelplund 2003). Dette kan være en annen forklaring på hvorfor kyrne med lav FE hadde høyere andel av urea i melka enn kyr med høy FE ved økende proteinnivå i fôret. Resirkulering av urea til vomma kan ha blitt redusert på grunn av nedsatt etetid, og antall tygg som ga mindre spytt. Derimot fant Maekawa et al. (2002) at økt tyggetid ikke førte til økt spyttproduksjon da kyrne hvilte mindre. Forklaringen var at kyrne produserte mest spytt når de hvilte. Det virker også som at kyrne i dette forsøket med lav FE bruker mer tid på å sortere fôr. Kanskje er de mer opptatt av smakeligheten av fôret enn de effektive kyrne, eller at de bruker mer tid på å leite etter kraftfôret i rasjonen

Kyrne med høy FE brukte mer tid på å drikke vann ved det høyeste proteinnivået enn kyr med lav FE, men de hadde ikke høyere vannopptak, drikketid skal derimot ikke stoles på da det ved validering viste at målte noe feil (Ruuska et al. 2016). I dette forsøket var det også stor variasjon i drikketiden, den laveste tiden var på 1 min for et helt døgn, dette ble sjekket opp med faktisk vannopptak for den kua det gjaldt og kan ikke stemme, da kua drakk 55 liter vann den aktuelle dagen.

FE hadde ingen effekt på tyggeatferden. Det er med dette ikke funnet støtte for hypotese H1 som sier at kyr med høy FE vil bruke mer tid på eting og drøvtygging enn kyr med lav FE. Det var derimot en svak tendens til at kyr med høy FE hadde flere jorter per døgn og hadde færre tygg per jort sammenlignet med kyr med lav FE. Sett sammen med fôropptaket var det heller ingen forskjell tyggetid per kg TS og NDF. Det har ikke vært mulig å finne forsøk som har sett på FE opp mot tyggeatferd hos melkekyr. Derimot finnes det for kjøttfe, men disse forsøkene ser kun på tiden brukt til eting og ikke den totale tyggeatferden. Både Montanholi et al. (2010) og Nkrumah et al. (2006) fant at kjøttfeokser med høy FE hadde lavere TS-opptak, og brukte mindre tid på å ete enn oksene med lav FE.

Det var ingen forskjeller i tyggeatferd på proteinnivå, og dermed er det støtte for H5 som blant annet sier at proteinnivået ikke påvirker tyggeatferden. Kargar et al. (2010) gjorde et lignende forsøk med ulik kilde og mengde av fett i fôret som ble sammenlignet med en kontrollgruppe. Forsøket viste at det ikke var signifikant forskjell i tyggeatferd med varierende innhold av fett i rasjonen. I dette forsøket ser det ut som at proteinnivåene i fôret ikke har påvirket miljøet i vomma nok til å endre tyggeatferden. Det betyr at man kanskje kan redusere innholdet av protein i rasjonen uten at det trenger å gå ut over produksjonen til kua, med unntak av det laveste proteinnivået som ga for lavt nivå av urea i melka.

## 4.5 Aktivitet

Det var et signifikant samspill for aktivitet på liggetid, ståtid og antall aktivitetsendringer. Kyrne med høy FE hadde ingen endring i liggetid med økende proteinnivå i fôret, men kyrne med lav FE hadde økt liggetid på de 3 høyeste nivåene av protein i fôret, og hadde stort sett (med unntak av P145) kortere liggetid enn kyrne med høy FE. Desto lengre liggetid kyrne med lav FE har, jo mindre urolige er de. Dette kan tyde på at kyrne med lav FE har hatt flere korte liggeperioder. Det kan ha vært feil registrering ved loggingen da to kyr klarte å få av seg pedometeret 2 ganger i den ene perioden da det var festet for dårlig. Det er uvisst hvor lenge pedometeret var av før dette ble oppdaget, da dette ble oppdaget på morgenen etter melking. Det har ikke vært mulig å finne andre referanser med lignende problemstilling, slik at sammenligning ikke er mulig.

Kyr med høy FE lå signifikant lengre enn kyr med lav FE, noe som var forventet og predikert i hypotese H2. Det har ikke vært mulig å finne forskning som har sett på FE opp mot aktivitet hos kyr. Kyr som ligger har økt blodtilførsel til juret, noe som over tid kan øke melkeytelsen (Metcalf et al. 1992; Rulquin & Caudal 1992), og det trengs 400-500 liter blod for å produsere én liter melk (Sjaastad et al. 2003). I motsetning har flere forsøk funnet at kyr med høy ytelse har brukt mindre tid på å ligge enn kyr med lav ytelse (Bewley et al. 2009; Deming et al. 2013; DeVries et al. 2011; Norring et al. 2012; Tucker et al. 2004). Tucker et al. (2004) forklarer dette med at kyrne bruker mer tid på å ete, da økt melkeytelse krever høyere fôropptak. Men så er skal kyr med høy FE kunne produsere mer melk på samme fôropptak som kyr med lav FE. I følge Österman og Redbo (2001) kan redusert liggetid med økende melkeytelse komme av at det er mer ubehagelig å ligge. Blackie et al. (2006) fant at kyr hadde økt liggetid i laktasjonsuke 12 enn i laktasjonsuke 6. For å kunne finne sammenheng mellom liggetid og melkeytelse bør kyrne selekteres etter alder, laktasjonsstadium, hold og genetisk potensiale (Bewley et al. 2009). Det bør nok også gjøres for fremtidige forsøk på hvordan FE påvirker atferden og ytelsen, og med betydelig flere kyr enn i dette forsøket for å få bort individuelle forskjeller i atferd og ytelse.

Det var en tendens til økende liggetid med økt proteinnivå i fôret. Da dette ikke er signifikant er det støtte for H5 som sier at proteinnivået i fôret ikke har effekt på hverken tyggetid eller aktivitet hos melkekyr. Det har ikke vært mulig å finne referanser som tar for seg denne problemstillingen.



## 5.0 KONKLUSJON

Det konkluderes med at fôreffektivitet og proteinnivå i fôret ikke hadde innvirkning på noen av parameterne. Det var en samspillseffekt på etetid, drikketid, tygg per jort, etetygg totalt og antall tygg totalt. Det kan dermed se ut som det er mulig å bruke lokalprodusert protein i fôret, samt å redusere innholdet av protein i fôret.

## 6.0 REFERANSER

- Ambriz-Vilchis, V., Jessop, N. S., Fawcett, R. H., Shaw, D. J. & Macrae, A. I. (2015). Comparison of rumination activity measured using rumination collars against direct visual observations and analysis of video recordings of dairy cows in commercial farm environments. *Journal of Dairy Science*, 98 (3): 1750-1758.
- Appuhamy, J. A. D. R. N., Judy, J. V., Kebreab, E. & Kononoff, P. J. (2016). Prediction of drinking water intake by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99 (9): 7191-7205.
- Arieli, A., Weimer, P. & Hall, M. (2010). *Relationship between ruminal environment and chewing behavior in dairy cattle*. Energy and protein metabolism and nutrition. 3rd EAAP International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition, Parma, Italy, 6-10 September, 2010: Wageningen Academic Publishers. 255-256 s.
- Baldwin, R. & Allison, M. (1983). Rumen metabolism. *Journal of Animal Science*, 57 (Supplement\_2): 461-477.
- Bewley, J. M., Boyce, R. E., Hockin, J., Munksgaard, L., Eicher, S. D., Einstein, M. E. & Schutz, M. M. (2009). Influence of milk yield, stage of lactation, and body condition on dairy cattle lying behaviour measured using an automated activity monitoring sensor. *Journal of dairy research*, 77 (01): 1-6.
- Bjerkås, I., Taugbøl, O. & Griffiths, D. (2002). *Anatomi og fysiologi - husdyr: teknisk fagskole, linje for naturbruk : fordypningsområdehusdyr*. Oslo: Gan forl. 108 s. ill. s.
- Blackie, N., Scaife, J. & Bleach, E. (2006). Lying behaviour and activity of early lactation Holstein dairy cattle measured using an activity monitor. *Cattle Practice*, 14 (2): 139.
- Blaxter, K. L. (1962). *The energy metabolism of ruminants*. London.
- Broderick, G. A. (2003). Effects of Varying Dietary Protein and Energy Levels on the Production of Lactating Dairy Cows<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 86 (4): 1370-1381.
- Broderick, G. A. & Reynal, S. M. (2009). Effect of source of rumen-degraded protein on production and ruminal metabolism in lactating dairy cows<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 92 (6): 2822-2834.
- Cardot, V., Le Roux, Y. & Jurjanz, S. (2008). Drinking Behavior of Lactating Dairy Cows and Prediction of Their Water Intake. *Journal of Dairy Science*, 91 (6): 2257-2264.
- Champion, R. A., Rutter, S. M. & Penning, P. D. (1997). An automatic system to monitor lying, standing and walking behaviour of grazing animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 54 (4): 291-305.

- Clark, J. H., Klusmeyer, T. H. & Cameron, M. R. (1992). Microbial Protein Synthesis and Flows of Nitrogen Fractions to the Duodenum of Dairy Cows<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 75 (8): 2304-2323.
- Colmenero, J. J. O. & Broderick, G. A. (2006). Effect of Dietary Crude Protein Concentration on Milk Production and Nitrogen Utilization in Lactating Dairy Cows<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 89 (5): 1704-1712.
- Corea, E. E., Aguilar, J. M., Alas, N. P., Alas, E. A., Flores, J. M. & Broderick, G. A. (2017). Effects of dietary cowpea (*Vigna sinensis*) hay and protein level on milk yield, milk composition, N efficiency and profitability of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 226: 48-55.
- Cyriac, J., Rius, A. G., McGilliard, M. L., Pearson, R. E., Bequette, B. J. & Hanigan, M. D. (2008). Lactation Performance of Mid-Lactation Dairy Cows Fed Ruminally Degradable Protein at Concentrations Lower Than National Research Council Recommendations<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 91 (12): 4704-4713.
- Darr, M. & Epperson, W. (2009). Embedded sensor technology for real time determination of animal lying time. *Computers and Electronics in Agriculture*, 66 (1): 106-111.
- Deming, J., Bergeron, R., Leslie, K. & DeVries, T. (2013). Associations of housing, management, milking activity, and standing and lying behavior of dairy cows milked in automatic systems. *Journal of dairy science*, 96 (1): 344-351.
- DeVries, T. J., Deming, J. A., Rodenburg, J., Seguin, G., Leslie, K. E. & Barkema, H. W. (2011). Association of standing and lying behavior patterns and incidence of intramammary infection in dairy cows milked with an automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 94 (8): 3845-3855.
- Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T. & Webster, G. (1989). A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 72 (1): 68-78.
- Edwards, J. S., Bartley, E. E. & Dayton, A. D. (1980). Effects of Dietary Protein Concentration on Lactating Cows<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 63 (2): 243-248.
- Geno. (2014). *Urea og protein*. Tilgjengelig fra: <http://www.geno.no/Start/Brunst/FAGSTOFF/Foring-og-fruktbarhet/Urea-og-protein/> (lest 2.5.2017).
- Giersing, M. (2006). *Husdyrhold : adfærd, velfærd og etik*. 3. udg. utg. Århus: Landbrugsforlaget.

- Gillund, P., Karlberg, K., Reksen, O. & Lutnæs, B. (2000). *En forenklet metode for holdvurdering av mjølkekyr*. Husdyrforsøksmøtet 2000.: Veterinærinstituttet, Norges veterinærhøgskole, Institutt for husdyrfag, NLH. 249-252 s.
- Gjefsen, T. (2007). *Fôringsslære*. 3. utg. utg. Oslo: Tun.
- Gordon, I. J. (1995). Animal-based techniques for grazing ecology research. *Small Ruminant Research*, 16 (3): 203-214.
- Green, T. C., Jago, J. G., Macdonald, K. A. & Waghorn, G. C. (2013). Relationships between residual feed intake, average daily gain, and feeding behavior in growing dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 96 (5): 3098-3107.
- Hafez, E. S. E. & Bouissou, M. F. (1975). The behaviour of cattle. I: Hafez, E. S. E. (red.) *The behaviour of domestic animals*, s. 532. London: Baillière Tindall.
- Haley, D. B., Rushen, J. & De Passille, A. M. (2000). Behavioural indicators of cow comfort: activity and resting behaviour of dairy cows in two types of housing. *Canadian journal of animal science*, 80 (2): 257-263.
- Haley, D. B., de Passillé, A. M. & Rushen, J. (2001). Assessing cow comfort: effects of two floor types and two tie stall designs on the behaviour of lactating dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 71 (2): 105-117.
- Hermansen, J. E., Nielsen, J. H., Larsen, L. B. & Sejrsen, K. (2003). Mælkens sammensetning og kvalitet. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *Kvægets Ernæring Og Fysiologi. Bind 1-Næringsstofomsætning Og Fodervurdering*, s. 341-370.
- Hogan, J. & Weston, R. (1967). The digestion of two diets of differing protein content but with similar capacities to sustain wool growth. *Australian Journal of Agricultural Research*, 18 (6): 973-981.
- Holter, J. B., Byrne, J. A. & Schwab, C. G. (1982). Crude Protein for High Milk Production<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 65 (7): 1175-1188.
- Hvelplund, T., Madsen, J., Misciattelli, L. & Weisbjerg, M. R. (2003). Proteinomsætningen i mave-tarmkanalen og dens kvantificering. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, E. (red.) *Kvægets Ernæring Og Fysiologi. Bind 1-Næringsstofomsætning Og Fodervurdering*, s. 281-312. Telje: Danmarks Jordbruksforskning.
- Ingvartsen, K. L. & Kristensen, V. F. (2003). Regulering av foderoptagelsen. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *Kvægets Ernæring Og Fysiologi. Bind 1-Næringsstofomsætning Og Fodervurdering*, s. 147-210.

- Kajava, S., Frondelius, L., Mononen, J., Mughal, M., Ruuska, S. & Zehner, N. (2014). *Validation of RumiWatch pedometers measuring lying, standing and walking of cattle*. Proceedings international conference of agricultural engineering, Zürich, 06-10.07. 2014: European Society of Agricultural Engineers.
- Kargar, S., Khorvash, M., Ghorbani, G. R., Alikhani, M. & Yang, W. Z. (2010). Short communication: Effects of dietary fat supplements and forage:concentrate ratio on feed intake, feeding, and chewing behavior of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93 (9): 4297-4301.
- Kelly, A., McGee, M., Crews, D., Fahey, A., Wylie, A. & Kenny, D. (2010). Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. *Journal of animal science*, 88 (1): 109-123.
- Kilgour, R. J. (2012). In pursuit of "normal": A review of the behaviour of cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science*, 138 (1–2): 1-11.
- Kowalczyk, J., Voigt, J., Michalski, J. & Czauderna, M. (2010). *Efficiency of endogenous urea nitrogen incorporation into the ruminal bacteria and milk protein in goats fed diet differentiated in protein level*. Proceedings of 3rd EAAP International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition. Parma (Italy). EAAP Publication. 141-142 s.
- Kristensen, N. B., Hvelplund, T., Weisbjerg, M. R. & Nørgaard, P. (2003). Mikrobiell omsætning i formavene. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *Kvægets Ernæring Og Fysiologi. Bind 1-Næringsstofomsætning Og Fodervurdering*, s. 211-238.
- Kristensen, V. F., Weisbjerg, M. R., Børsting, C. F., Aaes, O. & Nørgaard, P. (2003). Malkekoens energiforsyning og produktion. I: Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.) *Kvægets Ernæring Og Fysiologi. Bind 2-Fodring og produktion* s. 72-112.
- Lean, I. J., Golder, H. M. & Hall, M. B. (2014). Feeding, Evaluating, and Controlling Rumen Function. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 30 (3): 539-575.
- Leibholz, J. (1976). Sites of digestion in the calf. I. The digestion of diets containing barley and wheat chaff supplemented with soya bean meal or urea. *Crop and Pasture Science*, 27 (2): 287-296.
- Loosli, J. K., Williams, H. H., Thomas, W. E., Ferris, F. H. & Maynard, L. A. (1949). Synthesis of amino acids in the rumen. *Science (Washington)*, 110: 144-145.
- Madsen, J., Misciattelli, L., Kristensen, F. V. & Hvelplund, T. (2003). Protienforsyning til malkekøer. I: Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.) *Kvægets ernæring og fysiologi-Bind 2 Fodring og produktion*, s. 113-132: Danmarks jordbruksforskning.

- Maekawa, M., Beauchemin, K. A. & Christensen, D. A. (2002). Effect of Concentrate Level and Feeding Management on Chewing Activities, Saliva Production, and Ruminal pH of Lactating Dairy Cows<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 85 (5): 1165-1175.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal nutrition*. 7th ed. utg. Harlow: Prentice Hall. 692 s.
- Metcalf, J. A., Roberts, S. J. & Sutton, J. D. (1992). Variations in blood flow to and from the bovine mammary gland measured using transit time ultrasound and dye dilution. *Research in Veterinary Science*, 53 (1): 59-63.
- Miller, W. (1979). *Dairy cattle feeding and nutrition*. Animal feeding and nutrition. USA: Academic Press inc
- Montanholi, Y., Swanson, K., Palme, R., Schenkel, F., McBride, B., Lu, D. & Miller, S. (2010). Assessing feed efficiency in beef steers through feeding behavior, infrared thermography and glucocorticoids. *animal*, 4 (05): 692-701.
- Mutsvangwa, T., Davies, K. L., McKinnon, J. J. & Christensen, D. A. (2016). Effects of dietary crude protein and rumen-degradable protein concentrations on urea recycling, nitrogen balance, omasal nutrient flow, and milk production in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99 (8): 6298-6310.
- Myhre, H. I. (1980). *Husdyras fysiologi og anatomi*. Oslo: Landbruksforl.
- Nielsen, M., Tejada, E., Chwalibog, A., Tauson, A. & Nielsen, L. (2010). *Digestive efficiency, metabolism of nitrogen and methane emission in sheep, goats and llamas fed grass based diets differing in protein content*. Energy and protein metabolism and nutrition. 3rd EAAP International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition, Parma, Italy, 6-10 September, 2010: Wageningen Academic Publishers. 497-498 s.
- Niu, M., Appuhamy, J., Leytem, A., Dungan, R. & Kebreab, E. (2016). Effect of dietary crude protein and forage contents on enteric methane emissions and nitrogen excretion from dairy cows simultaneously. *Animal Production Science*, 56 (3): 312-321.
- Nkrumah, J., Okine, E., Mathison, G., Schmid, K., Li, C., Basarab, J., Price, M., Wang, Z. & Moore, S. (2006). Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *Journal of animal science*, 84 (1): 145-153.
- Norring, M., Valros, A. & Munksgaard, L. (2012). Milk yield affects time budget of dairy cows in tie-stalls. *Journal of dairy science*, 95 (1): 102-108.

- Nørgaard, P. (2003). Optagelse av foder og drøvtygning. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *Kvægets Ernæring Og Fysiologi. Bind 1-Næringsstofomsætning Og Fodervurdering*, s. 119-146.
- Nørgaard, P. & Hvelplund, T. (2003). Drøvtyggerens karakteristika. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *Kvægets Ernæring Og Fysiologi. Bind 1-Næringsstofomsætning Og Fodervurdering*, s. 11-38.
- Nørgaard, P., Nadeau, E., Randby, Å. & Volden, H. (2011). Chewing index system for predicting physical structure of the diet. I: Volden, H. (red.) EAAP publication No.130, *Norfor - The Nordic feed evaluation system*, s. 127-132: Wageningen Academic Publishers.
- O’driscoll, K., Boyle, L. & Hanlon, A. (2008). A brief note on the validation of a system for recording lying behaviour in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 111 (1): 195-200.
- Potts, S. B., Boerman, J. P., Lock, A. L., Allen, M. S. & VandeHaar, M. J. (2015). Residual feed intake is repeatable for lactating Holstein dairy cows fed high and low starch diets. *Journal of Dairy Science*, 98 (7): 4735-4747.
- Reynolds, C. K., Crompton, L. A., Mills, J. A. N., Humphries, D. J., Kirton, P., Relling, A., Misselbrook, T., Chadwick, D. & Givens, D. (2010). *Effects of diet protein level and forage source on energy and nitrogen balance and methane and nitrogen excretion in lactating dairy cows*. Proceedings of the 3rd EAAP international symposium on energy and protein metabolism and nutrition (ed. GM Crovetto). 463-464 s.
- Rius, A. G., Kittelmann, S., Macdonald, K. A., Waghorn, G. C., Janssen, P. H. & Sikkema, E. (2012). Nitrogen metabolism and rumen microbial enumeration in lactating cows with divergent residual feed intake fed high-digestibility pasture. *Journal of Dairy Science*, 95 (9): 5024-5034.
- Rulquin, H. & Caudal, J. (1992). Effects of lying or standing on mammary blood flow and heart rate of dairy cows. *Ann. Zootech*, 41 (1): 101.
- Ruuska, S., Kajava, S., Mughal, M., Zehner, N. & Mononen, J. (2016). Validation of a pressure sensor-based system for measuring eating, rumination and drinking behaviour of dairy cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 174: 19-23.
- Sannes, R. A., Messman, M. A. & Vagnoni, D. B. (2002). Form of Rumen-Degradable Carbohydrate and Nitrogen on Microbial Protein Synthesis and Protein Efficiency of Dairy Cows<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 85 (4): 900-908.
- Schei, I., Volden, H. & Bævre, L. (2005). Effects of energy balance and metabolizable protein level on tissue mobilization and milk performance of dairy cows in early lactation. *Livestock Production Science*, 95 (1–2): 35-47.

- Schirmann, K., Chapinal, N., Weary, D. M., Heuwieser, W. & von Keyserlingk, M. A. G. (2012). Ruminantion and its relationship to feeding and lying behavior in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95 (6): 3212-3217.
- Shetty, N., Løvendahl, P., Lund, M. S. & Buitenhuis, A. J. (2017). Prediction and validation of residual feed intake and dry matter intake in Danish lactating dairy cows using mid-infrared spectroscopy of milk. *Journal of Dairy Science*, 100 (1): 253-264.
- Shirley, J. (2006). *Feed efficiency is an important management tool for dairy producers*. Proc. High Plains Dairy Conf. Amarillo TX. Texas A & M University, College Station. 63-67 s.
- Sjaastad, Ø. V., Hove, K. & Sand, O. (2003). *Physiology of domestic animals*. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Sjaastad, Ø. V., Sand, O. & Hove, K. (2010). *Physiology of domestic animals*. 2nd ed. utg. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Tine Medlem. (2016). *Årsstatistikk for kukontrollen*. Tilgjengelig fra: <https://medlem.tine.ni/minedata-KK>.
- Tucker, C. B., Weary, D. M. & Fraser, D. (2004). Free-Stall Dimensions: Effects on Preference and Stall Usage. *Journal of Dairy Science*, 87 (5): 1208-1216.
- Tucker, C. B. (2009). Behaviour of cattle. I: Jensen, P. (red.) *The ethology of domestic animals : an introductory text*, s. 151-160. Wallingford: CABI.
- Van Soest, P., Robertson, J. & Lewis, B. (1991). Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 74 (10): 3583-3597.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd ed. utg. Ithaca, N.Y: Comstock Pub.
- Weisbjerg, M. R., Lund, M. S. & Hvelplund, T. (2003). Kulhydratomsætningen i mave-tarmkanalen. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *Kvægets Ernæring Og Fysiologi. Bind 1-Næringsstofomsætning Og Fodervurdering*, s. 239-280.
- Williams, Y. J., Pryce, J. E., Grainger, C., Wales, W. J., Linden, N., Porker, M. & Hayes, B. J. (2011). Variation in residual feed intake in Holstein-Friesian dairy heifers in southern Australia. *Journal of Dairy Science*, 94 (9): 4715-4725.
- Zehner, N., Niederhauser, J. J., Nydegger, F., Grothmann, A., Keller, M., Hoch, M., Haeussermann, A. & Schick, M. (2012). *Validation of a new health monitoring system (RumiWatch) for combined automatic measurement of ruminantion, feed intake, water*



*intake and locomotion in dairy cows*. Proceedings of international conference of agricultural engineering CIGR-Ageng. C0438 s.

Ørskov, E. R., Flatt, W. P. & Moe, P. W. (1968). Fermentation Balance Approach to Estimate Extent of Fermentation and Efficiency of Volatile Fatty Acid Formation in Ruminants. *Journal of Dairy Science*, 51 (9): 1429-1435.

Österman, S. & Redbo, I. (2001). Effects of milking frequency on lying down and getting up behaviour in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 70 (3): 167-176.



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway