



Noregs miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgåve 2021 30 stp

Fakultet for biovitenskap

Potensialet for å auka feittprosenten i mjølk hjå NRF gjennom fôring

The potential to increase fat content in milk in
Norwegian Red Cattle through feeding

Målfrid Grødem Njærheim

Husdyrvitenskap

Forord

Studietida mi på Ås er ved vegg ende, og masteroppgåva markerer slutten på sivilagronom-utdanninga mi ved Noregs miljø- og biovitenskaplege universitet.

Åra på Ås har vore kjekke, og eg har hatt ei enorm kompetanseheving. Gjennom studiet har eg blitt spesielt fasinert over faktorar som påverkar grovfôrkvaliteten, og fôringa si påverknad på mjølkeproduksjon. Difor syns eg det var utruleg spennande å få lov og skriva masteroppgåve om faktorar ved fôringa som påverkar feittprosenten i mjølk. Det har vore ein læringsrik og interessant skriveprosess, og all erfaring og kunnskap vil eg ta med meg vidare inn i arbeidslivet.

Undervegs i skriveprosessen har eg fått god rettleiing av rettleiarane mine. Eg vil dermed retta ein stor takk til hovudrettleiar Egil Prestløykken, førsteamanuensis ved IHA, for god rettleiing, hjelp med dei statistiske utrekningane og for god oppfølginga av oppgåva under skriveprosessen. Eg vil også senda ein stor takk til rettleiar Ingunn Schei, spesialrådgjevar i TINE, for god hjelp med datamaterialet, dei statistiske utrekningane og for god oppfølging av oppgåva. Tusen takk til Turid Røysland Fitjar for korrekturlesing av oppgåva og konstruktive tilbakemeldingar. Eg vil også seia tusen takk til mannen min, familie og venner for oppmuntring undervegs i prosessen.

Elles vil eg takka medstudentar og miljøet i KRIK og LAGET for ei fin studietid på Ås.

Institutt for husdyr – og akvakulturvitskap, NMBU

Ås, 28. mai 2021

Målfrid Grødem Njærheim

Samandrag

Ein konsekvens av auka etterspurnad etter feittrike meieriprodukt er at TINE ønsker å auka feittproduksjonen ved å stimulera produsentane til å produsera mjølk med høgare feittprosent. Det er gjort gjennom auka tillegg- eller trekk i prisen frå 0,08 kr til 0,09 kr per 0,1 %-eining over eller under basisverdien på 4,0 % feitt. Feitt i mjølk kjem frå absorberte eller mobiliserte fetttsyrrer tilført med blodet eller frå *de novo* syntesen i juret. Fôring og driftsforhold påverkar tilgjengelegheita av desse komponentane. Målet i oppgåva var difor å nytta leverandør- og kukontrolldata for å studera faktorar ved fôringa og driftsforholda hjå produsentar med ulik feittprosent i mjølk for å kartlegga om det var nokre fellestrekk hjå produsentane med høgast feittprosent i mjølk, for igjen å vurdere potensialet for å auka feittprosenten i mjølk.

Datasettet som vart nytta var levert av TINE og bestod av produsentar med reine NRF-besetningar som hadde sju registreringar i kukontrollen i innefôringssesongen og gjennomsnittleg laktasjonsstadium mellom 100 til 200 dagar på kvar kontrolldag. Basert på gjennomsnittleg feittprosent i leverandørmjølk gjennom innefôringssesongen blei produsentane delt inn i tre feittklasser (låg, middels, høg). Desse feittklassane blei nytta for å studera innverknad av grovfôr- og kraftfôrinntak, mjølkeproduksjon, besetningskarakteristikk og kjemisk samansetjing i mjølk- og i grovfôr på feittprosent i mjølk. I tillegg blei det sendt ut ei spørjeundersøking til produsentane i høg feittklasse for å få utfyllande informasjon om fôring og målsetjing i mjølkeproduksjonen.

Resultata viste at produsentane med høgast feittprosent i mjølk hadde høgast grovfôrinntak. Auka grovfôrinntak på 1 MJ auka feittprosenten i mjølk med 0,010 %-eining. Produsentane i middels og høg feittklasse hadde grovfôr med signifikant høgare energiverdi (NEL20) og signifikant lågare innhald av iNDF (uløyseleg fiber) og syrer enn låg feittklasse, og dette blei observert å vera fordelaktig for høg feittprosent i mjølk. Vanlegvis går feittprosenten i mjølk ned ved auka kraftfôrinntak. I denne undersøkinga auka feittprosent i mjølk med 0,006 %-eining ved ei auke på 1 MJ frå kraftfôr. Det blei ikkje observert noko forskjell i kraftfôrinntaket per ku mellom feittklassane, men høgare avdrått i kg EKM (energikorrigert mjølk) gav produsentane i middels og høg feittklasse lågare kraftfôrforbruk per kg EKM. Den høgare mjølkeavdråtten skuldast truleg at dyra i middels og høg feittklasse hadde høgare energiinntak, hovudsakleg gjennom auka grovfôrinntak. Ved god energitilgang tyder resultata difor på at det er mogleg å produsera mykje mjølk med høg feittprosent.

Denne undersøkinga viste stor variasjon i feittprosent i mjølk på innefôring. Dette er eit viktig kriterium for å kunne påverka feittprosenten i mjølk. Til trass for at det ikkje blei avdekka forskjellar i fôring eller mjølkeproduksjon mellom produsentane i middels og høg feittklasse, tyder resultata på at det er potensial for å auka feittprosenten i mjølk gjennom å produsera grovfôr som stimulerer til høgt grovfôrinntak. Høg energiverdi og lågt innhald av syrer og iNDF i grovfôret er vurderte som viktige faktorar for dette. Kraftfôret bidreg også positivt, og eit bevisst val av kraftfôrtype kan vera av betydning for å auka feittprosenten i mjølk.

Oppgåva har vist at det gjennom ei balansert fôring med godt grovfôr som stimulerer til høgt fôropptak, gjerne kombinert med bruk av kraftfôr som fremmar feittprosent i mjølk, bør vera mogleg å auka den gjennomsnittlege feittprosenten i mjølk.

Abstract

A consequence of increased demand for high-fat dairy products is that TINE wants to increase fat production by stimulating production of milk with high fat content. This has been done by increasing or decreasing milk fat payment from NOK 0.08 to NOK 0.09 per 0.1 %- unit above or below the basic value of 4.0 % fat. Fat in milk originates from absorbed or mobilized fatty acids supplied through the blood or from the *de novo* synthesis in the mammary gland.

Feeding and management affect the availability of these components. Thus, the aim of this thesis was to use data from the cow recording system to study feeding and management factors related to high fat content in milk, and to explore the potential to increase fat content in milk.

The dataset that was used was provided by TINE and consisted of pure breed NRF herds having seven valid recordings during the indoor season and at each recording day being 100 to 200 days in milk. Based on average fat content in tank milk during the indoor season, the herds were divided into three fat classes (low, medium, high). These fat classes were used to study the effect of feed intake, milk production, herd characteristics and chemical composition in milk and roughage on fat content in milk. In addition, a survey was forwarded the high fat herds to obtain supplementary information about feeding and management.

The results showed that herds with high fat content in milk had the highest roughage intake. Increase roughage intake by 1 MJ increase fat content in milk by 0.010 % unit. The medium and high fat herds had roughage with significantly higher energy value (NEL20) and significantly lower iNDF content (insoluble fiber) and silage acids than low fat herds, observed being advantageous for high fat content in milk. The fat content in milk usually decreases with increased concentrate intake. In this study, the fat percentage in milk increased by 0.006 % unit with an increase of 1 MJ from concentrates. No difference was observed in concentrate intake per cow between the fat classes, but higher yield in kg ECM (energy corrected milk) gave medium and high fat herds lower concentrate consumption per kg ECM. The higher milk yield in the medium and high fat herds is probably related to high energy intake, mainly through increased roughage intake. With good energy supply, the results indicate that it is possible to produce a high volume of milk with a high fat content.

This study showed a large variation in fat content in milk at indoor feeding. This is an important criterion for influencing the fat content in milk. Although no differences in feeding or milk production were observed between the medium and high fat herds, the results indicate

that there is a potential for increasing fat content in milk by producing roughage that stimulates high roughage intake. High energy value and low content of acids and iNDF in the roughage are considered as important factors for achieving this. Concentrate also contributes positively, and choice of concentrate can be important for increasing fat content in milk. The thesis has shown that through a balanced feeding with good roughage that stimulates high feed intake, often combined with use of concentrates that promote fat content in milk, it should be possible to increase average fat content in milk.

Innhald

| | |
|---|----|
| Forord..... | 1 |
| Samandrag..... | 2 |
| Abstract..... | 4 |
| Innhald..... | 6 |
| 1.0 Innleiing..... | 8 |
| 2.0 Teoretisk gjennomgang av sentrale emne..... | 9 |
| 2.1 Oppbygging av feitt og fetttsyrer..... | 9 |
| 2.2 Næringsstoff i fôr og fordøying av dei..... | 10 |
| 2.2.1 Karbohydrat..... | 11 |
| 2.2.2 Protein..... | 13 |
| 2.2.3 Feitt..... | 13 |
| 2.3 Syntese av mjølkefeitt..... | 15 |
| 2.3.1 <i>De novo</i> syntesen..... | 16 |
| 2.3.2 Fettsyrer tilført frå blodet..... | 16 |
| 2.3.3 Syntese av triglyserid..... | 17 |
| 2.3.4 Fettsyresamansetjing i mjølk..... | 17 |
| 2.4 Faktorar ved dyret som påverkar feittprosent i mjølk..... | 19 |
| 2.4.1 Laktasjonsstadium..... | 19 |
| 2.4.2 Rase..... | 20 |
| 2.4.3 Sesongvariasjon..... | 20 |
| 2.4.4 Energibalanse..... | 21 |
| 2.4.5 Driftsforhold..... | 21 |
| 2.4.6 Individuelle forskjellar..... | 22 |
| 2.5 Grovfôr si betydning for feittprosent i mjølk..... | 22 |
| 2.5.1 Grasart..... | 22 |
| 2.5.2 Haustetidspunkt..... | 23 |
| 2.5.3 Ensilering..... | 25 |
| 2.6 Kraftfôr si betydning på feittprosent i mjølk..... | 26 |
| 2.7 Fôring si betydning for feittprosent i mjølk..... | 28 |
| 2.7.1 Rasjonssamansetjing..... | 28 |
| 2.7.2 Fôrnivå..... | 31 |
| 2.7.3 Fôringsfrekvens..... | 31 |
| 3.0 Eiga undersøking..... | 33 |
| 3.1 Material og metode..... | 33 |

| | |
|---|----|
| 3.1.1 Datauttak | 33 |
| 3.1.2 Variablar | 34 |
| 3.1.2.1 Leverandørdata | 34 |
| 3.1.2.2 Kukontrolldata på månadsbasis | 34 |
| 3.1.2.3 Årsstatistikkane i kukontrollen | 35 |
| 3.1.2.4 Grovfôranalysar | 35 |
| 3.1.2.5 Generell besetningsinformasjon | 36 |
| 3.1.3 Spørjeundersøking | 37 |
| 3.1.4 Gruppering av produsentar basert på feittprosent | 38 |
| 3.1.5 Statistiske analyser | 40 |
| 3.2. Resultat | 43 |
| 3.2.1 Oversikt over variasjonen i datamaterialet | 43 |
| 3.2.2 Korrelasjonar mellom feittprosent i mjølk og ulike variablar | 44 |
| 3.2.3 Regresjonskoeffisientar til feittprosent i mjølk | 47 |
| 3.2.4 Geografisk variasjon i feittprosent i mjølk | 48 |
| 3.2.5 Feittprosent i mjølk i ulike mjølkingssystem | 49 |
| 3.2.7 Effekt av feittklasse på grovfôr kvalitet | 50 |
| 3.2.6 Effekt av feittklasse på produksjonsrelaterte variablar og kjemiske komponentar i mjølk | 51 |
| 3.2.8 Resultat frå spørjeundersøkinga | 54 |
| 4.0 Diskusjon | 60 |
| 4.1 Metodediskusjon | 60 |
| 4.2 Effekt av feittprosent i mjølk på lønnsmda i mjølkeproduksjonen | 61 |
| 4.3 Effekt av grovfôrinntak og grovfôr kvalitet på feittprosent i mjølk | 62 |
| 4.4 Effekt av kraftfôrinntak på feittprosent i mjølk | 64 |
| 4.5 Effekt av mjølkeproduksjon på feittprosent i mjølk | 65 |
| 4.6 Potensialet for å auka feittprosenten i mjølk | 66 |
| 5.0 Konklusjon | 68 |
| 6.0 Litteraturliste | 69 |

1.0 Innleiing

Dei siste åra har forbruket av konsummjølk gått ned, medan etterspurnaden etter feittrike meieriprodukt har auka. Det fører til at TINE sit igjen med eit stort volum mjølk når feittet er skilt i frå. Dette volumet har få brukseigenskapar og er kostbart å utnytta. Dermed ønsker TINE å auka feittproduksjonen ved å auka feittprosenten i mjølka (TINE, 2020).

TINE betaler for mjølk etter hygienisk og kjemisk kvalitet, for å stimulera produsentane til å produsera mjølk med kvalitet i tråd med industrien sitt behov (TINE, 2015). Mjølk som tilfredsstillar dei høgaste krava for hygienisk kvalitet og kjemisk innhald blir klassifisert som elitemjølk, og vil gje pristillegg per liter levert mjølk. I tillegg gjev TINE tillegg eller trekk i prisen per 0,1 %-eining over eller under ein basisverdi på 4,0 % for feitt og 3,2 % for protein. I 2021 utgjer pristillegget for feitt 0,09 kr og for protein 0,05 kr (TINE, 2021). For feitt har pristillegget auka sidan 2015, då det var på 0,07 kr (TINE, 2015). Ved auka pristillegg på feitt ønsker TINE å motivera norske mjølkeprodusentar til å auka feittprosenten i mjølka.

Grovfôr er sentralt for feittproduksjon, då nedbryting av grovfôr fører til komponentar som har direkte påverknad på feittsyntesen i juret (Sjaastad et al., 2016). I tillegg har grovfôr ei avgjerande rolle i å oppretthalda eit vommiljø som fremmar feittprosent i mjølk (Volden, 2012). Kraftfôrfirma lagar også kraftfôrblandingar som skal stimulera til auka feittprosent i mjølk. Tilsetjing av palmitinsyre i kraftfôr har vist å ha ein positiv effekt (Mosley et al., 2007). Andre fôrvarer som betefiber, melasse, bufferstoff og vombeskytta feitt har også blitt tilsett i kraftfôr for å fremma feittprosenten i mjølk (Strømstad, pers. kom.).

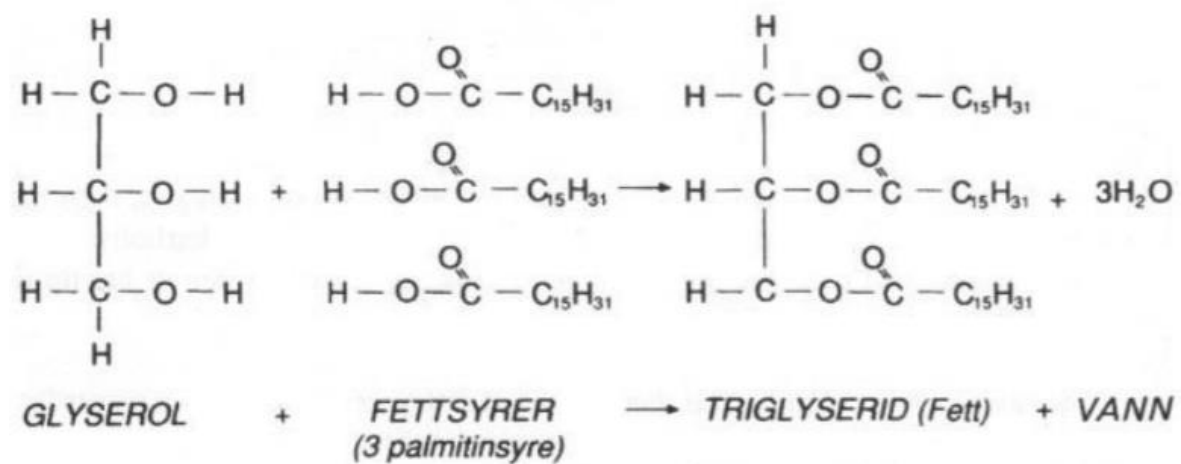
Basert på kukontrolldata frå 2017 fant Schei (2020) at fôringa var ulik hjå produsentar med høg og låg feittprosent i mjølk. Dette arbeidet er grunnlaget for denne masteroppgåva som vil undersøka om det er grovfôret, kraftfôret eller begge deler som stimulerer til høg feittprosent i mjølk hjå Norsk Raudt Fe (NRF). Vidare ønsker oppgåva å kartlegga om det er potensial for å auka den gjennomsnittlege feittprosenten i mjølk. Oppgåva baserer seg på data frå husdyrkontrollen, eiga undersøking og litteratur.

2.0 Teoretisk gjennomgang av sentrale emne

2.1 Oppbygging av fett og fettsyrer

Lipid er eit samleomgrep for fett og fettthaldige komponentar. Dei er upolare og finst i både planter og dyr. Der fungerer dei som elektronbærarar og substratbærarar til enzymatiske reaksjonar, dei inngår som viktige komponentar i biologiske membranar, og er ei viktig kjelde til og lager for energi (McDonald et al., 2011).

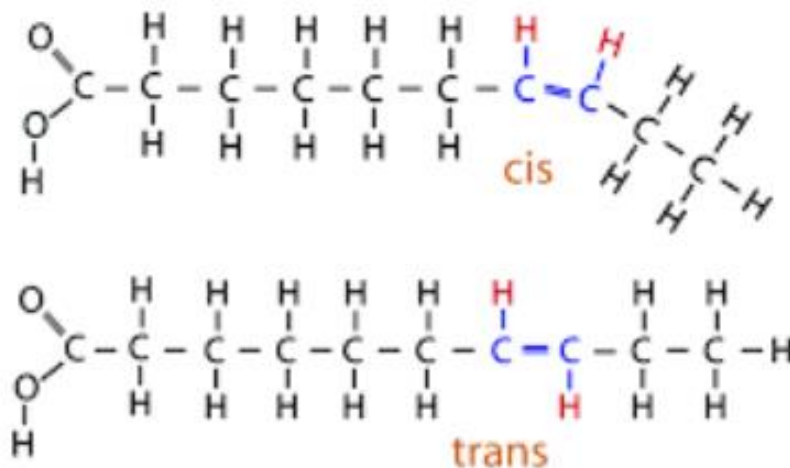
Fett er bygd opp av fettsyrer og alkoholen glyserol. Glyserol består av tre karbonatom med kvar si hydroksylgruppa, som fungerer som bindingssete for ulike molekyl. Fettsyrene består av ei karbonkjede, som er metta eller delvis metta med hydrogen, med ei karboksylgruppa på enden. Karboksylgruppa kan binda seg til hydroksylgruppa på alkoholen ved hjelp av ei esterbinding (Cox & Nelson, 2017). Dersom tre fettsyrer blir bunde til glyserol blir det danna eit triglyserid (Figur 2.1). Størstedelen av fett i mjølk, kroppsreservar og fôr er bygd opp som triglyserid (McDonald et al., 2011). I gras er derimot dei fleste fettsyrene bunde saman som galaktolipid, som består av eit glyserol, to fettsyrer og eit sukker, galaktose (McDonald et al., 2011). Ei tredje gruppe er fosfolipid, som er den viktigaste bestanddelen i cellemembranar, og her er ei fettsyra i triglyseridet erstatta med eit fosformolekyl (McDonald et al., 2011). Samansetjinga av fettsyrene i triglyserida, i galaktolipida og i fosfolipida kan variera, og enten bestå av like eller ulike fettsyrer. Fettsyrene kan vera forskjellige i lengde og i mettingsgrad.



Figur 2.1 Eit glyserol og tre fettsyrer dannar eit triglyserid (Gjefsen, 2016).

Lengda på feittsyrene kan variere mellom ein karbonkjede på 4 til 24 karbonatom (McDonald et al., 2011). Feittsyrer med karbonkjede på 4 til 10, 12 til 16 og 18 til 24 karbonatom blir rekna som korte, mellomlange og lange feittsyrer (Grummer, 1991). Karakteristisk for mjølkefeitt er eit høgt innhald av korte- og mellomlange feittsyrer (Hermansen et al., 2003).

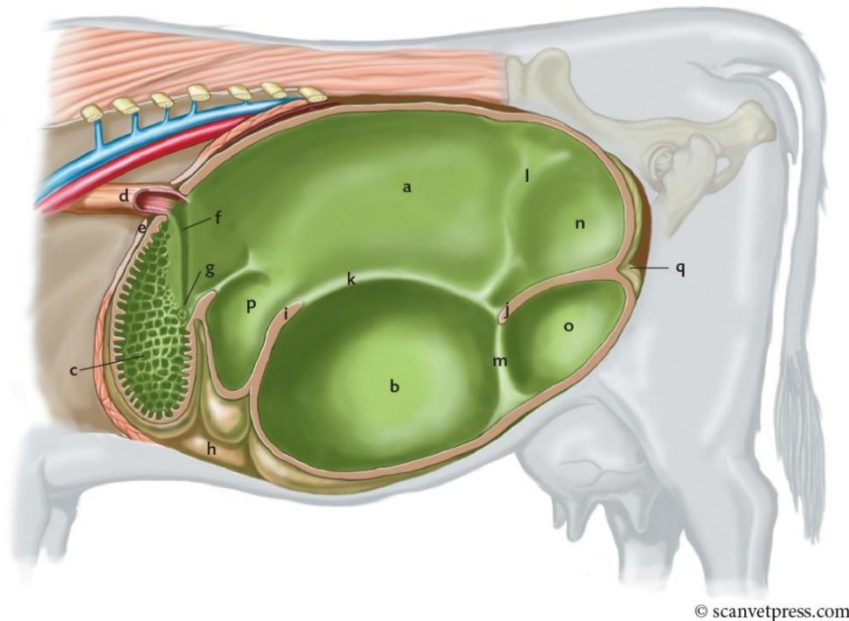
Mettingsgrada av karbonkjeda med hydrogen avgjer om feittsyra er metta eller umetta. Metta feittsyrer inneheld berre enkeltbindingar mellom karbonatoma og er fullstendig metta med hydrogen. Umetta feittsyrer inneheld derimot ei eller fleire dobbelbindingar mellom karbonatoma (McDonald et al., 2011). Ei feittsyra med dobbeltbinding kan opptre i *cis*- eller *trans*-form. Når hydrogenatoma er plassert på same side av dobbelbindinga blir det kalla *cis*-form, medan det blir kalla *trans*-form når hydrogenatoma er på motsett side av kvarandre på dobbelbindinga (Figur 2.2). Dei fleste feittsyrene som opptre naturleg er i *cis*-konfigurasjon (McDonald et al., 2011). Hydrogenering av umetta feittsyrer i vom resulterer derimot i eit relativt høgt innhald av *trans*feittsyrer i mjølk (Hermansen et al., 2003). Dette blir nærmare omtalt i kapittel 2.3.



Figur 2.2 Framstilling av konfigurasjonen til ei *cis*- og *trans*feittsyra (Cox & Nelson, 2017).

2.2 Næringsstoff i fôr og fordøying av dei

Drøvtyggarane skil seg frå einmaga dyr med at dei har utbuktningar på spiserøyret, såkalla formager. Formagane kan delast inn i vom, nettmage og bladmage (Figur 2.3). Eit mangfald av mikroorganismar i formagane gjer det mogleg for drøvtyggarane å nyttiggjera seg av energi som er bunde i tungt fordøyelege komponentar i fôr (Sjaastad et al., 2016).



Figur 2.3 Illustrert framstilling av formagane til drøvtyggaren, vomma (a) med sine mange segment (b,n,o,p), nettmagen (c) og blodmageopninga (g) som leiar ut til bladmagen (Sjaastad et al., 2016).

Mikroorganismane i formagane kan kategoriserast som bakteriar, protozoar eller sopp. Bakteriane utgjer den største gruppa og kan igjen delast inn i amylolytiske-, cellulolytiske- og proteolytiske bakteriar (Sjaastad et al., 2016). Desse lev i symbiose med drøvtyggaren og bryt ned næringsstoff og dannar ammoniakk og flyktige feittsyrer (VFA), eddiksyre, propionsyre og smørsyre (Kristensen et al., 2003). VFA tener som ei viktig energikjelde for drøvtyggaren (McDonald et al., 2011). Eit optimalt vommiljø for mikrobane er sentralt for effektiv nedbryting av næringsstoff, som igjen er viktig for produksjonen av mjølk og mjølkefeitt (Sjaastad et al., 2016). Nedanfor vil omsetting av karbohydrat, protein og feitt bli skildra, då alle næringsstoffa har innverknad på syntese av mjølkefeitt (Figur 2.5).

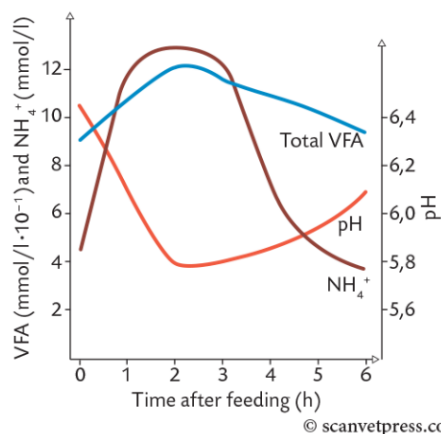
2.2.1 Karbohydrat

I ein fôrrasjon til mjølkeku utgjer karbohydrat vanlegvis rundt 75 % på tørrstoffbasis (Weisbjerg et al., 2003). Dermed fungerer karbohydrat som den viktigaste energikjelda for drøvtyggarane.

Dei cellulolytiske- og amylolytiske bakteriane er essensielle i nedbryting av karbohydrat i vom. Dei tungt fordøyelege karbohydrata, cellulose og hemicellulose, også kjent som fiber utgjer ein vesentleg del av karbohydrata i grovfôr. Dei blir omtala som tungt fordøyelege på grunn av den relativt store partikkelstorleiken og at dei har få bindingsseter for bakteriane til

fôrpartiklane som resulterer i lengre nedbrytingstid (Forsberg et al., 2000). Desse karbohydrata blir brote ned av cellulolytiske bakteriar, hovudsakleg til eddiksyre (Kristensen et al., 2003). Stivelse og sukker, som er meir lettomsettelege, blir brote ned av dei amylytiske bakteriane til respektive propionsyre og smørsyre (Kristensen et al., 2003). Dei lettomsettelege karbohydrata, spesielt stivelse, utgjer ein stor del av karbohydrata i kraftfôr.

Forholdet mellom eddiksyre- og propionsyreproduksjon i vom er sterkt korrelert med pH i vom (Esdale & Satter, 1972). Auka tildeling av lettomsettelege komponentar fører til auka syrekonsentrasjon i vom, som kan gje lågare pH i vom (Figur 2.4). Dei amylytiske bakteriane er tolerante ovanfor eit surt miljø, medan dei cellulolytiske bakteriane er sensitive for låg pH. Ved pH i vom lågare enn 6,2- 6,0 vil den cellulolytiske aktiviteten bli redusert (Russel & Wilson, 1996), noko som resulterer i redusert nedbryting av tungt fordøyelege karbohydrat.



Figur 2.4 Produksjon av flyktige feittsyrer (VFA) påverkar pH i vom (Sjaastad et al., 2016).

Høgtytande mjølkekyr kan produsera mellom 6 til 8 kg VFA i løpet av eit døgn, og av dette blir mellom 70-80 % absorbert over vomveggen (Sjaastad et al., 2016). Dei resterande flyktige feittsyrene blir hovudsakleg absorbert i bladmagen og litt i tynntarmen (Sjaastad et al., 2016). Absorpsjon av VFA skjer passivt, både som enkel og fasilitert diffusjon (Sjaastad et al., 2016). Ved passasje gjennom vomveggen blir smørsyre omdanna til β -hydroxysmørsyre, som saman med eddiksyre bidrar med energi og byggesteinar til *de novo* syntesen i juret (Hermansen et al., 2003). Elles blir ein liten del propionsyre omdanna til mjølkesyre ved absorpsjon over vomveggen (Hermansen et al., 2003). Felles for dei flyktige feittsyrene er at dei blir transportert med blodet til levera for vidare omsetjing. Her blir mjølkesyre og propionsyre brukt til å syntetisera glukose. Vidare blir eddiksyre, β -

hydroxysmørsyre og glukose transportert med blodet til juret, der ein stor del blir absorbert inn i mjølkekjertelen for vidare syntese av komponentar som inngår i mjølkefeitt.

2.2.2 Protein

Protein er bygd opp av aminosyrer og utgjer 15 til 18 % av fôrrasjonen til mjølkekyr (Satter & Roffler, 1975). Både grovfôr og kraftfôr er viktige kjelder til protein. Proteinverdien i fôr til drøvtyggjarar blir målt gjennom mengda aminosyrer som blir absorbert i tynntarmen (AAT). Det er to hovudkjelder til AAT, aminosyrer frå ikkje nedbrote fôrprotein og frå mikrobielt protein (Hvelplund et al., 2003). Mikrobielt protein er kvantitativt viktigast, og kan utgjera 60-90 % av AAT (Volden, 2009). Endogent protein, som består av fordøyelsesenzym og celler, bidreg også til AAT (Hvelplund et al., 2003).

Omsetting av protein skjer både i vom og i tarm. I vomma bryt proteolytiske bakteriar og proteozoar ned protein til aminosyrer, som vidare blir spalta til ammoniakk og flyktige fetttsyrer (Wallace, 1995). Mikrobane, som består av rundt 50 % protein, har evne til å syntetisera sitt eige kroppsprotein ved å nytta ammoniakk og energi, hovudsakleg frå nedbryting av karbohydrat (Hvelplund et al., 2003). Drøvtyggjarane greier på denne måten å nytta ikkje-protein-nitrogen (NPN) som kjelde til proteinsyntese (McDonald et al., 2011). Proteinnedbryting i vom er påverka av eigenskapar ved proteinet og den mikrobielle aktiviteten. Den mikrobielle proteinsyntesen i vom blir definert som mengda mikrobeprotein transportert til tynntarmen (Hvelplund et al., 2003).

Vidare nedbryting av protein skjer i tynntarmen. I tynntarmen blir det tilsett proteinspaltande enzym frå bukspytt og tarmvegg, deriblant pepsin, som er sentralt for å spalta protein ned til mindre peptid (Sjaastad et al., 2016). Den endelege spaltinga til aminosyrer og di- og tripeptid skjer inne i epitelcellene. Desse komponentane blir vidare absorbert over i blodet ved sekundær aktiv transport (Sjaastad et al., 2016). I levra kan glukogene aminosyrer bli omdanna til glukose (McDonald et al., 2011), som er ein nødvendig komponent i syntese av laktose og glyserol. Elles er forsyning av aminosyrer til juret sentralt for syntese av mjølkeprotein (Hermansen et al., 2003).

2.2.3 Feitt

Av makronæringsstoffa utgjer feitt den minste andelen i fôrrasjonar til drøvtyggjarar. Vanlegvis er feittinnhaldet på rundt 5 % (McDonald et al., 2011). Hovudkjelda til feitt i fôrrasjonar til mjølkekyr er kraftfôr, men også grovfôr inneheld små mengder feitt. Høgare feittinnhald enn 5 % kan ha negativ effekt på vommiljøet, dersom feittet ikkje er vombeskytta

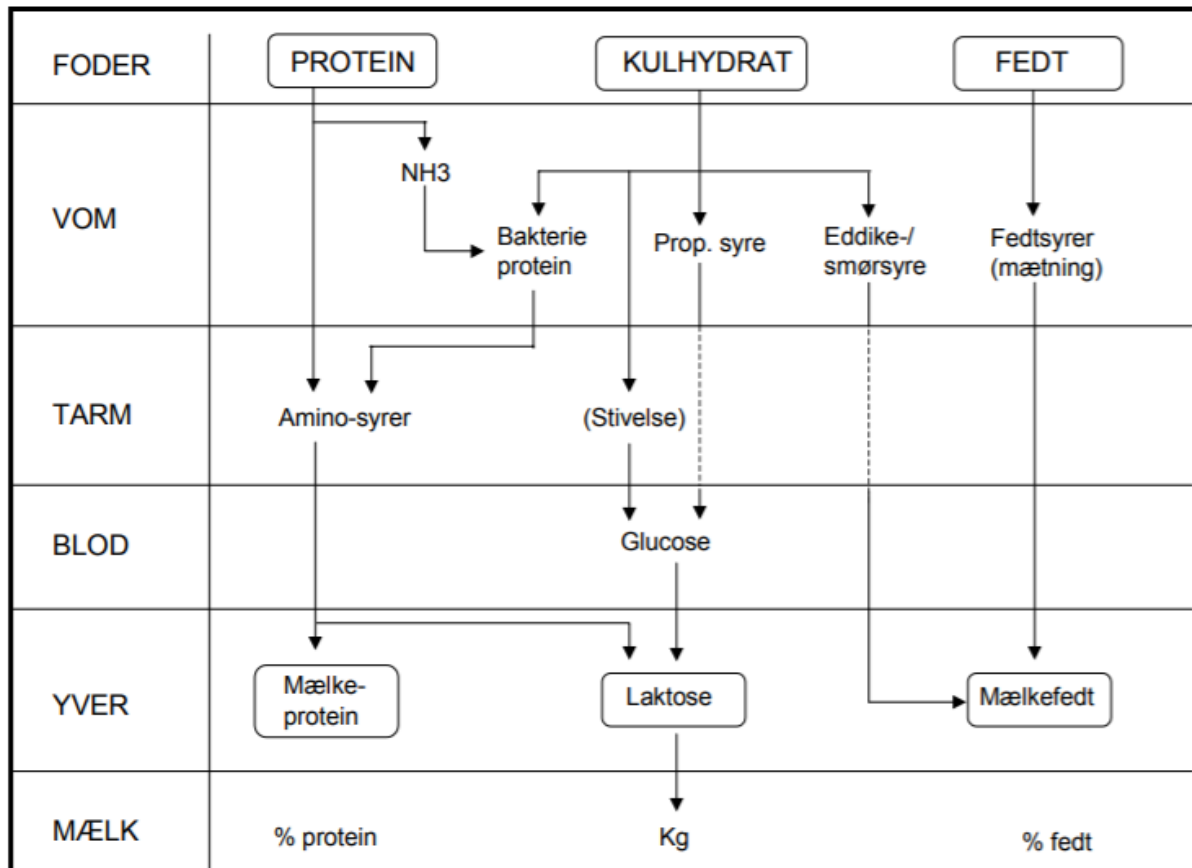
(Børsting et al., 2003). Årsaka er at feittsyrene kan ha toksisk verknad på mikrobane i vom (Børsting et al., 2003). Likevel er feitt ei viktig energikjelde, og er sentralt for feittinnhald i mjølk.

Feittsyrer blir ikkje fermentert i vom (Børsting et al., 2003). Likevel blir ein del feitt hydrolysert og hydrogenert i vom. Ved hydrolyse blir triglyserid og galaktolipid brote ned til frie feittsyrer, glyserol og eventuelt galaktose. Glyserol og galaktose blir vidare fermentert til VFA (Sjaastad et al., 2016). Vanlegvis blir nærmare 85 % av alt feitt hydrolysert i vom (Garton et al., 1961), men fôret si samansetjing og pH i vom påverkar grada av hydrolyse (Shingfield & Garnsworthy, 2012). Låg pH i vom har hemmande effekt på lipasane, galaktosidasane og fosfolipasane som er sentrale enzym i hydrolysen av feitt. Dermed kan rasjonar beståande av mykje stivelse redusera grada av hydrolyse av fôrfeitt i vom (Chilliard et al., 2007; Demeyer & Van Nevel, 1995).

Ved hydrogenering av feittsyrer bryt mikrobane i vom opp dobbelbindingane i umetta feittsyrer og settar dei med hydrogen, slik at ei umetta feittsyra blir metta (McDonald et al., 2011). Ein relativt stor del av feittet i ein drøvtyggarrasjon består av umetta feittsyrer, og i følge Grummer (1991) blir 60 til 90 % av alle umetta feittsyrer hydrogenert i vom. Dette forklarar kvifor det er vanskeleg å påverka feittsyresamansetjinga i mjølk. Hydrogenering av feittsyrer i vom er mest effektiv når rasjonen har høgt innhald av fiber og protein (Børsting et al., 2003). Dette skuldast at ein slik rasjon gjev feittsyrene ei større overflate å fordele seg på, som reduserer feittsyrene sin hemmande effekt på den mikrobielle omsetninga i vomma (Harfoot & Hazlewood, 1988).

Til trass for at mesteparten av feittet blir brote ned i vomma, skil drøvtyggarar ut både galle og enzymet lipase i tynntarmen, som mogleggjer nedbryting av vombeskytta feitt i tarm (Børsting et al., 2003). Likevel består hovuddelen av feitt i tarm som frie feittsyrer brote ned i vom bunde til fôrpartiklar (Sjaastad et al., 2016). Gallesaltar har ei avgjerande rolle i å bryta feittsyrene frå fôrpartiklane og danna miceller (Børsting et al., 2003). Micellene er vassløselege og nødvendige i transport av feittsyrer til tarmcellene for vidare absorpsjon over tarmveggen (Sjaastad et al., 2016). I tarmveggen skjer det re-esterifisering av feittsyrer og glyserol til nye triglyserid. Dette er derimot ikkje nødvendig for feittsyrer som består av mindre enn 10-12 karbonatom, då desse er løselege i vatn (Sjaastad et al., 2016). Dei blir transportert i blod bunde til proteinet albumin (Friedman & Nylund, 1980). Triglyserida vil forlata tarmcellene som kylomikron, som er dekkja av protein. Desse utgjer såkalla *very low*

density lipoprotein (VLDL), og gjer det mogleg å transportera feitt i lymfe og i blod til ulike organ, deriblant juret (Sjaastad et al., 2016).



Figur 2.5 Oversikt over nedbryting av næringsstoff til komponentar som inngår i mjølkesyntesen, og har effekt på kjemisk samansetjing i mjølk (Hermansen et al., 2003).

2.3 Syntese av mjølkefeitt

Mjølkeproduksjonen skjer i mjølkekjertlane i juret. Kua har fire mjølkekjertlar, der kvar kjertel har eigen utførselsgang, spene. Sjølve mjølkesyntesen skjer i alveolane inne i mjølkekjertelen, og er avhengig av tilgang på energi og byggesteinar. Mjølkefeittet består av rundt 97 % triglyserid (Chilliard et al., 2000), medan fosfolipid, kolesterol, diglyserid, monoglyserid og frie feittsyre utgjer resten (Bauman et al., 2011). Feittsyrene i mjølk stammar frå *de novo* syntesen i juret og frå feittsyre tilført frå blodet (Grummer, 1991). Feittsyrene i blodet kan ha opphav direkte frå føret eller frå mobiliserte kroppreservar (Grummer, 1991).

2.3.1 *De novo* syntesen

Totalt kan opptil 40 til 50 % av feittinnhaldet i mjølka stamma frå *de novo* syntesen (Sjaastad et al., 2016). Eddiksyre og β -hydroxysmørsyre frå vomma er dei viktigaste komponentane i *de novo* syntesen av mjølkefeitt (Sjaastad et al., 2016).

Syntesen startar ved at eddiksyre blir omdanna til acetyl-CoA (Sjaastad et al., 2016). Deretter bind enzymet acetyl- CoA karboksylase ei karboksylgruppa til acetyl-CoA og dannar molekylet malonyl-CoA. Syntesen kan også starta med β -hydroxysmørsyre og molekylet β -hydroksybutyryl-CoA (Bauman et al., 2011). Eddiksyre og β -hydroxysmørsyre bidrar like mykje til dei fire første karbonatoma i feittsyrene (Bauman et al., 2011). Forlenginga, eller elongeringa, av feittsyrene skjer vidare ved at enzymet feittsyresyntase bind to og to karbonatom frå eddiksyre til malonyl-CoA (Bauman et al., 2011). Malonyl-CoA kuttar av karbonkjeda ved ulike lengder, som resulterer i syntese av forskjellige feittsyrer (Bauman et al., 2011). Mekanismen for bestemming av kjedelengde er ikkje fullt ut forklart, men truleg har enzymet acyltioesterase i jurvevet ei sentral rolle i spaltinga (Bauman et al., 2011). *De novo* syntesen syntetiserer korte og mellomlange feittsyrer (Grummer, 1991), og feittsyrer med 14 eller færre karbonatom blir rekna for å vera eit utelukkande resultat av *de novo* syntesen (Hermansen et al., 2003). Dessutan blir rundt halvparten av palmitinsyreinnhaldet (C16:0) i mjølk vurdert å vera eit resultat av *de novo* syntesen i juret (Grummer, 1991).

2.3.2 Feittsyrer tilført frå blodet

Feittsyrer tilført frå blodet utgjer vanlegvis rundt 50 % av det totale feittinnhaldet i mjølka (Sjaastad et al., 2016). Type fôrassjon og kua sin energibalanse vil ha innverknad på produksjon av mjølkefeitt gjennom denne syntesevegen (Bauman et al., 2011).

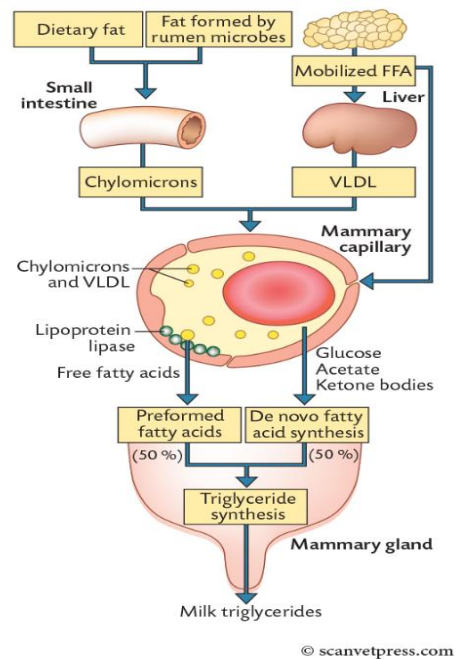
Feittsyrene frå fôret blir transportert i blodet ned til juret som triglyserid ved hjelp av kylomikroner eller VLDL (Sjaastad et al., 2016). Enzymet lipoproteinlipase ligg i kapillærveggen i mjølkekjertlane og har ei avgjerande rolle i å bryta VLDL ned til frie feittsyrer og glyserol, som blir absorbert inn i epitelcellene i mjølkekjertelen (Bauman et al., 2011). Mobiliserte feittsyrer kan derimot vandra i blodet som frie feittsyrer. Absorpsjon av desse feittsyrene er ikkje så grundig studert, men truleg har feittsyretransporterande protein og feittsyrebindande protein essensielle roller (Bauman et al., 2011).

Palmitinsyre er den kvantitativt viktigaste feittsyra som blir absorbert frå blodet (Grummer, 1991). Fôrfeitt og mobilisert feittvev blir rekna for å vera kjelda til langkjeda feittsyrer i mjølk (Hermansen et al., 2003). Høgare innhald av fôrfeitt i rasjonen vil gje lågare konsentrasjon av

kortkjeda og mellomlange feittsyrer i mjølk, medan innhaldet av dei lange feittsyrene vil auka (Hermansen et al., 2003).

2.3.3 Syntese av triglyserid

I alveolane blir *de novo*-feittsyrene og feittsyrene tilført frå blodet esterifisert med glyserol til nye triglyserid (Figur 2.6). Fleire triglyserid vil gå saman og danna ei feittkule som er omgitt av ein feittkulemembran. Feittkulene sirkulerer rundt i mjølka. Feittkulemembranen er viktig for å beskytta feittet mot lipolyse, som er ein spontan eller enzymatisk hydrolyse av feittsyrer i mjølk (Hermansen et al., 2003). Resultatet av lipolyse kan vera auka innhald av frie feittsyrer og nedsett smak i mjølka. Auka feittinnhald i mjølk har vist å gje auka feittkulestorleik (Wiking et al., 2003), som er negativt for mjølka sin lagringsstabilitet.



Figur 2.6 Triglyserid i mjølkefeitt blir syntetisert av feittsyrer frå *de novo* syntesen og feittsyrer tilført frå blodet (Sjaastad et al., 2006).

2.3.4 Feittsyresamansetjing i mjølk

Ei generell feittsyresamansetjing i mjølk er skissert i Tabell 2.1. Palmitinsyre, oljesyre og stearinsyre utgjer dei dominerande feittsyrene i kumjølk. Vanlegvis ligg feittinnhaldet i mjølk ein stad mellom 3,5 - 5,2 %, avhengig av rase, fôring, laktasjonsstadium og individuelle forskjellar (Opplysningskontoret for Meieriprodukter, u.å).

Stor grad av hydrogenering av dei lange umetta feittsyrene i vom resulterer i høg tilførsel av metta feittsyrer til juret (Børsting et al., 2003). I juret skjer det dehydrogenering av feittsyrer, der enzymet delta-9 desaturase spelar ei avgjerande rolle i omdanning av stearinsyre (C18:0) til oljesyre (C18:1) (Nakamura & Nara, 2004). Aktiviteten til delta-9 desaturase kan dermed i stor grad forklara det høge innhaldet (>20 %) av oljesyre i mjølk (Hermansen, 1995). Det blir antatt at rundt 60 % av all oljesyre i mjølk er eit resultat av delta-9 desaturase aktivitet (Bauman et al., 2011). Enzymet har også avgjerande rolle i å omdanna palmitinsyre (C16:0) til palmeteinsyre (C16:1), som finst i mjølk (Sjaastad et al., 2016). Til trass for dehydrogenering av feittsyrer i juret består rundt 64 % av mjølkefeittet av metta feittsyrer (Opplysningskontoret for Meieriprodukter, u.å).

Tabell 2.1 Generelt innhald av ulike feittsyrer i kumjølkk (Harstad & Steinshamn, 2010).

| Feittsyre | Namn | Innhald % |
|--------------------|---------------------------|-----------|
| Korte | | |
| C4:0 | Smørsyre | 2-5 |
| C6:0 | Kapronsyre | 1-5 |
| C8:0 | Kaprylsyre | 1-3 |
| C10:0 | Kaprinsyre | 2-4 |
| Mellomlange | | |
| C12:0 | Laurinsyre | 2-5 |
| C14:0 | Myritinsyre | 8-14 |
| C15:0 | Pentadecansyre | 1-2 |
| C16:0 | Palmitinsyre | 22-35 |
| C16:1 | Palmeteinsyre | 1-3 |
| C17:0 | Margarinsyre | 0,5-1,5 |
| Lange | | |
| C18:0 | Stearinsyre | 9-14 |
| C18:1, c9 | Oljesyre | 20-30 |
| C18:2, c9, c12 | Linolsyre | 1-3 |
| C18:3 | Linolensyre | 0,5-2 |
| C18:2 t9,c11 | Konjugert linolsyre (CLA) | 1 |
| Andre | | 5 |

Konjugert linolsyre (CLA) er eit resultat av hydrogenering av enten linol- eller linolenfeittsyrer i vom (Børsting et al., 2003). CLA opptrer i mange ulike isomerar, der C18:2 med cis-9, trans-11 konfigurasjon er den kvantitativt viktigaste og utgjer 82 % av CLA (Harstad et al., 2000). Innhald av CLA cis-9, trans-11 i mjølkk er av interesse då denne feittsyra har vist å ha gunstig effekt på human helse (O'Shea et al., 2000). Derimot har CLA med trans-10, cis-12 dobbelbinding blitt identifisert som ei feittsyra med inhiberende påverknad på feittsyntese (Baumgard et al., 2001), då den hemmar genar som koder for enzym som er essensielle i feittsyntesen (Baumgard et al., 2002). Denne feittsyra fører særleg til reduksjon av korte- og mellomlange feittsyrer i mjølkk (Baumgard et al., 2002), og vil vera framtreddande hjå kyr med feittdepresjon (Maxim et al., 2011). Vidare har isomeren trans- 9, cis- 11 CLA vist å ha negativ effekt på feittprosenten i mjølkk, sjølv om effekten er mindre enn

for CLA med trans-10, cis-12 (Perfield et al., 2007). Saman har desse konjugerte trans linolsyrene blitt viktige i forståinga av feittdepresjon, då dei er eit resultat av endra hydrogeneringsmønster i vom som følgje av fôringsforholda (Bauman et al., 2011).

2.4 Faktorar ved dyret som påverkar feittprosent i mjølk

Den kjemiske samansetjinga i mjølk varierer avhengig av mange faktorar, som individuelle forskjellar, rase, fôring, utmjølkingsstadium, helsetilstand, sesongvariasjonar, driftsforhold, laktasjonsstadium og laktasjonsnummer (Hermansen et al., 2003).

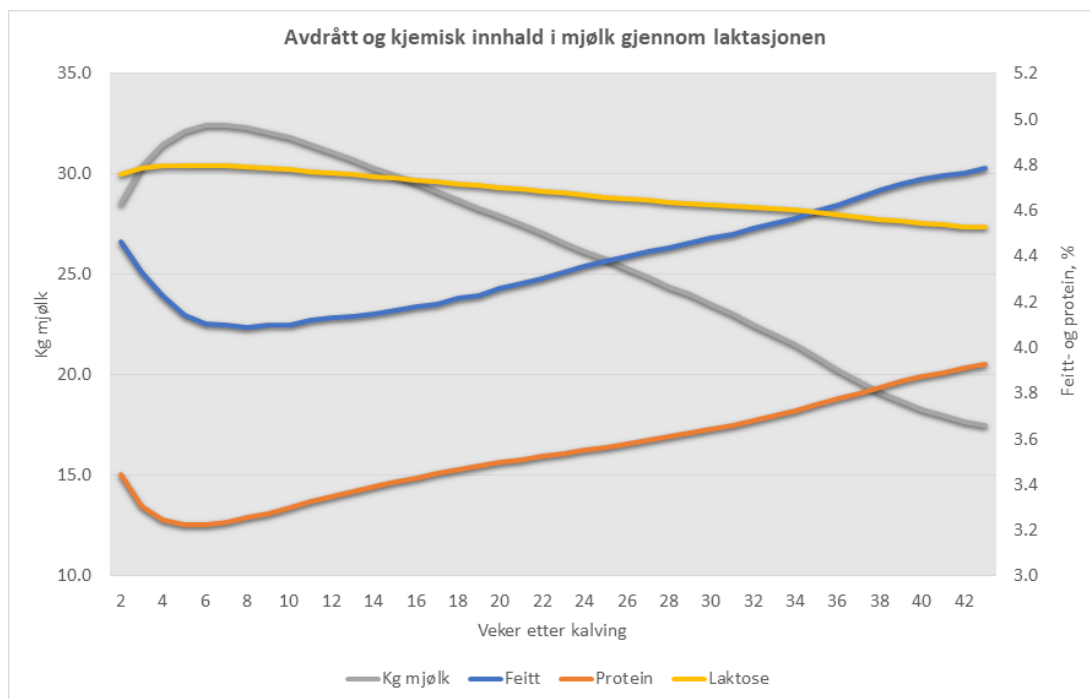
2.4.1 Laktasjonsstadium

Laktasjonsperioden har ei gjennomsnittleg varigheit på 305 dagar (Åkerlind et al., 2011). Dei første dagane etter kalving blir mjølka definert som kolostrum, også kjent som råmjølk.

Denne mjølka har høgare innhald av protein, feitt, mineral og vitamin, samanlikna med vanleg mjølk (Sjaastad et al., 2016). Denne mjølka skal ikkje leverast inn til meieriet, og vil derfor ikkje bli vidare omtalt.

Variasjon i mjølka si kjemiske samansetjing gjennom laktasjonen er illustrert i Figur 2.7.

Mjølkeytinga stig markant dei første vekene etter kalving, og er på topp ein til to månadar etter kalving (Sjaastad et al., 2016). Auka mjølkeproduksjon resulterer i uttynning av både feitt og protein i mjølk (Wood, 1976), og feitt- og proteininnhaldet i mjølk er lågast 40 til 50 dagar ut i laktasjonen (Schutz et al., 1990). Påfølgande vil feitt- og proteininnhaldet i mjølk stiga gradvis etter kvart som mjølkeproduksjonen går ned (Wood, 1976), og er på sitt høgaste ved laktasjonen sin siste dag (Schutz et al., 1990).



Figur 2.7 Mjølka si kjemiske samansetjing varierer gjennom laktasjonen (pers. med. Ingunn Schei, TINE Rådgiving 2021).

2.4.2 Rase

I Noreg er Norsk Rødt Fe (NRF) den dominerande mjølkekurasen (Geno, 2020b). Rasen er eit resultat av norsk krysningsavl som tok til på 1930 – talet (Geno, 2020a). Karakteristisk for NRF kua er at ho produserer både mjølk og kjøtt, og er ei såkalla kombinasjonsku. Per 31.12.2020 var 91,5 % av mjølkekyrne i kukontrollen NRF – kyr (TINE Rådgiving, 2020). Dermed kan årsstatistikken til TINE fungera som eit mål på gjennomsnittleg feittprosent hjå NRF, og resultatata frå 2020 viste ein gjennomsnittleg feittprosent på 4,36 % (TINE Rådgiving, 2020). Jersey har derimot ein feittprosent i mjølk mellom 5,9 - 6,1 % (Hermansen et al., 2003). Samanlikna med Jersey har NRF kyr lågare feittprosent i mjølk, men høgare yting (Berge, 1963). Derimot har NRF kyr lågare yting, men høgare feittprosent i mjølk samanlikna med Holstein kyr (Ferris et al., 2014).

2.4.3 Sesongvariasjon

Nordisk mjølk har lågast innhald av feitt og protein i sommarmånadane, og høgast innhald frå oktober til desember (Sargeant et al., 1998). Dette kan skuldast ulik fôring gjennom året, då sommarmjølk generelt har høgare innhald av kortkjeda feittsyrer (Ozrenk & Inci, 2008). Det er også registrert ein negativ korrelasjon mellom auka temperatur og innhald av feitt og protein i mjølk (Ng-Kwai-Hang et al., 1984). Forholdet mellom lys og mørke gjennom døgnet har også vist å kunna føra til endringar i mjølkeproduksjon og kjemisk samansetjing i mjølk

(Casati et al., 1998). Stor tilgang på lys har gitt reduksjon i fett- og proteininnhold i mjølk, truleg som ein konsekvens av høgare utskiljing av det mjølkeproduserande hormonet prolaktin (Tucker, 1989).

2.4.4 Energibalanse

Forskjellar og endringar i mjølka si kjemiske samansetjing kan også skuldast endring i fysiologiske effektar, som energibalanse (Friggens et al., 2007; Von Farries, 1983). Kyr er ofte i negativ energibalanse i tida etter kalving (National Research Council, 2001). For å dekkja energiunderskotet mobiliserer kyrne energi lagra i kroppsreserve. Kyr i godt hald ved kalving er i meir negativ energibalanse etter kalving, samanlikna med kyr i normalt eller lågt hald ved kalving (Pires et al., 2013). Likevel produserer kyr i godt hald mjølk med høgare konsentrasjon av fett og protein enn kyr i normalt eller lågt hald (Berry et al., 2007; Pires et al., 2013). Auka konsentrasjon av frie fettsyrer i blodet hjå dyr i godt hald kan underbygga at mobilisering av fettreserve er avgjerande for den høge fettprosenten (Pires et al., 2013). Til trass for dette har kyr i godt hald ved kalving auka fare for å utvikla ketose, som ein konsekvens av låg tilgang på glukose (Gillund et al., 2001). Denne tilstanden vil redusera dyret si helse og ha negativ effekt på mjølkeytinga og fruktbarheitsegenskapar (Andersson, 1988). Eit stabilt hald og god energidekning i fôrrasjonen i tida før kalving er vurdert å vera gunstig for mjølkeproduksjon og kjemisk samansetjing i mjølk i tidleg laktasjon (McNamara et al., 2003).

2.4.5 Driftsforhold

Automatiske mjølkingssystem (AMS) mogleggjer meir frekvent mjølking. Auka mjølkingfrekvens resulterer i høgare mjølkeavdrått, men lågare fettprosent i mjølk (Soberon et al., 2011; Wiking et al., 2006). Ferdig syntetisert mjølk blir lagra enten i alveolane, i mjølkesisterna eller i mjølkegangane i juret (Sjaastad et al., 2016). Opptil 80 % av mjølka kan bli lagra i alveolane, og denne mjølka har høgare feittinnhold samanlikna med mjølk som blir lagra i mjølkegangane eller i sisterna (Davis et al., 1998). Ayadi et al. (2004) observerte gjennomsnittleg ein fettprosent på 2,30 i sisternemjølkk og 5,04 i alveolemjølkk, men såg i tillegg at fettprosenten varierte med mjølkingfrekvens. Sisternemjølkk hadde høgast fettprosent kort tid etter mjølking, men blei drastisk redusert med forlengja mjølkingfrekvens. Motsett steig fettprosenten i mjølka frå alveolane med lengre frekvens mellom mjølkingane (Ayadi et al., 2004). Ved mjølking to gonger dagleg utgjer sisternemjølkk rundt 30 % av total mjølkeproduksjon (Bruckmaier et al., 1994), medan meir frekvent mjølking vil redusera innhaldet av sisternemjølkk (Ayadi et al., 2004). Den reduserte

feittprosenten i alveolemjølkk ved meir frekvent mjølking forklarar truleg reduksjon i feittprosent i mjølkk ved hyppigare mjølking.

2.4.6 Individuelle forskjellar

Individuelle forskjellar og besetningsforskjellar kan medverka til variasjon i feittprosent i mjølkk hjå NRF kyr. Mjølkekyr med høgare laktasjonsnummer produserer vanlegvis mjølkk med høgare feittinnhald, samanlikna med førstegongskalvarar (Hermansen et al., 2003). Det er kjent at fôring har innverknad på feittinnhald i mjølkk (Randby et al., 2012), då fôringa påverkar juret sin tilgang på næringsstoff som er viktige i syntese av mjølkekomponentar. Dette kjem ein tilbake til i kapittel 2.7. Dermed er dyret sin kapasitet til å ta opp fôr avgjerande for kjemisk samansetjing i mjølkk. I tillegg vil dyret si evne til å sortera fôr påverkar mjølka si kjemiske samansetjing (DeVries et al., 2011). Generelt driv førstegongskalvarar med høgare seleksjon av fôr og vel i stor grad vekk dei grovaste partiklane som inneheld fiber. Resultatet av denne åtferda gjev høgare fôreffektivitet, men redusert feittprosent i mjølkk (DeVries et al., 2011).

2.5 Grovfôr si betydning for feittprosent i mjølkk

Grasmateriale er ein viktig fôrressurs til drøvtyggarar. Hjå norske mjølkekyr utgjer grovfôr gjennomsnittleg 55-60 % av den totale fôrrasjonen (Volden, 2016). Grovfôr er kjenneteikna for å ha høgt innhald av strukturelle komponentar som har stor effekt på vommiljøet (Sjaastad et al., 2016). Randby et al. (2012) har dokumentert at grovfôr kvalitet har betydning for feittprosenten i mjølkk. Faktorar som grasart, lystilgang, haustetid og ensilering kan spela inn på grovfôret sine eigenskapar til å auka feittprosenten i mjølkk (Boufaed et al., 2003).

2.5.1 Grasart

Det finst mange ulike grasartar, der nokon eignar seg best til beiting, medan andre er gode til grovfôrproduksjon. Grasartane timotei (*Phleum pratense*), fleirårig raigras (*Lolium perenne*) og engsvingel (*Festuca pratensis*), og belgveksten raudkløver (*Trifolium pratense*) utgjer dei viktigaste artane i norsk grovfôrproduksjon. Timotei blir ofte sådd i blanding med engsvingel og raudkløver, då det har positivt avlingsutslag. Raudkløver i fôrrasjonen har vist å gje auka fôropptak og mjølkeyting, men redusert konsentrasjon av feitt og protein i mjølkk (Moorby et al., 2009; Vanhatalo et al., 2008).

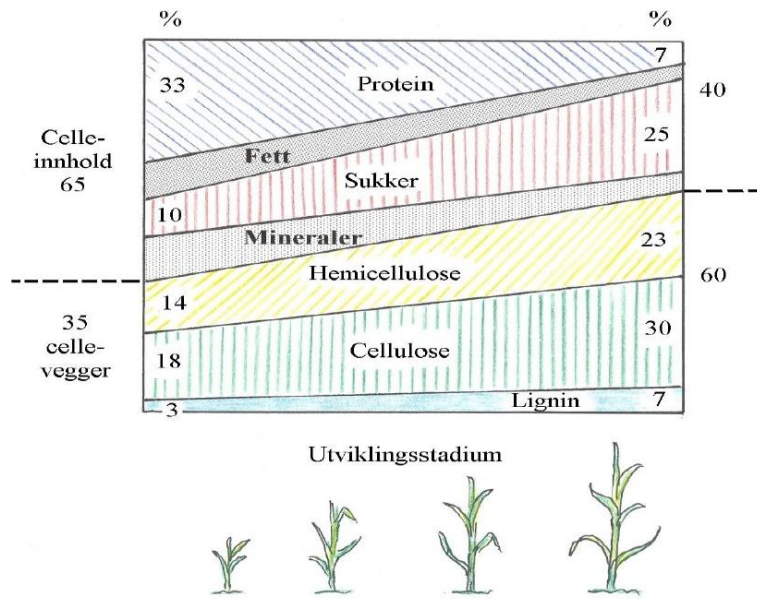
Timotei er kjenneteikna for stort avlingspotensial, god smak og for å vera vinterherdig (Bjørnå, u.å.b). Samanlikna med engsvingel og raigras har timotei lågast innhald av feitt, medan raigras har det høgaste feittinnhaldet på rundt 3 % av tørrstoffinnhaldet (Boufaed et al.,

2003). I gras er linolensyre, palmitinsyre og linolsyre dei dominerande feittsyrene, og til saman utgjer dei rundt 88 % av feittsyrene i graset (Boufaed et al., 2003). Til trass for at raigras har høgast innhald av feitt, viser eit norsk forsøk at raigras ikkje har signifikant effekt på å auka feittprosenten i mjølk samanlikna med timotei (Svendsen, 2010). Eit internasjonalt forsøk observerte også berre at raigras var numeriske betre for fôring for høg feittprosent i mjølk (Johnson & Thomson, 1996). Samanlikna med dei andre grasartane har raigras høgare innhald av umetta feittsyrer, som har vist å kunne ha ein negativ effekt på feittprosent i mjølk (Hermansen, 1989).

Forholdet mellom blad og stengel i planta vil ha betydning for den næringsmessige samansetjinga. Bladfraksjonen inneheld i stor grad dei lettomsattelege næringsstoffa, medan stengelen har høgt innhald av cellevegger, som er meir tungt fordøyelege (Nordheim-Viken & Volden, 2009). Raigras er eit strågras, men skyt ikkje i såingsåret (Bjørnå, u.å.a). Den høge bladandelen i raigras resulterer i høgare sukkerinnhald samanlikna med timotei (Chilliard et al., 2007). Sukker fungerer som nemnt som eit viktig substrat i *de novo* syntesen i juret, og kan vera forklaringa bak det høgare innhaldet av korte- og mellomlange feittsyrer i mjølk hjå dyr fôra med raigras (Svendsen, 2010). Vidare heng blad:stengel forholdet tett saman med fenologisk utviklingstrinn som er ein avgjerande faktor i bestemming av optimalt haustetidspunkt.

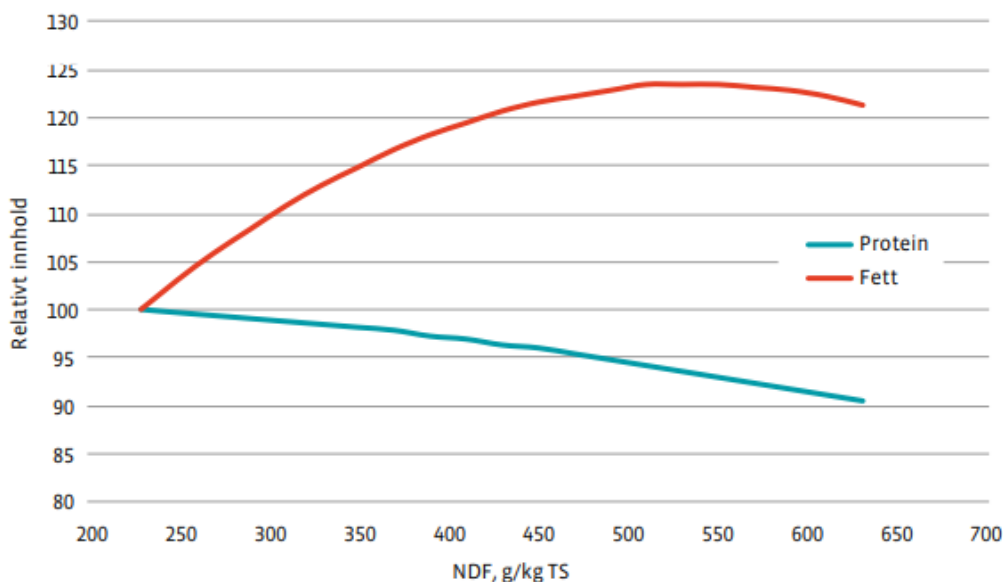
2.5.2 Haustetidspunkt

Haustetidspunktet har stor påverknad på planta sin næringsverdi og kjemiske samansetjing. Grasplanta vil endra kjemisk samansetjing ved morfologisk utvikling (Figur 2.8). Planta vil få auka behov for strukturelle komponentar for å halda seg i oppreist stilling. Dette resulterer i at planta får høgare andel cellevegger som har negativ effekt på fordøyelegheita.



Figur 2.8 Kjemisk sammensetning i gras ved ulike fenologiske utviklingstrinn (Osborn, 1980).

Ved auka fenologisk utvikling vil konsentrasjonen av protein og mineral gå ned, medan sukker og fiberfraksjonen (NDF) vil auka (Osborn, 1980). Auka innhald av NDF vil ha negativ påverknad på fôret sin fordøyelegheit og energikonsentrasjon (NEL20). Likevel er det viktig med tilstrekkeleg mengde NDF i rasjonen for å sikra eit godt vommiljø, med balansert pH og god mikrobeaktivitet (Kristensen et al., 2003). Innhald av NDF i rasjonen har vist å ha gunstig påverknad på feittprosent i mjølk (Oba & Allen, 1999). Dette er illustrert i Figur 2.9.



Figur 2.9 Fôrrasjonen sitt NDF innhald har effekt på feitt- og proteinprosent i mjølk (Volden, 2012).

Sukkerinnhaldet i grasmaterialet varierer gjennom døgnet og er i stor grad påverka av lystilgang og temperatur. Vekstforhold prega av låg temperatur med god lystilgang er fordelaktig for høgt sukkerinnhald i gras (Deinum, 1966). Vidare er rask fortørking sentralt for å bevare mest mogleg sukker i graset (Mo, 2005). Sukker blir rekna for å vera fullt fordøyeleg, og er som nemnt ein viktig komponent i syntese av β -hydroxysmørsyre, laktose i mjølk og fungerer også som substrat til mjølkesyrebakteriane under ensilering av grasmateriale (Sjaastad et al., 2016). Innhaldet av sukker i grasmateriale vil difor ha påverknad på graset sin gjæringskvalitet og mjølka si kjemiske samansetjing. Abrahamse et al. (2009) observerte at ein fôrrasjon med høgare innhald av sukker gav mjølk med høgare feittprosent.

Tidleg hausta grovfôr er gunstig for høg feittprosent i mjølk (Randby et al., 2012; Sveinsson & Bjarnadóttir, 2006). Grovfôr hausta ved eit tidleg utviklingstrinn stimulerer til høgare grovfôrinntak (Sveinsson & Bjarnadóttir, 2006), og høgt innhald av grovfôr i rasjonen har gunstig effekt på feittprosent i mjølk (Sterk et al., 2011). Likevel kan vêrforholda under vekstperioden verka inn på optimalt haustetidspunkt, då det er vist at den kjemiske samansetjinga i grasmaterialet kan vera ulikt til trass for likt fenologisk utviklingstrinn (Nordheim-Viken et al., 2003). Ved hausting bør også tørrstoffinnhaldet i grasmaterialet ligga rundt 35 prosent, då eit slikt tørrstoffinnhald stimulerer til auka grovfôrinntak (Huhtanen et al., 2007).

2.3.3 Ensilering

Ensilering er den dominerande konserveringsmetoden av gras i Noreg. Målet er å lagra vassrikt plantemateriale under anaerobe forhold for i størst mogleg grad bevare kvaliteten (Mo, 2005). Dei vanlegaste lagringsmetodane er pakking av gras i tårnsilo, plansilo eller i rundballar. Driftsforhold, hausting- og fôringsstrategi vil verka inn på valet av lagringsmetode.

Anaerobe forhold og låg pH i grasmaterialet har avgjerande betydning for å oppnå vellykka surfôrfermentering (McDonald et al., 2011). Anaerobe forhold hemmar vekst og utvikling av uønska aerobe mikroorganismar (Mo, 2005), medan låg pH i grasmateriale favoriserer mjølkesyrebakteriane framfor smørsyrebakteriar (klostridiar) og enterobakteriar (Sjaastad et al., 2016). Mjølkesyrefermentering er ønska då denne gjæringa er forbunde med minst energitap, samstundes som mjølkesyre er ei sterk syre som bidreg til å senka pH i grasmaterialet (McDonald et al., 2011). Stabil og låg pH i fôret er vesentleg for å oppnå stabile lagringsforhold (Mo, 2005).

Tilsetjing av ensileringsmiddel under hausting stimulerer til ein raskare kontrollert fermenteringsprosess (Mo, 2005). Dei vanlegaste ensileringsmidla blir klassifisert som fermenteringsstimulatorar eller fermenteringshemmarar (Mo, 2005). Tilsetjing av bakteriekultur, som homofermentative mjølkesyrebakteriar, fungerer som fermenteringsstimulator, der dei forbruker sukkeret i graset til å produsera mjølkesyre (McDonald et al., 2011). Kjemiske ensileringsmiddel blir vanlegvis omtala som fermenteringshemmarar, og har ei viktig rolle i å senka pH i grasmateriale (Mo, 2005). Forsøk utført av Gordon (1989) gav merkbart høgare feittinnhald i mjølk ved fôring av surfôr ensilert med maursyretilsetjing. Resultata til Mayne (1993) gav derimot ikkje så utslagsgjevande effekt på feittinnhald i mjølk ved maursyretilsetjing.

Tørrstoffinnhald ved hausting er ein viktig faktor i val av ensileringsmiddel, og vil også ha påverknad på den totale gjæringskvaliteten. Grasmateriale med lågt tørrstoffinnhald har auka fare for å bli intensivt gjæra (Randby, 2005). Huhtanen et al. (2003) fann at eit høgt totalinnhald av syrer i surfôr var den enkeltkomponenten i surfôrfermentering som hadde størst negativ effekt på feittprosent i mjølk. Elles viste også auka konsentrasjon av mjølkesyre, VFA og ammonium- N i grasmaterialet å gje redusert feittprosent i mjølk (Huhtanen et al., 2003). Etanolgjæring i surfôret, som skuldast gjærsopp, gav derimot høgare feittprosent i mjølk (Randby et al., 1999). Likevel er ikkje dette ein gunstig metode for å auka feittprosenten i mjølk, då etanolgjæring kan gje fôrsmak på mjølka (Randby et al., 1999).

2.6 Kraftfôr si betydning på feittprosent i mjølk

Hjå norske mjølkekyr utgjer kraftfôr vanlegvis 40 til 45 % av den totale fôrrasjonen (Volden, 2016). Kraftfôr er kjenneteikna for å ha høgt energi- og/eller proteininnhald og fungerer som eit viktig supplement til grovfôret, for å dekkja høgtytande mjølkekyr sitt behov for energi, protein, mineral og vitamin. Faktorar ved grovfôret vil derfor påverka valet av kraftfôrtype.

I Noreg er det vanleg å blande saman ulike råvarer til ei kraftfôrblending, der innhaldet av stivelse, fiber, protein og andre tilsetjingar i kraftfôrblendinga vil variera. Ulike blandingskombinasjonar resulterer i forskjellige kraftfôrtypar som gjer det mogleg å utfylla varierende grovfôrkvitetar. Hovudingrediensen er korn, og for mjølkekyr er bygg og havre mest brukt (Gjefsen, 2016). Kornsortane har høgt innhald av stivelse, som er ei viktig energikjelde (McDonald et al., 2011). Dermed er auka kraftfôrintak generelt fordelaktig for høg mjølkeproduksjon, men kan ha negativ effekt på feittprosent i mjølk (Sterk et al., 2011).

Ettersom auka feittprosent i mjølk har fått auka merksemd har kraftfôrfirma begynt å komponera kraftfôrblandingar som ikkje skal ha uheldige verknadar på feittprosenten i mjølk. Til trass for at kornprodukta i kraftfôret har eit naturleg innhald av feitt, er det vanleg å tilsetja ekstra feitt i kraftfôrblandingar. Dette blir gjort for å heve energiinnhaldet i fôret, og for å auka feittinnhaldet i mjølka (McDonald et al., 2011). Det er kjent at ulike feittsyrer og mengda tilskotsfeitt påverkar den mikrobielle omsetninga i vomma (Børsting et al., 2003). Dei vegetabiliske oljene, palmeolje og rapsolje, har høgt innhald av respektive palmitinsyre og oljesyre (Børsting et al., 2003), som er sentrale feittsyrer i norske kraftfôrblandingar. Metta feittsyrer har ein mindre hemmande effekt på den mikrobielle omsetninga i vomma, samanlikna med umetta feittsyrer (Børsting 2003). Dermed fungerer metta feittsyrer godt som tilskotsfeitt til drøvtyggarar, og har vist å vera gunstig for auka feittprosent i mjølk (Hermansen, 1987). Likevel bør ikkje totalrasjonen til ein drøvtyggar innehalda meir enn 5 % feitt, då det kan ha uheldige verknadar på den mikrobielle omsetninga i vomma (McDonald et al., 2011). Ved tilsetjing av vombeskytta feitt, formalinbehandla feitt og kalsiumsåper, i kraftfôr kan feittsupplementet vera litt høgare, då dette feittet har liten påverknad på vommiljøet (McDonald et al., 2011).

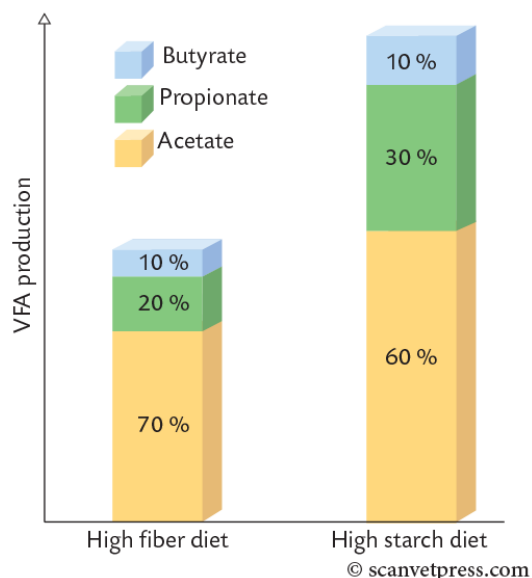
Vidare kan tilsetjing av andre komponentar i kraftfôret ha effekt på feittprosent i mjølk. Roesnitter (betepulp) er eit restprodukt etter sukkerproduksjon med høgt innhald av fiber, og tilsetjing i kraftfôr til mjølkekyr har gitt auka feittprosent i mjølk (Mansfield et al., 1994). Forsøket viste at roesnitter gav høgare eddiksyreproduksjon i vom (Mansfield et al., 1994), som truleg kan vera forklaringa bak auka feittinnhald i mjølk. Melasse er også eit restprodukt frå sukkerproduksjon, med høgt innhald av sukker. Melasse har god smak som fremmar auka fôropptak og truleg feittinnhald i mjølk (Morales et al., 1989). Tilsetjing av levande gjær i kraftfôr er også av interesse, då det har gitt tendens til auka feittinnhald i mjølk (Piva et al., 1993; Yalqin et al., 2011). Eit norsk forsøk fekk derimot ingen effekt av gjærtilsetjing på mjølkeproduksjon eller feittprosent i mjølk (Eilerås, 2019). Likevel blei det observert tendens til endra gjæringsmønster i vom, med lågare syreproduksjon og høgare pH i vom hjå dyr fôra med gjær (Eilerås, 2019). pH i vom er ein viktig faktor for effektiv feittsyntese og det kan bli tilsett bufferstoff i kraftfôrblandingar for å bidra til eit betre vommiljø. Eit eksempel er natriumbikarbonat, som også har vist å motverka fall i feittprosent i mjølk ved høg kraftfôrtildeling (Emery & Brown, 1961).

2.7 Fôring si betydning for feittprosent i mjølk

Samansetjing av grovfôr og kraftfôr i fôrrasjonar til mjølkekyr påverkar mjølkeytinga og den kjemiske samansetjinga i mjølka (Hermansen et al., 2003). Fôrnivå og fôringsfrekvens av rasjonen kan òg ha avgjerande betydning på grovfôrintak og produksjon (Weisbjerg et al., 2003).

2.7.1 Rasjonssamansetjing

Forholdet mellom grovfôr og kraftfôr i fôrrasjonen påverkar vommiljøet og gjæringsmønsteret i vom (Kristensen et al., 2003). Fôring med grovfôr har betydning for førebygging av vomacidose (sur vom), lågt feittinnhald i mjølk og låg mjølkeyting (Beauchemin et al., 1991). Generelt vil ein rasjon beståande av ein større del grovfôr resultera i høgare konsentrasjon av eddiksyre og β -hydroxysmørsyre i blodet, som er fordelaktig for høg feittprosent i mjølk (Storry & Sutton, 1969). Høgare andel kraftfôr vil derimot stimulera til auka propionsyreproduksjon i vom på kostnad av eddiksyregjæring, på grunn av kraftfôr sitt høge stivelsesinnhald (Figur 2.10). Auka konsentrasjon av propionsyre i vom har negativ effekt på feittinnhaldet i mjølk (Maxim et al., 2011). Eit forhold på 3:1 mellom eddiksyre og propionsyre i vom er vurdert som nødvendig for å oppretthalda feittinnhaldet i mjølka og unngå sur vom (vomacidose) (Kaufmann, 1976).



Figur 2.10 Nedbryting av grovfôr og kraftfôr gjev ulikt gjæringsmønster og ulik VFA konsentrasjon i vom (Sjaastad et al., 2016).

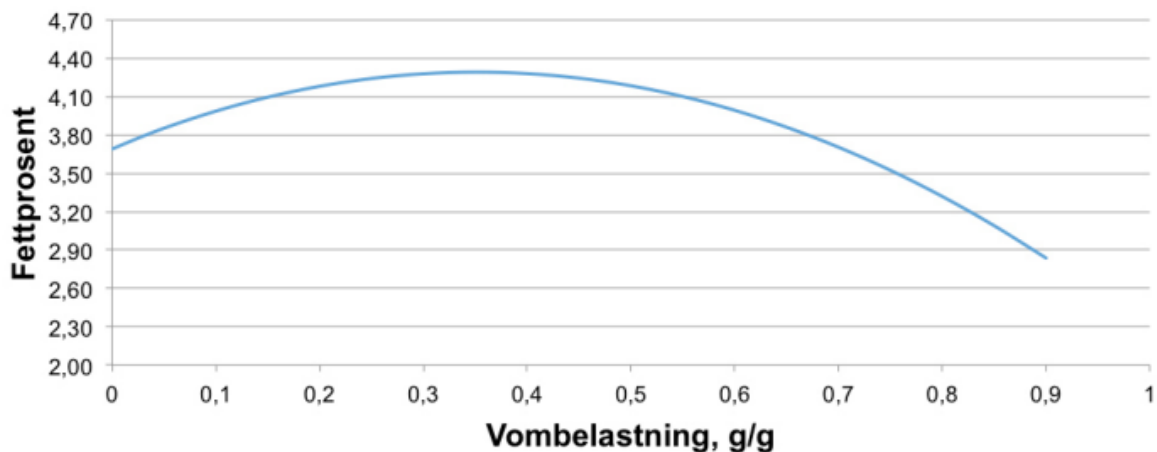
Vomacidose er ein tilstand der pH i vom fell ned mellom 5,6 – 5,2 (Owens et al., 1998).

Denne tilstanden fører til reduksjon i grovfôrinntak, mjølkeproduksjon, feittprosent i mjølk og generell helsetilstand (Stock, 2000). Ved akutt vomacidose kan pH i vom krypa ned mot 5,2 – 5,0 (Owens et al., 1998). Ein slik tilstand har ofte dødeleg utgang (Nagaraja & Lechtenberg, 2007).

Som ein konsekvens av vomacidose kan det oppstå feittdepresjon i mjølk. Ved feittdepresjon fell feittprosenten i mjølk under 3,2 % (Volden, 2012), utan at det skjer ei endring i den totale mjølkeproduksjonen eller i andre komponentar i mjølka (Bauman & Griinari, 2001). Eit høgt innhald av kraftfôr i fôrrasjonen til mjølkekyr kan føra til feittdepresjon i mjølk (Griinari & Bauman, 2006; Peterson et al., 2003). Elles har også rasjonar med høgt innhald av vegetabilsk feitt (Griinari & Bauman, 2006) og redusert partikkelstørrelse (Grant et al., 1990) vist å kunne fremma førekomst av feittdepresjon i mjølk. Felles for desse rasjonane er at dei stimulerer til propionsyreproduksjon i vom, som har ein hemmande effekt på frigjering av fettsyrer frå kroppsreserve og syntese av lipoprotein (Griinari & Bauman, 2006). Dette resulterer i at mjølkekjertelen får mangel på fettsyrer til fettsyntese (McClymount & Vallance, 1962). Fôrrasjonar til mjølkekyr bør derfor vera balansert samansett i forhold til lett- og tungtfordøyelege karbohydrat for å oppretthalda eit godt vommiljø, effektiv mjølkeproduksjon, fettsyntese og ivareta dyret si helsa (Owens et al., 1998). Fôrrasjonen si vombelastning eller tyggetid kan indikera kva effekt rasjonen vil ha på vommiljøet og dermed feittinnhaldet i mjølka.

2.7.1.1 Vombelastning

I det nye nordiske fôrvurderingssystemet, NorFor, er omgrepet vombelastning tatt i bruk for å skildra forholdet mellom lett- og tungt omsettelege komponentar i rasjonen (Volden & Larsen, 2011). Vombelastning uttrykker dermed rasjonen sin påverknad på vommiljøet. Då gjæringsmønster og vommiljø har stor påverknad på fettsyntese kan vombelastning også fungera som eit mål på å estimera feittinnhald i mjølk. Ved ei vombelastning i rasjonen på 0,38 er feittprosenten i mjølk vurdert å bli høgast (Figur 2.11). NorFor har sett 0,6 som øvre grenseverdi for anbefalt vombelastning i ein fôrrasjon (Volden et al., 2011b). Ved verdiar over dette vil vommiljøet vera lite gunstig for fettsyntese, produksjon og helsetilstand.



Figur 2.11 Forholdet mellom rasjonen si vombelastning og fettprosent i mjølk (TINE, 2021).

2.7.1.2 Tyggetid

Rasjonen si tyggetid kan òg fungera som eit mål på rasjonen sin effekt på vommiljøet. Dette er ein metode som har blitt tatt i bruk i NorFor for kvantitativ vurdering av rasjonen sitt innhald av fiber, som har avgjerande betydning for spyttsekresjon, lagdeling i vom og vommotilitet (Nørgaard et al., 2011). De Boever et al. (1993) observerte at seint hausta gras med meir lignifisering stimulererte til meir drøvtygging samanlikna med tidleg hausta gras. Drøvtygging er ein viktig faktor i å oppretthalda eit stabilt vommiljø, då spytt inneheld fosfor og bikarbonat som fungerer som buffer i vomma og er sentralt for å oppretthalda stabil pH i vom (Kristensen et al., 2003).

Tyggetidsindeks (CI) er ein utrekna verdi der summen av kraftfôret og grovfôret si etetid (EI) og drøvtyggingstid (RI) per kilo tørrstoff blir summert (Nørgaard et al., 2011). Kraftfôr har ei fastsett tyggetid på 4 min/kg TS (Nørgaard et al., 2011). Grovfôret si tyggetid blir rekna ut basert på innhald av NDF, partikkelstorleik og ein utrekna hardheitsfaktor, som er basert på innhald av iNDF (Nørgaard et al., 2010). Samla bør rasjonen ha ein tyggetidsindeks på over 32 min/kg TS for å hindra negative effektar på vommiljøet (Nielsen & Volden, 2011). Mertens (1997) registrerte at tyggetidsindeks på opptil 36,5 min/kg TS hadde positiv effekt på fettprosent i mjølk. Dette kan underbyggast av Zebeli et al. (2006) som fann at fettprosent i mjølk er sterkt korrelert med pH i vom, tyggetidsindeks og fibernedbryting i vom.

2.7.2 Fôrnivå

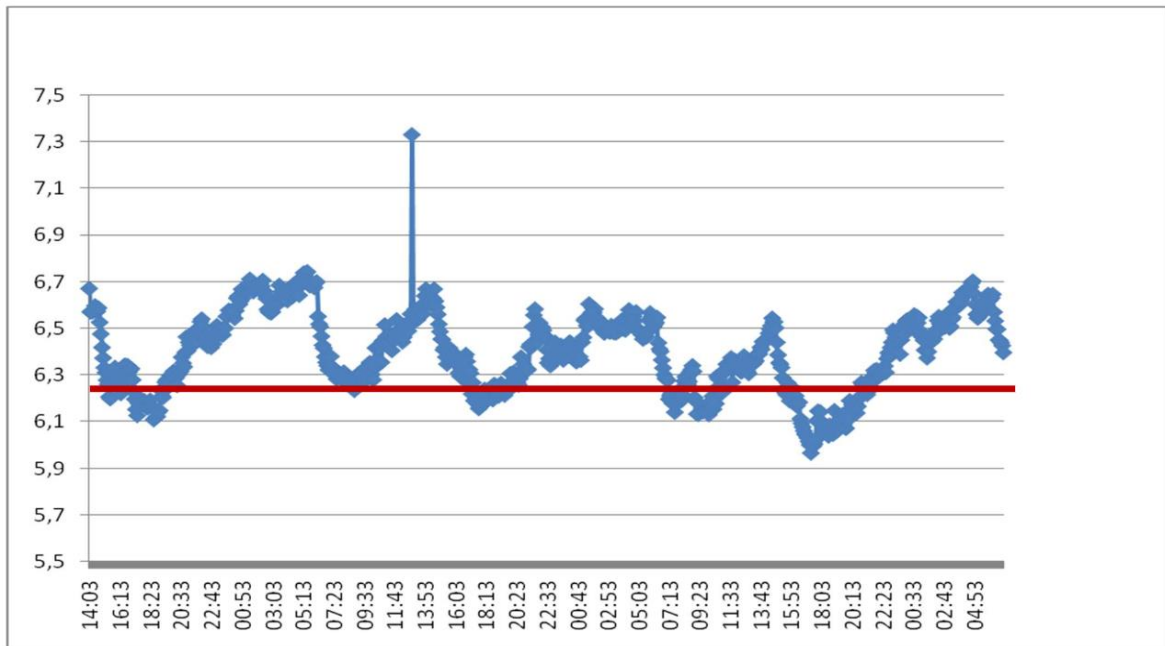
Fornivået påverkar passasjehastigheita og fordøyelegheita av rasjonen (Volden, 2011). Karbohydrata i celleveggane blir fordøya langsamt, og derfor vil opphaldstida i vomma (passasjehastigheita) vera avgjerande for kor stor del av rasjonen som blir fordøyd (Weisbjerg et al., 2003). Auka fôrnivå reduserer opphaldstida av NDF i vomma (Weisbjerg, 1999), som resulterer i redusert fordøyelegheit som følgje av endring i hastigheitskonstanten for nedbryting (Volden, 1999). Kraftfôr, og særleg stivelse, reduserer passasjehastigheita av NDF ut av vom, og dermed kan auking av fôrnivået med kraftfôr ha mindre verknad på passasjehastigheita enn forventa (Colucci et al., 1990). Likevel har Lund (2002) registrert at totalfordøyelegheita av NDF blir redusert ved kraftfôrtildeling. Trass dårlegare fordøying av rasjonen ved auka fôrnivå kan det auka fôrinntaket kompensera for dette, og samla gjev høgare energiforsyning til produksjon.

God energiforsyning er ein avgjerande faktor i effektiv mjølk- og feittsyntese (Kaufmann, 1976). Auka fornivå sikrar god tilgang på substrat som har vist å gje redusert pH og auka syreproduksjon i vom, særleg produksjon av propionsyre (Nørgaard, 1987). Generelt stimulerer auka fornivå til høgare mjølkeproduksjon, som kan redusera feittinnhaldet i mjølka (Friggens et al., 1995). Likevel hevdar Sutton et al. (1986) at innhaldet av kjemiske komponentar i mjølk aukar tilnærma proporsjonalt med mjølkemengde ved auka fôrnivå. Hovudsakleg blir fornivå skilt mellom appetitt- og restriktiv fôring. Appetittfôring på kraftfôr er positivt for å auka mjølkeproduksjon, men gjev merkbart fall i feittprosent i mjølk (Olsen et al., 1966). Derimot har fôring av grovfôr på appetitt og restriktiv tildeling av kraftfôr vist å gje gunstig effekt på både mjølkeyting og feittprosent i mjølk (Swanson et al., 1967).

2.7.3 Fôringsfrekvens

Det er registrert at pH i vom svingar i takt med fôring (Figur 2.12). Hovudsakleg fell pH i vom etter fôring, storleiken på reduksjonen er avhengig av faktorar ved fôrrasjonen som fornivå og samansetjing (Macmillian et al., 2017). Stor tilgang på substrat til mikrobane i vom etter fôring kan truleg forklara fallet i pH. Periodevis låg pH i vom har negativ påverknad på fôrinntak, metabolisme, fordøying og feittprosent i mjølk (Dijkstra et al., 2012). Dijkstra et al. (2012) hevdar at det skuldast at vommikrobane endrar nedbrytingsveg når pH i vom endrar seg. Dermed er pH i vom ein faktor som regulerer kva næringsstoff som er tilgjengelege for absorpsjon og dermed produksjon. Feittinnhald i mjølk er sterkt relatert til pH i vom, og ein reduksjon i pH vil ha negativ effekt på feittprosent i mjølk (Enjalbert et al., 2008). Dette

skuldast truleg at den cellulolytiske aktiviteten i vomma blir redusert, som vil gje redusert fibernedbryting og dermed redusert eddiksyreproduksjon.



Figur 2.12 pH i vom varierer gjennom døgnet. Den røde streken marker pH på 6,2. Verdier under dette har negativ påverknad på den cellulolytiske aktiviteten i vom (Volden, Forelesingskurs HFX255 06.02.20)

Meir frekvent fôring er antatt å føra til meir stabil pH i vom gjennom døgnet (Kaufmann, 1976). Effekten av fôringsfrekvens på gjennomsnittleg pH i vom er derimot omdiskutert, då nokre forsøk har gitt lågare gjennomsnittleg pH (Sutton et al., 1986; Yang & Varga, 1989), medan andre har gitt høgare gjennomsnittleg pH i vom ved meir frekvent fôring (Robinson & McQueen, 1993). Likevel har frekvent fôring gitt positivt utslag på både feitt- og proteininnhald i mjølk (Macmillian et al., 2017; Yang & Varga, 1989). Ved høgare fôringsfrekvens har det blitt registrert endring i etemønster, med reduksjon på føremiddagen og auking på natta, slik at variasjonen gjennom døgnet er redusert (Macmillian et al., 2017). Dette kan underbygga påstanden til Yang og Varga (1989) om at jamn tilførsel av næringsstoff til mikroorganismene er forklaringa bak høgare feittprosent i mjølk ved meir frekvent fôring.

3.0 Eiga undersøking

3.1 Material og metode

3.1.1 Datauttak

Datamaterialet som ligg til grunn er henta frå leverandør- og kukontrollen 2020, og på grunn av GDPR- reglementet er all data anonymisert (TINE Rådgiving, 2020). Data består av registreringar frå innefôrings sesongen 2020 definert som januar til og med april og oktober til og med desember 2020, og går altså over to førsesongar. For å ha kontroll på parametrar som har stor påverknad på feittprosenten vart utplukka gjort med bakgrunn i data frå kukontrollen. Besetningane skulle ha 100 % NRF-kyr, og minst 10 kyr i kukontroll. I tillegg vart det sett krav om at det skulle vere 7 kontrollar med individuell mjølkeveging og kraftfôrregistrering i den definerte innefôringsperioden. For kvar av kontrollane skulle gjennomsnittleg laktasjonsstadium til kyrne ligga mellom 100 og 200 dagar etter kalving for å unngå sterk effekt av tidleg- og seinlaktasjon på feittprosenten i mjølk. Desse krava gjorde at mange besetningar ikkje kom med, og det stod att 967 besetningar som oppfylte krava.

Det vart så laga eit gjennomsnitt av dei 7 kontrollane som skulle representera kontrolldata i innefôringsperioden. Frå kukontrollen blei det henta ut informasjon om laktasjonsstadium (dagar i mjølk (DIM)), dagleg inntak av kraftfôr (kg/ku) og dagleg mjølkeyting (kg). Det blei så henta ut leverandørdata for dei 967 produsentane for dei tilsvarende 7 månadene.

Leverandørdata inneheldt informasjon om kvotestorleik (liter), levert mjølk (liter), kvotefylling (%) og kjemisk samansetjing av mjølka (innhald av feitt, protein, laktose, urea, celler og frie fetttsyre). Det blei først laga eit gjennomsnitt av feittprosenten per månad per produsent, vidare blei gjennomsnittet av dei 7 månadane nytta som årssnitt for feittprosenten per produsent. Tilsvarende vart gjort for alle dei kjemiske komponentane i leverandørmjølka. Frå årsstatistikkane i kukontrollen frå 2020 vart det henta ut informasjon om årsavdrått (kg mjølk og kg energikorrigert mjølk (EKM)), kraftfôr per 100 kg EKM og MJ NEL20 utanom kraftfôr. MJ NEL20 utanom kraftfôr skulle kunne seia noko om grovfôrinntaket. I variablane frå årsstatistikkane inngår produksjonen for heile året, også beiteperioden. Elles blei informasjon om besetningsstorleik (tal mjølkekyr), mjølkingssystem (rørmjølkingssystem, mjølkegrav, AMS Lely og AMS Delaval) og fôringsystem (separert fôring, delvis fullfôr med kraftfôr og delvis fullfôr utan kraftfôr) henta frå årsstatistikken i kukontrollen.

Grovfôranalysane til produsentane som var inkludert i datasettet blei henta ut frå FAS (Feed analysis system), NorFor sin database for fôranalysar frå norske produsentar (TINE Rådgiving, 2020). Sidan data for 2020 går over to fôrsesongar, blei fôranalysar frå 2019 og 2020 brukt som grunnlag for å studera fôrkvaliteten hjå produsentane. Det blei rekna ut eit gjennomsnitt av alle fôrprøvar frå 2019 og 2020. Grovfôranalysane innehaldt informasjon om innhald av tørrstoff (g/kg), råprotein (g/kg TS), løyseleg råprotein (g/kg råprotein), NDF (g/kg TS), sukker (g/kg TS), aske (g/kg TS) og fordøyelegheita av organisk material (OMD) (%), analysert ved hjelp av infrarød stråling (NIR). I tillegg innehaldt grovfôranalysane parametrar til å vurdere gjæringskvaliteten (mjølkesyre, eddiksyre, ammoniakk og pH) og fôrverdi (iNDF, NEL20, AAT20 og PBV20).

Leverandør- og kukontrolldata frå 2019 blei ikkje nytta sidan dette var eit spesielt år. Tørken sommaren 2018 ga fôrmangel, unormalt høgt kraftfôrforbruk og lite grovfôr det påfølgjande året fram til våren 2019. Sidan datagrunnlaget med berre eit år (2020) kan gje tilfeldige utslag, vart feitt- og proteinregistreringane i 2019 nytta til å vurdere korrelasjonen mellom feitt- og protein i mjølk mellom 2019 og 2020. Det blei sett krav til at produsentane måtte ha registreringar i både 2020 og 2019, som resulterte i at tal produsentar blei redusert til 854. Det blei observert å vera ein korrelasjon på 0,83 mellom feittprosenten i mjølka mellom 2019 og 2020. For proteininnhaldet i mjølka blei det registrert ein korrelasjon på 0,80. Dette blei vurdert som relativt høge korrelasjonar, som tyder på at dei same produsentane hadde høgt feittprosent i både 2019 og 2020, noko som styrker truverdnet til datamaterialet.

3.1.2 Variablar

3.1.2.1 Leverandørdata

Kjemiske komponentar i leverandørmjølka (tankmjølka) blir analyserte på distriktslaboratoria til TINE, basert på FTIR (fourier transform infrared) analyse. Mjølka blir analysert for innhald av feitt, protein, laktose, urea, celler og frie feittsyrer. Dette er variablar som fortel om mjølka sin kjemiske- og hygieniske kvalitet og inngår i mjølkebetalingssystemet til TINE.

3.1.2.2 Kukontrolldata på månadsbasis

Produksjonsvariablane er henta frå kukontrollen, nokon kjem frå årsstatistikkane og andre frå månadskontrollane. Det er eit krav om 11 månadskontrollar på individnivå per år. Dei fleste har ein kontroll i månaden på innefôring. Månadskontrollane gjev informasjon om dagsavdrått (kg/ku), kraftfôrinntak (kg/ku/dag) og laktasjonsstadium (DIM), og er basis for

kravet om dei sju kontrollane i datautplukket. Variablane i månadskontrollen er grunnlaget for å kunne rekna ut årsgjennomsnittet for årsavdrått /årsku.

3.1.2.3 Årsstatistikkane i kukontrollen

Årsstatistikkane er henta frå kukontrollen, og er eit resultat av årsproduksjonen i besetninga. Variablane som er henta frå årsstatistikken er kraftfôrinntak (kg/ 100 kg EKM), MJ utanom kraftfôr og årsavdrått (kg EKM/ årsku og kg mjølk/ årsku). Årsavdråtten blir rekna ut basert på månadskontrollane for kvar ku. Ei årsku er definert som ei ku med 365 fôrdagar etter første kalving.

Energikorrigert mjølk (EKM)

Kg EKM blir rekna ut i årsstatistikken i kukontrollen basert på månadskontrollane.

Mjølkeproduksjonen blir energikorrigert for innhald av feitt, protein og laktose etter likning 1 (Sjaunja, 1990).

$$EKM \text{ kg} = \text{kg mjølk} \times (0,01 + 0,122 \times \text{feitt}\% + 0,077 \times \text{protein}\% + 0,053 \times \text{laktose}\%) \quad 1$$

Kraftfôr per 100 kg EKM

Uttrykk for kraftfôrinntaket i mjølkeproduksjonen, der mengde kraftfôr (kg) blir dividert på mjølkeproduksjonen (kg EKM).

MJ utanom kraftfôr

Forventa grovfôrinntak i rasjonen blei rekna ut basert på ei baklengs utrekning utifrå formlar i NorFor. Formlane som ligg til grunn reknar ut energibehovet til dyret i forhold til vekt, alder, yting, laktasjonsstadium og drektigheit (Nielsen & Volden, 2011). Frå det totale energibehovet blir tildeling av energi i kraftfôr og energi knytt til mobilisering og deponering av kroppsreserve trekt ifrå. Det resterande energibehovet utgjer energi som må koma frå anna fôr. I Noreg utgjer denne delen hovudsakleg grashaldigt grovfôr. Dermed blir denne talverdien omtalt som grovfôrinntaket i denne oppgåva, sjølv om den kan innehalde maissurfôr, mask, betar eller anna fôr.

3.1.2.4 Grovfôranalysar

Grovfôranalysar blei henta frå NorFor sin database (FAS), som inneheld grovfôranalysane til norske mjølkeprodusentar. Dei fleste fôranalysane er basert på ei NIR (near infrared) analyse. NIR er ei hurtiganalyse som er kalibrert mot kjente kjemiske metodar. Innhald av tørrstoff, råprotein, løyseleg råprotein, sukker, aske, NDF, OMD, mjølkesyre, eddiksyre, ammoniakk

og pH er analysert ved NIR. Innhold av iNDF kan vera både analysert ved hjelp av NIR eller rekna ut basert på innhold av OMD, NDF og aske (Volden et al., 2019). Variablar som omtalar fôrverdien (NEL20, AAT20, PBV20) blir rekna ut (Volden & Nielsen, 2011).

Fôret sin energi- og proteinverdi (NEL20, AAT20 og PBV20)

Bestemming av fôret sin energi- og proteinverdi er basert på formlar som er definert i NorFor-systemet (Volden & Larsen, 2011; Volden & Nielsen, 2011). Utrekning av fôrverdiene er basert på eit standard fôrinntak til mjølkekyr på 20 kg tørrstoff, der forholdet mellom grovfôr og kraftfôr er 1:1.

NEL20 uttrykker fôret sin energiverdi, og blir oppgitt i MJ/ kg TS. Fôrrasjonen sin energiverdi (NEL20) skal dekkja dyret sitt energibehov til vedlikehald, laktasjon, vekst og eventuell fosterutvikling. I utrekning av NEL20 inngår fleire variablar i fôret som blant anna OMD, stivelse, råprotein, NDF og gjæringsprodukt (Volden, 2011).

AAT20 og PBV20 uttrykker fôret sin proteinverdi. AAT20 utgjer summen av aminosyrer frå mikrobeprotein, bypass protein og endogent protein som blir absorbert i tarmen, og blir oppgitt i g/dag (Volden & Nielsen, 2011). Dagsbehovet for AAT20 er summen av behovet for AAT20 til vedlikehald, laktasjon, vekst, mobilisering og deponering og eventuell fosterutvikling (Volden & Nielsen, 2011). PBV20 uttrykker tilgjengelegheita av protein i vom til mikrobiell vekst, som er eit resultat av forholdet mellom energi og protein i vom (Volden & Larsen, 2011). Behovet for PBV20 blir kalkulert utifrå produksjon av kg EKM. Ei ku som produserer meir enn 20 kg EKM må ha PBV20 på over 10 g/kg TS (Volden & Nielsen, 2011).

3.1.2.5 Generell besetningsinformasjon

Produsentane blei gruppert etter fylke basert på produsentnummer. Informasjon om mjølking- og fôringssystem blei henta frå kukontrollen. Produsentane legg sjølv inn informasjon om dei har rørmjølkingssystem, mjølkegrav, AMS Lely, AMS Delaval, AMS GEA, AMS Sac eller AMS andre, og kva for fôringssystem dei nyttar av separat fôring, PMR (delvis fullfôr) med kraftfôr eller PMR utan kraftfôr. Storleiken på mjølkeproduksjonen i dei ulike besetningane er basert på kvotestorleik (liter) og levert mjølk (liter). Informasjon om desse variablane er også henta frå kukontrollen.

3.1.3 Spørjeundersøking

Det blei laga ei spørjeundersøking for å få meir detaljert innsikt i fôringa, og utfyllande informasjon om mål og driftsforhold hjå produsentane med høgast feittprosent i mjølk. Målet med undersøkinga var å kartlegga om det var nokre fellestrekk i fôringa, driftsforholda og målsetjinga hjå produsentane med høgast feittprosent i mjølka.

Spørjeundersøkinga bestod av 15 spørsmål. Av dei 15 spørsmåla hadde 13 svaralternativ, medan 2 spørsmål hadde kommentarfelt for å gje produsentane moglegheit til å fylla ut svaret.

TINE utforma spørjeundersøkinga i programvara Microsoft Forms, som er ein del av Office 365. Resultata frå undersøkinga blei eksportert inn i Microsoft Excel for vidare behandling og utforming av tabellar.

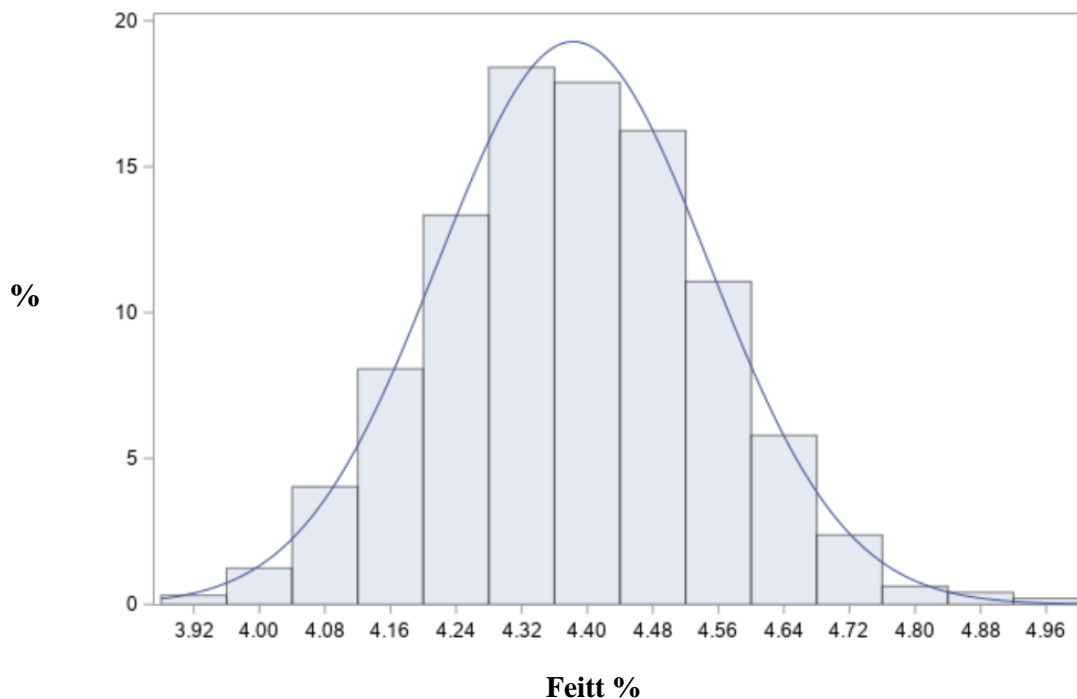
TINE sendte ut den anonyme spørjeundersøkinga til dei 25 % av produsentane med høgast feittprosent i mjølka i 2020. I alt fekk 248 produsentar undersøkinga tilsendt på e-post.

Undersøkinga var tilgjengeleg i to veker. Midtveis blei det sendt ut ei påminning til produsentane om å svara på undersøkinga. Totalt var det 142 som svarte på undersøkinga, som resulterte i ein svarprosent på 57 %.

3.1.4 Gruppering av produsentar basert på feittprosent

Grupperinga av produsentane er utført i statistikkprogrammet SAS versjon 9.4 (SAS Institute, 2016). Resultata er framstilt i tabellar utforma i Microsoft Excel.

Det blei først køyrd *proc univariate* i SAS (SAS Institute, 2016). Under kommandoen blei det etterspurt etter normalfordelingskurva til feittprosentregistreringane (Figur 3.1). Kurva viser at observasjonane er normalfordelte, og ingen blir vurderte som outliarar.



Figur 3.1 Normalfordelingskurva for feittprosentregistreringane i datasettet.

For å studera fellestrekk hjå produsentane med høg feittprosent mot produsentane med lågare feittprosent blei observasjonane delt inn i låg, middels og høg feittklasse ved hjelp av *proc univariate* analysen i SAS (SAS Institute, 2016). Grensa for låg og høg feittklasse blei sett for dei 25 % lågaste og høgaste verdiane. Middelerdien er basert på dei resterande observasjonane som ligg mellom lågt og høgt feittnivå, og utgjer cirka 50 % av observasjonane. Feittprosenten i dei ulike feittklassene er vist i Tabell 3.1.

Tabell 3.1 Feittprosenten i mjølk i tre ulike feittklasser, 1=låg, 2=middels og 3=høg.

| Feittklasse | 1 | 2 | 3 |
|----------------------|--------|-------------------|--------|
| Feittprosent % | < 4,27 | ≥ 4,27 til < 4,49 | ≥ 4,49 |
| Snitt feittprosent % | 4,18 | 4,38 | 4,59 |
| Tal produsentar (n) | 246 | 473 | 248 |

Proc means kommando i SAS (SAS Institute, 2016) blei nytta for å få fram informasjon om variasjonen innanfor dei ulike variablane i datasettet. Korrelasjonane mellom feittprosent i mjølk og dei ulike variablane i datasettet vart rekna ut ved hjelp av kommandoen *proc corr* i SAS (SAS Institute, 2016).

Det blei køyrd *proc freq* (SAS Institute, 2016) for å få informasjon om kor mange produsentar som hadde grovfôranalysar tilknytt sin produksjon. Totalt var det 3196 grovfôranalysar som var fordelt på 634 produsentar. Dermed hadde 65,7 % av alle produsentane i datasettet tilgjengelege grovfôranalysar. I snitt hadde desse produsentane 5 fôrprøvar kvar, men det varierte frå 1 til 24. Fordelinga av produsentar med grovfôranalyse fordeler seg jamt mellom dei ulike feittklassene (Tabell 3.2).

Tabell 3.2 Tal produsentar med grovfôranalyse og tal analyser i dei ulike feittklassane.

| Feittklasse | 1 | 2 | 3 |
|--|-----|------|-----|
| Tal produsentar med grovfôranalyse (n) | 163 | 311 | 160 |
| Tal grovfôranalysar (n) | 837 | 1641 | 718 |

3.1.5 Statistiske analyser

For å undersøka effekt av driftsforhold, fôring og mjølkeproduksjon på feittprosent i mjølk blei det nytta *proc mixed* i SAS versjon 9.4 (SAS Institute, 2016) Modellen som blei nytta var:

$$Y_{ijklmnopq} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + \gamma_l + \delta_m + \theta_n + \eta_o + \zeta_p + \lambda_q + \varepsilon_{ijklmnopq}$$

$Y_{ijklmnopq}$ = gjennomsnittleg feittprosent for dei observerte variablane

μ = gjennomsnitt for alle observasjonar

α_i = effekt av mjølkesystem (i = rørmjølkingssystem, mjølkegrav, AMS Lely, AMS Delaval)

β_j = effekt av fylke (j = Viken, Innlandet, Vestfold og Telemark, Agder, Vestland, Rogaland, Møre og Romsdal, Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark)

τ_k = effekt av kg kraftfôr/ku/dag (k = 3,7... 15,5)

γ_l = effekt av MJ utanom kraftfôr (l = 37...107)

δ_m = effekt av kg mjølkeavdrått/ku/dag (m = 15,4... 40,0)

θ_n = effekt av protein % (n = 3,20... 3,79)

η_o = effekt av laktose % (o = 4,55...4,85)

ζ_p = effekt av frie feittsyrer mmol/l (p = 0,32 ... 0,80)

λ_q = effekt av urea mmol/l (q = 2,67... 6,54)

$\varepsilon_{ijklmnopq}$ = tilfeldig feil, som er antatt å vera normalfordelt med $\sigma^2 = 0$

I datasettet var det produsentar som hadde andre AMS-system enn Lely og Delaval, men sidan det var få observasjonar blei det bestemt at desse skulle ekskluderast frå modellen.

Analysen *proc reg* (SAS Institute, 2016) blei køyrd for å finna modellen si forklaringsgrad for feittprosent i mjølk og den predikerte verdien frå mixed modellen.

For å studera effekten av grovfôr kvalitet og besetningsvariablar på feittprosenten i mjølk blei det nytta *proc mixed* (SAS Institute, 2016) Variablar som ikkje hadde signifikant effekt vart ekskludert ut av modellen. Resultatet blei modellen nedanfor:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + \gamma_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = gjennomsnittleg feittprosent for dei observerte variablane

μ = gjennomsnittet for alle observasjonar

α_i = effekt av mjølkesyreinnhald g/kg TS ($i = 7 \dots 91$)

β_j = effekt av iNDF g/kg NDF ($j = 106 \dots 260$)

τ_k = effekt av fylke ($k =$ Viken, Innlandet, Vestfold og Telemark, Agder, Vestland, Rogaland, Møre og Romsdal, Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark)

γ_l = effekt av mjølkingsystem ($l =$ rørmjølkingsystem, mjølkegrav, AMS Lely og AMS Delaval)

ε_{ijkl} = tilfeldig feil, som er antatt å vera normalfordelt med $\sigma^2 = 0$

For å studera effekten av feittklasse, mjølkingsystem og fylke på ulike variablar blei det også nytta *proc mixed* (SAS Institute, 2016). Då blei modellen som er skildra nedanfor nytta:

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + \gamma_l + \delta_m + \alpha_i\beta_j + \varepsilon_{ijklm}$$

Y_{ijklm} = gjennomsnitt av den observerte variabelen for feittklasse i , mjølkesystem j , fylke k , fôringssystem l og dagar i mjølk m

μ = gjennomsnitt for alle observasjonar

α_i = effekt av feittklasse ($i = 1, 2, 3$)

β_j = effekt av mjølkesystem ($j =$ rørmjølkingsystem, mjølkegrav, AMS Lely og AMS Delaval)

τ_k = effekt av fylke ($k =$ Viken, Innlandet, Vestfold og Telemark, Agder, Vestland, Rogaland, Møre og Romsdal, Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark)

γ_l = effekt av fôringssystem ($l =$ separat fôring, PMR med kraftfôr og PMR utan kraftfôr)

δ_m = effekt av dagar i mjølk ($m = 100 \dots 200$)

$\alpha_i\beta_j$ = effekt av samspel mellom feittklasse i og mjølkesystem j

ε_{ijklm} = tilfeldig feil, som er antatt å vera normalfordelt med $\sigma^2 = 0$

Fôringssystem er inkludert i modellen, men dei blei tatt ut av modellen når det ikkje hadde signifikant effekt på den testa variabelen. Bakgrunnen for dette var ujamn fordeling av observasjonar innanfor dei ulike fôringssystema (Tabell 3.3), i tillegg til at det auka talet på observasjonar. Når fôringssystem var inkludert i modellen baserte resultatane seg på 860 observasjonar, mot 935 observasjonar når fôringssystem var ekskludert.

Tabell 3.3 Talet på observasjonar (n) i dei ulike fôringssystema, og fordeling av observasjonar i dei ulike feittklassane. Gjennomsnittleg feittprosent og standardavvik er også illustrert.

| Fôringssystem | n | % i feittkl. 1 | % i feittkl. 2 | % i feittkl. 3 | Snitt | Std. |
|----------------------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|-------------|
| Separat fôring | 758 | 26 | 49 | 25 | 4,38 | 0,167 |
| PMR* med kraftfôr | 64 | 25 | 56 | 19 | 4,36 | 0,147 |
| PMR* utan kraftfôr | 64 | 31 | 38 | 31 | 4,39 | 0,154 |

*PMR = delvis fullfôr

Resultata frå analysane er presentert som lsmeans. Forskjellar mellom lsmeans blei vurdert som signifikante når p-verdiane var mindre enn 0,05, og som tendens når p-verdiane var mellom 0,05 – 0,10.

3.2. Resultat

3.2.1 Oversikt over variasjonen i datamaterialet

Tabell 3.4 viser variasjonen i dei ulike variablane i datasettet for dei 967 produsentane.

Gjennomsnittleg er feittprosenten i mjølk på 4,38 %, med ein variasjon frå 3,90 % til 4,99 %.

Tabell 3.4 Gjennomsnitt, minimum- og maksimumsverdiar og standardavvik for kjemiske komponentar i mjølk, mjølkeproduksjon, kraftfôr- og grovfôrinntak, dagar i mjølk og besetningsstorleik for besetningane som er med i datasettet.

| Variablar | Snitt | Std. | Min | Maks |
|-----------------------------------|--------------|-------------|------------|-------------|
| <i>Leverandørdata</i> | | | | |
| Feitt % | 4,38 | 0,165 | 3,90 | 4,99 |
| Protein % | 3,47 | 0,093 | 3,20 | 3,79 |
| Laktose % | 4,68 | 0,041 | 4,55 | 4,85 |
| Urea mmol/l | 5,03 | 0,518 | 2,67 | 6,54 |
| Frie fettstoffer mmol/l | 0,54 | 0,065 | 0,32 | 0,80 |
| Celletal 1000/ml | 125 | 34,6 | 33,5 | 266 |
| <i>Kukontrolldata</i> | | | | |
| Dagsavdrått kg/ku | 26,8 | 2,97 | 15,4 | 40,0 |
| Årsavdrått kg/årsku | 8 359 | 979 | 3 907 | 11 718 |
| Årsavdrått kg EKM/årsku | 8 812 | 1 038 | 4 114 | 12 250 |
| <i>Kraftfôrdata</i> | | | | |
| Kraftfôr kg/ku/dag | 9,1 | 1,46 | 3,7 | 15,5 |
| Kraftfôr kg/ 100 kg EKM | 30,6 | 4,45 | 12,0 | 51,0 |
| Grovfôrinntak MJ | 71,5 | 9,14 | 37,0 | 107,0 |
| <i>Dagar i mjølk</i> | | | | |
| Dagar i mjølk | 146 | 12,8 | 118 | 190 |
| Kyr i besetninga | 38 | 17,5 | 12 | 126 |
| <i>Besetningsvariablar</i> | | | | |
| Kvote liter | 315 680 | 158 801 | 70 399 | 945 000 |
| Levert mjølk liter | 288 227 | 145 237 | 61 088 | 936 340 |
| Kvotefylling % | 91,7 | 8,80 | 48,6 | 116,1 |

Variasjonen i grovfôranalysane er vist i Tabell 3.5. Det er store numeriske forskjellar i tørrstoffinnhald i grovfôret. Gjennomsnittleg ligg sukkerinnhaldet på 66 g/kg TS, med variasjon frå 10 til 207 g/kg TS.

Tabell 3.5 Gjennomsnitt, minimum- og maksimumsverdiar og standardavvik for kjemiske komponentar, energi- og proteinverdi for grovfôranalysane. Verdiar er oppgitt i g/kg TS om ikkje anna er oppgitt.

| Variablar | Snitt | Std. | Min | Maks |
|--|--------------|-------------|------------|-------------|
| Tørrstoff g/kg | 329 | 73,2 | 174 | 691 |
| Næringsinnhald | | | | |
| Råprotein | 143 | 15,5 | 86 | 205 |
| Løseleg råprotein g/kg CP ¹ | 610 | 51,2 | 370 | 754 |
| NDF | 511 | 31,9 | 410 | 662 |
| Sukker | 66 | 30,2 | 10 | 207 |
| Aske | 72 | 9,32 | 33 | 125 |
| OMD ² % | 72,2 | 2,13 | 63,7 | 78,2 |
| Gjæringsparametrar | | | | |
| Mjølkesyre | 47 | 11,3 | 7 | 91 |
| Eddiksyre | 12 | 3,99 | 0 | 37 |
| Ammoniakk - N g/kg N | 97 | 20,0 | 40 | 201 |
| pH | 4,4 | 0,27 | 3,6 | 5,8 |
| Fôrverdi | | | | |
| iNDF g/kg NDF | 175 | 23,60 | 106 | 260 |
| NEL20 MJ/kg TS | 5,99 | 0,23 | 5,19 | 6,49 |
| AAT20 | 79 | 3,11 | 69 | 88 |
| PBV20 | 23 | 14,73 | -42 | 86 |

¹CP = råprotein

²OMD = fordøyeleg organisk material

3.2.2 Korrelasjonar mellom feittprosent i mjølk og ulike variablar

Det blir observert små korrelasjonar mellom feittprosent i mjølk og komponentar i mjølk, mjølkeproduksjon, fôring, laktasjonsstadium og besetningsstorleik. Dette skuldast antakeleg at verdiane er buskapsmiddel, og er basert på gjennomsnittsverdiar. Det er heller ikkje lineær samanheng mellom feittprosent og ein del av variablane, og det vil også kunne redusera

korrelasjonane. Ut frå korrelasjonsmatrisa med leverandør- og kukontrolldata er det proteinprosent i mjølk som har størst korrelasjon med feittprosent i mjølk (Tabell 3.6). Elles er fleire dagar i mjølk og høgare grovfôrinntak faktorar som har gunstig påverknad på feittprosent i mjølk. Derimot tyder resultatane på at høgare kraftfôrinntak, større besetningsstorleik og høgare mjølkeyting har negativ påverknad på feittprosent i mjølk.

Tabell 3.6 Korrelasjon (r) mellom feittprosent i mjølk og komponentar i mjølk, mjølkeproduksjon, fôring, laktasjonsstadium og besetningsstorleik. Negativt forteikn illustrerer at auking av faktoren reduserer feittprosenten i mjølk.

| Variablar | r |
|-----------------------------------|----------|
| <i>Leverandørdata</i> | |
| Protein % | 0,38 |
| Laktose % | -0,13 |
| Urea mmol/l | 0,07 |
| Frie fetttsyre mmol/l | -0,04 |
| Celletal 1000/ml | -0,02 |
| <i>Kukontrolldata</i> | |
| Dagsavdrått kg/ku | -0,23 |
| Årsavdrått kg/årsku | -0,13 |
| Årsavdrått kg EKM/årsku | 0,02 |
| Kraftfôr kg/ku/dag | -0,24 |
| Kraftfôr kg /100 kg EKM | -0,24 |
| Grovfôrinntak MJ | 0,19 |
| Dagar i mjølk | 0,24 |
| Kyr i besetninga | -0,16 |
| <i>Besetningsvariablar</i> | |
| Kvote liter | -0,16 |
| Levert mjølk liter | -0,17 |
| Kvotefylling % | -0,03 |

Korrelasjonane mellom feittprosent i mjølk og komponentane i grovfôret er små (Tabell 3.7). Generelt verkar auka tørrstoffprosent, pH og AAT-verdi å vera fordelaktig for feittprosent i mjølk. Auka konsentrasjon av mjølkesyre, iNDF og eddiksyre i grovfôret tyder derimot på å verka negativt på feittprosent i mjølk.

Tabell 3.7 Korrelasjon (*r*) mellom feittprosent i mjølk og komponentar i grovfôr.

| Variablar | r |
|---|----------|
| Tørrstoff g/kg | 0,16 |
| Næringsinnhald | |
| Råprotein g/kg TS | -0,05 |
| Løyseleg råprotein g/kg CP ¹ | 0,05 |
| NDF g/kg TS | -0,03 |
| Sukker g/kg TS | 0,10 |
| Aske g/kg TS | -0,08 |
| OMD ² % | 0,11 |
| Gjæringsparametrar | |
| Mjølkesyre g/kg TS | -0,19 |
| Eddiksyre g/kg TS | -0,14 |
| Ammoniakk - N g/kg N | -0,10 |
| pH | 0,12 |
| Fôrverdi | |
| iNDF g/kg NDF | -0,17 |
| NEL20 MJ/kg TS | 0,09 |
| AAT20 g/kg TS | 0,12 |
| PBV20 g/kg TS | -0,09 |

¹ CP= råprotein

² OMD=fordøyeleg organisk material

3.2.3 Regresjonskoeffisientar til feittprosent i mjølk

Modellen for feittprosent i mjølk som inneheld variablar frå leverandørdata og kukontrolldata har ein $R^2 = 0,30$. Alle variablane har signifikant effekt på feittprosent i mjølk (Tabell 3.8).

Tabell 3.8 Regresjonskoeffisient, F-verdi og p-verdi for variablane inkludert i modellen for feittprosent i mjølk, beståande av variablar frå leverandør- og kukontrolldata.

| Variablar | Regresjonskoeffisient | F-verdi | p- verdi |
|------------------------------|------------------------------|----------------|-----------------|
| <i>Intercept</i> | 4,05 | | |
| <i>Leverandørdata</i> | | | |
| Protein % | 0,486 | 81,52 | <0,001 |
| Laktose % | -0,368 | 9,39 | 0,002 |
| Urea mmol/l | 0,043 | 21,68 | <0,001 |
| <i>Kukontrolldata</i> | | | |
| Kraftfôr kg/ku/dag | 0,038 | 30,08 | <0,001 |
| Grovfôrinntak MJ | 0,010 | 102,23 | <0,001 |
| Mjølkeproduksjon kg/ku/dag | -0,038 | 99,90 | <0,001 |

Modellen for grovfôr kvalitet sin effekt på feittprosent i mjølk hadde ein $R^2 = 0,05$. Auka iNDF- og mjølkesyreinnhald har negativ effekt på feittprosent i mjølk (Tabell 3.9).

Tabell 3.9 Regresjonskoeffisient, F-verdi og p-verdi for variablane inkludert i modellen for feittprosent i mjølk, beståande av variablar frå grovfôranalysane.

| Variablar | Regresjonskoeffisient | F-verdi | p- verdi |
|-------------------------------|------------------------------|----------------|-----------------|
| <i>Intercept</i> | 4,70 | | |
| <i>Grovfôranalysar</i> | | | |
| Mjølkesyre g/kg TS | -0,003 | 21,21 | <0,001 |
| iNDF g/kg NDF | -0,001 | 17,26 | <0,001 |

3.2.4 Geografisk variasjon i feittprosent i mjølk

Feittprosent i mjølk er påverka av fylket produsenten tilhøyrar ($p < 0,001$). Vestfold og Telemark er fylket med gjennomsnittleg høgast feittprosent i mjølk på 4,43 %. Møre og Romsdal og Vestland er dei fylka med høgast frekvens av produsentar i feittklasse 1 og har gjennomsnittleg lågast feittprosent i mjølk på 4,31% og 4,32 % (Tabell 3.10). Forskjellen mellom fylka med høgast og lågast feittprosent er registrert å vera signifikant forskjellig ($p < 0,001$).

Tabell 3.10 Tal observasjonar (n) og frekvens av produsentar i dei ulike feittklassane i dei forskjellige fylka. Gjennomsnittleg feittprosent i fylket saman med standardfeilen (std.feil).

| Fylke | n | % i feittkl. 1 | % i feittkl. 2 | % i feittkl. 3 | Snitt % | Std. feil |
|----------------------|------------|----------------|----------------|----------------|-------------|--------------|
| Viken | 51 | 22 | 39 | 39 | 4,42 | 0,020 |
| Innlandet | 186 | 12 | 52 | 36 | 4,41 | 0,011 |
| Vestfold og Telemark | 23 | 22 | 48 | 30 | 4,43 | 0,028 |
| Agder | 10 | 10 | 50 | 40 | 4,39 | 0,043 |
| Rogaland | 58 | 21 | 50 | 29 | 4,37 | 0,018 |
| Vestland | 77 | 47 | 44 | 9 | 4,32 | 0,016 |
| Møre og Romsdal | 119 | 35 | 50 | 14 | 4,31 | 0,013 |
| Trøndelag | 304 | 24 | 48 | 27 | 4,38 | 0,016 |
| Nordland | 107 | 32 | 51 | 17 | 4,36 | 0,014 |
| Troms og Finnmark | 32 | 25 | 47 | 28 | 4,43 | 0,025 |
| Landet | 967 | 25 | 49 | 26 | 4,38 | 0,020 |

Det er signifikante forskjellar i kraftfôr- og grovfôrinntak og i mjølkeproduksjon mellom fylka ($p < 0,001$). Tabell 3.11 viser at Viken har gjennomsnittleg lågast kraftfôrinntak i kg per 100 kg EKM. Det høgaste inntaket av grovfôr er observert i Agder. Dette er basert på ti observasjonar, og dermed er verdiane noko usikre. Vestland har det høgaste kraftfôrforbruket (kg/100 kg EKM) og det minste grovfôrinntaket. Den gjennomsnittleg høgaste mjølkeproduksjon i kg EKM/årsku er registrert i Troms og Finnmark.

Tabell 3.11 Kraftfôrinntak (kg/ 100 kg EKM), grovfôrinntak (MJ utanom kraftfôr) og gjennomsnittleg årsavdrått (kg EKM / årsku) i dei ulike fylka med framvising av standardfeilen.

| Fylke | Kraftfôr | | Grovfôr | | Mjølkeproduksjon | |
|----------------------|----------|----------|---------|----------|------------------|----------|
| | Snitt | Std.feil | Snitt | Std.feil | Snitt | Std.feil |
| Viken | 26,4 | 0,634 | 81 | 1,29 | 8937 | 134 |
| Innlandet | 28,9 | 0,400 | 75 | 0,82 | 8548 | 74 |
| Vestfold og Telemark | 28,3 | 0,883 | 75 | 1,80 | 8267 | 200 |
| Agder | 27,8 | 4,042 | 84 | 8,24 | 8615 | 302 |
| Rogaland | 29,4 | 0,607 | 74 | 1,24 | 8813 | 129 |
| Vestland | 32,9 | 0,513 | 70 | 1,05 | 8986 | 112 |
| Møre og Romsdal | 30,1 | 0,442 | 75 | 0,90 | 9020 | 92 |
| Trøndelag | 29,3 | 0,346 | 75 | 0,71 | 8842 | 60 |
| Nordland | 30,7 | 0,512 | 73 | 1,04 | 8879 | 97 |
| Troms og Finnmark | 31,2 | 0,837 | 74 | 1,71 | 9126 | 175 |

3.2.5 Feittprosent i mjølk i ulike mjølkingssystem

Mjølkingssystem har signifikant effekt på feittprosent i mjølk ($p < 0,001$). Resultata viser at mjølk frå rørmjølkingssystem har signifikant høgast feittprosent etterfølgt av mjølkegrav, AMS Delaval og AMS Lely (Tabell 3.12). Produsentar med AMS Lely har signifikant lågare feittprosent i mjølka samanlikna med dei andre mjølkingssystema ($p = 0,050$).

Tabell 3.12 Tal observasjonar (n) og frekvens av mjølkingssystem i dei ulike feittklassane, med gjennomsnittleg feittprosent i mjølk og standardfeilen for dei ulike mjølkingssystema.

| Mjølkingssystem | n | % i feittkl. 1 | % i feittkl. 2 | % i feittkl. 3 | Snitt % | Std.feil |
|--------------------|-----|----------------|----------------|----------------|---------|----------|
| Rørmjølkingssystem | 330 | 17 | 48 | 35 | 4,43a | 0,010 |
| Mjølkegrav | 112 | 23 | 45 | 32 | 4,38b | 0,016 |
| AMS*Lely | 150 | 39 | 46 | 15 | 4,34c | 0,014 |
| AMS*Delaval | 343 | 27 | 52 | 21 | 4,38b | 0,009 |

*AMS = automatisk mjølkingssystem

like bokstaver i same kolonne betyr at feittprosenten ikkje er signifikant forskjellig mellom mjølkingssystema

Statistiske utrekningar viser at mjølkingsssystem har signifikant effekt på kraftfôr- og grovfôrinntak, mjølkeproduksjon og kvotestørleik ($p < 0,001$). Kyr som blir mjølka i rørmjølkingsssystem blir tildelt minst av både kraftfôr og grovfôr, medan kyr i AMS Delaval får mest kraftfôr og kyr i AMS Lely får mest grovfôr (Tabell 3.13). Gjennomsnittleg mjølkar kyr i AMS Lely mest. Resultata viser også at produsentane som har AMS Lely gjennomsnittleg har dei høgaste mjølkekvotene.

Tabell 3.13 Kraftfôrinntak (kg/100 kg EKM), grovfôrinntak (MJ utanom kraftfôr), årsavdrått (kg EKM /årsku) og kvote (1000 liter) i dei ulike mjølkingsssystema med standardfeil.

| Mjølkingsssystem | Kraftfôr | | Grovfôr | | Mjølkeproduksjon | | Kvote | |
|------------------|----------|-----------|---------|-----------|------------------|-----------|-------|-----------|
| | Snitt | Std. feil | Snitt | Std. feil | Snitt | Std. feil | Snitt | Std. feil |
| Rørmjølkesystem | 28,3c | 0,562 | 74b | 1,14 | 8 461c | 68 | 254d | 15,8 |
| Mjølkegrav | 29,5b | 0,635 | 75b | 1,29 | 8 270d | 100 | 301c | 17,9 |
| AMS*Lely | 29,5b | 0,574 | 79a | 1,17 | 9 577a | 95 | 471a | 16,1 |
| AMS*Delaval | 30,7a | 0,517 | 75b | 1,05 | 8 905b | 67 | 440b | 14,5 |

*AMS = automatisk mjølkingsssystem

like bokstaver i same kolonne betyr at variabelen ikkje er signifikant forskjellig mellom mjølkingsystema

3.2.7 Effekt av feittklasse på grovfôrkvalitet

Innhald av NDF, eddiksyre, ammoniakk og iNDF i grovfôr, saman med grovfôret sin fordøyelegheit (OMD), energiverdi (NEL20) og proteinverdi (AAT20) har signifikant effekt på feittklasse (Tabell 3.14). Samspelet mellom feittklasse og mjølkingsssystem blei testa på komponentane i grovfôret, men det blei ikkje registrert å vera signifikant for nokon av variablane.

Tabell 3.14 Innhald av kjemiske komponentar, gjæringskvalitet og fôrverdi av grovfôr i tre ulike feittklassar (1=låg, 2= middels, 3= høg). Standardfeil (Std.feil) og p-verdi. Verdier i g/kg tørrstoff om ikkje anna er oppgitt.

| Variablar | Feittklasse ¹ | | | Std.feil | p-verdi |
|--|--------------------------|-------|-------|----------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| Tørrstoff g/kg | 335b | 341b | 356a | 6,750 | 0,062 |
| Næringsinnhald | | | | | |
| Råprotein | 140ab | 141a | 138b | 1,476 | 0,227 |
| Løseleg råprotein g/kg CP ² | 605b | 616ab | 621a | 4,983 | 0,055 |
| Aske | 71a | 72a | 70b | 0,906 | 0,114 |
| NDF | 514a | 506b | 512ab | 3,072 | 0,046 |
| Sukker | 66b | 73a | 75a | 2,948 | 0,066 |
| OMD ³ % | 71,6b | 72,7a | 72,6a | 0,210 | <0,001 |
| Gjæringsparametrar | | | | | |
| Mjølkesyre | 47a | 46ab | 43b | 1,09 | 0,089 |
| Eddiksyre | 12a | 12ab | 11b | 0,40 | 0,008 |
| Ammoniakk – N g/kg N | 102a | 97b | 95b | 1,99 | 0,025 |
| pH | 4,5b | 4,5b | 4,5a | 0,03 | 0,031 |
| Fôrverdi | | | | | |
| iNDF g/kg NDF | 184a | 171b | 169b | 2,31 | <0,001 |
| NEL20 MJ/kg TS | 5,93b | 6,03a | 6,03a | 0,022 | <0,001 |
| AAT20 | 78b | 79a | 80a | 0,304 | 0,007 |
| PBV20 | 20 | 20 | 17 | 1,405 | 0,119 |

like bokstaver i same rad betyr at faktoren ikkje er signifikant forskjellig mellom feittklassane som er markerte

¹ Feittklasse 1 < 4,27, Feittklasse 2 ≥ 4,27 til < 4,49, Feittklasse 3 ≥ 4,49

² CP= råprotein

³ OMD=fordøyeleg organisk material

3.2.6 Effekt av feittklasse på produksjonsrelaterte variablar og kjemiske komponentar i mjølk

Tabell 3.15 viser at grovfôrinntak, kraftfôrinntak (kg/ 100 kg EKM), dagar i mjølk, mjølkeyting, kvotestorleik og protein- og urea innhald i mjølk har signifikant effekt på feittklasse.

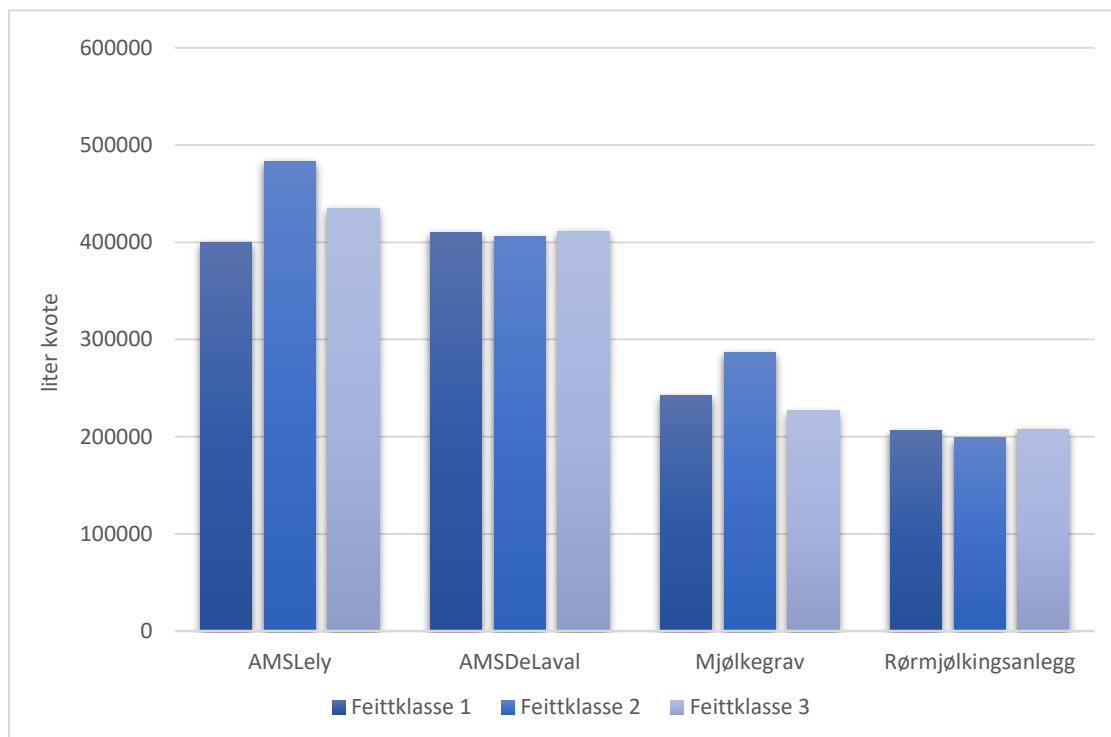
Tabell 3.15 Kjemisk samansetjing i leverandørmjølkk, mjølkeyting, kraftfôr- og grovfôrinntak og besetningskarakteristikk i tre ulike feittklassar (1=låg, 2= middels, 3= høg). Standardfeil (std.feil) og p-verdi.

| Variablar | Feittklasse ¹ | | | Std.feil | p-verdi |
|----------------------------|--------------------------|--------|---------|----------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| Leverandørdata | | | | | |
| Protein % | 3,47c | 3,50b | 3,53a | 0,010 | <0,001 |
| Laktose % | 4,69 | 4,69 | 4,68 | 0,005 | 0,146 |
| Urea mmol/l | 4,80c | 4,89b | 4,99a | 0,066 | 0,002 |
| Frie fetttsyrer mmol/l | 0,52 | 0,53 | 0,53 | 0,007 | 0,164 |
| Celletal 1000/ml | 138 | 137 | 136 | 5,87 | 0,823 |
| Kukontrolldata | | | | | |
| Dagsavdrått kg/ku | 27,4b | 27,9a | 27,2b | 0,32 | 0,005 |
| Årsavdrått kg/årsku | 8 278b | 8 490a | 8 354ab | 66 | 0,015 |
| Årsavdrått kg EKM/årsku | 8 510b | 8 938a | 8 949a | 74 | <0,001 |
| Kraftfôr kg/ku/dag | 9,1 | 9,0 | 8,9 | 0,17 | 0,446 |
| Kraftfôr kg/100 kg EKM | 30,6a | 29,1b | 28,9b | 0,55 | <0,001 |
| Grovfôrinntak MJ | 73b | 77a | 77a | 1,12 | <0,001 |
| Dagar i mjølk | 143c | 146b | 149a | 0,98 | <0,001 |
| Kyr i besetninga | 43ab | 44a | 41b | 1,77 | 0,090 |
| Besetningsvariablar | | | | | |
| Kvote 1000 liter | 357b | 383a | 356b | 15,4 | 0,013 |
| Levert mjølk 1000 liter | 327b | 347a | 323b | 14,1 | 0,027 |
| Kvotefylling % | 91,8 | 91,3 | 91,6 | 0,69 | 0,825 |

like bokstaver i same rad betyr at faktoren ikkje er signifikant forskjellig mellom feittklassane som er markerte

¹ Feittklasse 1 < 4,27, Feittklasse 2 ≥ 4,27 til < 4,49, Feittklasse 3 ≥ 4,49

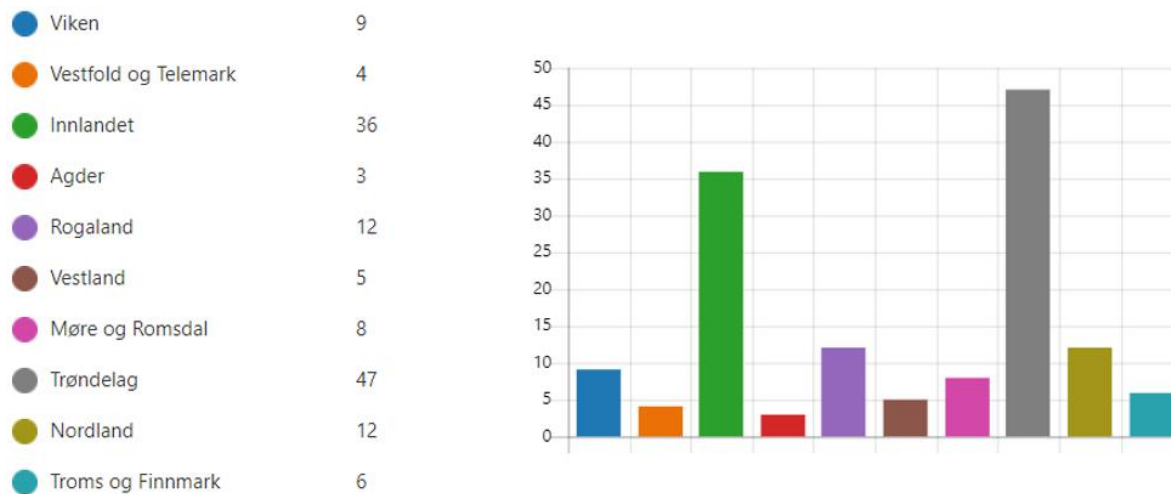
Modellen testa også samspeleffekten mellom mjølkingsystem og feittklasse for alle variablane. Samspelet blei registrert å ha signifikant effekt på kvotestorleik ($p = 0,0058$) og kilo levert mjølk ($p = 0,0164$). I Figur 3.2 er samspelet for kvotestorleik illustrert, som viser at kvotestorleiken er forskjellig innanfor mjølkingsystem og feittklasse. Produsentar med AMS Lely og feittklasse 1 har mindre mjølkekvote enn produsentane med AMS Lely og feittklasse 2 ($p = 0,0004$). Mellom dei andre mjølkingsystema og feittklassane er kvoteforskjellane numeriske.



Figur 3.2 Samspeleffekten mellom mjølkingsystem og feittklasse.

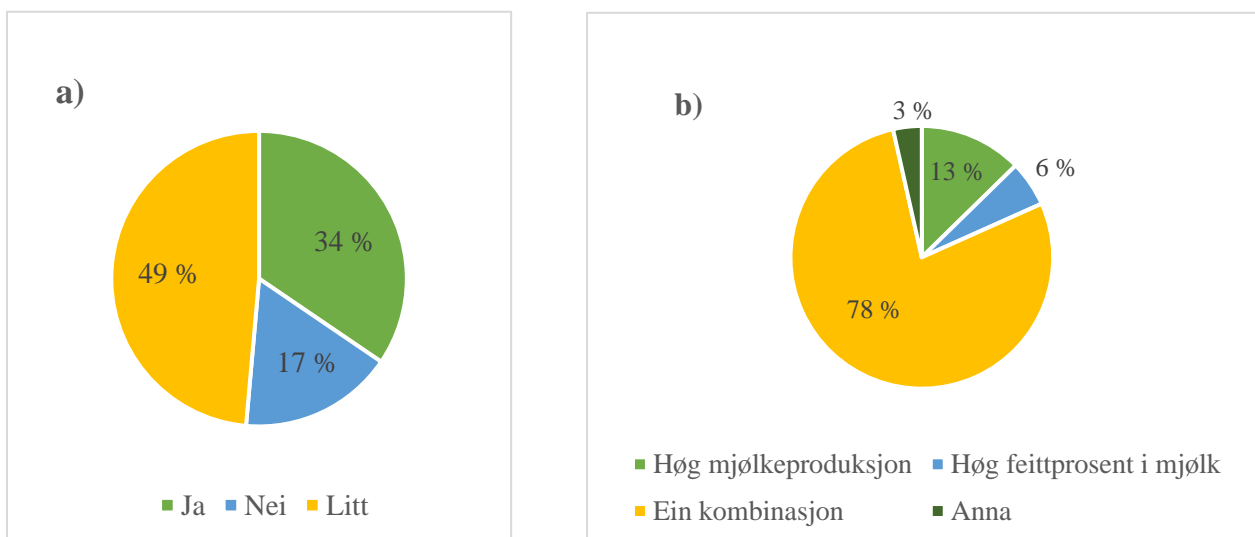
3.2.8 Resultat frå spørjeundersøkinga

Dei 142 produsentane som har svart på spørjeundersøkinga fordelar seg etter fylke som illustrert i Figur 3.3. Svarprosenten ligg mellom 45 % og 75 % i dei ulike fylka.



Figur 3.3 Tal produsentar som har svart på undersøkinga fordelt etter fylke.

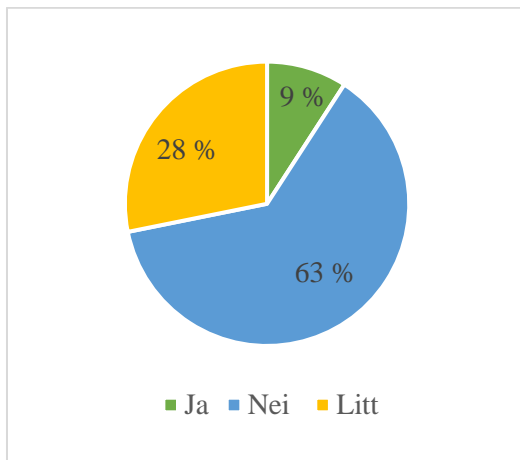
34 % av produsentane svarar at dei har fokus på å produsera mjølk med høg feittprosent (Figur 3.4a), medan 17 % svarar at det ikkje er eit mål å produsera mjølk med høg feittprosent. Totalt svarar tre fjerdedelar av produsentane at ein kombinasjon av høg mjølkeproduksjon og høg feittprosent i mjølk er det viktigaste i mjølkeproduksjonen deira (Figur 3.4b). Berre 6 % oppgjer at høg feittprosent er det viktigaste.



Figur 3.4a Har produsentane fokus på å produsera mjølk med høg feittprosent?

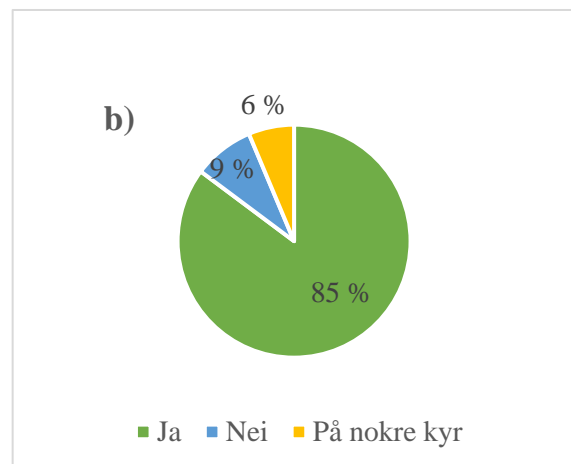
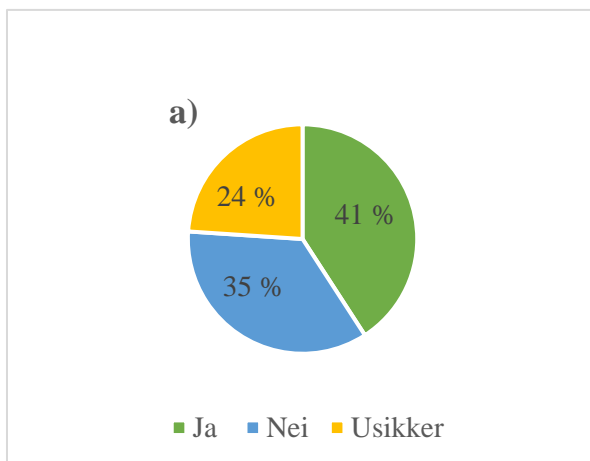
Figur 3.4b Kva er det viktigaste i mjølkeproduksjonen?

Berre eit fåtal av produsentane (9 %) oppgjer at dei har fokus på feittprosent i mjølk i avlsarbeidet (Figur 3.5).



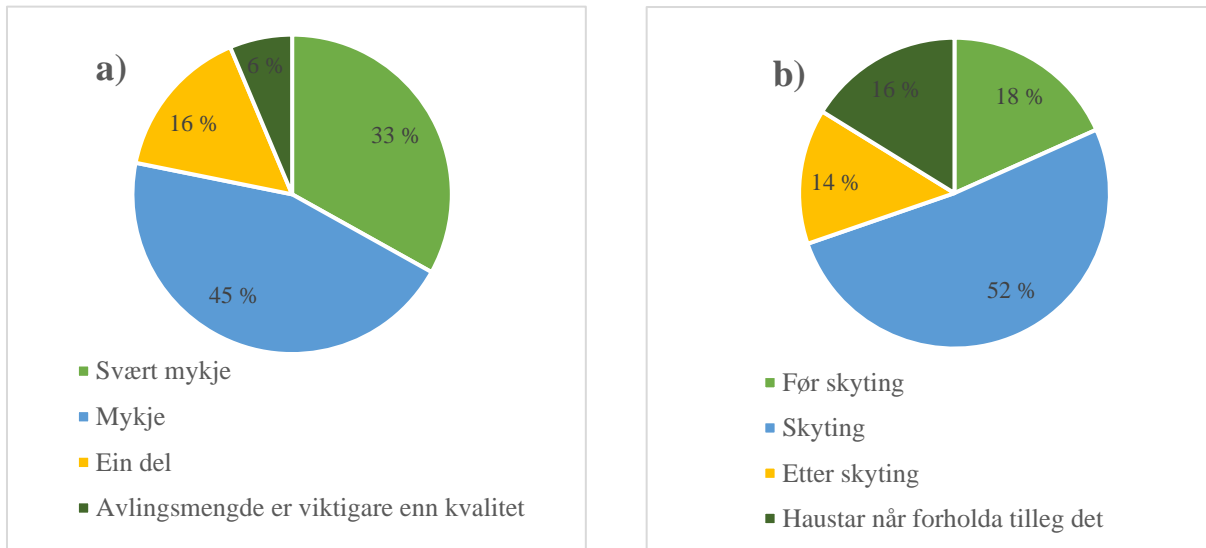
Figur 3.5 Er feittprosent i mjølk ein viktig faktor i avlsarbeidet?

Figur 3.6a viser at 41 % av produsentane nyttar kraftfôr som skal vera gunstig for høg feittprosent i mjølk. Derimot er 24 % av produsentane usikre på kva effekt kraftfôret dei nyttar har på feittprosent i mjølk. Totalt oppgjer 85 % av produsentane at dei har ei maksimal mengde kraftfôr dei nyttar i mjølkeproduksjonen (Figur 3.6b). Informasjon om maksimal mengde kraftfôr i rasjonen er derimot ikkje kjent.



Figur 3.6a Blir det nytta eit kraftfôr som har gunstig effekt på feittprosenten i mjølk? Figur 3.6b Er det eit tak på maksimal mengde kraftfôr som blir nytta i mjølkeproduksjonen?

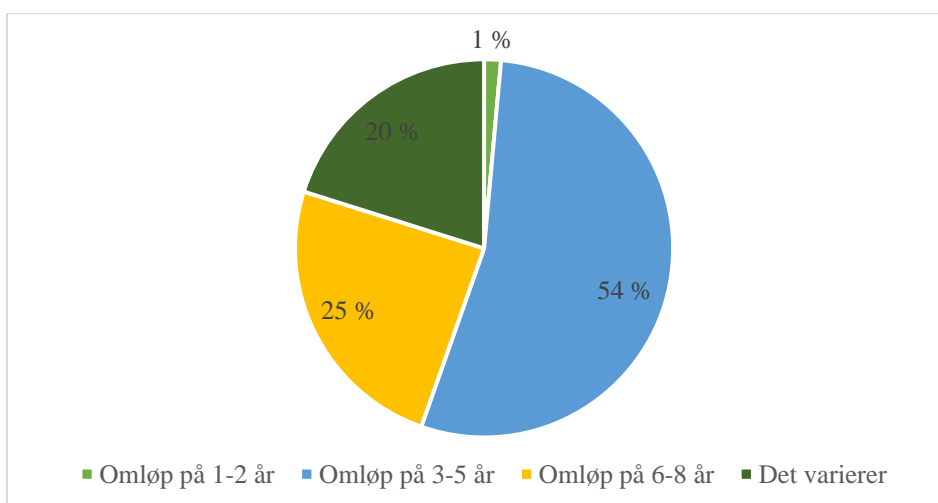
78 % av produsentane svarar at dei legg svært mykje eller mykje vekt på å produsera eit godt grovfôr (Figur 3.7a). Halvparten av produsentane haustar når graset skyt (Figur 3.7b). Andre haustar derimot før skyting, medan andre haustar etter skyting.



Figur 3.7a Kor mykje blir grovfôrproduksjonen vektlagt?

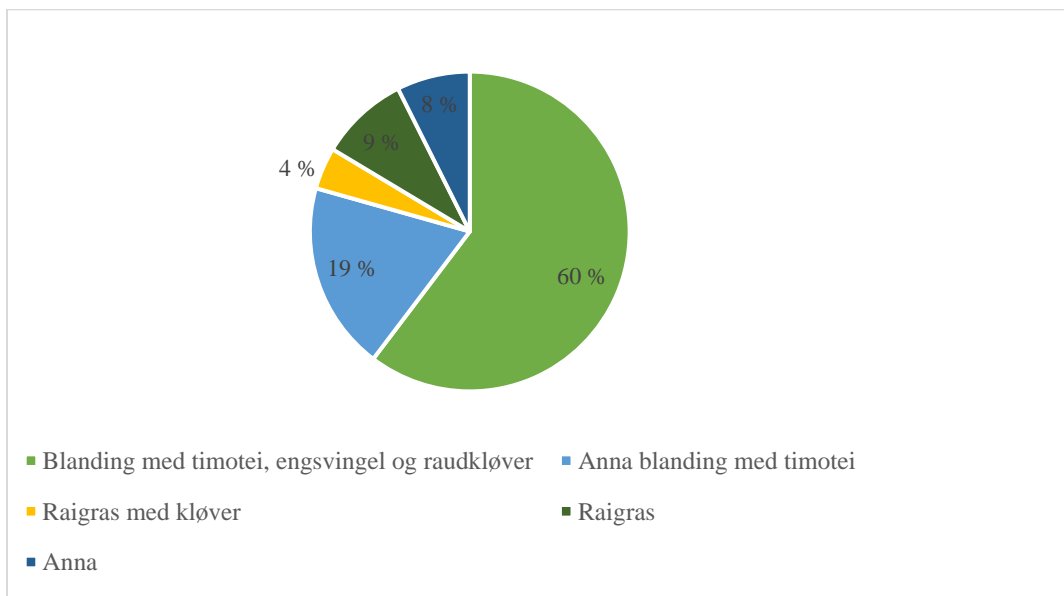
Figur 3.7b Når haustar produsentane graset?

Frekvensen av pløying kan fungera som eit indirekte mål på fokuset produsentane har på grovfôrproduksjonen. Halvparten av produsentane svarar at dei har eit omløp på 3-5 år før dei pløyer om jorda (Figur 3.8).



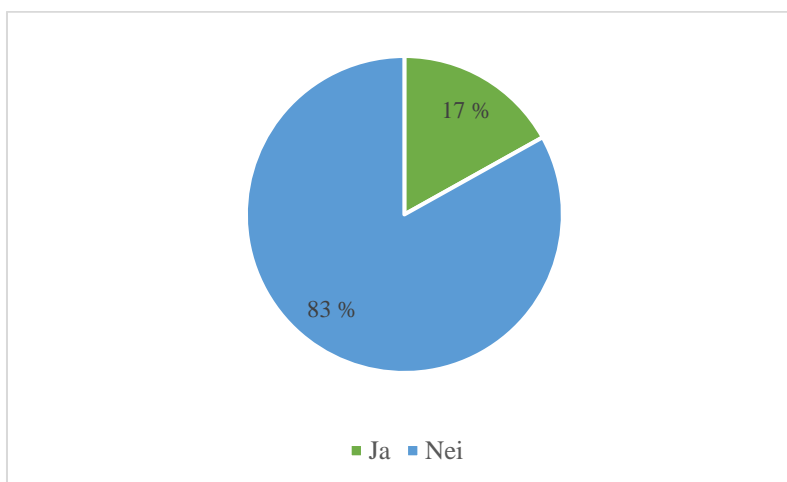
Figur 3.8 Kor ofte blir jorda pløyd?

På spørsmålet om kva engblanding som blei nytta, hadde dei moglegheit til å kryssa av på fleire alternativ. Det var mest utbreidd bruk av blandingar med timotei (Figur 3.9).

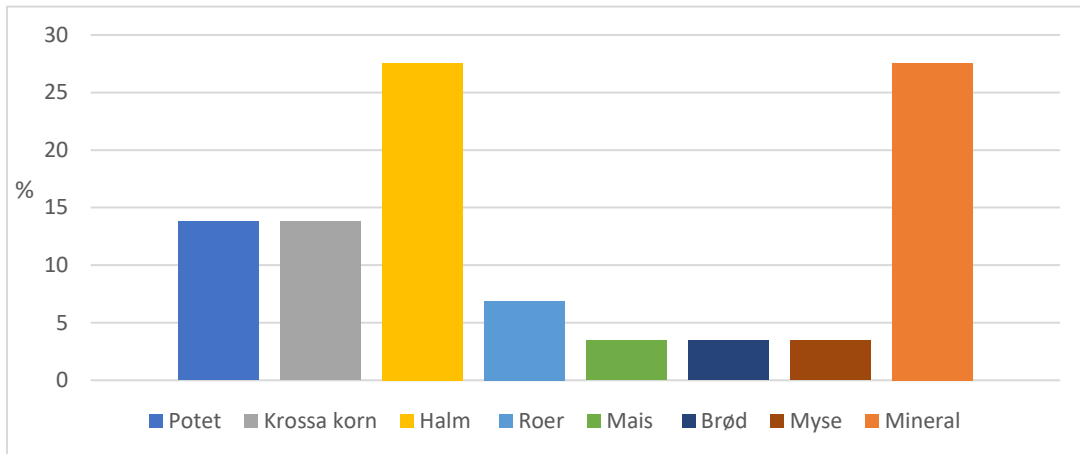


Figur 3.9 Kva for nokre engblandingar nyttar produsentane?

Eit mindretal av produsentane (17 %) oppgjer at ei nyttar andre fôrvarer enn innkjøpt kraftfôr og grashaldigt grovfôr (Figur 3.10). Produsentane oppgjer at dei alternative fôvarene som blir brukt er mineraltilskot, poteter, krossa korn, halm, roer, mais, brød og myse. Nokon produsentar svarar at dei nytta fleire av desse supplementa. Fleirtalet (25 %) oppgjer at dei nyttar halm og mineral i fôrrasjonen (Figur 3.11).

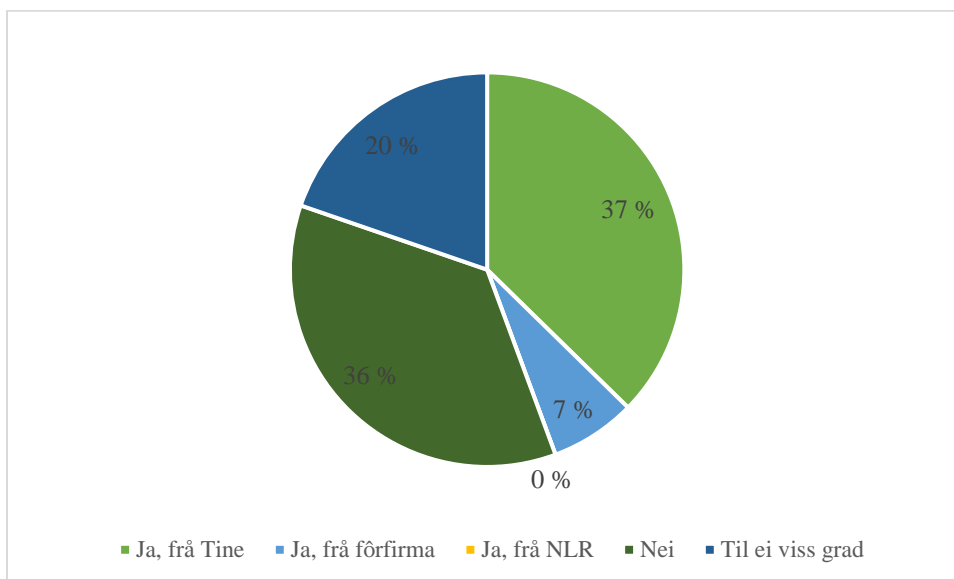


Figur 3.10 Blir det nytta andre fôrvarer enn kraftfôr og grashaldigt grovfôr?



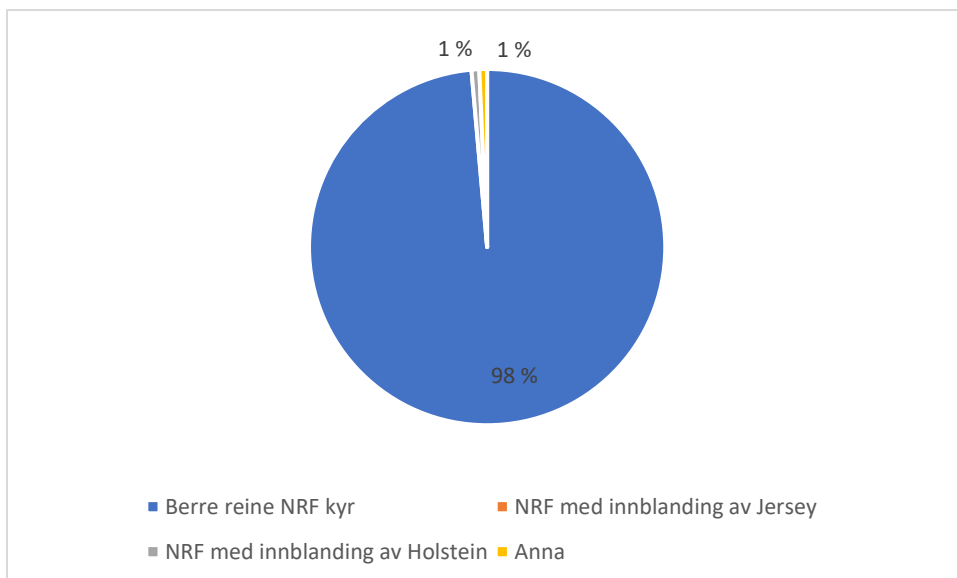
Figur 3.11 Fordeling av bruk av alternativ fôrvarer.

Det blir observert stor variasjon mellom produsentane i bruk av fôringsrådgjeving (Figur 3.12). 36 % av produsentane svarar at dei ikkje nyttar fôringsrådgjeving, medan 37 % av produsentane kjøper fôringsrådgjeving frå TINE. Nokre brukar fôringsrådgjevar til ei viss grad (20 %), 7 % brukar fôrfirma, men ingen brukar NLR (Norsk Landbruksrådgjeving).



Figur 3.12 Blir det nytta fôringsrådgjeving i mjølkeproduksjonen?

For å kontrollera datagrunnlaget blei det spurt etter rasane i besetninga (Figur 3.13). 98 % svarte at dei berre hadde reine NRF kyr, medan 1 % hadde NRF med innblanding av Holstein og 1 % hadde ein anna rase. Ingen hadde Jersey kyr i besetninga.



Figur 3.13 Fordeling av rasar i besetningane.

I kommentarfeltet hadde produsentane moglegheit til å skriva kva dei meinte kunne vera årsaka til den høge feittprosenten, og om det var andre ting enn det som blei spurt etter som kunne ha påverknad. Fleirtalet av produsentane skreiv at grovfôr kvalitet og høgt grovfôrinntak truleg er viktige forklaringar til kvifor dei har høg feittprosent i mjølk. Grovfôret sitt innhald av sukker og fiber blir nemnt som avgjerande for feittprosenten i mjølk. Elles blir appetittfôring på grovfôr, hyppig fôringsfrekvens og jamn fôring gjennom året vurdert som sentrale faktorar for å oppnå høgt grovfôrinntak. Syrehaldige ensileringsmiddel blir også nemnt som forklaring til høg feittprosent i mjølk. Val av kraftfôrslag og hyppig frekvens av kraftfôrtildeling blir også vurdert som sentralt for å oppnå høg feittprosent i mjølk. Nokon trur at avlsarbeid i besetninga er avgjerande for feittprosenten i mjølka, medan andre trur at det er tilfeldigheter som gjer at dei har høg feittprosent i mjølk.

4.0 Diskusjon

4.1 Metodediskusjon

Målet med oppgåva var å seia noko om potensialet for å auka feittprosenten i mjølk ved å studera forskjellar ved fôring og driftsforhold hjå produsentar med ulik feittprosent i mjølk. Det blei gjort gjennom data frå husdyrkontrollen og ei spørjeundersøking. Data frå husdyrkontrollen var berre frå 2020 og fanga ikkje opp årsvariasjonar, men relativ høg korrelasjon i feitt- og proteininnhald i mjølk mellom 2019 og 2020 indikerer at resultata kan overførast mellom år. Spørjeundersøkinga blei berre sendt til produsentane i feittklasse 3. Bakgrunnen var forventinga om at det ville vera større likskapar i mjølkeproduksjonen hjå desse produsentane, og gjennom spørjeundersøkinga ønska ein å kartlegga desse fellestrekka. Etersom 50 % av produsentane i datasettet inngjekk i feittklasse 2, blei det antatt at ei spørjeundersøking i denne gruppa ville ført til så stor variasjon i svara at det ville vera vanskeleg å nytta resultata. Om dette var rett vurdering kan diskutierast.

I datauttaket blei det sett krav til besetningane om at dei måtte vera reine NRF-besetningar, ha sju godkjente kukontrollregistreringar i innefôringssesongen og ha gjennomsnittleg laktasjonsstadium mellom 100 til 200 dagar på kvar kontroll. Desse krava var strenge og gjorde at mange besetningar fall ut av datasettet. Difor blir produsentane i datasettet rekna som pliktoppfyllande og engasjerte mjølkeprodusentar, som driftar gode besetningar. Til trass er variasjonen i feittprosent i mjølk mellom produsentane stor (3,90 – 4,99 %), dette gjer datamaterialet godt eigna til å studera forskjellar i kjemisk samansetjing i mjølk, produksjonsvariablar, besetningsforskjellar og grovfôr kvalitet mellom dei ulike feittklassane.

Variablane i datasettet som er henta ut frå leverandørdata og månadsregistreringar i kukontrollen er gjennomsnittsverdiar basert på dei sju innefôringsmånadane, medan årsstatistikkane er basert på data for heile året. Variablane frå grovfôr analysane er også gjennomsnittsverdiar av dei tilgjengelege grovfôr analysane produsentane hadde frå fôrsesongane 2019 og 2020. Eit representativt prøveuttak av fôrprøva er avgjerande for pålitelegheita, då det kan vera variasjonar i eit fôrparti. Det at fleire variablar er basert på gjennomsnittsverdiar resulterte truleg i låge korrelasjonar mellom variablane i datasettet, og kan ha gitt utslag i at variablar ikkje har blitt registrert å ha signifikant effekt. Det er ikkje kjennskap til om fôret frå alle grovfôr analysane har blitt brukt i mjølkeproduksjonen, eller når det er brukt i det aktuelle året. Dette er moment som gjev usikkerheit til grovfôrresultata.

Målet var likevel at grovfôrdata skulle kunne gje eit inntrykk av om produsentane i dei ulike feittklassane vektla grovfôrproduksjonen i same grad.

I denne undersøkinga har MJ utanom kraftfôr blitt brukt til å omtala grovfôrinntaket. Dette er ein utrekna verdi som basert på dyret sitt energibehov og kjent mengde kraftfôr reknar ut kor mange MJ som må bli tilført som grovfôr for at dyret skal vera i energibalanse. Denne variabelen korrigerer ikkje for grovfôrqualität. Dermed kan det sanne grovfôrinntaket avvika frå verdiane som er oppgitt som grovfôrinntaket i denne oppgåva. Dersom kyrne berre har fått grovfôr og kraftfôr, og alt kraftfôr har blitt registrert og kyrne er i normalt hald, bør denne variabelen gje eit godt mål på grovfôrinntaket (Volden et al., 2011a).

Det er grundig dokumentert at mjølkeproduksjonen går ned gjennom laktasjonsperioden, og at dette påverkar feittprosenten i mjølk positivt (Keown & Van Vleck, 1973; Schaeffer & Burnside, 1976). Dette stemmer med funn i denne oppgåva som viser at produsentane i feittklasse 3 har kyr som er lengre ute i laktasjonen enn dei to andre feittklassane (Tabell 3.15). Det var ikkje forventa å observera effekt av dagar i mjølk mellom feittklassane, då det i datauttaket blei sett krav til gjennomsnittleg laktasjonsstadium for å minimera effekten av dagar etter kalving på feittprosent i mjølk. Likevel skal det nemnast at dei observerte forskjellane er små.

Gjennomsnittleg feittprosent i mjølk på landsbasis i 2020 var 4,36 % (TINE Råvare, 2021). Dette ligg nært den gjennomsnittlege feittprosenten på 4,38 % i denne undersøkinga (Tabell 3.4). Feittprosenten i mjølk er vanlegvis lågare under beiteperioden (Sargeant et al., 1998), og det marginale avviket kan skuldast at datasettet for denne oppgåva berre er basert på mjølkeprøver frå innefôringsmånadane. Då registreringane frå beiteperioden blei ekskludert, auka gjennomsnittleg feittprosent på landsbasis i 2020 til 4,38 % (TINE Råvare, 2021). Dette tyder på at datasettet for denne undersøkinga er representativ for landet. Likevel er ikkje data i denne oppgåva vekta mot levert mjølkemengde, slik som landstal frå TINE Råvare.

4.2 Effekt av feittprosent i mjølk på lønnsmda i mjølkeproduksjonen

Gjennom betalingssystemet til TINE vil mjølk med ein høgare feittprosent få betre literpris enn mjølk med ein lågare feittprosent, gitt at innhaldet av dei andre kjemiske komponentane i mjølka er konstante. I 2021 utgjer pristillegg- eller trekk for feitt 0,09 kr per 0,1 %-eining over eller under 4,0 % (TINE, 2021). I det undersøkte datamaterialet vart produsentane gruppert inn etter feittprosent i mjølk med ein gjennomsnittleg feittprosent i feittklasse 1, 2 og 3 på 4,18 %, 4,38 % og 4,59 % (Tabell 3.1). Betalingssystemet resulterer i at feittklasse 2 får

ei gjennomsnittleg meirinntekt på 18 000 kr per 100 000 liter levert mjølk samanlikna med feittklasse 1, medan produsentane i feittklasse 3 gjennomsnittleg får utbetalt 18 900 kr meir enn produsentane i feittklasse 2 per 100 000 liter levert mjølk. Differansen i mjølkepris per 100 000 liter levert mjølk mellom feittklasse 1 og feittklasse 3 utgjer dermed 36 900 kr. Etersom produsentane i alle tre feittklassane leverer gjennomsnittleg over 320 000 liter mjølk, får produsentane i feittklasse 3 gjennomsnittleg utbetalt rundt 118 000 kr meir for mjølka enn produsentane i feittklasse 1. Denne summen kan produsentane i feittklasse 1 gjennomsnittleg investera i mjølkeproduksjonen, eksempelvis gjennom betre grovfôrdyrking eller betre kraftfôrslag, for å nå 4,59 % feitt i mjølk.

4.3 Effekt av grovfôrinntak og grovfôr kvalitet på feittprosent i mjølk

Positiv samanheng mellom høg feittprosent i mjølk og høgt grovfôrinntak (Tabell 3.6) er i samsvar med tidlegare forsøk (Sterk et al., 2011; Storry & Sutton, 1969). Grovfôr inneheld strukturhaldige karbohydrat som er essensielle for å oppretthalda eit vommiljø med god mikrobeaktivitet, og for danning av eddiksyre i vom (Sjaastad et al., 2016). Eddiksyre er det viktigaste substratet i *de novo* syntesen av fettstoffer i juret (Sjaastad et al., 2016), og er truleg ei viktig forklaring for grovfôrinntaket sin positive effekt på feittprosent i mjølk. Sett vekk ifrå eigenskapar ved dyret, som rase, hald, vekt, laktasjonsstadium, yting og drektigheit (Volden, 2011), er grovfôrinntaket påverka av grovfôret sin fordøyelegheit, tørrstoffinnhald og gjæringskvalitet (Huhtanen et al., 2007). Dette er i samsvar med resultata som viser at feittklasse 2 og 3, som har det høgaste grovfôrinntaket, har grovfôr med høgare fordøyelegheit og tørrstoffprosent og lågare innhald av syrer samanlikna med feittklasse 1 (Tabell 3.14).

Forutan det samla grovfôrinntaket kan innhaldet av kjemiske komponentar i grovfôret ha påverknad på feittprosenten i mjølk. Randby et al. (2012) fann at fôring med grovfôr hausta ved begynnande skyting til skyting gav høgast feittprosent i mjølk, samanlikna med gras hausta på eit seinare utviklingstrinn. Haustetid var ikkje registrert i datamaterialet for denne oppgåva, men resultata indikerer at produsentane med middels og høg feittprosent i mjølk hadde eit grovfôr som var hausta ved eit tidlegare utviklingstrinn, samanlikna med produsentane med låg feittprosent i mjølk (Tabell 3.14). Auka utviklingstrinn reduserer graset sin fordøyelegheit på grunn av auka innhald av NDF, og særleg iNDF (Nordheim-Viken & Volden, 2009; Osbourn, 1980). Simulering av Volden (2012) viser at feittinnhaldet i mjølk aukar inntil NDF innhaldet i rasjonen er på 500-550 g/kg TS. Dette kan indikera eit optimalt innhald av NDF i rasjonen, for å oppnå høg feittprosent i mjølk. I tillegg bør innhaldet av iNDF i grovfôret vera over 100 g/kg NDF for å oppnå eit vommiljø som stimulerer til høg

feittprosent i mjølk (Volden, 2012). Alle feittklassane ligg innanfor desse anbefalingane, men produsentane i feittklasse 2 og 3 har lågare innhald av iNDF enn feittklasse 1 (Tabell 3.14). Innhaldet av iNDF bør ikkje bli for høgt, då det har negativ effekt på fordøyelegheita av NDF (McDonald et al., 2011). Dette er truleg bakgrunnen for at auka iNDF innhald reduserer feittprosenten i mjølk (Tabell 3.9). Elles inneheld grovfôr hausta ved eit tidlegare utviklingstrinn meir feitt enn seinare hausta grovfôr (Prestløyken et al., 2008). Feitt i fôret kan overførast til mjølka (Sjaastad et al., 2016), og kan òg vera ein medverkande årsak til at tidleg hausta grovfôr er fordelaktig for høg feittprosent i mjølk.

Tidlegare forsøk har vist positiv samanheng mellom sukkerinnhald i grovfôr og feittprosent i mjølk (Broderick et al., 2008; Penner & Oba, 2009). Det kan truleg forklarast med at sukker er forløparen til β -hydroxysmørsyre, som er essensiell for danning av fetttsyrer i juret (Miettinen & Huhtanen, 1996). I tillegg er sukker rekna for å gje god smak, som stimulerer til auka grovfôrinntak (Nombekela et al., 1994). I denne undersøkinga blei det ikkje observert ein klar samanheng mellom sukkerinnhaldet i grovfôret og feittprosenten i mjølk, men feittklasse 2 og 3 hadde høgare sukkerinnhald i grovfôret enn feittklasse 1 (Tabell 3.14). Stor variasjon i sukkerinnhald i grovfôret innan alle tre feittklassane, og usikkerheit til grovfôrdata, kan vera avgjerande for at det ikkje blei registrert ein signifikant effekt av sukkerinnhald i grovfôr på feittprosent i mjølk.

Den gunstige samanhengen mellom god gjæringskvalitet og høg feittprosent i mjølk er i samsvar med tidlegare studie, som har vist at grovfôr med lågt innhald av syrer og ammoniakk er fordelaktig for å oppnå høg feittprosent i mjølk (Huhtanen et al., 2003). Forklaringa er truleg at restriktivt gjæra surfôr stimulerer til høgare grovfôrinntak (Huhtanen et al., 2007), og gjev høgare produksjon av eddiksyre (Martin et al., 1994) og smørsyre (Jaakkola et al., 1993) i vom. Det er derimot interessant at mjølkesyre som er dokumentert å vera den syra i grovfôret som i størst grad forklarar nedgang i feittprosent i mjølk (Huhtanen et al., 2003), berre har tendens til å påverka feittklassane (Tabell 3.14). Likevel er dette i tråd med observasjonane til Huhtanen et al. (2003), som fann at innhald av eddiksyre og ammoniakk i grovfôr hadde sterkare negativ påverknad på feittprosenten i mjølk enn mjølkesyre. I denne oppgåva blei det funne forskjellar mellom feittklassane som samsvarer med ein slik teori. Tilsetjing av syrehaldige ensileringsmiddel kan vera eit nyttig verkemiddel for å auka feittprosenten i mjølk, då slike ensileringsmiddel er dokumentert å ha gunstig påverknad på gjæringskvalitet (Bernardes et al., 2018), og i nokon tilfelle også direkte på å auka feittprosenten i mjølk (Gordon, 1989; Mayne, 1993).

Resultata i denne undersøkinga greier ikkje å visa forskjell i grovfôrinntak eller i grovfôr kvalitet mellom feittklasse 2 og 3. I NorFor sin fôrtabell blir grovfôr kvaliteten til desse produsentane definert som surfôr med middels fordøyelegheit (NorFor, 2021). Resultata frå spørjeundersøkinga tyder på at produsentane i feittklasse 3 vektlegg grovfôrproduksjonen høgt, og difor er det overraskande at grovfôr kvaliteten ikkje er betre. Etersom det er usikkerheit forbunde med grovfôr data, kan det ha vore ulikskapar i grovfôr kvaliteten mellom feittklassane utan at dette blei vist. Bruk av andre fôrvarar i rasjonen kan også ha betydning for ulik feittprosent i feittklasse 2 og 3, men i følgje spørjeundersøkinga er det berre eit fåtal av produsentane i feittklasse 3 som supplerer med halm og roer i rasjonen (Figur 3.11), som er vurdert å vera gunstig for feittprosent i mjølk. Fôringsfrekvens, snittelengde og handtering av fôrrestar kunne vore interessant å studera for å sjå om det har betydning for ulik feittprosent i mjølk mellom feittklasse 2 og 3.

4.4 Effekt av kraftfôrinntak på feittprosent i mjølk

Kraftfôr sitt høge energiinnhald stimulerer til auka mjølkeproduksjon (Rook et al., 1992). Negativ korrelasjon mellom kraftfôrinntak og feittprosent i mjølk er derimot i samsvar med tidlegare studiar (Randby et al., 2012; Sterk et al., 2011). Denne effekten skuldast truleg at kraftfôr sitt høge stivelsesinnhald fører til auka propionsyreproduksjon i vom, som er observert å vera negativt for feittprosent i mjølk (Maxim et al., 2011), men positivt for mjølkeproduksjon (Hermansen et al., 2003; Wood, 1976). Det relativt høge kraftfôrforbruket i vestlands- og nordlandfylka er antakeleg årsaka til at berre eit fåtal av produsentane i desse områda oppnår feittklasse 3 (Tabell 3.10). Det høge inntaket av kraftfôr er truleg ein konsekvens av at kraftfôret kan vera billigare enn grovfôret i desse områda, på grunn av meir krevjande vêrforhold og meir tungvinte arbeidsmetodar i grovfôrproduksjonen enn i resten av landet (Thuen, 2015).

Etersom auka kraftfôrinntak er rekna for å vera negativt for feittprosent i mjølk er det interessant at det ikkje er forskjell i kraftfôrinntaket per ku mellom produsentane i dei ulike feittklassane (Tabell 3.15). Produsentane i feittklasse 2 og 3 har likevel lågast kraftfôrforbruk per kg EKM på grunn av høgare mjølkeavdrått i kg EKM. Regresjonsmodellen viser at auka kraftfôrinntak fremmar feittprosent i mjølk (Tabell 3.8). Effekten av kraftfôr på auka feittprosent i mjølk er derimot mindre enn for grovfôr (0,006 %- eining mot 0,010 %- eining), gitt at 1 kilo kraftfôr inneheld 7 MJ (Volden & Nielsen, 2011). Den positive effekten av kraftfôr kan skuldast at kraftfôrfirma lagar kraftfôrblendingar med ingrediensar som betefiber, palmitinsyre, vombeskytta feitt og bufferstoff, som skal vera gunstige for feittprosent i mjølk

(Strømstad, pers. kom.). I spørjeundersøkinga svarte 41 % av produsentane i feittklasse 3 at dei nytta eit slikt kraftfôr (Figur 3.6a). Det burde vore kjennskap til kva kraftfôrtype som var dominerande i feittklasse 1 og 2, for å gje ein indikasjon på om kraftfôrtype har betydning for ulik feittprosent mellom feittklassane. Det kan også tenkjast at ei generell auke i kraftfôrmengde, uavhengig av type, vil kunne auka feittprosenten i mjølk. Sjølv om kraftfôr gjev ein stor andel propionsyregjæring i vom vil det også bidra med eddiksyre- og smørsyregjæring. I tillegg inneheld korn palmitinsyre som verkar positiv på feittprosent i mjølk (Mosley et al., 2007). Elles kan ulik fôringsfrekvens av kraftfôr ha betydning for ulik feittprosent i mjølk mellom feittklassane, då meir frekvent tildeling er fordelaktig for høg feittprosent i mjølk (Macmillian et al., 2017).

4.5 Effekt av mjølkeproduksjon på feittprosent i mjølk

Det blir observert ein negativ korrelasjon mellom mjølkeavdrått (kg) og feittprosent i mjølk (Tabell 3.6). Denne samanhengen har også blitt registrert i fleire forsøk, og blir forklart med at mjølkeproduksjonen påverkar konsentrasjonen av kjemiske komponentar i mjølk (Wood, 1976). Det kan forklara den låge feittprosenten i mjølk hjå besetningane med AMS Lely som har den høgaste mjølkeavdråtten av dei ulike mjølkingssystema (Tabell 3.13). Truleg kunne det blitt observert større variasjon i mjølkeavdrått mellom mjølkingssystema dersom avdråtten hadde blitt framstilt i kg mjølk. Bakgrunnen er at energikorrigerer av mjølk med høgare tørrstoffinnhald resulterer i auka mjølkeproduksjon i kg EKM, noko som kan utlikna noko av avdråttsforskjellane.

Mjølkesyntese er ein energikrevjande prosess, og 1 kg EKM inneheld 3,14 MJ (Nielsen & Volden, 2011). Dermed er det ikkje overraskande at feittklasse 1 produserer mindre mjølk i kg EKM, då dei har eit lågare energiinntak enn feittklasse 2 og 3 (Tabell 3.15). Eit høgare energiinntak tilfører meir substrat til vommikrobane, som stimulerer til høgare syreproduksjon i vom. Dei flyktige feittsyrene er viktige substrat i danning av feitt, laktose og protein i mjølk. Mjølkeproduksjonen er i stor grad påverka av laktoseproduksjonen i juret, då laktose fungerer som osmotisk regulator i mjølk (Hermansen et al., 2003). Syntese av laktose og feitt i juret er relativt uavhengig av kvarandre, sidan dei blir syntetisert av ulike substrat (Hermansen et al., 2003). God energidekning i rasjonen vil gje høgare produksjon av alle flyktige feittsyrer, gitt at det er tilstrekkeleg med fiber i rasjonen og at fiberfordøyinga blir oppretthaldt, som dermed vil verka positivt på både feitt-, protein- og laktoseproduksjonen i juret (Sutton et al., 1986). Det høge proteininnhaldet i mjølka i feittklasse 3 kan underbygga at det er god energidekning

i fôrrasjonen (Tabell 3.15), som truleg er avgjerande for at produsentane i feittklasse 3 greier å oppretthalda ein nokså høg avdrått og samstundes ha høg feittprosent i mjølka.

Til trass for negativ samanheng mellom feittprosent i mjølk og mjølkeavdrått har både feittprosenten og ytingsnivået til norske mjølkekyr auka dei siste åra (TINE Rådgiving, 2020). Dette samsvarar med funn i denne oppgåva, som ikkje observerte noko signifikant forskjell i årsavdrått (kg) for produsentane i feittklasse 3 mot produsentane i feittklasse 1 og 2 (Tabell 3.15). I spørjeundersøkinga svarte 78 % av produsentane at ein kombinasjon mellom høg mjølkeproduksjon og høg feittprosent i mjølk var det viktigaste målet i mjølkeproduksjonen, medan 13 % svarte at høg mjølkeproduksjon var det viktigaste målet (Figur 3.4b). Dermed er kanskje ikkje ytingsnivået i midtlaktasjonen så avgjerande for feittprosenten i mjølk som først antatt. Vidare er det interessant at feittklasse 3 har numerisk høgare årsavdrått, men numerisk lågare dagsavdrått enn feittklasse 1. Dette kan skuldast at produsentane i feittklasse 1 praktiserer kortare laktasjonsperiodar, eller at dei har meir utsjalting og sjukdom i besetninga enn feittklasse 3. Det kan også skuldast høgare mjølkeproduksjon i sommarhalvåret då dette inngår i årsavdråtten, medan dagsavdråtten er basert på innefôringa.

4.6 Potensialet for å auka feittprosenten i mjølk

Det blei observert stor variasjon i feittprosent i mjølk som er eit viktig kriterium for å kunne påverka feittprosenten i mjølk. I det undersøkte datasettet produserer 25 % av produsentane mjølk med meir enn 4,49 % feitt, medan 10 % av produsentane leverer mjølk med ein feittprosent på over 4,70 % (Tabell 3.1). Dette utgjer ein stor del av produsentane, som indikerer at det burde vera mogleg å auka den gjennomsnittlege feittprosenten i mjølk. Etersom produsentane i feittklasse 2 og 3 har eit høgare grovfôrinntak og ein betre grovfôr kvalitet enn feittklasse 1 tyder det på at potensialet for å auka feittprosenten i mjølk ligg i grovfôret. Likevel har det ikkje blitt oppdaga skilnadar i grovfôrinntak og grovfôr kvalitet mellom produsentane i feittklasse 2 og 3. Meir kjennskap til bruken av fôret og informasjon om haustelinje, fôringsregime og helse og trivsel i besetningane kunne kanskje avdekka forskjellar mellom produsentane i feittklasse 2 og 3.

Vidare blei auka kraftfôrinntak observert å auka feittprosenten i mjølk. Dette kan indikera at det blei nytta ein del kraftfôr som skulle fremma feittprosent i mjølk. Dermed kan òg overgang til ein slik kraftfôrtype vera eit potensial for å auka feittprosenten i mjølk. Likevel er mykje av optimaliseringa av kraftfôr for fremma feittprosent i mjølk allereie gjort. Det er i augeblinken ikkje direkte kjennskap til nye råvarer som kan bli nytta i kraftfôrblandingar for å

auka feittprosenten i mjølk. Dette tyder på at det største potensialet for å auka feittprosenten i mjølk hovudsakleg ligg i betre grovfôrdyrking. Dersom produsentane i feittklasse 3 sin bruk av fôringsrådgjeving er representativ for alle mjølkeprodusentar (Figur 3.12), er det truleg potensial for betre grovfôrdyrking og ei meir målretta fôring av norske mjølkekyr for høg feittprosent i mjølk.

5.0 Konklusjon

Stor variasjon i feittprosent i mjølk mellom produsentane tyder på at det er potensial for å auka den gjennomsnittlege feittprosenten i mjølk. Det faktum at heile 25 % av produsentane leverte mjølk med meir enn 4,49 % feitt underbygger dette. Desse produsentane hadde eit høgare grovfôrinntak enn produsentane med låg feittprosent i mjølk. Grovfôr med høg energiverdi, eit lågare innhald av iNDF og god gjæringskvalitet er vurderte som essensielle faktorar for å oppnå høgt grovfôrinntak og høg feittprosent i mjølk.

Det var ikkje forskjell i kraftfôrinntaket per ku mellom produsentane i dei ulike feittklassane, men produsentane i middels og høg feittklasse hadde lågare kraftfôrforbruk per kg EKM samanlikna med produsentane i låg feittklasse. Auka kraftfôrinntak fremma feittprosent i mjølk, men effekten var mindre enn for auka grovfôrinntak. Val av kraftfôrblending kan også påverka feittprosenten i mjølk.

Det var ikkje forskjell i fôring eller mjølkeproduksjon mellom produsentane i middels og høg feittklasse. Meir kjennskap til bruken av fôret og meir informasjon om dyrkings- og fôringsforhold, helse og trivsel i besetningane kunne truleg avdekka forskjellar mellom produsentane i middels og høg feittklasse.

For undersøkinga er samla konklusjon at det er potensial for å auka gjennomsnittleg feittprosent i mjølk hjå NRF gjennom ei god og bevisst fôring. Denne undersøkinga tyder på at eit godt grovfôr som stimulerer til høgt grovfôrinntak er særst viktig i så måte.

6.0 Litteraturliste

- Abrahamse, P., Tamminga, S. & Dijkstra, J. (2009). Effect of daily movement of dairy cattle to fresh grass in morning or afternoon on intake, grazing behaviour, rumen fermentation and milk production. *The Journal of Agricultural Science*, 147 (6): 721.
- Andersson, L. (1988). Subclinical ketosis in dairy cows. *Veterinary clinics of north america: Food animal practice*, 4 (2): 233-251.
- Ayadi, M., Caja, G., Such, X., Rovai, M. & Albanell, E. (2004). Effect of different milking intervals on the composition of cisternal and alveolar milk in dairy cows. *The Journal of dairy research*, 71 (3): 304.
- Bauman, D. E. & Griinari, J. M. (2001). Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science*, 70 (1-2): 15-29.
- Bauman, D. E., McGuire, M. A. & Harvatine, K. J. (2011). Mammary Gland, Milk Biosynthesis and Secretion. I: *Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition)*, s. 352-358: Academic press.
- Baumgard, L., Matitashvili, E., Corl, B., Dwyer, D. & Bauman, D. (2002). Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85 (9): 2155-2163.
- Baumgard, L. H., Sangster, J. K. & Bauman, D. E. (2001). Milk Fat Synthesis in Dairy Cows Is Progressively Reduced by Increasing Supplemental Amount of trans-10, cis-12 Conjugated Linoleic Acid (CLA). *The Journal of Nutrition*, 131 (6): 1764-1769.
- Beauchemin, K. A., Farr, B. I. & Rode, L. M. (1991). Enhancement of the effective fiber content of barleybased concentrates fed to dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 74: 3128-3139.
- Berge, S. (1963). Protein/fat in milk from different species of domestic animals. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 13 (2): 220-226.
- Bernardes, T., Daniel, J., Adesogan, A., McAllister, T., Drouin, P., Nussio, L., Huhtanen, P., Tremblay, G., Bélanger, G. & Cai, Y. (2018). Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. *Journal of dairy science*, 101 (5): 4001-4019.
- Berry, D. P., Buckley, F. & Dillon, P. (2007). Body condition score and live-weight effects on milk production in Irish Holstein-Friesian dairy cows. *Animal* 1(9): 1351-1359.
- Bjørnå, F. (u.å.a). *Fleirårig raigras*. Felleskjøpet (lest 07.02).
- Bjørnå, F. (u.å.b). *Timotei*: Felleskjøpet (lest 10.02).

- Boufaed, H., Chouninard, P. Y., Tremblay, G. F., Petit, H. V., Michaud, R. & Blanger, G. (2003). Fatty acids in forages. I. Factors affecting concentrations. *Canadian Journal of Animal Science*, 83 (3): 501-511.
- Broderick, G., Luchini, N., Reynal, S., Varga, G. & Ishler, V. (2008). Effect on production of replacing dietary starch with sucrose in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91 (12): 4801-4810.
- Bruckmaier, R., Rothenanger, E. & Blum, J. (1994). Measurement of mammary gland cistern size and determination of the cisternal milk fraction in dairy cows. *Milchwissenschaft*, 49 (10): 543-546.
- Børsting, C. F., Weisbjerg, M. R. & Hermansen, J. E. (2003). Fedtomsætningen i mave-tarmkanalen. I: Hvelplund, T. & Weisbjerg, M. R. (red.) *DFJ rapport, Kvægets ernæring og fysiologi, Bind 1 - Næringsstofomsætningen og fodervurdering*. Foulum: Danmarks JordbrugsForskning.
- Casati, M., Calegari, F., Folli, G. & Cappa, V. (1998). Effects of the season on milk yield and on some milk characteristics in cows *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia* 49: 7-25.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R. M. & Doreau, M. (2000). Ruminant milk fat plasticity: nutritional quality of cow and goat milk fat. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109 (8): 828-855.
- Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard, L., Rouel, J. & Doreau, M. (2007). Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109 (8): 828-855.
- Colucci, P. E., Macleod, G. K., Grovum, W. L., Mcmillian, I. & Barney, D. J. (1990). Digesta kinetics in sheep and cattle fed diets with different forage to concentrate ration at high and low intakes. *Journal of Dairy Science*, 73: 2143-2156.
- Cox, M. M. & Nelson, L. D. (2017). *Lehninger Principles of Biochemistry: International Edition*. Seventh utg.: W.H. Freeman & Co Ltd.
- Davis, S. R., Faar, V. C., Copeman, P. J., Carruthers, V. R., Knight, C. H. & Stelwagen, K. (1998). Partitioning of milk accumulation between cisternal and alveolar compartments of the bovine udder: relationship to production loss during once daily milking. *Journal of Dairy Research*, 65 (1): 1-8.
- De Boever, J. L., De Smet, A., De Brabander, D. L. & Boucqué, C. V. (1993). Evaluation of physical structure. 1. Grass silage. *Journal of Dairy Science*, 76: 140-153.
- Deinum, B. (1966). *Climate, nitrogen and grass. 1. Research into the influence og the light intensity, temperature, water supply and nitrogen on the production and chemical*

- composition of grass*. Meded. Landb. Hogesch. Wageningen, the Netherlands. 66-11, pp 91.
- Demeyer, D. & Van Nevel, C. (1995). Transformations and effects of lipids in the rumen: three decades of research at Gent University. *Archiv für Tierernaehrung. Animal Nutrition*, 48 (1-2): 119-134.
- DeVries, T. J., Holtshausen, L., Oba, M. & Beauchemin, K. A. (2011). Effect of parity and stage of lactation on feed sorting behavior of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94 (8): 4039-4045.
- Dijkstra, J., Ellis, J., Kebreab, E., Strathe, A., Lopez, S., France, J. & Bannink, A. (2012). Ruminant pH regulation and nutritional consequences of low pH. *Animal Feed Science and Technology*, 172 (1-2): 22-33.
- Eilerås, T. (2019). *The use of Saccharomyces cerevisiae CNCM I-1077 in feed for ruminants : effect on digestibility, rumen environment and methane emission*. Master. Ås: NMBU: 70.
- Emery, R. & Brown, L. (1961). Effect of feeding sodium and potassium bicarbonate on milk fat, rumen pH, and volatile fatty acid production. *Journal of Dairy Science*, 44 (10): 1899-1902.
- Enjalbert, F., Videau, Y., Nicot, M. C. & Troegeler-Meynadier, A. (2008). Effects of induced subacute ruminal acidosis on milk fat content and milk fatty acid profile. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92 (3): 284-291.
- Esdale, W. J. & Satter, L. D. (1972). Manipulation of ruminal fermentation. IV. Effect of altering ruminal pH on volatile fatty acid production. *Journal of Dairy Science*, 55: 964-970.
- Ferris, C., Patterson, D., Gordon, F., Watson, S. & Kilpatrick, D. (2014). Calving traits, milk production, body condition, fertility, and survival of Holstein-Friesian and Norwegian Red dairy cattle on commercial dairy farms over 5 lactations. *Journal of dairy science*, 97 (8): 5206-5218.
- Forsberg, C. W., Forano, E. & Chesson, A. (2000). Microbial Adherence to the plant cell wall and enzymatic hydrolysis. I: Cronje, P. B. (red.) *Ruminant Physiology: Digestion, metabolism, growth and reproduction*, s. 79-98.
- Friedman, H. I. & Nylund, B. (1980). Intestinal fat digestion, absorption, and transport. A review. *American Journal of Clinical Nutrition (USA)*.

- Friggens, N., Emmans, G. S., Robertson, S., Chamberlain, D. G., Whittemore, C. T. & Oldham, J. D. (1995). The Lactational Responses of Dairy Cows to Amount of Feed and to the Source of Carbohydrate Energy. *Journal of Dairy Science*, 78: 1734-1744.
- Friggens, N. C., Ridder, C. & Løvendahl, P. (2007). On the Use of Milk Composition Measures to Predict the Energy Balance of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 90: 5453-5467.
- Garton, G., Lough, A. & Vioque, E. (1961). Glyceride hydrolysis and glycerol fermentation by sheep rumen contents. *Microbiology*, 25 (2): 215-225.
- Geno. (2020a). *Historien om Geno og NRF*: Geno (lest 08.01).
- Geno. (2020b). *NRF i Norge og verden*: Geno (lest 05.01).
- Gillund, P., Reksen, O., Gröhn, Y. & Karlberg, K. (2001). Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows. *Journal of dairy science*, 84 (6): 1390-1396.
- Gjefsen, T. (2016). *Fôringslære*. 3 utg. Sandnes: Fagbokforlaget.
- Gordon, F. J. (1989). An evaluation through lactating cattle of a bacterial inoculant as an additive for grass silage. *Grass and Forage Science*, 44 (2): 169-179.
- Grant, R., Colenbrander, V. & Mertens, D. (1990). Milk fat depression in dairy cows: role of silage particle size. *Journal of Dairy Science*, 73 (7): 1834-1842.
- Griinari, J. & Bauman, D. (2006). Milk fat depression: concepts, mechanisms and management applications. *Ruminant physiology: Digestion, metabolism and impact of nutrition on gene expression, immunology and stress*: 389-417.
- Grummer, R. R. (1991). Effect of Feed on the Composition of Milk Fat. *Journal of Dairy Science*, 74 (9): 3244-3257.
- Harfoot, C. G. & Hazlewood, G. P. (1988). Lipid metabolism in the rumen. I: Hobson, P. N. (red.) *The rumen microbial ecosystem*, s. 284-322. London: Elsevier Appl. Sciences.
- Harstad, O. M., Ekern, A., Haug, A. & Havrevoll, Ø. (2000). Fôringas virkning på mengde og kvalitet av fett i mjølk. *Husdyrforsøksmøtet*.
- Harstad, O. M. & Steinshamn, H. (2010). Cows' diet and milk composition. I: *Improving the safety and quality of milk*, s. 223-245: Elsevier.
- Hermansen, J. E. (1987). Foderoptagelse, ydelse og tilvækst ved anvendelse af roeaffald eller bederoer til malkekøer. *Statens Husdyrbrugsforsøg Meddelelse*, 679.
- Hermansen, J. E. (1989). Feed intake, milk yield at increasing supplement of a palmitic and stearic acid rich type of fat in comparison with animal fat. *Animal Feed Science and Technology*, 22: 179-191.

- Hermansen, J. E. (1995). Prediction of milk fatty acid profile in dairy cows fed dietary fat differing in fatty acid composition. *Journal of dairy science*, 78 (4): 872-879.
- Hermansen, J. E., Nielsen, J. H., Larsen, L. B. & Sejrsen, K. (2003). Mælkens sammensætning og kvalitet. I: Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.) *DJF rapport Husbrug nr 54 - Kvægets Ernæring og Fysiologi. Bind 2 - Fodring og produktion*, s. 341- 366. Tjele, Danmark: Danmarks JordbruksForskning.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J., Khalili, H., Jaakkola, S. & Heikkilä, T. (2003). Relationships between silage fermentation characteristics and milk production parameters: analyses of literature data. *Livestock Production Science*, 81 (1): 57-73.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. (2007). Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *The Animal Consortium 2007*: s. 758 - 770.
- Hvelplund, T., Madsen, J., Misciattelli, L. & Weisbjerg, M. R. (2003). Proteinomsætningen i mave-tarmkanalen og dens kvantificering. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, P. (red.) *DJF rapport, Kvægets ernæring og fysiologi, Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*. Foulum: Danmarks JordbruksForskning.
- Johnson, R. J. & Thomson, N. (1996). *Effect of pasture species on milk yield and milk composition*. Proceedings of the New Zealand Grassland Association.
- Jaakkola, S., Huhtanen, P. & Kaunisto, V. (1993). *VFA proportions and microbial protein synthesis in the rumen of cattle receiving grass silage ensiled with different rates of formic acid*. Proceedings of the 10th International Conference on Silage Research, Dublin City University, Ireland, 1993: ie.
- Kaufmann, W. (1976). Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH-regulation in the rumen and on feed in-take in ruminants. *Livestock Production Science*, 3 (2): 103-114.
- Keown, J. & Van Vleck, L. D. (1973). Extending lactation records in progress to 305-day equivalent. *Journal of Dairy Science*, 56 (8): 1070-1079.
- Kristensen, B., N, Hvelplund, T., Weisbjerg, M. R. & Nørgaard, P. (2003). Mikrobiel omsætning i formaverne. I: Hvelplund, T. & Weisbjerg, M. R. (red.) *DJF rapport, Kvægets ernæring og fysiologi, Bind 1 - Næringsstofomsætning og fysiologi*. Foulum: Danmarks JordbruksForskning.
- Lund, P. (2002). *The effect of forage type on passage kinetics and digestibility of fibre in dairy cows*. Ph.D. København: The Royal Veterinary and Agricultural University.

- Macmillian, K., Gao, X. & Oba, M. (2017). Increased feeding frequency increased milk fat yield and may reduce the severity of subacute ruminal acidosis in higher-risk cows. *Journal of Dairy Science*, 100 (2): 1045-1054.
- Mansfield, H. R., Stern, M. D. & Otterby, D. E. (1994). Effects of Beet Pulp and Animal By-Products on Milk Yield and In Vitro Fermentation by Rumen Microorganisms. *Journal of Dairy Science*, 77 (1): 205-216.
- Martin, P., Chamberlain, D., Robertson, S. & Hirst, D. (1994). Rumen fermentation patterns in sheep receiving silages of different chemical composition supplemented with concentrates rich in starch or in digestible fibre. *The Journal of Agricultural Science*, 122 (1): 145-150.
- Maxim, G., Glasser, F., Hurtaud, C., Peyraud, J. L. & Rulquin, H. (2011). Combined effects of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid, propionate, and acetate on milk fat yield and composition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94 (4): 2051-2059.
- Mayne, C. S. (1993). The effect of formic acid, sulphuric acid and a bacterial inoculant on silage fermentation and the food intake and milk production of lactating dairy cows. *Animal Science*, 56 (1): 29-42.
- McClymount, G. L. & Vallance, S. (1962). Depression of blood glycerides and milk fat synthesis by glucose infusion. *Proceedings of the Nutrition Society*, 21 (2).
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal Nutrition*. 7. utg. England: Pearson Education Limited.
- McNamara, S., O'mara, F., Rath, M. & Murphy, J. (2003). Effects of different transition diets on dry matter intake, milk production, and milk composition in dairy cows. *Journal of dairy science*, 86 (7): 2397-2408.
- Mertens, D. R. (1997). Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 80: 1463-1481.
- Miettinen, H. & Huhtanen, P. (1996). Effects of the ratio of ruminal propionate to butyrate on milk yield and blood metabolites in dairy cows. *Journal of dairy science*, 79 (5): 851-861.
- Mo, M. (2005). *Surförboka*. 1. utg. Oslo: Landbruksforlaget.
- Moorby, J., Lee, M., Davies, D., Kim, E. J., Nute, G., Ellis, N. & Scollan, N. D. (2009). Assessment of dietary ratios of red clover and grass silages on milk production and milk quality in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92 (3): 1148-1160.

- Morales, J., Van Horn, H. & Moore, J. (1989). Dietary interaction of cane molasses with source of roughage: intake and lactation effects. *Journal of Dairy Science*, 72 (9): 2331-2338.
- Mosley, S. A., Mosley, E. E., Hatch, B., Szasz, J. I., Corato, A., Zacharias, N., Howes, D. & McGuire, M. A. (2007). Effect of Varying Level of Fatty Acids from Palm Oil on Feed Intake and Milk Production in Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 90 (2): 987-993.
- Nagaraja, T. & Lechtenberg, K. F. (2007). Acidosis in feedlot cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 23 (2): 333-350.
- Nakamura, M. T. & Nara, T. Y. (2004). Structure, function, and dietary regulation of delta6, delta5, and delta9 desaturases. *Annual Review of Nutrition*, 24: 345-376.
- National Research Council. (2001). *Nutrient Requirement of Dairy Cattle 7*. utg. Washington DC: The National Academies.
- Ng-Kwai-Hang, K., Hayes, J., Moxley, J. & Monardes, H. (1984). Variability of test-day milk production and composition and relation of somatic cell counts with yield and compositional changes of bovine milk. *Journal of dairy science*, 67 (2): 361-366.
- Nielsen, N. I. & Volden, H. (2011). Animal requirements and recommendations. I: Volden, H. (red.) *NorFor - The Nordic feed evaluation system*. Nederland: Wageningen Academic Publishers.
- Nombekela, S., Murphy, M., Gonyou, H. & Marden, J. (1994). Dietary preferences in early lactation cows as affected by primary tastes and some common feed flavors. *Journal of dairy science*, 77 (8): 2393-2399.
- Nordheim-Viken, H., Volden, H., Lunnan, T. & Jørgensen, M. (2003). Vomfordøyelighet av fiber (NDF) i timotei. *Grønn kunnskap*, 7 (3): 44-50.
- Nordheim-Viken, H. & Volden, H. (2009). Effect of maturity stage, nitrogen fertilization and seasonal variation on ruminal degradation characteristics of neutral detergent fibre in timothy (*Phleum pratense* L.). *Animal Feed Science and Technology*, 149 (1-2): 30-59.
- NorFor. (2021). Fôrmiddeltabell.
- Nørsgaard, P. (1987). Reticulo-rumen fermentation in dairy cows fed 12 times daily with 4 types of roughages supplemented with straw and concentrates. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 37 (4): 449-461.
- Nørsgaard, P., Nadeau, E. & Randby, Å. (2010). A new Nordic structure evaluation system for diets fed to dairy cows: a meta analysis. I: Sauvant, D. J., Van Milgen, P., Faverdin, P.

- & Friggens, N. (red.) *Modelling nutrient digestion and utilization in farm animals*.
Nederland: Wageningen Academic Publishers.
- Nørgaard, P., Nadeau, E., Randby, Å. & Volden, H. (2011). Chewing index system for predicting physical structure of the diet. I: Volden, H. (red.) *NorFor - The Nordic feed evaluation system*. Nederland: Wageningen Academic Publishers.
- O'Shea, M., Devery, R., Lawless, F., Murphy, J. & Stanton, C. (2000). Milk fat conjugated linoleic acid (CLA) inhibits growth of human mammary MCF-7 cancer cells. *Anticancer research*, 20 (5B): 3591-3601.
- Oba, M. & Allen, M., S. (1999). Evaluation of the Importance of the Digestibility of Neutral Detergent Fiber from Forage: Effects on Dry Matter Intake and Milk Yield of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 82 (3): 589-596.
- Olsen, H. H., Hinners, S. W. & Bennett, R. C. (1966). Ad Libitum Versus Restricted Concentrate Feeding of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 49 (1): 110-113.
- Opplysningskontoret for Meieriprodukter. (u.å). *Melkefett* (lest 14.01).
- Osborn, D. F. (1980). The feeding value of grass and grass products. *Grass, its production and utilization*: s. 70 -124.
- Owens, F. N., Secrist, D. S., Hill, W. J. & Gill, D. R. (1998). Acidosis in cattle: a review. *Journal of Animal Science*, 76 (1): 275-286.
- Ozrenk, E. & Inci, S. S. (2008). The effect of seasonal variation on the composition of cow milk in Van Province. *Pakistan Journal of nutrition*, 7 (1): 161-164.
- Penner, G. & Oba, M. (2009). Increasing dietary sugar concentration may improve dry matter intake, ruminal fermentation, and productivity of dairy cows in the postpartum phase of the transition period. *Journal of Dairy Science*, 92 (7): 3341-3353.
- Perfield, J. W., Lock, A. L., Griinari, J. M., Saebø, A., Delmonte, P., Dwyer, D. A. & Bauman, D. E. (2007). Trans-9, cis-11 conjugated linoleic acid reduces milk fat synthesis in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90 (5): 2211-2218.
- Peterson, D. G., Matitashvili, E. A. & Bauman, D. E. (2003). Diet-induced milk fat depression in dairy cows results in increased trans-10, cis-12 CLA in milk fat and coordinate suppression of mRNA abundance for mammary enzymes involved in milk fat synthesis. *The Journal of nutrition*, 133 (10): 3098-3102.
- Pires, J., Delavaud, C., Faulconnier, Y., Pomies, D. & Chilliard, Y. (2013). Effects of body condition score at calving on indicators of fat and protein mobilization of periparturient Holstein-Friesian cows. *Journal of Dairy Science*, 96 (10): 6423-6439.

- Piva, G., Belladonna, S., Fusconi, G. & Sicbaldi, F. (1993). Effects of Yeast on Dairy Cow Performance, Ruminal Fermentation, Blood Components, and Milk Manufacturing Properties. *Journal of Dairy Science*, 76 (9): 2717-2722.
- Prestløkken, E., Randby, Å., Eknæs, M. & Garmo, T. (2008). Effect of harvesting time and wilting on feed intake and milk production. *Grassl. Sci. Eur.*, 13: 849-851.
- Randby, T. Å., Weisbjerg, M. R., Nørgaard, P. & Heringstad, B. (2012). Early lactation feed intake and milk yield responses of dairy cows offered grass silages harvested at early maturity stages. *Journal of Dairy Science* 95: s. 304 -317.
- Randby, Å. (2005). Ensileringsmiddel. *Buskap 15*: s. 12 - 14.
- Randby, Å. T., Selmer-Olsen, I. & Baevre, L. (1999). Effect of Ethanol in Feed on Milk Flavor and Chemical Composition. *Journal of Dairy Science*, 82: 420-428.
- Robinson, P. H. & McQueen, R. E. (1993). Influence of Supplemental Protein Source and Feeding Frequency on Rumen Fermentation and Performance in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 77: 1340-1353.
- Rook, A. J., Fisher, W. J. & Sutton, J., D. (1992). Sources of variation in yields and concentrations of milk solids in dairy cows. *British Society of Animal Science*, 54 (2): 169-173.
- Russel, J. B. & Wilson, D. B. (1996). Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? *Journal of Dairy Science*, 79: 1503-1509.
- Sargeant, J., Shoukri, M., Martin, S., Leslie, K. & Lissemore, K. (1998). Investigating potential risk factors for seasonal variation: an example using graphical and spectral analysis methods based on the production of milk components in dairy cattle. *Preventive veterinary medicine*, 36 (3): 167-178.
- SAS Institute. (2016). (Versjon 9.4).
- Satter, L. & Roffler, R. (1975). Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 58 (8): 1219-1237.
- Schaeffer, L. & Burnside, E. (1976). Estimating the shape of the lactation curve. *Canadian Journal of Animal Science*, 56 (2): 157-170.
- Schei, I. (2020). *Kva fortel Kukontrollen om fôring og feittprosent?* Fôring: Buskap (lest 25.05).
- Schutz, M. M., Hansen, L. B., Stauernagel, G. R. & Kuck, A. L. (1990). Variation of Milk, Fat, Protein, Somatic Cells for Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 73 (2): 484-493.

- Shingfield, K. & Garnsworthy, P. (2012). Rumen lipid metabolism and its impacts on milk production and quality. *Recent Advances in Animal Nutrition 2012/Garnsworthy, PC, Wiseman, J.*
- Sjaunja, L. (1990). A Nordic proposal for an energy-corrected milk (ECM) formula. *27th Session International Committee for Recording and Productivity of Milk Animals; 2-6 July 1990, Paris, France.*
- Sjaastad, V. Ø., Sand, O. & Hove, K. (2016). *Physiology of Domestic Animals*. 3 utg. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Soberon, F., Ryan, C., Nydam, D., Galton, D. & Overton, T. (2011). The effects of increased milking frequency during early lactation on milk yield and milk composition on commercial dairy farms. *Journal of dairy science*, 94 (9): 4398-4405.
- Sterk, A., Johansson, B. E. O., Taweel, H. Z. H., Murphy, M., van Vuuren, A. M., Hendriks, W. H. & Dijkstra, J. (2011). Effects of forage type, forage to concentrate ratio, and crushed linseed supplementation on milk fatty acid profile in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94 (12): 6078-6091.
- Stock, R. (2000). *Acidosis in Cattle*. American Association of Bovine Practitioners Proceedings of the Annual Conference.
- Storry, J. E. & Sutton, J., D. (1969). The effect of change from low-roughage to high-roughage diets on rumen fermentation, blood composition and milk fat secretion in the cow. *British Journal of Nutrition*, 23 (3): 511-521.
- Sutton, J., D, Hart, I. C., Broster, W. H., Elliott, R. J. & Schuller, E. (1986). Feeding frequency for lactating cows: effects on rumen fermentation and blood metabolites and hormones. *British Journal of Nutrition*, 56: 181.
- Sveinsson, T. & Bjarnadóttir, L. (2006). *The effect of timothy growth stage at harvest on fermentation characteristics in round bale silage and voluntary feed intake in dairy cows*. Proceedings for NJF seminar.
- Svensden, J. M. (2010). *Fettsyresammensetning i kumelk ved fôring med surfôr av timotei, raigras eller mais*. Master. Ås: NMBU: 79.
- Swanson, E. W., Hinton, S. A. & Miles, J. T. (1967). Full Lactation Respons on Restricted vs. ad Libitum Roughage Diets with Concentrate Feeding. *Journal of Dairy Science*, 50 (7): 1147-1152.
- Thuen, E. A. (2015). *Hva koster graset? I: Felleskjøpet (red.). Regionvise forskjeller i grovfôrkostnader og sammenlikning med kraftfôrpris (lest 25.03).*

- TINE. (2015). *TINEs regelverk om bedømmelse og betaling av melk etter kvalitet ved levering til TINE Råvare.*
- TINE. (2020). *Fortsatt behov for mer fett i kumelka: TINE* (lest 08.01).
- TINE. (2021). *TINE Råvare Produsentavregning - Melkepris og satser.*
- TINE Rådgiving. (2020). Statistikkksamling fra Ku-og Geitekontrollen 2020.
- TINE Råvare. (2021). *Landsprognose for leveranse av kumjølk.*
- Tucker, H. (1989). Photoperiod affects intake, growth, and milk production of cattle. *Feedstuffs*, 61 (16): 15-16.
- Vanhatalo, A., Pursiainen, P., Kuoppala, K., Rinne, M. & Tuori, M. (2008). *Effects of harvest time of red clover silage on milk production and composition.* Proceedings of the 22nd General meeting of the EGF. uppsala, Sweden.
- Volden, H. (1999). Effects of level of feeding and ruminally undegraded protein on ruminal bacterial protein synthesis, escape of dietary protein, intestinal amino acid profile, and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 77: 1905-1918.
- Volden, H. (2009). NorFor Plan Mjølkeku. *Husdyrforsøksmøtet*: 425-428.
- Volden, H. (2011). Feed calculations in NorFor. I: Volden, H. (red.) *NorFor - The Nordic feed evaluation system.* Nederland: Wageningen Academic Publishers.
- Volden, H. & Larsen, M. (2011). Digestion and metabolism in the gastrointestinal tract. I: *NorFor - The Nordic feed evaluation system* s. 59 - 80. Nederland: Wageningen Academic Publishers.
- Volden, H. & Nielsen, N. I. (2011). Energy and metabolizable protein supply. I: *NorFor - The Nordic feed evaluation system*, s. 81 - 84. Nederland: Wageningen Academic Publishers.
- Volden, H., Nielsen, N. I., Åkerlind, M., Larsen, M., Havrevoll, Ø. & Rygh, A., J. (2011a). Prediction of voluntary feed intake. I: Volden, H. (red.) *NorFor- The Nordic feed evaluation system*, s. 113-126. Nederland: Wageningen Academic Publishers.
- Volden, H., Rokkjær, H. D., Göran, A. & Åkerlind, M. (2011b). The NorFor IT system, ration formulation and optimisation. I: Volden, H. (red.) *NorFor - The Nordic feed evaluation system.* Nederland: Wageningen Academic Publishers.
- Volden, H. (2012). Fôring for høyere fettprosent i mjølka. *Buskap* 6: 20-23.
- Volden, H. (2016). *Melkekuas bestilling i restauranten. Er melkeproduksjonens legitimitet avhengig av hva kua spiser og hvor melka produseres:* Norske Felleskjøp Temaseminar, Oslo.

- Volden, H., Nielsen, N. I., Åkerlind, M., Rygh, A., J. & Nørgaard, P. (2019). *Equation changes since NorFor 2011 (EAAP No.130)*. norfor.info.
- Von Farries, E. (1983). Stoffwechselstörungen und ihr Einfluss auf die Zusammensetzung der Milch. *Zuchtungskunde*, 55: 265-274.
- Wallace, R. J. (1995). *The proteolytic systems of ruminal microorganisms*. Proceedings from the symposium Rumen Microbiology, Clermont-Ferrand, France, s. 20-29.
- Weisbjerg, M. R. (1999). Cellevægskulhydrater og deres omsætning i vommen. *Danmarks JordbrugsForskning Intern Rapport Nr. 118*: 3-17.
- Weisbjerg, M. R., Lund, P. & Hvelplund, T. (2003). Kulhydratomsætningen i mave-tarmkanalen. I: Hvelplund, T. & Weisbjerg, M. R. (red.) *DFJ rapport, Kvægets ernæring og fysiologi, Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*. Foulum: Danmarks JordbrugsForskning.
- Wiking, L., Björck, L. & Nielsen, J. H. (2003). Influence of feed composition on stability of fat globules during pumping of raw milk. *International Dairy Journal*, 13 (10): 797-803.
- Wiking, L., Nielsen, J., Båvius, A.-K., Edvardsson, A. & Svennersten-Sjaunja, K. (2006). Impact of milking frequencies on the level of free fatty acids in milk, fat globule size, and fatty acid composition. *Journal of Dairy Science*, 89 (3): 1004-1009.
- Wood, P. D. P. (1976). Algebraic models of the lactation curves for milk, fat and protein production, with estimates of seasonal variation. *Animal Production*, 22: 35.
- Yalqin, S., Yalqin, S., Can, P., Gürdal, A. O., Bagci, C. & Eltan, Ö. (2011). The Nutritive Value of Live Yeast Culture (*Saccharomyces cerevisiae*) and Its Effect on Milk Yield, Milk Composition and Some Blood Parameters of Dairy Cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24 (10): 1377-1385.
- Yang, C.-M. J. & Varga, G. A. (1989). Effect of Three Concentrate Feeding Frequencies on Rumen Protozoa, Rumen Digesta Kinetics, and Milk Yield in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 72 (4): 950-957.
- Zebeli, Q., Tafaj, M., Steingass, H., Metzler, B. & Drochner, W. (2006). Effects of Physically Effective Fiber on Digestive Processes and Milk Fat Content in Early Lactating Dairy Cows Fed Total MIXed Rations. *Journal of Dairy Science*, 89 (2): 651-668.
- Åkerlind, M., Nielsen, N. I. & Volden, H. (2011). Animal input characteristics. I: Volden, H. (red.) *NorFor - The Nordic feed evaluation system*. Nederland: Wageningen Academic Publishers.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway