

Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Masteroppgåve 2017, 30 stp.  
Fakultetet for biovitenskap

## Erstatning av palmeoljebasert fett med fett frå rapsfrø i kraftfôr til norsk mjølkegeit– effekt på feittinnhald og fetttsyresamansetting i mjølk

Feeding of palm oil derived fat or rapeseeds to  
Norwegian dairy goat– effects on fat content and  
fatty acid composition

Gunnhild Helene Breiland  
Husdyr- og akvakulturvitenskap

## **Forord**

Denne masteoppgåva avsluttar dei fem åra eg har hatt på Institutt for husdyr- og akvakulturvitskap (IHA) ved Noregs miljø- og biovitskapelege Universitet (NMBU) på Ås. Eg kan sjå tilbake på desse fem åra som lærerike, innhaldsrike og utfordrande. Særleg har det siste halvåret og arbeidet med masteroppgåva vore ei krevjande, men spennande tid. Takka vere god rettleiing og hjelp på vegen er eg endeleg i mål.

Ein stor takk til hovudvegleiar Margrete Eknæs (IHA) for all den dyrebare tida ho har brukt til å hjelpe og rettleie meg gjennom prosessen. Det har vore avgjerande for at eg snart kan smykke meg med tittelen ”Sivilagronom”. I tillegg vil eg takke tilleggsvegleiar Torstein H. Garmo (IHA) for gode diskusjonar og konstruktive tilbakemeldingar. Eg set stor pris på både dei faglege og språklege diskusjonane me har hatt. Vidare vil eg også takke dei heime som heile tida har hatt trua på meg, og som har støtta og motivert meg når ting har butta i mot.

Institutt for husdyr- og akvakulturvitskap

NMBU

Ås, 12.05.2017

Gunnhild Helene Breiland

## Samandrag

For å sikre høgt energiopptak og god mjølkeyting med høgt tørrstoffinnhald vert det i dag tilsett palmeoljebasert feitt i ein del kraftfôrblendingar til mjølkegeit. Palmeolje er rik på den metta feittsyra palmitinsyre (C16:0), som vert sett på som ei ugunstig feittsyre i humanernæringa. Palmeolja må også importerast og vert ofte sett i samanheng med utrydding av regnskog. Der er derfor naudsynt å finne eit betre alternativ til energitilskot i kraftfôr, både for å auke sjølvforsyningsgraden, men også for å betre den ernæringsmessige kvaliteten av mjølk og mjølkeprodukt.

Formålet med denne oppgåva var å undersøkje om norskdyrka rapsfrø, rikt på langkjeda umetta feitt, kan vere eit alternativ til palmeoljebasert feittilskot, og korleis det påverkar feittinnhald og feittsyresamansetting i mjølk. Forsøket vart utført i 2016 med 48 mjølkegeiter ved geitefjøset på Senter for Husdyrforsøk, NMBU på Ås. Forsøksperioden varte frå kjeing i februar til avsining i oktober, med innefôring vår og haust, og fjellbeite på sommaren. Geitene vart gruppert i seks forsøksgrupper med 8 geiter i kvar. Kvar gruppe fekk kraftfôr tilsett 2 eller 8 % Akofeed (palmeoljebasert feitt), og 2, 4, 6 eller 8 % feitt frå rapsfrø. I innefôringsperiodane fekk geitene surfôr etter appetitt, og surfôropptaket vart registrert kvar veke. Det vart tatt prøver av mjølk og blod av alle geitene på laktasjonsdag 30, 55, 85, 115, 185 og 225. Det vart også registrert mjølkemengd annakvar veke gjennom dei to innefôringsperiodane, og kvar fjerde veke på fjellbeite.

Det var ingen signifikant forskjell mellom Akofeed og raps på mjølkeyting, feittprosent eller mjølkefeittproduksjon, men ein tendens til auka feittprosent i mjølka med auka mengd feitt i kraftfôret. 8 % feitt i fôret førte til redusert fôropptak og ein tendens til lågare mjølkeproduksjon for desse gruppene. Det var ingen effekt av forsøksgruppe på innhaldet av *de novo*-feittsyrer i mjølka. Forsøksgruppa som fekk 8 % Akofeed hadde signifikant høgast innhald av C16:0 i mjølka, samanlikna med dei andre forsøksgruppene. Innhaldet av C18:0, C18:1- og C18:2-feittsyrer var signifikant høgare for forsøksgruppene som fekk raps, og auka mengde feitt frå raps gav auka mengd umetta feitt i mjølka. Innhaldet av C18:2 var likevel høgast på beite for alle forsøksgruppene.

I beiteperioden var innhaldet av feittsyrer frå mobilisert kroppsfeitt (C18:0 og C18:1) høgt, uavhengig av forsøksgruppe. I den siste innefôringsperioden var det observert ei betydeleg

haldoppbygging med ei vektauke på 4,0 kg i snitt. Feittproduksjon var lågare i denne perioden samanlikna med tidlegare i laktasjonen, og var ikkje påverka av forsøksgruppe. Tilskot av 8 % Akofeed eller 8 % feitt frå rapsfrø hadde ingen effekt på energistatusen til geita.

## Abstract

Dietary lipid supplementation is a practical tool to increase energy intake in ruminants, and has a positive influence on milk yield and milk composition. Palm oil derived fatty acids are commonly used as energy supplementation for dairy goats. However, palm oil is rich in palmitic acid (C16:0), and considered as an unfavorable fatty acid in human nutrition. Use of palm oil in food and feed is also criticized from an environmental sustainability point of view. It is therefore necessary to find a good substitute to palm oil as an energy supplement in concentrate, both in order to improve the use of national feed resources, but also to improve nutritional quality.

The aim of this thesis was to evaluate if rapeseed, rich in long chain unsaturated fatty acids, can be a substitute to palm oil in concentrate to dairy goat, regarding fat content and fatty acid composition. The effect of lipid-supplemented concentrates on milk production, fat yield and fatty acid composition was examined. The experiment was conducted from February to October 2016, with two indoor feeding periods in the spring and autumn, and a mountain grazing period in the summer. 48 Norwegian dairy goats assigned in six experimental groups were fed six different concentrates throughout the lactation period. The diets were: concentrate added 2 or 8% Akofeed (palm oil derived fatty acids), and concentrate added 2, 4, 6 or 8% fat from rapeseeds. The goats were fed grass silage according to appetite during the indoor feeding periods, and silage intake was registered each week. Individual milk and blood samples were conducted at 30, 55, 85, 115, 185 and 225 days in milk (DIM). Milk yield and fat content of the milk was in addition registered every 2<sup>nd</sup> week during the indoor feeding periods, and every 4<sup>th</sup> week during the mountain grazing period.

There was no difference between the two sources of lipid supplement on milk yield, fat percentage or milk fat yield. Increased amount of lipid supplement increased fat percentage in milk, but not significant. Supplement of 8 % lipid resulted in reduced feed intake and lower milk yield. There was no effect of lipid supplement on fatty acids synthesized *de novo*. Goats receiving 8 % Akofeed had a higher content of C16-fatty acids in milk, compared with the other groups. The content of C18:0, C18:1- and C18:2-fatty acids were higher for the goats receiving rapeseed as lipid supplement. Increased amounts of lipid supplement from rapeseed increased the total content of unsaturated fatty acids in milk. However, the content of C18:2 were highest during the mountain grazing period for all groups.

The content of mobilized fatty acids from body lipid stores (C18:0 and C18:1) was elevated for all groups during the mountain grazing period. During the last indoor feeding period the goats gained on average 4.0 kg body weight (BW). Fat yield was lower at this stage compared to earlier in the lactation. Dietary lipid supplements had no effect on milk fat yield at this stage. The energy status of the goat was not affected by 8 % Akofeed or 8 % fat from rapeseeds.

# Innholdsliste

<b>Forord</b> .....	<b>1</b>
<b>Samandrag</b> .....	<b>2</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Innleiing</b> .....	<b>8</b>
<b>2. Litteratur</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1 Utvikling i norsk geitemjølksproduksjon</b> .....	<b>10</b>
2.1.1 Avlsarbeid for god mjølke kvalitet .....	11
2.1.2 Fôring gjennom sintid og laktasjon .....	12
2.1.3 Helsestatus hjå norske geiter .....	13
<b>2.2 Feittomsetting hjå geita</b> .....	<b>14</b>
2.2.1 VFA – produksjon og absorpsjon i vom .....	14
2.2.2 Hydrolyse og hydrogenering av umetta feitt i vom .....	14
2.2.3 Absorpsjon av feittsyrer i tarm .....	16
2.2.4 Omsetting av kort- og langkjeda feittsyrer i levra .....	16
2.2.5 Lipogenese i juret .....	17
<b>2.3 Kjelder til mjølkefeitt</b> .....	<b>18</b>
2.3.1 Korte og mellomlange feittsyrer .....	18
2.3.2 Langkjeda feittsyrer .....	20
<b>2.3 Mjølkefeittets oppbygging og påverknad på kvalitet</b> .....	<b>23</b>
<b>3. Material og metode</b> .....	<b>25</b>
<b>3.1 Forsøksopplegg og forsøksgeitene</b> .....	<b>25</b>
<b>3.2 Forsøksfôr</b> .....	<b>26</b>
3.2.1 Kraftfôr .....	26
3.2.2 Surfôr .....	27
<b>3.3 Registrering, prøvetaking og analyse</b> .....	<b>28</b>
3.3.1 Fôropptak .....	28
3.3.2 Fôranalyser .....	28
3.3.3 Levandevokter .....	29
3.3.4 Registrering av mjølkeavdrått og uttak av mjølkeprøver .....	29
3.3.5 Analyse av feittinnhald og feittsyresamansetting i mjølkeprøvene .....	30
3.3.6 Uttak og analyse av blodprøver .....	30
<b>3.4 Utrekningar</b> .....	<b>31</b>
3.4.1 Energikorrigert mjølk .....	31

3.4.2 Energibehov .....	31
3.4.3 Energibalanse .....	31
<b>3.5 Statistisk analyse.....</b>	<b>32</b>
<b>4. Resultat og diskusjon.....</b>	<b>33</b>
4.1 Fôranalyser .....	33
4.2 Surfôropptak.....	36
4.3 Mjølkeproduksjon .....	38
4.4 Produksjon av mjølkefeitt.....	41
4.5 Feittsyresamansetting.....	43
4.6 Geitas energistatus gjennom laktasjonen .....	50
<b>5. Konklusjon .....</b>	<b>54</b>
<b>6. Referansar .....</b>	<b>55</b>
<b>Vedlegg A.....</b>	<b>60</b>
<b>Vedlegg B.....</b>	<b>61</b>



## 1. Innleiing

I eit innlegg på Tine Medlem hevdar konsernstyremedlem, Cecilie Bjørlo (2014), at harsk og beisk geitemjølkk er historie. Kanskje har ho rett, for kvaliteten på geitemjølka har endra seg drastisk dei siste femten åra. Sidan smittesaneringsprosjektet ”Friskere geiter” starta i 2001 har både mjølkeyting og mjølkekvalitet blitt monaleg betra. Frå 2005 til 2015 har mjølkeavdrått pr. årsgeit auka frå 617 til 725 kg (TINE Rådgiving 2015). Harsk og beisk smak som følgje av høgt innhald av frie feittsyrer (FFS) er redusert, samstundes som innhaldet av feitt, protein og laktose i mjølka har auka (Sølverød & Lindheim 2016).

Tørrstoff- og energiopptak er dei faktorane som påverkar mjølkeyting og samansetting i mjølka i størst grad (Morand-Fehr et al. 2007; Sanz Sampelayo et al. 2007). For å auke energiinnhaldet i fôrrasjonen, og dermed feittinnhaldet i mjølka, vert det i dag tilsett opptil 4 % palmeoljebasert feitt i kraftfôret til drøvtyggjarar (Felleskjøpet 2015). Palmeolje er imidlertid spesielt rik på den metta feittsyra palmitinsyre (C16:0) som vert sett på som ei ugunstig feittsyre i humanernæringa, og aukar risikoen for hjarte- og karsjukdomar (Shingfield et al. 2008).

Samfunn og forbrukar set stadig større krav til maten vi et, og matvarekjedene fasar ut palmeolja i produkta i større og større grad. Det er derfor naudsynt å finne eit godt alternativ til palmeolja også som energitilskot i kraftfôr. Bruk av vegetabiliske oljar rike på fleirumetta feitt kan gje ei meir gunstig feittsyresamansetting i mjølk ved at innhaldet av korte og mellomlange feittsyrer syntetisert i juret (*de novo*) (C4 – C16) reduserast, og innhaldet av stearinsyre (C18:0), oljesyre (C18:1-cis), konjugert linolsyre (CLA) og omega-3-feittsyrer aukar (Bernard et al. 2009; Chilliard et al. 2007; Shingfield et al. 2008). Raps, som er rik på dei lange umetta og fleirumetta feittsyrene C18:1 og linolsyre C18:2, kan vere ei løysing på denne utfordringa, og det er fleire fordelar knytt til bruk av rapsfrø eller rapsolje.

I tillegg til faktorar som ernæring og mjølkekvalitet er det også eit viktig sjølvforsyningsaspekt knytt til kva for type vegetabilsk feitt vi vel å nytte. I motsetnad til frukta som palmeolja utvinnast frå, kan raps dyrkast i dei varmaste stroka i Noreg og Skandinavia. I år 2000 utgjorde arealet nytt til oljevekstar om lag 100 000 daa, mot 40 000 daa i 2015. Av dette vart 34 700 daa nytta til rapsdyrking (Garmo 2016). Samstundes utgjer kraftfôr til mjølkegeit berre 0,5 % av det totale kraftfôrforbruket i Noreg (Eknæs pers. komm.), og kanskje det er her vi skal byrje å nytte

”heilnorske” feittkjelder. Slik kan ein auke bruken av nasjonale fôrressursar, og på denne måten styrke omdømmet til geitemjølksproduksjonen.

Denne masteroppgåva består av ein litteraturgjennomgang om utvikling i norsk geitemjølksproduksjon dei to siste ti-åra, feittomsetting hjå geita, samt samansetting og kjelder til mjølkefeitt. Oppgåva er vidare basert på datainnsamling og resultat frå forsøket ”Økt bruk av norsk plantefett (raps) i kraftfôr til mjølkegeit” gjennomført ved Noregs miljø- og biovitenskaplege universitet i 2016. Forsøket er ein del av det femårige prosjektet ”Produksjon av geitemjolk med høy kvalitet ved økt bruk av norske fôrmidler og forbedret fôrutnyttelse”. Målet med forsøket er å undersøkje om rapsfrø rikt på umetta feitt i kraftfôr til mjølkegeit gjev ei gunstigare feittsyresamansetting i mjølka, samanlikna med palmeolje rikt på metta feitt. Vi ynskte å teste følgjande hypotesar:

- Rapsfrø og palmeolje er likestilt med omsyn til feittinnhald og feittproduksjon i mjølk.
- Feittinnhald i geitemjolk aukar med aukande mengd fôrfeitt i rasjonen.
- Andel umetta feitt i geitemjolk aukar med aukande mengd rapsfrø i fôrfrasjonen.

## 2. Litteratur

### 2.1 Utvikling i norsk geitemjølksproduksjon

God mjølke kvalitet kjenneteiknast av høgt tørrstoffinnhald, det vil seie summen av protein, laktose og feitt (PLF), samt eit lågt innhald av FFS, celletal og bakteriar. For at det skal vere mogleg å produsere kvite geitostar av høg kvalitet har TINE sett krav om eit minimumsinnhald av PLF, samt ei øvre grense for celletal, bakteriar og FFS for leverandørmjølke (Skeie 2014). Produsenten får også kvalitetsbetaling eller -trekk om ikkje mjølka står til krava. PLF vert rekna som eit aritmetisk gjennomsnitt for kvar månad, og det vert gjeve tillegg eller trekk i prisen ut frå om PLF er over eller under ein basisverdi på 11 %. Frie feittsyrer skuldast spalting (lipolyse) av mjølkefeittet og gjev harsk og beisk smak. Mjølke med høgt FFS-innhald eignar seg derfor ikkje til ysting av kvitost. Gjennomsnittsverdien for FFS må vere lågare eller lik 1,1 mmol/l for å bli klassifisert som elitemjølke, med tilleggsbetaling dersom verdien er under 1,0 mmol/l (TINE 2017).

I dag er det berre att om lag 290 geitemjølksprodusentar i Noreg, og kvaliteten på den norske geitemjølka er gjennomgåande svært god. Mjølkeyting og tørrstoffinnhald har stige jamt dei siste 10 – 15 åra, og talet på dei som leverer elitemjølke er stadig aukande sjølv om kvalitetskriteria vert strengare. I tabell 2.1.1 nedanfor visast denne utviklinga. Forbetring av avdrått og mjølke kvalitet er eit resultat av den formidable innsatsen geitebøndene har gjort sidan tidleg 2000 i samband med prosjektet ”Friskere geiter” (Sølverød & Lindheim 2016) og kunnskapen dei har om føring, stell og velferd (Skeie 2014). I tillegg er intensivering i produksjonen og strenge kvalitetskriterium, både frå næring og forbrukar, med på å setje høge krav til produsentane (Raynal-Ljutovac et al. 2008; Skeie 2014).

**Tabell 2.1.1. Utvikling i mjølkeyting og -kvalitet i geitemjølke frå 2003 – 2016 (Syrstad 2017; TINE Rådgiving 2013; TINE Rådgiving 2015).**

	2003	2013	2016
Årsavdrått (kg)	568	729	725
Protein (%)	2,94	3,09	3,21
Laktose (%)	4,27	4,49	4,74
Feitt (%)	3,61	4,17	4,24
Sum PLF <sup>1</sup> (%)	10,82	11,75	12,19
Frie feittsyrer <sup>2</sup> (mmol/l)	-	0,55	0,36
Elitemjølke (% av volum)	84,3	92,5	87,5

<sup>1</sup>summen av protein, laktose og feitt.

<sup>2</sup>frie feittsyrer ikkje målt i geitemjølke før 2004.

Det høge tørrstoffinnhaldet og den milde smaken gjev ei geitemjølke med gode ysteeigenskapar og høgt osteutbytte (Ådnøy 2014) og potensielt fleire bruksområde enn tidlegare (Skeie 2014). Fortsatt går om lag 70 – 80 % av geitemjølka i Noreg til produksjon av brunost, men konsumet av denne typen ost går ned (Ådnøy 2014). Samstundes er utvikling og etterspurnad etter kvite geitostar aukande. Sjølv om kvaliteten på geitemjølka i dag vert sett på som god, finst det fortsatt fleire utfordringar rundt bruk av geitemjølke til produksjon av kvite geitostar. Varierende innhald av feitt, protein og FFS er noko av problema det er sett mykje fokus på.

Samansettinga i mjølke avhenger av fleire faktorar og eit samspel mellom desse. Avl, laktasjonsstadium, fôring og miljø er kanskje dei mest avgjerande (Ceballos et al. 2009; Morand-Fehr et al. 2007; Raynal-Ljutovac et al. 2008), men geitas helse (Sølverød & Lindheim 2016), energibalanse gjennom laktasjonen (Dønnem et al. 2011c; Eknæs et al. 2006) og hald ved kjeing (Eknæs 2012; Volden 2009) spelar også inn. I følgje Raynal-Ljutovac et al. (2008) er mengde og samansetting av feitt den mest varierende bestanddelen i mjølka.

### **2.1.1 Avlsarbeid for god mjølkekvalitet**

Innhaldet av feitt og protein i geitemjølka er avgjerande for å kunne yste kvite geitostar. Mjølkeproteinet består i hovudsak (om lag 80 %) av fire ulike kaseinprotein; alfa-s1-kasein, beta-kasein, alfa-s2-kasein og kappa-kasein, og produksjonen av desse vert styrt av kvart sitt gen. Desse gena har ulike genvariantar som påverkar mjølkas evne til å koagulere, der nokre variantar gjev dårlegare ysteeigenskapar enn andre. Ein mutasjon i genet som styrer produksjonen av alfa-s1-kasein gjev ingen produksjon av dette kaseinet, og resulterer i mjølke med mindre protein og dårlege ysteeigenskapar (Nævdal & Blichfeldt 2007). Denne mutasjonen kallast ein "null"-variant, og i følgje Dagnachew et al. (2011) er null-varianten også sterkt korrelert med lågt innhald av mjølkefeitt, auka mjølkeyting og høgt innhald av FFS og harsk/beisk smak.

Null-allelet vart funne med unormalt høg frekvens hjå norske mjølkegeiter samanlikna med rasar i andre land (Dagnachew et al. 2011). Geitemjølka hadde derfor eit varierende, og ofte lite innhald av alfa-s1-kaseinet og eit høgt innhald av FFS (Nævdal & Blichfeldt 2007). Skeie et al. (2014) viste i deira studie at ost frå geiter som var homozygote for null-allelet hadde ein meir variabel kvalitet enn ostane frå heterozygote geiter med normalt innhald av alfa-s1-kasein. Ostane inneheldt meir væske, hadde tydeleg harsk smak og eit høgare innhald av FFS.

For å betre mjølke kvaliteten til produksjon av fleire typar geitost, vart genstatus for alfa-s1-kasein innført som ein del av avlsmålet i 2007 (Nævdal & Blichfeldt 2007). Ved gentesting og kartlegging av kaseingen-status av bukkekjea er det i dag fortrinnsvis dei som er homozygote for ikkje-null-allelet som vert bruka vidare i avlen. For å redusere innavl er også fransk alpin kryssa inn då denne rasen skjeldan har null-allelet i kaseingenet (Blichfeldt 2011). Ifølgje Skeie (2014) har dette avlsarbeidet vore med på at dagens geitemjolk har betre smak som følgje av at innhaldet av FFS er betydeleg redusert, og eit høgare innhald av feitt og protein.

### **2.1.2 Fôring gjennom sintid og laktasjon**

”Topp Team Fôring Geit” utførte ei besetningsundersøking i 21 besetningar med høg mjølkeyting og god mjølke kvalitet i 2010 og 2011. God grovfôr kvalitet, høgt grovfôropptak, fokus på fôring i sintida og godt hald ved kjeing var dei viktigaste fellestrekk for at desse lukkast med gode produksjonsresultat (Eknæs 2012). I følgje Volden (2009) er faktisk fôring i sintida og i tida like etter kjeing av størst betydning for mjølkeproduksjon og mjølke kvalitet. Geitas behov for energi er størst rundt fem veker etter kjeing når avdråtten tek seg opp, samstundes som fôropptaket fortsatt er avgrensa. I denne tida er geita er i negativ energibalanse og mobiliserer derfor store mengder frå feittreservane sine (Volden 2009).

I første del av laktasjonen har geita stor evne til å mobilisere for å oppretthalde produksjonen, og i ein studie utført av (Eknæs et al. under vurdering) mobiliserte geitene i snitt 4,4 kg kroppsfeitt frå laktasjonsdag 10 – 120. Totalt mobiliserte dei 72 % av feittreservane sine fram til laktasjonsdag 200. Ei føresetning for denne mobiliseringa er at geita har kroppsreservar å ta av. Ein må derfor sørgje for god energiforsyning i sintida slik at geita kan byggje opp kroppsreservane til komande laktasjon, og geita bør leggje på seg noko over 100 g/dag i sintida. Dette sørgjer både for oppretthalding av høg mjølkeproduksjon og god mjølke kvalitet med høgt feittinnhald (Volden 2009). Sintida bør vere på minimum 8 veker for at geita faktisk skal få tid til å bygge opp reservane (Kvamsås 2006).

Etter kjeing er fôropptaket avgrensa både av fysiologiske og hormonelle endringar, og er ikkje optimalt før omkring 8 veker ut i laktasjonen (Sauvant et al. 1991). Dette set strenge krav til energiinnhaldet i rasjonen, og spesielt er rasjonssamansetting og kvaliteten på grovfôret svært viktig i vekene rundt kjeing (Volden 2009). Også kraftfôr med høgt innhald av feitt (5 – 6 %) kan enkelt auke energitilførselen i perioden når fôropptaket er lågt (Eknæs et al. 2013; Volden

2009). Kraftfôrnivået må vidare tilpassast slik at ein stimulerer til høgt opptak av grovfôr. Det anbefalast eit kraftfôrnivå rundt kjeing på 0,6 – 0,8 kg/dag avhengig av vekt og alder på dyret, og opptrapping med 0,1 kg kvar 3. – 4. dag fram til ynskt kraftfôrnivå ved topplaktasjon. Dette sikrar både høgt energioptak, samstundes som ein sørgjer for godt vommiljø og unngår problem med mage og tarm (Kvamsås & Gonsholt 2013; Kvamsås et al. 2016; Volden 2009).

Eit høgt opptak av energi tidleg i laktasjonen sikrar også høg mjølkeyting utover i midtlaktasjonen, sidan kroppsreservane ikkje vert brukt i dei fem vekene etter kjeing når energiunderskotet er størst. Reservane kan dermed mobiliserast over ein lengre periode slik at produksjon og kvalitet oppretthaldast gjennom laktasjonen (Volden 2009). Etter topplaktasjonen vil geitene heller prioritere å bygge opp att kroppsreservane enn til å oppretthalde mjølkeproduksjonen (Kvamsås 2013). I midtlaktasjon er ofte utfordringa at mjølkeytinga går ned samstundes som feittinnhaldet vert redusert. Det er derfor også i denne perioden svært viktig med god grovfôr kvalitet og høgt energiinnhald i rasjonen, og tilskot feitt i kraftfôret vil vere av stor betydning for mjølkekvaliteten sjølv når fôropptaket er høgt (Volden 2009).

### **2.1.3 Helsestatus hjå norske geiter**

Før 2000-talet var norske geitebesetningar plaga av fleire alvorlege kroniske sjukdommar. Med eit sterkt ynskje frå næringa og ein iherdig innsats frå produsentar og ”Helsetjenesten for Geit”, vart det nasjonale prosjektet ”Friskare Geiter” starta i 2001. Dette omfattande prosjektet pågjekk fram til 2014, og var ei systematisk smittesaning for å bli kvitt paratuberkulose, byllesjuka og CAE i norske geitebesetningar (Leine et al. 2005). Før saneringa viste undersøkingar at 40 av besetningane i Sør-Noreg var ramma av paratuberkulose, og 88 og 70 % av alle besetningar hadde påvist høvesvis CAE og byllesjuka (Sølverød & Lindheim 2016).

Til saman gjennomførte 612 amme- og mjølkegeitbesetningar saneringa i tidsrommet 2001 – 2014 (Sølverød & Lindheim 2016), og frå 2015 er det berre besetningar som er dokumentert frie for desse sjukdommane som leverer geitemjølkk til TINE (Sølverød 2014). I følgje sluttrapporten til Sølverød og Lindheim (2016) lever geitene lenger og mjølkar meir, samanlikna med før saneringa byrja. Innhaldet av tørrstoff i mjølk har også auka betrakteleg (Tabell 2.1.1) samstundes som kraftfôrtildelinga har blitt redusert frå 48 – 38 FEm (fôreiningar mjølk) kraftfôr per 100 kg energikorrigert mjølk (EKM). Dette forklarast med at geitene har ein større kapasitet til å produsere mjølk når kroppen ikkje lenger treng å handtere alvorlege sjukdommar. Det

konkluderast også med at smittesaneringa, saman med auka kunnskap om stell, fôring og eit målretta avlsarbeid, har gjort den norske geitemjølka eigna til ysting av kvite geitostar (Sølverød & Lindheim 2016). Saneringa har også ført med seg andre positive effektar, som betre og meir funksjonelle driftsbygningar, betre dyrevelferd, mindre luftvegslidingar, auka fruktbarheit og lågare førekomst av kasting og tomme geiter. Kjea har også høgare tilvekst, og geitene går meir samla på beite (Leine et al. 2005; Sølverød & Lindheim 2016).

## **2.2 Feittomsetting hjå geita**

### **2.2.1 VFA – produksjon og absorpsjon i vom**

Karbohydrat, og spesielt fiber (NDF) utgjer størstedelen av rasjonen til geita. Nedbrytinga av karbohydrat i vom bidreg både med energi til mikrobiell syntese, og med C-atom til danning av kortkjeda flyktige feittsyrer (VFA) (Kristensen et al. 2003a). Dei flyktige feittsyrene eddiksyre (C2), propionsyre (C3) og smørsyre (C4) er eit avfallsprodukt for mikrobane, men den viktigaste energikjelda for drøvtyggjarar (Sjaastad et al. 2010). Produksjon og mengdeforholdet mellom VFA varierer med fôrsamansetting, men ved vanlege fiberrike rasjonar utgjer eddiksyre, propionsyre og smørsyre høvesvis 70, 20 og 10 % av total VFA. Ved meir sukker- og stivelsesrike rasjonar vil det både bli produsert meir VFA og delen propionsyre vil auke på kostnad av eddiksyre.

I følgje Kristensen et al. (2003b) er 97 – 99 % av VFA absorbert direkte gjennom veggen i formagane, og resten i tynntarm. Eddiksyre diffunderer uendra gjennom vomveggen, mens om lag 5 % av propionsyre vert omdanna til mjølkesyre i vomepitelet. Resten vert transportert til lever og omdanna til glukose. Størstedelen av smørsyra omdannast til beta-hydroksysmørsyre og acetoeddiksyre i epitelet før det vert absorbert (Sjaastad et al. 2010). Dei flyktige feittsyrene diffunderer deretter passivt over i portåreblodet. Propionsyre, smørsyre og acetoeddiksyre vert vidare omsett i levra, og eddiksyre og beta-hydroksysmørsyre er i større grad direkte tilgjengeleg som byggjesteinar i feittsyresyntese eller som energikjelde i ulike vev (Kristensen et al. 2003b).

### **2.2.2 Hydrolyse og hydrogenering av umetta feitt i vom**

Feittet som geita får gjennom fôret er i hovudsak langkjeda feittsyrer som C16:0, C18:1, C18:2 og C18:3. Desse stammar frå triglyserid i korn og planteoljar, og som fosfolipid og galaktolipid i grovfôr (Børsting et al. 2003; Sjaastad et al. 2010). Likevel utgjer det berre ein liten del av

rasjonen til drøvtyggjarar, og varierer normalt frå 3 – 6 % av TS (Thuen pers. med.). Fôrfeittet er i stor grad umetta feitt, mens det vi finn att i mjølk og kjøt i hovudsak er metta.

Dette vitnar om ei omfattande og komplisert omsetting av feitt i fordøyingskanalen og intermediært i dyret (Harstad et al. 2000). Umetta feitt verkar hemmande på vommikrobane og fordøyinga av fiber (Sjaastad et al. 2010), og C18:1, C18:2 og C18:3 vert derfor spalta (hydrolysert) og metta (hydrogenert) av mikroorganismane i vom (Børsting et al. 2003). I tillegg vert det også syntetisert ein liten del feitt av mikrobane. Desse feittsyrene er ofte forgreina og inneheld ”oddetals-C-atom”, som også er spesielt for drøvtyggjarar (Harstad et al. 2000).

For at hydrogeneringa skal vere mogleg må feittsyrene ha ein fri karboksylgruppe. Triglyserid, glykolipid og fosfolipid frå fôret vert først spalta til frie feittsyrer og glyserol ved lipolyse, og det er mikrobane sjølv som produserer desse feittspaltande enzyma. Glyserol vert fermentert i likheit med andre karbohydrat, mens dei frie feittsyrene er tilgjengelege for hydrogenering (Børsting et al. 2003). Denne hydrogeneringa skjer trinnvis og mellomprodukta er i hovudsak trans-feittsyrer og nokre cis-feittsyrer (Harstad et al. 2000). Sluttproduktet er stearinsyre (C18:0), men hydrogeneringa er likevel ikkje alltid fullstendig. Fleire faktorar påverkar kor effektiv og fullstendig hydrogeneringa er, og både gunstige og mindre gunstige umetta mellomprodukt kan bli absorbert i tarmen. Stivelsesrike rasjonar og låg pH i vom kan verke avgrensande på hydrogeneringa då dette først og fremst hemmar mikrobeaktiviteten (Harstad et al. 2000). I følgje Børsting et al. (2003) er hydrogeneringa meir effektiv jo meir umetta feittsyra er. På ei anna side kan eit høgt innhald av fleirumetta feittsyrer i rasjonen vere med på å hemme eller endre den trinnvise hydrogeneringa slik at ein får andre, meir umetta mellomprodukt som går til tarm.

Feittet i mjølk og kjøt frå drøvtyggjarar inneheld derfor også ei viss mengd transfeitt, i hovudsak vakensyre (C18:1trans-11), som er siste trinn før stearinsyre ved hydrogenering av linolsyre og linolensyre (Børsting et al. 2003). Eit anna mellomprodukt er konjugert linolsyre (CLA) som dannast ved hydrogenering av linolsyre (C18:2). Det finst fleire typar CLA, men den kvantitativt viktigaste er cis-9, trans-11 CLA (Børsting et al. 2003; Harstad et al. 2000). Denne feittsyra er typisk for mjølk og kjøt frå drøvtyggjarar, og vert sett på som ei gunstig feittsyre i humanernæring (Chilliard et al. 2007).

Det kan også førekomme ei ugunstig endring i den trinnvise hydrogeneringa som er ein viktig årsak til feittdepresjon hjå mjølkekyr. Ved rasjonar rike på umetta feitt kan hydrogenering av



linolsyre gje mellomproduktet trans-10, cis-12 CLA i staden for cis-9, trans-11 CLA, som er normalt. Dette mellomproduktet hemmar truleg syntesen av mjølkefeitt i juret (lipogenese) hjå kyr (Lock 2010). I følgje Chilliard et al. (2007) og Toral et al. (2015) er geiter mindre utsett for denne endringa enn kyr, i tillegg til at endringa ikkje har same hemmande effekt på lipogenesen. Geiter vil derfor tole ein høgare del umetta feitt i rasjonen. Høg andel umetta feitt til kyr gjev oftast lågare feittinnhald, og i verste fall feittdepresjon. Høg andel umetta feitt til geit har i mange studiar vist seg å gje høgare feittinnhald i mjølka (Bouattour et al. 2008; Chilliard et al. 2003; Chilliard et al. 2014).

### **2.2.3 Absorpsjon av feittsyrer i tarm**

Tarmcellene er avgrensa frå tarminnhaldet av ein fosfolipidmembran og ein vassfilm, og lange feittsyrer kan ikkje trengje gjennom denne vassfilmen slik dei er. For at dei langkjeda feittsyrene som kjem til tarmen skal kunne absorberast, må dei først omdannast til å ha vassløyselege eigenskapar. Ved hjelp av gallesaltane vert feittsyrene innlemma i vassløyselege miceller (Børsting et al. 2003). Micellene har ei hydrofob innsida med frie feittsyrer, og ei hydrofil utsida som gjer at dei kan løysast i vatn. Når micellene har passert vassfilmen på tarmcellene vil feittsyrene diffundere gjennom cellemembranen og inn cella. I tarmcellene vert glyserol syntetisert ut frå glukose og re-estriifisert til triglyserid saman med dei frie feittsyrene. Triglyserida vert så innlemma i chylomikronar saman med apo-protein, fosfolipidar og kolesterol, og utskild i lymfe som lipoprotein (Børsting et al. 2003).

Chylomikronane er store molekyl som ikkje går gjennom levra, men direkte over i blod. Her vert dei spalta til frie feittsyrer av LPL som finst i kapillærveggen i feittvev og mjølkekjertellev. Dei frie feittsyrene kan då anten diffundere inn i jur- eller feittcellene, der dei vert sett saman til triglyserid og lagra, eller transportert som frie feittsyrer i blod bunde til albumin, såkalla NEFA (non-estriified fatty acids), og nytta som energi i ulike vev (Sjaastad et al. 2010). Korte og mellomlange feittsyrer med opptil 14 C-atom har vassløyselege eigenskapar og treng derfor ikkje re-estriifiserast. Desse diffunderer frå tarmcellene over i portåreblod til lever som NEFA (Børsting et al. 2003).

### **2.2.4 Omsetting av kort- og langkjeda feittsyrer i levra**

Som nemnt tidlegare transporterast propionsyre, smørsyre og acetoeddiksyre via portåreblodet til levra. Her vert propionsyra omdanna til glukose via glukoneogenese, som er naudsynt for

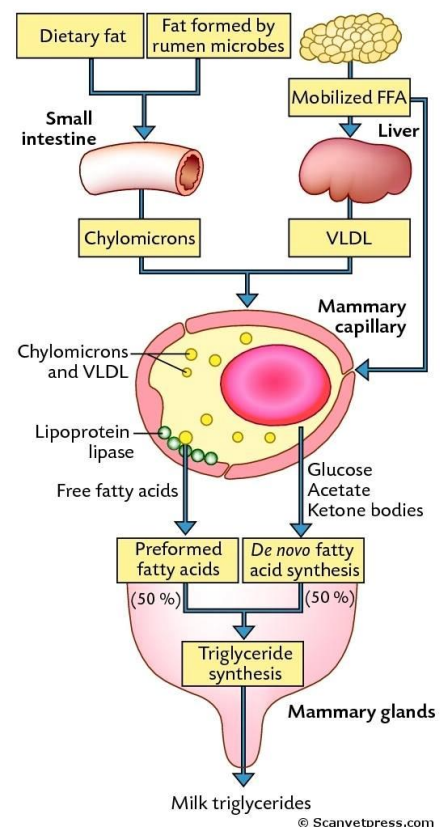
omsetting og lagring av feitt i triglyserid. I følge Kristensen et al. (2003b) stammar 50 – 60 % av glukosa som er produsert i lever hjå mjølkeku frå propionsyre. Smørsyre og acetoeddiksyre vert omdanna til beta-hydroksysmørsyre, og kan nyttast på same måte som beta-hydroksysmørsyre absorbert i vom (sjå avsnitt 2.2.1). Beta-hydroksysmørsyre er derfor ein av hovudkomponentane i syntese av feitt i både feitt- og jurvev (Sjaastad et al. 2010).

Levra tek opp NEFA som stammar frå mobiliserte triglyserid og absorberte mellomlange feittsyrer frå tarm. Sjølv om NEFA i hovudsak vert nytta til energi og syntese av lange feittsyrer i juret, omdannar levra også NEFA til beta-hydroksysmørsyre. Dermed får juret også tilført byggjesteinar frå levra til *de novo*-syntese av korte og mellomlange feittsyrer også ved negativ energibalanse (Sjaastad et al. 2010).

Levras opptak og omsetting av triglyserid i chylomikronar er minimal, men levra kan til ein viss grad syntetisere triglyserid frå andre næringsstoff (Sjaastad et al. 2010). Desse triglyserida vert transportert i blod saman med fosfolipid, kolesterol og transportprotein som VLDL (very low density lipoprotein). På same måte som chylomikronane er VLDL for store til å trenge ut av kapillærane. VLDL vert spalta til frie feittsyrer av LPL og nytta direkte som energi eller lagra som triglyserid i jur- og feittvev (Sjaastad et al. 2010). I følge Kristensen et al. (2003b) utgjør likevel levras opptak og omsetting av langkjeda feittsyrer og syntese av VLDL berre ein liten del samanlikna med einmaga dyr, og andelen feitt i mjølk som stammar frå VLDL er derfor ikkje av stor betydning.

### 2.2.5 Lipogenese i juret

Mengd og samansetting av mjølkefeitt varierer både gjennom laktasjonsstadium, sesong, genotype og fôring. Mjølkefeittet har opphav i absorbert fôrfeitt, mobilisert feittvev, og frå metabolittar til *de novo* syntese av feittsyrer i juret (Madsen & Nielsen 2003). Om lag 50 % av feittsyrene som mjølkekjertelen nyttar til mjølkefeittsyntese (lipogenese) er syntetisert *de novo* i jurcellene av eddiksyre



**Figur 2.3.1. Sjematisk framstilling av mjølkefeittsyntesen (Sjaastad et al. 2010).**

og beta-hydroksysmørsyre. Mjølkefeittet med opphav frå *de novo* i juret er dei korte feittsyrene (C4 – C14) og om lag halvparten av C16 (Madsen & Nielsen 2003; Sjaastad et al. 2010).

Dei resterande feittsyrene som vert nytta i lipogenesis stammar frå førfeitt og mobilisert feittvev som vert transportert i blodet som cyclomikronar og VLDL, eller som NEFA. Triglyserida i chylomikron og VLDL vert spalta til FFS av LPL-enzymet i kapillærveggen og diffunderer inn i jurcellene. Desse feittsyrene er grunnlaget for resten av C16 samt lange feittsyrer (C18 – C24) som finst i mjølk (Sjaastad et al. 2010).

C18:0 og til ein viss grad C16:0 vert omgjort til umetta feittsyrer (desaturert) i jurcellene, og i følgje Chilliard og Ferlay (2004) stammar over 50 % av C18:1 i mjølk frå desaturert C18:0. Enzymet delta-9-desaturase set inn cis-9-dobbelbindingar som gjev C18:1cis-9 og C16:1cis-9, og dermed reduserer effekten av hydrogeneringa i vom og aukar delen umetta feitt i mjølk. I tillegg vert om lag 30 % av vakensyre (C18:1trans-11) frå hydrogeneringa i vom tilbakedanna til cis-9,trans-11 CLA (Chilliard & Ferlay 2004; Chilliard et al. 2007).

Til slutt vert feittsyrene igjen re-estrisert i mjølkekjertelcellene, og mjølkefeittet finst i hovudsak som triglyserid. For at feittet skal vere løyseleg i vatn vert triglyserida lagra i feittkuler med ei hydrofob innside og ei hydrofil utside (Sjaastad et al. 2010).

Feittkulemembranen beskyttar triglyserida mot å bli spalta til frie feittsyrer lipasane som finst naturleg i mjølk. I fersk mjølk er derfor innhaldet av FFS lågt (Sjaastad et al. 2010). Derimot vil høg LPL-aktivitet i mjølka, store temperatursvingingar eller hard mekanisk behandling øydelegge feittkulemembranen, og triglyserida vert derfor lett tilgjengeleg for spalting til frie feittsyrer (Chilliard et al. 2003).

## **2.3 Kjelder til mjølkefeitt**

### **2.3.1 Korte og mellomlange feittsyrer**

*Tilførsel av de novo-metabolittar frå vom*

Eddiksyre (C2) frå vomgjæringa og beta-hydroksysmørsyre (C4) frå vomgjæring og lever er dei viktigaste metabolittane for *de novo*-syntese i jurcellene, og fungerer både som byggjesteinar og energi. Feittsyrene som vert syntetisert *de novo* er metta feittsyrer med kjedelengd på 4 – 16 karbonatom. Det kan også dannast ein liten del feittsyrer med oddetals C-atom, då propionsyre

(C3) i nokon grad vert nytta som byggjestein (Sjaastad et al. 2010). Dei kvantitativt viktigaste *de novo*-syntetiserte feittsyrene er likevel partalsfeittsyrer frå C6 – C16 (Ceballos et al. 2009). Deriblant er dei såkalla ”geitefeittsyrene” kapron- (C6), kapryl- (C8) og kaprinsyre (C10) som det er spesielt mykje av i geitemjølke (Ceballos et al. 2009; Sanz Sampelayo et al. 2007).

C18-feittsyrer har vist seg å redusere innhaldet av korte- og mellomlange feittsyrer i mjølkefeittet då dei har ein hemmande effekt på *de novo*-syntesen i juret (Shingfield et al. 2010), samstundes som det aukar innhaldet av fleirumetta feittsyrer som omega-3-feittsyrer og CLA hjå både kyr og geit (Chilliard et al. 2003). Dermed har auka tilførsel av langkjeda feittsyrer, anten gjennom fôrfeitt eller ved mobilisering av kroppsfeitt under periodar med energiunderdekning, gitt auka innhald av langkjeda feitt på kostnad av korte og mellomlange feittsyrer.

#### *Grovfôr – innverknad på feittinnhald i mjølka*

Det er godt kjent at fôrresjonen påverkar feittsyresamansettinga i mjølke i stor grad (Chilliard & Ferlay 2004; Chilliard et al. 2007; Sanz Sampelayo et al. 2007). Grovfôrkvaliteten er viktig for optimal mjølkekvalitet og mjølkeyting hjå geit (Volden 2009). Geitas opptakskapasitet er avgrensa av fôrets fylleverdi, som i hovudsak avhenger av NDF-innhaldet (Volden 2011). Spesielt frå kjeing og perioden fram mot topplaktasjon er fôropptakskapasiteten avgrensa, og god grovfôr kvalitet er spesielt viktig i denne perioden. For å sikre høgt grovfôropptak i tidleg laktasjon må grovfôret ha eit energiinnhald over 0,86 FEm/kg TS, samt eit NDF-innhald på om lag 480 – 520 g/kg TS. For å oppnå dette må grovfôret haustast rundt skyting (Sølvberg 2014). I følgje Kval-Engstad (2010) har forsøk vist at opptaket av grovfôr kan vere opp mot 60 % høgare med tidleg hausta grovfôr samanlikna med grovfôr hausta på eit seint tidspunkt med lågt energiinnhald og høgare NDF-innhald. I ein studie utført av Dønnem et al. (2011a) hadde geiter som fekk energirike rasjonar av tidleg hausta grovfôr og normal kraftfôrmengd både høgast mjølkeyting og mjølkefeittproduksjon.

Ved eit høgt grovfôropptak kan ein redusere kraftfôrandelen i rasjonen. Dette sikrar god fôrutnytting og stabilt vommiljø. I tillegg vil høg grovfôrandel gje auka tilførsel av *de novo*-metabolittar frå vomgjæringa til jur, og stimulerer til høgt feittinnhald i mjølka (Kval-Engstad 2010). Kraftfôr inneheld mykje sukker og stivelse som raskt vert brote ned til propionsyre og smørsyre i vom. Dette gjev ei pH-senking som dei cellulolytiske bakteriane toler dårleg. Som følgje av dette vert opptak av grovfôr og fordøying av NDF redusert, og i følgje Kvamsås et al.

(2016) vil grovfôropptaket reduserast med 0,2 – 0,9 kg TS for kvar 1 kg TS auke i kraftfôr. Denne substitusjonseffekten, det vil seie reduksjonen i grovfôropptak (kg TS) for kvar kg auke i tildelt kraftfôr, er størst når grovfôrkvaliteten er god. Typisk oppstår problem med sur vom og diaré i tidleg laktasjon då ein gjev det beste grovfôret samstundes som ein trappar opp kraftfôrmengda for å auke energioptaket. Dette kan i verste fall få konsekvensar for grovfôropptak, mjølkeyting og feittinnhald i mjølk også i resten av laktasjonen (Kvamsås et al. 2016).

På ei anna side må grovfôret ha ei viss mengd NDF for å sikre at geita får i seg nok struktur i rasjonen, slik at ho toler den kraftfôrmengda ho får utan at det oppstår problem med laus mage. Grovfôret må såleis heller ikkje haustast for tidleg for å sikre at innhaldet av NDF er tilstrekkeleg (Sølvberg 2014). På same måte som høg kraftfôrandel vil lite struktur i grovfôret auke risikoen for sur vom og redusert mjølkeyting og feittinnhald i mjølk (Nørgaard 2003). Det er derfor naudsynt å kjenne til grovfôrkvaliteten og tilpasse type og mengd kraftfôr etter dette for å sikre god mjølkeproduksjon og -kvalitet (Volden 2009).

### **2.3.2 Langkjeda feittsyrer**

#### *Fôrfeitt*

Feittet i rasjonen til den norske mjølkegeita stammar frå grovfôr, beite, korn og feittilskot i kraftfôr. Feittet i gras inneheld i hovudsak alfa-linolensyre (C18:3), og korn inneheld mykje linolsyre (C18:2) og oljesyre (C18:1). Likevel er om lag 90 % av dei lange umetta feittsyrene absorbert som stearinsyre (C18:0) i tarm (Sjaastad et al. 2010). I tillegg er det vanleg å nytte kraftfôr tilsett feitt rikt på palmitinsyre (C16:0), for eksempel kalsiumsaltar av palmeolje. Dette har ikkje den same negative effekten på fiberfordøyinga i vom, og kan enkelt auke feittinnhaldet i mjølk (Onetti & Grummer 2004; Rabiee et al. 2012). C16:0 er også betydeleg meir fordøyeleg samanlikna med anna metta feitt, og absorberast lettare i tarm enn C18:0 (Børsting et al. 2003).

Effekten av feittilskot på mjølkefeittet har likevel vist seg å utgjere ein stor skilnad mellom kyr og geit. Fleire studiar viser at feittilskot i fôr nesten alltid aukar innhaldet av mjølkefeitt hjå geit, men ein ser ein meir variabel effekt hjå kyr (Chilliard et al. 2003; Chilliard et al. 2007; Chilliard et al. 2014). Effekten er også svært avhengig av type feitt som vert tilsett i kraftfôret til mjølkekyr, der feittinnhaldet vert kraftig redusert ved bruk av fiskeolje, mens tilsetting av spesielt metta feitt og soyaolje kan auke mjølkeytinga og redusere proteinprosenten utan å

påverke feittinnhaldet (Chilliard & Ferlay 2004). Karlengen et al. (2005) viste i sin studie med mjølkekyr at mjølkeytinga vart signifikant lågare med 9 – 12 % rybsfrø samanlikna med 3 – 6 % rybsfrø i kraftfôret. Auka mengd rybsfrø gav også eit gradvis redusert proteininnhald i mjølk.

Tilsetting av umetta feitt kan også endre feittsyresamansettinga i mjølka. C18-feittsyrrer verkar direkte hemmande på *de novo*-syntesen av mellomlange feittsyrrer (C8 – C16) i juret (Shingfield et al. 2010). Fleirumetta fôrfeitt har også ein indirekte verknad på *de novo*-syntesen sidan auka opptak av feitt hemmar fermenteringa av fiber i vom og dermed produksjonen av VFA. Dette reduserer mengd eddiksyre og beta-hydroxysmørsyre som går til jur (Børsting et al. 2003; Chilliard & Ferlay 2004).

Tilsetting av umetta feitt til mjølkegeit vil derimot auke både feittprosent og andel fleirumetta feittsyrrer i mjølk (Bouattour et al. 2008; Chilliard et al. 2003). I ein ny norsk studie vart det vist at tilskot av rapsolje, som er rik på C18:1, C18:2 og C18:3, auka innhaldet av lange fleirumetta feittsyrrer i geitemjøl, samstundes som innhaldet av FFS og harsk/beisk smak vart redusert. Geitene som fekk rapsolje som feittilskot hadde også lågare innhald av C16-feittsyrrer, samanlikna med palmeolje som feittilskot (Inglingstad et al. under vurdering).

### *Beitebruk*

I Noreg har vi lange tradisjonar med stølsdrift og bruk av fjellbeite i sommarmånadane. Dette er både ei økonomisk ressursutnytting, men også eit viktig element i omdømet til norsk geitemjølksproduksjon. Likevel utgjør beite ein stadig mindre del av fôrgrunnet i geitemjølksproduksjonen, og i 2015 vart berre 37,6 % av geitemjølka produsert på beite (TINE Rådgiving 2015) samanlikna med 47,1 % i 2002 (TINE Rådgiving 2013).

Bruk av beite kan ha positiv innverknad på feittsyresamansettinga i mjølka. Beitegras inneheld meir fleirumetta feitt, spesielt CLA og C18:3 enn konservert grovfôr. C18:2 og C18:3 i beitegraset aukar innhaldet av langkjeda umetta feitt i mjølk på kostnad av spesielt C14:0 og C16:0, og har dermed noko av den same effekten som tilskot av C18-feittsyrrer i fôret (Chilliard & Ferlay 2004). Drøvtyggjarar på beite har på bakgrunn av dette ei meir gunstig feittsyresamansetting i mjølk samanlikna med mjølka frå innefôringsperioden. Beitemjølka inneheld mindre metta feitt og har eit høgare innhald av umetta feittsyrrer, blant anna omega-3 feittsyrrer (Chilliard & Ferlay 2004; Chilliard et al. 2007; Harstad et al. 2000; Harstad 2011).

Det er likevel knytt ein del utfordringar til produksjon av mjølk på beite, spesielt i siste del av beiteperioden som ofte samanfell med midt- og seinlaktasjon. Når plantene vert mindre næringsrike ved auka morfologisk utviklingstrinn (Harstad 2011) og næringstilgangen vert redusert, må også geitene gå lengre avstandar (Helgesen 2011). Geitene tapar hald og endar opp i negativ energibalanse. Etter topplaktasjon har heller ikkje geita same kapasitet til å mobilisere kroppsfeitt for å oppretthalde høg yting og tørrstoff i mjølk (Chilliard et al. 2003). Mjølka frå denne perioden har ofte eit lågare innhald av feitt og protein, mens førekomsten av høgt FFS-innhald og harsk og beisk smak er hyppigare (Eknæs et al. 2006; Eknæs & Skeie 2006; Skeie 2014).

### *Energistatus og mobilisering av kroppsfeitt gjennom laktasjonen*

I vekene omkring kjeing er fôropptakskapasiteten naturleg redusert som følge av hormonelle endringar og mindre plass i bukhol. Fôropptakskapasiteten aukar att i vekene etter kjeing, men likevel ikkje i takt det høge nærings- og energibehovet som følge av kraftig auke i mjølkeproduksjon (Sauvant et al. 1991). Geita kan derfor nå topplaktasjon før fôropptakskapasiteten er på topp, og vart tydeleg observert i studien utført av Eknæs et al. (under vurdering). Geitene i denne studien nådde topplaktasjon på laktasjonsdag 30, mens TS- og energiopptak ikkje var på topp før laktasjonsdag 90. På grunn av god evne til å mobilisere kroppsfeitt i første del av laktasjonen kan geite derfor oppretthalde høg mjølkeproduksjon sjølv i negativ energibalanse (Eknæs et al. 2006).

Både mengd mjølkefeitt og feittsyresamansettinga endrar seg gjennom laktasjonen, og feittinnhaldet er vanlegvis høgast rett etter kjeing før det gradvis avtek. I studien til Eknæs et al. (2006) var innhaldet av feitt og protein lågast då geitene var i topplaktasjon. Årsaken til dette er både ein ”utvatningseffekt” av tørrstoffinnhaldet ettersom mjølkemengd aukar frå kjeing og fram mot topplaktasjon. I tillegg reduserast evna til feittmobiliseringa etter topplaktasjon, og det vil derfor vere mindre mobilisert NEFA i blodet tilgjengeleg til feittsyresyntese i juret i siste del av laktasjonen (Chilliard et al. 2003; Eknæs et al. 2006).

Kroppsreservane hjå geita er spesielt rike på feittsyrene C16:0, C18:0 og C18:1 (Banskalieva et al. 2000), og det er i hovudsak C18:0 og C18:1 som vert mobilisert frå feittvevet og tilført juret som NEFA (Chilliard & Ferlay 2004). NEFA-konsentrasjonen i blod er sterkt korrelert med

geitas energibalanse, og er derfor eit godt mål på energistatusen til dyret (Dunshea et al. 1989). Chilliard et al. (1977) og Dunshea et al. (1989) kalkulerte at NEFA-konsentrasjonen i blod ved energibalanse var på høvesvis 0,200 og 0,217 mmol/l. I ein studie utført av Dønnem et al. (2011a) vart det rekna at geitene var i energibalanse når NEFA-verdien var 0,249 mmol/l. Både Chilliard et al. (2003) og Eknæs et al. (2006) har i sine studiar funne sterk korrelasjon mellom innhaldet av NEFA i blod og C18:1 og C18:0 i mjølk. På same måte som ved tilsetjing av umetta fôrfeitt, vil mobiliserte C18-feittsyrer verke direkte hemmande på *de novo*-syntesen av korte og mellomlange feittsyrer i juret. I fyrste del av laktasjonen og/eller ved negativ energibalanse inneheld derfor mjølkefeittet meir C18:0 og C18:1 og mindre *de novo*-syntetiserte feittsyrer, samanlikna med når dyret er i positiv energibalanse og/eller får energirikt fôr (Chilliard & Ferlay 2004; Eknæs et al. 2006).

Godt hald i midt- og seinlaktasjon er viktig for å oppretthalde høg tørrstoffprosent og redusere problemet med FFS. Eknæs et al. (2006) viste i deira forsøk at geiter kan mobilisere så mykje som 30 – 40 % av kroppsfeittet i løpet av beiteperioden utan at dette går utover mjølke kvaliteten. Dette føreset at geita har kroppsreservar å ta av, og det er derfor naudsynt med god haldoppbygging før kjeing (Eknæs et al. 2006; Eknæs et al. under vurdering). Tilleggsfôring med godt grovfôr og auka kraftfôrmengd seint i beiteperioden har også redusert problemet med FFS og lågt innhald av feitt og protein til ein viss grad (Eknæs & Skeie 2006). Det vart likevel påpeikt av Eknæs et al. (2006) at det bør tilleggsfôrast med tilstrekkelege mengder energirikt kraftfôr for å unngå for kraftig feittmobilisering og harsk og beisk smak i geitemjølka under periodar med dårleg næringstilgang.

### **2.3 Mjølkefeittets oppbygging og påverknad på kvalitet**

Geitemjølkas feittsyresamansetting er avgjerande både for ernæringsmessig og teknologisk kvalitet (Chilliard et al. 2003). Utvikling av geitesmak, ysteeigenskapar og haldbarheit er viktige kvalitetskriterium, og sterkt påverka av mjølkefeittets oppbygging. Mjølkefeittet er i hovudsak bygd opp av triglyserid, og spesielt for geitemjølkk er det høge innhaldet av korte feittsyrer i tryglyserida. Kapron- (C6:0), kapryl- (C8:0) og kaprinsyre (C10:0) har fått namna sine etter geita (*Capra*) og geitemjølka inneheld spesielt mykje av desse samanlikna med kumjølkk (Sanz Sampelayo et al. 2007). Desse kan i sum utgjere så mykje som 18 % av totale feittsyrer i geitemjølkk, mot 7,3 % i kumjølkk (Ceballos et al. 2009). Ved lipolyse i mjølkk er det frigjerjing av nettopp dei korte feittsyrene som gjev den harske og beiske smaken (Chilliard et al. 2003;



Hermansen et al. 2003), og som utgjer den største kvalitetsutfordringa i produksjonen av geitemjølksprodukt.

I følgje Hermansen et al. (2003) vil rasjonar til mjølkeku med høgt innhald av palmitinsyre, som følgjeleg gjev høgt innhald av metta mjølkefeitt, auke risikoen for frie feittsyrer og smaksfeil på mjølka. Dette samsvarar med studien til Inglingstad et al. (under vurdering), der tilskot av palmeolje gav høgare LPL-aktivitet og meir FFS i geitemjolk, samanlikna med rapsolje.

Feittsyresamansettinga i mjolk er også stadig eit tema i humanernæringa. Mjølka inneheld mykje metta feitt, og spesielt C12:0, C14:0 og C16:0 vert sett på som ugunstige feittsyrer då dei kan verke kolesterolhevande og auke risikoen for hjarte-karsjukdomar (Hermansen et al. 2003; Lin et al. 2013; Shingfield et al. 2008). Det er også omstridt om også transfeittsyra vakensyre, som vert danna ved hydrogenering i vom, har same negative effekt som dei mellomlange feittsyrene (Hermansen et al. 2003). Shingfield et al. (2008) hevdar derimot om denne feittsyra kan ha same gunstige helseeffekt som CLA. Spesielt for mjolk frå drøvtyggjarar er nettopp innhaldet av CLA-feittsyrer, og det vert diskutert i fleire studiar om desse feittsyrene både aukar feittforbrenninga og motverkar åreforkalking og kreft hjå konsumenten (Hermansen et al. 2003). Spesielt hjå geita er nivået av CLA høgt, og i ein studie utført av Ceballos et al. (2009) var innhaldet av CLA så mykje som 62 % høgare i geitemjolk samanlikna med kumjolk produsert under same tilhøve.

Sidan geita toler ein høgare del umetta feitt i fôret, og ikkje er utsett for auka risiko for feittdepresjon med umetta feitt i rasjonen, er feittsyresamansettinga i geitemjolk enklare å påverke enn kumjolk. Sjølv om umetta fôrfeitt i stor grad vert hydrogenert i vom, vil andelen C18:1cis-9, C18:2 og C18:3 i mjølka auke ved tilsetting av fôrfeitt rikt på desse feittsyrene (Hermansen et al. 2003). Tilskot av planteoljar og oljefrø i kraftfôret til mjølkegeit har i fleire studiar vist å både auke innhaldet av CLA og andre gunstige fleirumetta feittsyrer, samstundes som innhaldet av korte og mellomlange feittsyrer vert redusert (Inglingstad et al. under vurdering; Mir et al. 1999; Ollier et al. 2009). Både rapsolje og rapsfrø kan auke teknologisk kvalitet og bruksmoglegheiter av geitemjolk, samstundes som det kan betre feittsyresamansetting og den ernæringsmessige kvaliteten.

### 3. Material og metode

#### 3.1 Forsøksopplegg og forsøksgeitene

Forsøket varte frå kjeinga byrja i februar og fram til avsining i midten av oktober 2016, som eit kontinuerleg forsøk delt inn i tre periodar. Periode 1 og 3 av forsøket vart gjennomført i geitefjøsset ved Senter for Husdyrforsøk (SHF), NMBU på Ås (59° 39' N, 10° 46' Ø), 90 m.o.h. Geitene sto då på innefôring. Periode 2 vart gjennomført på Meløya seter i Einunndalen i Follidal (62° 19' N, 10° 1' Ø), 900 – 1000 m.o.h. [11] der geitene gjekk på fjellbeite.

Forsøket vart gjennomført med 48 mjølkegeiter i 2. – 6. laktasjon, med konsentrert kjeing i to puljar. Det var 21 og 27 geiter i høvesvis pulje 1 og 2. Gjennomsnittleg kjeingsdato var 16.02.16 (veke 7) for pulje 1 og 03.03.16 (veke 9) for pulje 2, slik at pulje 1 i gjennomsnitt var to veker lenger ut i laktasjonen enn pulje 2 (Tabell 3.1.1). Ved behandling av data og framstilling av resultat er puljane derfor samanlikna på laktasjonsdag, og ikkje prøveuttaksdag.

**Tabell 3.1.1. Forsøksperiodane fordelt i to puljar.**

Periode	Pulje 1	Pulje 2
	Laktasjonsdag	
1 (innefôring)	1 – 130	1 – 115
2 (fjellbeite)	130 – 200	115 – 185
3 (innefôring)	200 – 240	185 – 225

Geitene vart gruppert i 6 forsøksgrupper med 8 geiter i kvar gruppe, og balansert med omsyn til laktasjonsnummer, levandevekt 4 – 6 veker før kjeing, kjeingsdato, samt årsavdrått og FFS frå føregåande laktasjon (Tabell 3.1.2). I tillegg vart det tatt omsyn til kasein-genstatus hjå dyret. Gentest før forsøksstart kartla om geitene hadde mutasjonen på genet som styrer produksjon av alfa-s1-kasein i mjølk. Geitene vart gruppert med omsyn til om genet var intakt (full produksjon av alfa-s1-kasein), heterozygot mutasjon (heil/delvis produksjon av alfa-s1-kasein) eller homozygot mutasjon (ingen produksjon av alfa-s1-kasein). Kjea vart teke frå mor direkte etter kjeing. Geitene vart oppstalla i individuelle båsar og mjølka ca. kl. 07.00 og 16.00 i heile forsøksperioden.

**Tabell 3.1.2. Gjennomsnittleg laktasjonsnummer, vekt og kjeingsdato ved oppstart av forsøket og årsavdrått og frie fettstoffer frå føregåande laktasjon i 2015.**

Forsøksgruppe	Laktasjonsnr.	Levandevekt (kg)	Kjeingsdato	Årsavdrått (kg)	FFS (mmol/l)
1	3,6	66,3	24.02	604	1,3
2	3,5	64,3	22.02	654	1,2
3	3,8	63,3	23.02	575	1,0
4	3,6	65,7	27.02	615	0,7
5	3,5	69,0	23.02	591	1,3
6	3,4	69,8	07.03	583	1,2

## 3.2 Forsøksfôr

### 3.2.1 Kraftfôr

Forsøkskraftfôret vart produsert av Senter for Fôrteknologi, NMBU, og det kommersielle kraftfôret før forsøksstart var av typen ”Drøv Geit” produsert av Norgesfôr. Det vart nytta seks kraftfôrblendingar med anten rapsfrø eller ”Akofeed Gigant 60” (palmeoljebasert feitt) som feittkjelde, med 2, 4, 6 og 8 % feitt i blendingane med rapsfrø, og 2 og 8 % feitt i blendingane med Akofeed. Det prosentvise innhaldet av rapsfrø er høgare, men lik på feittbasis ettersom innhaldet av feitt i rapsfrø ligg på om lag 45 % (Fôrtabellen 2008). Innhald av hovudingrediensane i kraftfôrblendingane er presentert i tabell 3.2.1 nedanfor.

**Tabell 3.2.1. Innhald (%) av hovudingrediensane i dei ulike kraftfôrblendingane.**

Forsøksgruppe	Feittilskot		Bygg	Rapsmjøl	Åkerbønne	Kveitekli	Melasse	Vit./min.
	Akofeed	Rapsfrø						
1	2,0	-	35,3	20,7	15,9	15,6	5,9	3,2
2	-	4,5	37,8	19,2	15,2	13,0	5,9	3,1
3	-	9,1	38,5	20,3	11,3	10,6	5,9	3,0
4	-	13,7	39,1	21,3	7,4	8,2	5,9	2,9
5	-	18,1	39,9	22,2	4,0	5,9	5,9	2,7
6	7,9	-	30,4	28,1	7,3	16,0	5,9	3,0

Både klavane på geitene og tilhøyrande kraftfôr innanfor den same forsøksgruppa vart merkt med same farge for å lettare halde oversikt. Kvar forsøksgruppe vart tildelt ei av dei seks kraftfôrblendingane gjennom heile perioden med ei tilvenningsperiode, samt opptrapping av kraftförmengd før kjeing (Tabell 3.2.2). I periode 1 og 3 vart den daglege kraftförrasjonen fordelt på fire like tildelingar, mens i periode 2 vart rasjonen fordelt på to tildelingar i samband med mjølking.

**Tabell 3.2.2. Tildeling av kraftfôr før og under forsøket.**

Forperiode	Kraftfôr	
	(kg/dag)	Merknad
2 veker før kjeing	0,4	Kommersielt kraftfôr ("Drøv Geit")
1 veke før kjeing	0,5	Blanding av 50 % Drøv Geit og 50 % forsøkskraftfôr
0 veker før kjeing	0,6	Forsøkskraftfôr
Forsøksperiode		
Kjeing til laktasjonsdag 120	0,9	Mengd kraftfôr aukast med 0,1 kg annankvar dag etter kjeing
Resten av forsøksperioden	0,7	Forsøkskraftfôr

### 3.2.2 Surfôr

Surfôret som vart nytta i forsøksperiode 1 og 3 var rundballesurfôr av fyrsteslått hausta på Norderås Øst, Ås 15. juni 2015. Enga vart gjødsla med 15 kg N/daa våren 2015, og inneheldt om lag 80 % timotei, 15 % engsvingel og 5 % ugras. Graset var slått med frontmontert slåmaskin (Kvernland 3632 FT) og bakmontert skiveslåmaskin (Kvernland Butterfly 5087 M) og fortørka til om lag 25 % TS før det vart pressa med rundballepresse (Orkel HiQ) med 8 lag plast. Konserveringsmiddelet som vart brukt var av typen Kofasil LP (Felleskjøpet Agri SA, Lillestrøm), og det vart tilsett om lag 2,5 liter/tonn.

For å hindre varmgang vart surfôret tilsett syre, Ensil Fullfôr (Felleskjøpet Agri SA, Lillestrøm), frå og med veke 21 og i heile forsøksperiode 3. Preparatet vart tilsett i samband med kutting av surfôret før fôring med ei dosering på 2,0 – 2,5 liter/tonn.

### 3.3 Registrering, prøvetaking og analyse

#### 3.3.1 Fôropptak

Surfôret vart kuttet i fullfôrvogn (Siloking Duo 18) før fôring for å sikre høgt fôropptak og for å redusere geitenes moglegheit for fôrseleksjon. Surfôret vart introdusert om lag to veker før kjeing og tildelt morgon og kveld etter appetitt. Dette innebar at det skulle vere om lag 10 % restar. Surfôropptaket vart rekna ut som differansen mellom tildelt surfôrmengd og surfôrrest. Dette vart gjort for kvar geit i tre påfølgjande dagar (måndag ettermiddag t.o.m. torsdag morgon) kvar veke i periode 1 og 3. Eventuelle kraftfôrrestar i fjøs og mjølkestall vart også registrert.

#### 3.3.2 Fôranalyser

Det vart tatt prøve av tildelt surfôr dei same dagane som registrering av surfôropptak. Desse vart deretter slått saman til ei samleprøve pr. veke. Til saman vart ni samleprøver (seks frå våren og tre frå hausten) sendt til LabTek, IHA for analyse av TS, Kjeldahl-N, råfeitt, aNDFom (amylasebehandla neutral detergent fibre med oskekorrigerings) og oske. For detaljert metodebeskriving, sjå LabTek sine nettsider:

<https://www.nmbu.no/fakultet/biovit/om/institutt/iha/tjenester/node/10055>. Samleprøvene vart også sendt til Eurofins Agro Testing Norway AS, Moss for NIR-analyse (Near Infrared Spectroscopy) av gjæringskvalitet, samt fastsetjing av energiverdi (FEm) og fordøyelegheit av organisk materiale (Eurofins u. å.) (Tabell 4.1.1).

I samband med registrering av fôropptak vart også surfôrrestar samla opp dei same tre dagane. Dette for å måle eventuell seleksjon av fôret. Ei samleprøve for alle geitene pr. veke vart vege og sendt til analyse for TS og aNDF, til saman 8 prøver (5 frå våren og 3 frå hausten) (Tabell 4.1.2).

Same tre påfølgjande dagar vart det også tatt ut 1 dl prøve av dei 6 kraftfôrblendingane. Desse vart slått saman til ei samleprøve pr. kraftfôrblending for kvar forsøksperiode, og analysert for TS, oske, råprotein, stivelse, aNDFom og ADF (acid detergent fibre) på LabTek, IHA, samt for råfeitt på Eurofins (Tabell 4.1.3).

Feittsyresamansettinga i surfôr og kraftfôr vart analysert ved Vitas AS, Oslo (sjå Inglingstad et al. (under vurdering) for detaljert metodeskildring). Surfôrprøva inneheldt lik andel av alle dei ni

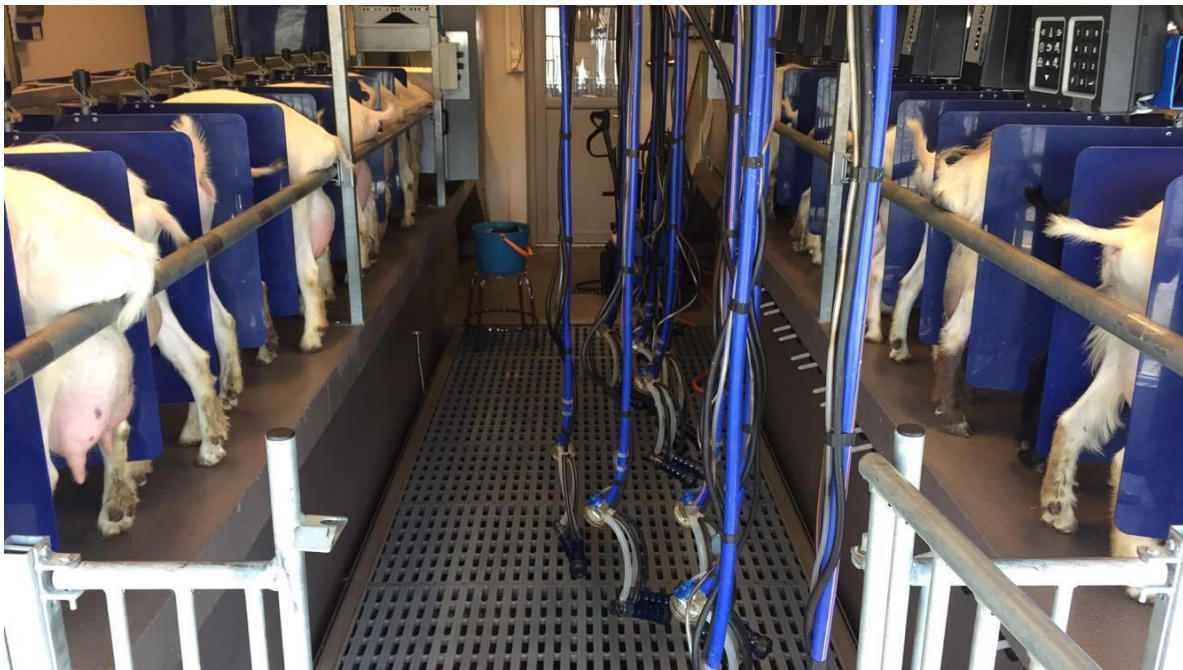
samleprøvene av surfôr som vart analysert for kjemisk samansetting. I tillegg vart ei prøve for kvar av dei seks kraftfôrblendingane sendt inn for analyse (Tabell 4.1.4).

### 3.3.3 Levandevokter

Alle geitene vart vege 22. januar, 4 – 6 veker før kjeing på digital vekt (Iconix FX41). Vidare vart dei vege to påfølgjande dagar, 2 dagar etter kjeing, og i samband med mjølkeprøveuttak på laktasjonsdag 30, 55, 85, 115 og 225. Det vart nytta same vekta ved kvar veging for å redusere feilkjelder.

### 3.3.4 Registrering av mjølkeavdrått og uttak av mjølkeprøver

Mjølkestallen ved SHF var av typen DeLaval parallellstall SG med 12 mjølkeorgan og plass til 24 geiter. Mjølkemengd vart registrert av elektroniske mjølkemålarar av typen MM25 SG montert på kvart organ. Mjølkestallen og anlegget på setra var av eldre type med fire organ og plass til 12 geiter.



**Figur 3.3.1. Mjølkestallen med 12 mjølkeorgan i geitefjøsset på SHF.**

Mjølkeavdrått vart registrert i tre påfølgjande dagar på laktasjonsdag 30, 55, 85, 115, 185 og 225, i tillegg til tre påfølgjande dagar annankvar veke i periode 1 og 3, og kvar 4. veke i periode 2. I samband med denne registreringa vart det også tatt ut mjølkeprøver i OLA-beger frå to mål

(morgon og kveld) desse dagane. Kvalt OLA-beger vart tilsett ein tablett Bronopol for å hindre mikrobiell vekst.

Uttak av utvida mjølkeprøver vart gjennomført seks gonger i løpet av forsøket, på laktasjonsdag 30, 55, 85, 115, 185 og 225. Prøvene var frå to mål, 400 ml frå kveld, og 600 ml påfølgjande morgon, på grunn av forskjell i mjølkemengd mellom kveld og morgon. Forholdet 1:1,5 vart nytt på bakgrunn av gjennomsnittleg yting kveld og morgon i besetninga.

### **3.3.5 Analyse av feittinnhald og feittsyresamansetting i mjølkeprøvene**

OLA-begra vart sendt til TINE Råmelkslaboratoriet, Bergen for analyse av feitt, protein, laktose, urea, FFS, og celletal ved Fourier transform infrared spectroscopy, såkalla FTIR-analyse (MilkoScan CombiFoss 6500; Foss, Hillerød, Danmark). Mjølka vart lagra i 84 timar før innhaldet av feitt vart målt.

Dei utvida mjølkeprøvene vart sendt til Fakultetet for kjemi, bioteknologi og matvitskap (KBM) ved NMBU, og analysert for feittsyresamansetting. Feittsyrene vart ekstrahert frå mjølk ved bruk av Folchs metode med modifikasjonar. Sjå Inglingstad et al. (under vurdering) for meir detaljert metodeskildring. To internstandardar av triglyserid (C9:0 og C19:0) vart oppløyst i kloroform og tilsett i 0,5 g mjølk før ekstraksjonen. C19:0-standarden vart nytta for å bestemme innhaldet av feittsyrer med 11 C-atom og oppover, og C9:0-standarden vart nytta til å bestemme feittsyrene frå C4 til C10. Prøvene vart sentrifugert for å skilje feittsyrene frå kloroformfasen og deretter vart feittsyrefasane avdampa til dei var tørre. Prøvene vart så tilsett heptan og natriummetanolat og deretter sentrifugert på nytt. Fasane vart analysert ved gasskromatografi og konsentrasjonen av dei ulike feittsyrene berekna med bestemte formlar.

### **3.3.6 Uttak og analyse av blodprøver**

Uttak av blodprøver frå halsvena vart gjennomført på morgonen før kraftfôrtildeling og mjølking, på laktasjonsdag 10, 30, 55, 85, 115, 185 og 225. Det vart nytta rør tilsett heparin, og prøvene vart sett på is direkte etter uttak. Sentrifugering av blodprøvene vart utført innan 20 minutt etter uttak i 15 minutt på 2000 G. Plasmaprøvene vart fryst ned til – 80 °C, og seinare analysert for NEFA (non-estrified fatty acids) på laboratoriet på Institutt for husdyr- og akvakulturvitskap (IHA) ved NMBU. For detaljert metodebeskriving, sjå LabTek sine nettsider: <https://www.nmbu.no/fakultet/biovit/om/institutt/iha/tjenester/node/10055>.

## 3.4 Utrekningar

### 3.4.1 Energikorrigert mjølk

Energikorrigert mjølk (EKM) er mjølkeyting (kg) korrigert ut frå eit standardisert innhald av tørrstoff i mjølk, med prosentvis del av feitt, protein og laktose.

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

(Ekern og medarbeidere 1991)

### 3.4.2 Energibehov

#### *Behov til vedlikehald*

Vedlikehaldsbehovet varierer med geitas vekt og aktivitet. Energibehovet vert uttrykt i fôreiningar pr. dag:

$$\text{FEm/dag} = 0,0371 * \text{kroppsvekt}^{0,75} \quad (2)$$

(Harstad 1994)

#### *Behov til mjølkeproduksjon*

Behovet for energi til mjølkeproduksjon er vist i formel 3 nedanfor, og vert uttrykt som fôreiningar pr. kg EKM. Formlane viser at energibehovet i FEm vil vere høgare for ei høgtytande mjølkegeit pr. kg EKM, sidan fordøyelegheita av fôret redusertast ved auka fôropptak.

$$\begin{aligned} 2 - 3 \text{ kg EKM: } \text{FEm/kg EKM} &= 0,45 * \text{EKM} + 0,0007293 * (\text{EKM})^2 \\ 3 - 4 \text{ kg EKM: } \text{FEm/kg EKM} &= 0,47 * \text{EKM} + 0,0007293 * (\text{EKM})^2 \end{aligned} \quad (3)$$

(Ekern og medarbeidere 1991)

### 3.4.3 Energibalanse

Energibalansen vart rekna som differansen mellom energiopptak og energibehovet til vedlikehald og mjølkeproduksjon (Formel 4). Energiopptaket vart rekna på bakgrunn av registrert fôropptak gjennom forsøksperiode 1 og 3, og energiverdien i høvesvis surfôr og kraftfôr.

$$\text{Energibalanse} = \text{Energiopptak (FEm/dag)} - \text{energibehov til vedlikehald og mjølkeproduksjon (FEm/dag)} \quad (4)$$



### 3.5 Statistisk analyse

Alle variansanalysane nytt i oppgåva vart utført med ”mixed procedure” (Littell et al. 1998) i SAS 9.4 (SAS 2016). Alle målingane var gjentatt seks gonger for kvar geit, og vart antatt å vere korrelerte. Denne korrelasjonen vart tatt omsyn til i den statistiske modellen. Kovariansstruktur for gjentekne målingar vart vald ved å samanlikne aktuelle strukturar på bakgrunn av Akaikes og Schwarz’ Bayesian informasjonskriterium (Wolfinger 1996), og ”spatial power” kovariansstruktur viste seg å passe best for alle data.

Modellen som vart nytta var:  $Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + A \times B_{(ij)} + \varepsilon_{ijk}$ , der  $\mu$  var middelvarden,  $A_i$  var fast effekt av kraftfôrblanding,  $i=1,2,\dots,6$  (Akofeed 2 %, Akofeed 8 %, Raps 2 %, Raps 4 %, Raps 6 %, Raps 8 %),  $B_j$  var fast effekt av laktasjonsdag,  $j=1,2,\dots,6$  (laktasjonsdag 10, 30, 55, 85, 115, 185, 225),  $A \times B_{(ij)}$  var samspelseffekten mellom kraftfôrtype  $i$  og laktasjonsdag  $j$  og  $\varepsilon_{ijk}$  representerte feilleddet. Resultata er presentert som lsmeans (least square means), og forskjellane mellom lsmeans vart vurdert som statistisk sikre når  $p < 0,05$ .

Pearsons korrelasjonskoeffisientar (Snedecor & Cochran 1989) vart rekna mellom dei viktigaste parameterane med ‘proc corr’ i SAS 9.4 (SAS 2016).

## 4. Resultat og diskusjon

### 4.1 Fôranalyser

Analyseresultatet av surfôrprøvene frå IHA og Eurofins er presentert i tabell 4.1.1. NDF-innhald i surfôrrestane og kjemisk innhald i kraftfôrblendingane er vist i høvesvis tabell 4.1.2 og 4.1.3. Tørrstoffprosenten i surfôret var stabil i alle prøvene, og låg rundt 25 % som er anbefalt til geit i tidleg laktasjon. Elles var nærings- og energiinnhaldet noko under kva som er tilrådd (Eurofins 2015; Sølvsberg 2014), og kan forklarast av at graset ikkje vart slått før 15. juni.

Det er velkjend at struktur i fôret er naudsynt for god vomfunksjon (Gonsholt & Kvamsås 2013; Sølvsberg 2014), men innhaldet av NDF var likevel noko høgare enn den anbefalte verdien på 480 – 520 g/kg TS. Høgt innhald av NDF aukar også den ufordøyelege delen av fôret (Sølvsberg 2014), noko som forklarar den forholdsvis låge energiverdien (FEm) i forsøksfôret. Surfôret som vart tildelt i veke 19 – 20 hadde eit NDF-innhald på heile 661 g/kg TS, og eit sukkerinnhald på berre 20 g/kg TS. Som følgje av dette var energiverdien berre 0,78 FEm/kg TS. Dette vert sett på som eit surfôr med låg fordøyelegheit (Eurofins 2015). Innhaldet av sukker bør vere over 80 g/kg TS, mens i surfôrprøvene varierte sukkerinnhaldet mellom 20 – 85 g/kg TS. Vidare bør innhaldet av råprotein ligge mellom 140 – 160 g/kg TS, men i forsøksfôret låg råproteininnhaldet mellom 97 – 125 g/kg TS. Innhaldet av råprotein vert redusert med auka morfologisk utviklingsstadium (Harstad 2011), og årsaken kan derfor vere seint haustetidspunkt.

Gjæringskvaliteten var likevel god i forsøksfôret, der mjølkesyre og eddiksyre stort sett låg innanfor dei tilrådde verdiane på høvesvis 40 – 80, og 12 – 30 g/kg TS (Eurofins 2015). Det var heller ingen førekomst av den uheldige gjæringa med smørsyre, maursyre eller etanol som sluttprodukt. Truleg har dette gjeve god smakelegheit på fôret, som var med på å sikre eit høgt fôropptak. Unnataket var surfôret som vart tildelt i veke 19 – 20. Her var pH svært høg samanlikna med både dei andre prøvene og den tilrådde verdien på <4,2 (Eurofins 2015). Resultatet av dette var låg gjæringsintensitet og lite eddiksyre, mjølkesyre og sukker. Dette kan ha vore ein medverkande årsak til redusert surfôropptak rundt laktasjonsdag 100. Dette sjåast i figur 4.2.1 under avsnitt 4.2.

**Tabell 4.1.1. Kjemisk innhold og gjæringskvalitet i samleprøvene av surfôr for periode 1 og 3.**

Kalenderveke	Vår						Haust		
	7-10	11-14	16-18	19-20	21-22	23-25	36-39	40	41-42
TS (%)	22	25	25	25	26	23	23	25	24
Råprotein (g/kg TS)	97	107	119	109	102	100	118	116	125
aNDFom <sup>1</sup> (g/kg TS)	614	582	589	661	579	611	583	580	570
Råfeitt (g/kg TS)	19	20	20	19	19	22	23	22	20
Oske (g/kg TS)	61,2	66,5	67,3	67,6	65,9	67,4	72,7	70,2	71,4
Sukker (g/kg TS)	63	85	54	20	83	41	40	64	72
Mjølkesyre (g/kg TS)	70	56,6	60,2	15,7	57,1	70,9	71,4	58	63,9
Eddiksyre (g/kg TS)	12,3	9,8	9,8	1,2	11,1	13,0	16,7	10,5	13,9
Propionsyre (g/kg TS)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	17	20	1,2	<0,01	<0,01
Maursyre (g/kg TS)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Smørsyre (g/kg TS)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Etanol (g/kg TS)	6,6	4,2	2,5	<0,4	5	7,9	5,2	4	4,1
pH	4,3	4,3	4,5	6,4	4,3	4,2	4,3	4,5	4,5
NH <sub>3</sub> (g/kg N)	93	90	78	42	80	87	96	110	96
OMD <sup>2</sup> (%)	72,5	73,5	72,6	67,4	73,1	73	73,2	73,4	74
FEm/kg TS	0,85	0,85	0,85	0,78	0,86	0,86	0,86	0,86	0,87

<sup>1</sup>NDF behandla med amylase og oskekorrigert.<sup>2</sup>Fordøyelegheit av organisk materiale.**Tabell 4.1.2. Innhold av TS og NDF i surfôrrestane analysert ved IHA.**

Kalenderveke	7-10	11-14	16-18	19-20	21-22	23-25	36-39	40	41-42
TS (%)	-	26	27	30	27	27	25	27	26
aNDFom <sup>1</sup> (g/kg TS)	-	604	584	682	578	606	587	591	590

<sup>1</sup>NDF behandla med amylase og oskekorrigert.**Tabell 4.1.3. Kjemisk innhold i kraftfôrblendingane.**

Forsøksgruppe	Akofeed	Akofeed	Raps	Raps	Raps	Raps
	2 % feitt	8 % feitt	2 % feitt	4 % feitt	6 % feitt	8 % feitt
TS (%)	88	90	89	89	89	89
Råprotein (g/kg TS)	200	192	201	193	189	176
Råfeitt (g/kg TS)	50	117	55	78	102	123
Stivelse (g/kg TS)	355	320	367	426	351	329
ADF <sup>1</sup> (g/kg TS)	98	101	95	102	104	104
Oske (g/kg TS)	76	71	73	72	71	69

<sup>1</sup>acid detergent fibre

Feittsyresamansetting i dei ulike forsøkskraftfôra og i surfôret er vist i tabell 4.1.4. Dei største skilnadane låg i innhald av C16:0, C18:0, C18:1cis-9, C18:1cis-11, C18:2n-6 og C18:3n-3, og avspegla tydeleg feittsyresamansettinga i feittilskota. Akofeed Gigant 60 inneheld 60 % C16:0 og 28 % C18:0 (AAK 2016), mens rapsfrø er rikt på dei umetta C18-feittsyrene. For eksempel inneheldt kraftfôret med 8 % Akofeed over sju gonger så mykje C16:0 som i kraftfôret med 8 % feitt frå raps. I rapsfrø utgjør C18:1 om lag 60 % av feittsyrene (Fôrtabellen 2008), og innhaldet var nesten 4,5 gonger høgare i kraftfôret med 8 % feitt frå raps, samanlikna med 8 % Akofeed. Innhaldet av feittsyrer i surfôret var naturlegvis lågare enn i kraftfôrblendingane, men C16:0, omega-6 og omega-3 utgjorde størstedelen. For eksempel var innhaldet av C18:3n-3 i surfôr 0,81 g/100 g TS, mot 0,18 g/100 g i kraftfôret med 8 % Akofeed. Innhaldet av C18:3n-3 i surfôr var på same nivå som kraftfôr med 6 % feitt frå raps (Tabell 4.1.4).

**Tabell 4.1.4. Feittsyresamansetting i dei ulike kraftfôrblendingane (g/100 g kraftfôr\*) og i surfôret (g/100 g TS).**

	C12:0	C14:0	C15:0	C16:0	C16:1c9	C17:0	C18:0	C18:1c9
Akofeed, 2 % feitt	0,011	0,04	0,005	1,95	0,02	0,006	0,66	0,84
Akofeed, 8 % feitt	0,040	0,11	0,010	6,11	0,02	0,013	2,46	1,34
Raps, 2 % feitt	0,001	0,01	0,004	0,61	0,02	0,004	0,09	1,87
Raps, 4 % feitt	0,001	0,01	0,004	0,66	0,03	0,004	0,11	3,15
Raps, 6 % feitt	0,002	0,02	0,004	0,75	0,03	0,006	0,16	4,61
Raps, 8 % feitt	0,002	0,02	0,005	0,83	0,04	0,006	0,20	6,01
Surfôr	0,004	0,02	0,003	0,31	0,01	0,003	0,03	0,11
	C18:1c11	C18:2n6	C18:3n3	C20:0	C20:1n9	C22:0	C22:1n9	C24:0
Akofeed, 2 % feitt	0,17	1,35	0,17	0,02	0,02	0,01	0,003	0,02
Akofeed, 8 % feitt	0,28	1,28	0,18	0,04	0,02	0,01	0,003	0,02
Raps, 2 % feitt	0,22	1,72	0,35	0,03	0,04	0,01	0,004	0,02
Raps, 4 % feitt	0,31	2,07	0,55	0,04	0,07	0,02	0,005	0,02
Raps, 6 % feitt	0,42	2,51	0,78	0,05	0,10	0,03	0,006	0,02
Raps, 8 % feitt	0,53	2,90	0,99	0,06	0,12	0,04	0,006	0,03
Surfôr	0,01	0,36	0,81	0,01	0,00	0,02	0,009	0,01

\*TS-% = 87,7 – 90,0 (sjå tabell 4.1.3)

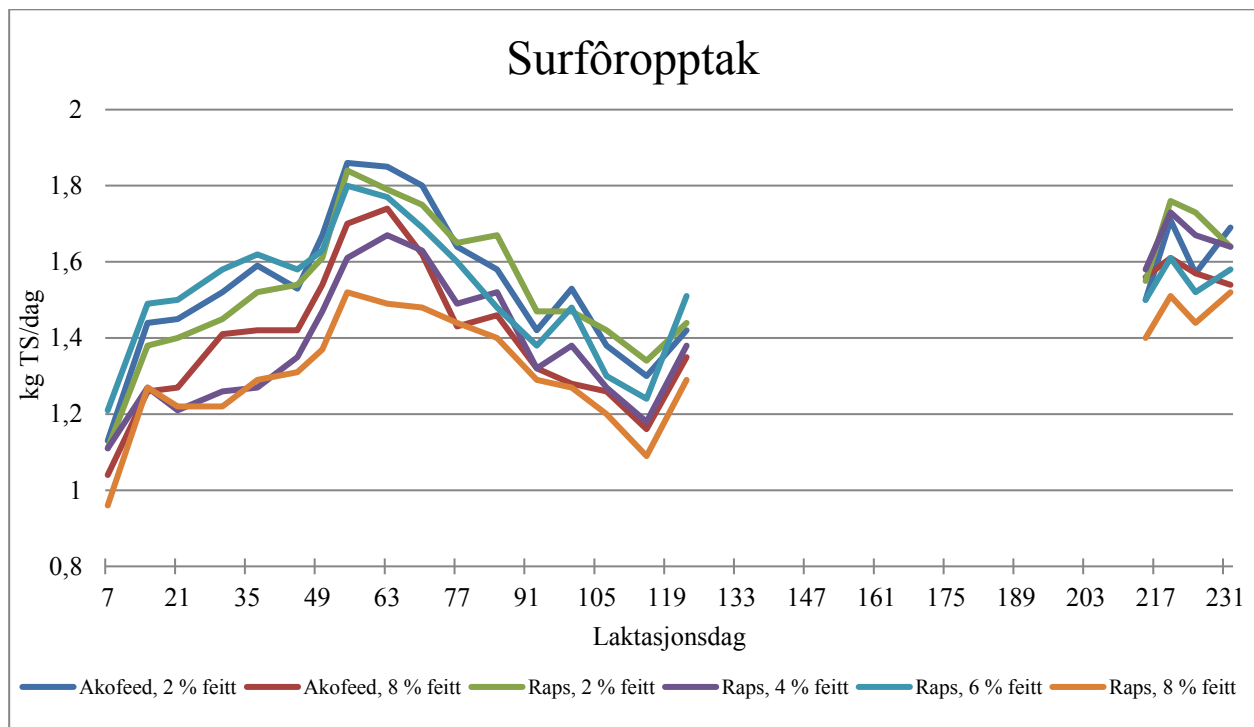
## 4.2 Surfôropptak

Surfôropptaket i innefôringsperiodane er vist i figur 4.2.1. Etter laktasjonsdag 123 og fram til laktasjonsdag 215 var det ikkje registrert fôropptak ettersom geitene var på beite. Like etter kjeing var opptaket lågast, og varierte mellom 0,96 – 1,21 kg TS/dag for dei ulike forsøksgruppene. I laktasjonsveke 8 – 10 var surfôropptaket på topp og hadde auka til mellom 1,52 – 1,86 kg TS/dag. Tilhøvet mellom grovfôr og kraftfôr (Tabell 4.2.2) viser også at opptaket av grovfôr auka betydeleg frå laktasjonsdag 30 til laktasjonsdag 55. Dette er eit velkjend fenomen ettersom opptakskapasiteten i tida rundt kjeing kan vere redusert med over 30 %. Mindre plass i bukholå og endringar i stoffskiftet svekkar appetitten (Kvamsås et al. 2016). Opptakskapasiteten er vanlegvis ikkje på topp før omkring 8 veker etter kjeing, noko som samsvarar godt med det som vart observert i dette forsøket.

Frå laktasjonsdag 55 og fram mot dag 115 sank opptaket til om lag same nivå som ved kjeing (Figur 4.2.1), og grovfôr:kraftfôr-tilhøvet var også det lågt for alle forsøksgruppene på laktasjonsdag 115. Her har truleg fleire faktorar spela inn. NDF-innhaldet bestemmer i stor grad grovfôrets fylleverdi og fordøyelegheit, og er dei mest avgrensande faktorane for opptak av grovfôr hjå drøvtyggjarar (Ingvartsen & Kristensen 2003). Surfôret som vart tildelt då pulje 1 var på laktasjonsdag 84 – 91 og pulje 2 på laktasjonsdag 70 – 77, hadde svært høgt NDF-innhald, og det vart registrert meir surfôrrestar enn elles. Surfôrrestane vart analysert for å kartleggje eventuell fôrseleksjon. NDF-innhaldet i surfôrrestane (Tabell 4.1.2) var jamt over høgare enn i surfôret, og viser at det har vore ein viss grad av seleksjon. I tillegg gjekk det varmgang i fôret som var tildelt desse vekene. Sjølv om det vart tilsett meir syre, kan også dette ha påverka opptaket. Då pulje 1 var på laktasjonsdag 105 – 112 og pulje 2 på laktasjonsdag 91 – 98, var det usedvanleg varmt i veret og geitene sto inne. Ofte ser ein nettopp at fôropptaket går ned ved høge temperaturar, og i følgje Ingvartsen og Kristensen (2003) vil både fôropptak og mjølkeproduksjon reduserast betydeleg når mjølkekyr vert utsett for varmessress (temperatur over 30 °C).

Etter geitene kom att frå fjellbeite var surfôropptaket høgt og tilhøvet mellom grovfôr og kraftfôr var også det høgast observerte. Dette var truleg eit resultat av omfattande feittmobilisering i beiteperioden, og fôropptaket var høgt for å byggje opp att kroppsreservane til neste laktasjon (Toral et al. 2013). Den reduserte mjølkeproduksjonen i siste innefôringsperiode (Figur 4.3.1 og Figur 4.3.2) underbyggjer også dette.

I studien utført av Eknæs et al. (under vurdering) gav tilskot av Akofeed lågare surfôropptak enn tilskot av rapsfrø og ingen tilskot av feitt (kontrollfôr). I dette forsøket såg det ut til å vere motsett, då fôrøpptaket til forsøksgruppa som fekk 8 % raps var gjennomgåande lågt gjennom heile laktasjonen. Fôrøpptaket hjå denne gruppa var signifikant lågare enn gruppene som fekk 2 % Akofeed ( $p=0,012$ ), 2 % feitt frå raps ( $p=0,015$ ) og 6 % feitt frå raps ( $p=0,025$ ). Årsaken er truleg at så høgt innhald av umetta langkjeda feitt har ein direkte toksisk verknad på mikrobane i vom og følgjeleg fordøyinga av fiber. Dermed reduserast opptaket av grovfôr (Børsting et al. 2003). Likevel var det ingen statistisk sikker forskjell i surfôrøpptak mellom 8 % feitt frå rapsfrø og 8 % Akofeed. Truleg var det ikkje berre type feitt som har hatt negativ effekt på surfôrøpptaket, men også mengd feitt.



Figur 4.2.1. Surfôrøpptak (kg TS/dag) for kvar forsøksgruppe i innefôringsperiodane.

Tabell 4.2.1. Endring i grovfôr:kraftfôr-tilhøve (kg TS/kg TS) gjennom laktasjonen.

Forsøksgruppe	Laktasjonsdag					
	30	55	85	115	185*	225
Akofeed, 2 % feitt	1,96	2,40	2,05	1,68	-	2,61
Akofeed, 8 % feitt	1,84	2,21	1,89	1,51	-	2,62
Raps, 2 % feitt	1,88	2,38	2,15	1,73	-	2,88
Raps, 4 % feitt	1,64	2,10	1,98	1,56	-	2,80
Raps, 6 % feitt	2,05	2,35	1,93	1,61	-	2,54
Raps, 8 % feitt	1,57	1,96	1,81	1,41	-	2,40

\*Ingen data på grovfôrøpptak i beiteperioden.

### 4.3 Mjølkeproduksjon

Det var ingen signifikant effekt av mengde eller type feittilskot på total mjølkeproduksjon (Tabell 4.3.1), men likevel tendensar ( $p=0,079$ ) til at forsøksgruppene som fekk 8 % feitt frå både rapsfrø og Akofeed hadde lågare avdrått enn gruppa som fekk 2 % Akofeed. Dette kan forklarast med at surfôropptaket var lågare for gruppene med mykje feitt i rasjonen gjennom heile laktasjonen. Desse forsøksgruppene var i negativ energibalanse ved fleire måletidspunkt (Figur 4.6.1), samstundes som geitene produserte mjølk med høg feittprosent (Figur 4.4.1). Dette tyder på ei kraftig energimobilisering, og samsvarar med resultatet i studien til Eknæs et al. (under vurdering).

Mjølkeproduksjonen var nokså stabil for alle forsøksgrupper fram mot topplaktasjon (laktasjonsdag 55), og avtok gradvis mot laktasjonsdag 115. Ved dette tidspunktet var produksjonen signifikant lågare enn ved laktasjonsdag 30 for alle forsøksgrupper ( $p<0,05$ ), unnateken gruppa som fekk 8 % feitt frå raps. Denne gruppa hadde stabil, men låg mjølkeyting fram til siste inneføring. Mot slutten av laktasjonen gjekk mjølkeytinga ned for alle forsøksgruppene. Dette er i tråd med ei typisk laktasjonskurve for geit, og ein naturleg effekt av laktasjonsstadium (McDonald et al. 2011).

Avdrått i energikorrigert mjølk (kg EKM per dag) er vist i tabell 4.3.1 og figur 4.3.2. Det var ingen signifikant effekt av feittilskot på kg EKM, og samsvarar med resultatet i eit liknande forsøk utført av Eknæs et al. (under vurdering). Mjølkeproduksjon i kg EKM gjev eit betre bilete av mjølkeproduksjonen enn total mjølkeproduksjon, då det tek omsyn til endringar i innhaldet av protein, feitt og laktose. I vekene etter kjeing er TS-innhaldet naturleg høgt i mjølk ettersom det i utgangspunktet aleine skal dekkje det store nærings- og energibehovet til avkoma (Sehested et al. 2003). Produksjon i EKM (kg/d) er følgeleg høg, og EKM var signifikant høgare ( $p<0,05$ ) for alle forsøksgrupper på laktasjonsdag 30 samanlikna med laktasjonsdag 85 og utover. Like før beiteslepp visast ein kraftig nedgang i EKM for fem av dei seks forsøksgruppene. Årsaken er nedgangen i feittinnhaldet på laktasjonsdag 130 (Figur 4.4.1 og Figur 4.4.2). Nedgang i feittinnhaldet skuldast truleg av lågt surfôropptak med redusert grovfôr:kraftfôr-tilhøve som resultat (Tabell 4.2.1). Eit auka opptak av kraftfôr på kostnad av grovfôropptaket reduserer fordøyinga av fiber i vom som følgje av låg pH og redusert cellulolytisk aktivitet (Kvamsås et al. 2016; Weisbjerg et al. 2003). Følgeleg vert forsyninga av *de-novo*-metabolittar til syntesen av mjølkefeitt i jur redusert (Madsen & Nielsen 2003; Palmquist et al. 1993).

**Tabell 4.3.1. Mjølkeyting, fettprosent og fettproduksjon for kvar forsøksgruppe gjennom laktasjonen (lsmeans).**

	Forsøksgruppe	Laktasjonsdag						SEM <sup>1</sup>	p-verdi <sup>2</sup>		
		30	55	85	115	185	225		A	B	C
Mjølke- produksjon (kg/d)	Akofeed, 2 %	3,58 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	3,32 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	3,30 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	2,90 <sub>a</sub> <sup>y</sup>	2,85 <sub>a</sub> <sup>y</sup>	2,46 <sub>ab</sub> <sup>z</sup>	0,122	<0,0001	0,102	0,997
	Akofeed, 8 %	2,98 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	2,92 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	2,83 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	2,63 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	2,86 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	2,32 <sub>b</sub> <sup>y</sup>				
	Raps, 2 %	3,01 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	3,01 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	2,84 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	2,60 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	2,81 <sub>a</sub> <sup>wx</sup>	2,40 <sub>ab</sub> <sup>x</sup>				
	Raps, 4 %	3,15 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	3,21 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	3,17 <sub>ab</sub> <sup>w</sup>	2,87 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	3,03 <sub>a</sub> <sup>wx</sup>	2,52 <sub>ab</sub> <sup>y</sup>				
	Raps, 6 %	3,33 <sub>ab</sub> <sup>w</sup>	3,25 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	3,10 <sub>ab</sub> <sup>wx</sup>	2,99 <sub>a</sub> <sup>xy</sup>	2,89 <sub>a</sub> <sup>xy</sup>	2,77 <sub>a</sub> <sup>y</sup>				
	Raps, 8 %	2,83 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	2,96 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	2,84 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	2,83 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	2,80 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	2,28 <sub>b</sub> <sup>x</sup>				
EKM (kg/d)	Akofeed, 2 %	3,77 <sub>ab</sub> <sup>w</sup>	3,39 <sub>ab</sub> <sup>x</sup>	3,19 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	2,59 <sub>ab</sub> <sup>y</sup>	2,76 <sub>a</sub> <sup>y</sup>	2,27 <sub>ab</sub> <sup>z</sup>	0,115	<0,0001	0,248	0,711
	Akofeed, 8 %	3,53 <sub>abc</sub> <sup>w</sup>	3,34 <sub>ab</sub> <sup>w</sup>	3,02 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	2,64 <sub>ab</sub> <sup>y</sup>	3,01 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	2,34 <sub>ab</sub> <sup>z</sup>				
	Raps, 2 %	3,30 <sub>c</sub> <sup>w</sup>	3,18 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	2,90 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	2,38 <sub>b</sub> <sup>y</sup>	2,87 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	2,20 <sub>b</sub> <sup>y</sup>				
	Raps, 4 %	3,69 <sub>abc</sub> <sup>w</sup>	3,42 <sub>ab</sub> <sup>w</sup>	3,13 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	2,66 <sub>ab</sub> <sup>y</sup>	2,87 <sub>a</sub> <sup>xy</sup>	2,27 <sub>ab</sub> <sup>z</sup>				
	Raps, 6 %	3,94 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	3,62 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	3,31 <sub>a</sub> <sup>y</sup>	2,90 <sub>a</sub> <sup>z</sup>	2,96 <sub>a</sub> <sup>z</sup>	2,62 <sub>a</sub> <sup>z</sup>				
	Raps, 8 %	3,42 <sub>bc</sub> <sup>w</sup>	3,40 <sub>ab</sub> <sup>wx</sup>	3,11 <sub>a</sub> <sup>xy</sup>	2,92 <sub>a</sub> <sup>y</sup>	3,13 <sub>a</sub> <sup>xy</sup>	2,27 <sub>ab</sub> <sup>z</sup>				
Feitinnhald (%)	Akofeed, 2 %	4,67 <sub>c</sub> <sup>w</sup>	4,58 <sub>b</sub> <sup>wx</sup>	4,09 <sub>b</sub> <sup>x</sup>	3,60 <sub>b</sub> <sup>x</sup>	3,92 <sub>b</sub> <sup>xy</sup>	3,68 <sub>ab</sub> <sup>xy</sup>	0,245	<0,0001	0,592	0,814
	Akofeed, 8 %	5,66 <sub>ab</sub> <sup>w</sup>	5,45 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	4,86 <sub>ab</sub> <sup>x</sup>	4,37 <sub>ab</sub> <sup>x</sup>	4,66 <sub>ab</sub> <sup>x</sup>	4,38 <sub>a</sub> <sup>x</sup>				
	Raps, 2 %	4,94 <sub>bc</sub> <sup>w</sup>	4,72 <sub>ab</sub> <sup>wx</sup>	4,35 <sub>ab</sub> <sup>x</sup>	3,61 <sub>b</sub> <sup>y</sup>	4,33 <sub>ab</sub> <sup>x</sup>	3,70 <sub>ab</sub> <sup>y</sup>				
	Raps, 4 %	5,38 <sub>abc</sub> <sup>w</sup>	4,75 <sub>ab</sub> <sup>x</sup>	4,10 <sub>ab</sub> <sup>y</sup>	3,67 <sub>ab</sub> <sup>yz</sup>	3,78 <sub>b</sub> <sup>yz</sup>	3,50 <sub>b</sub> <sup>z</sup>				
	Raps, 6 %	5,44 <sub>abc</sub> <sup>w</sup>	5,07 <sub>ab</sub> <sup>wx</sup>	4,68 <sub>ab</sub> <sup>xy</sup>	3,99 <sub>ab</sub> <sup>z</sup>	4,23 <sub>ab</sub> <sup>yz</sup>	3,76 <sub>ab</sub> <sup>z</sup>				
	Raps, 8 %	5,80 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	5,37 <sub>ab</sub> <sup>wx</sup>	4,99 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	4,55 <sub>a</sub> <sup>xy</sup>	5,02 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	4,14 <sub>ab</sub> <sup>y</sup>				
Feitt- produksjon (g/d)	Akofeed, 2 %	165,3 <sub>ab</sub> <sup>w</sup>	150,3 <sub>ab</sub> <sup>wx</sup>	134,1 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	103,6 <sub>b</sub> <sup>yz</sup>	111,3 <sub>b</sub> <sup>y</sup>	90,6 <sub>a</sub> <sup>z</sup>	6,506	<0,0001	0,407	0,770
	Akofeed, 8 %	166,2 <sub>ab</sub> <sup>w</sup>	156,9 <sub>ab</sub> <sup>w</sup>	136,6 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	114,5 <sub>ab</sub> <sup>z</sup>	131,8 <sub>ab</sub> <sup>x</sup>	100,5 <sub>a</sub> <sup>z</sup>				
	Raps, 2 %	146,3 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	140,2 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	123,0 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	93,3 <sub>b</sub> <sup>y</sup>	119,4 <sub>ab</sub> <sup>x</sup>	86,8 <sub>a</sub> <sup>y</sup>				
	Raps, 4 %	166,9 <sub>ab</sub> <sup>w</sup>	150,9 <sub>ab</sub> <sup>w</sup>	129,4 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	104,3 <sub>b</sub> <sup>y</sup>	110,8 <sub>b</sub> <sup>y</sup>	85,7 <sub>a</sub> <sup>z</sup>				
	Raps, 6 %	180,8 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	164,6 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	144,8 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	118,7 <sub>ab</sub> <sup>y</sup>	121,4 <sub>ab</sub> <sup>y</sup>	105,5 <sub>a</sub> <sup>y</sup>				
	Raps, 8 %	161,5 <sub>ab</sub> <sup>w</sup>	158,4 <sub>ab</sub> <sup>w</sup>	141,1 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	128,2 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	138,5 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	95,0 <sub>a</sub> <sup>y</sup>				

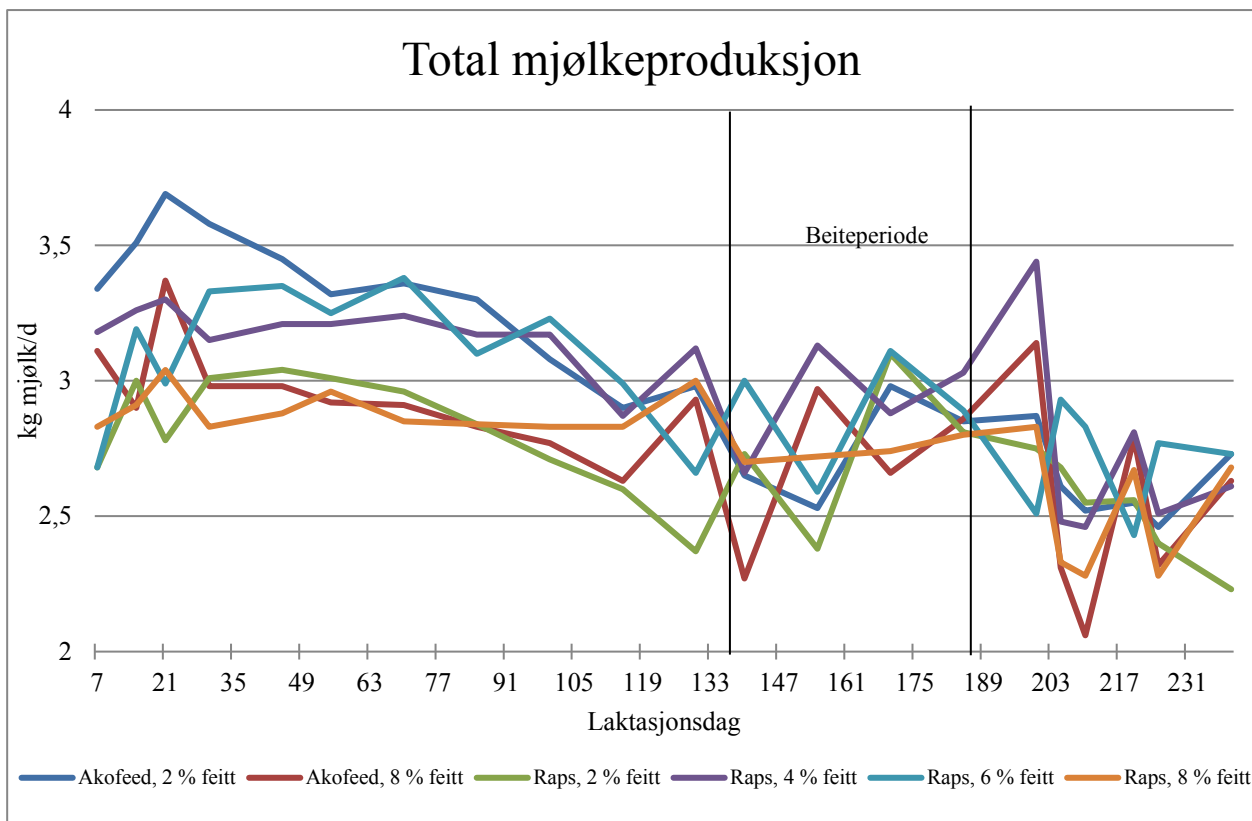
<sup>a-c</sup> lsmeans innanfor kolonne med ulike senka bokstavar er signifikant ulike ( $p < 0,05$ ).

<sup>w-z</sup> lsmeans innanfor rad med ulike oppheva bokstavar er signifikant ulike ( $p < 0,05$ ).

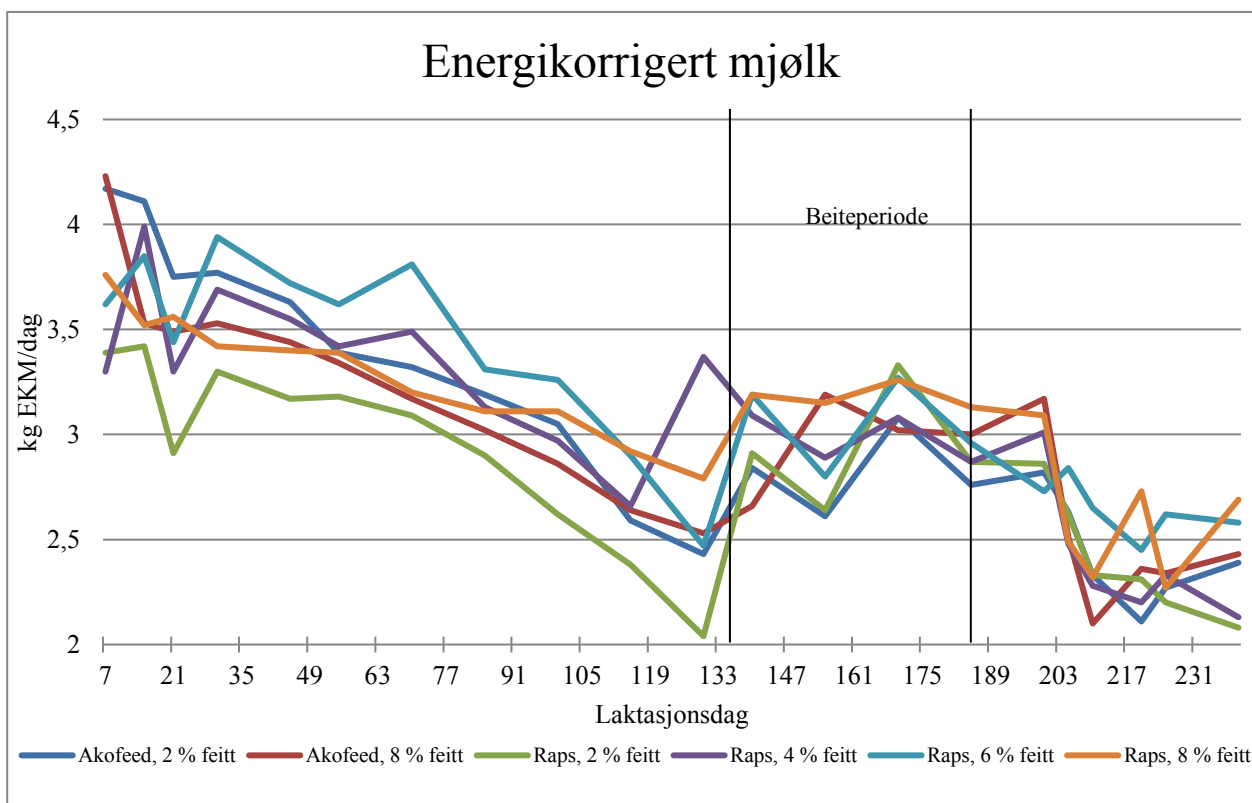
<sup>1</sup>Standardfeil for lsmeans.

<sup>2</sup>p-verdi for effektar: A = laktasjonsdag; B = 2 % Akofeed samanlikna med 2 % raps; C = 8 % Akofeed samanlikna med 8 % raps.





**Figur 4.3.1. Total mjølkeproduksjon (kg/dag) for dei ulike forsøksgruppene.**



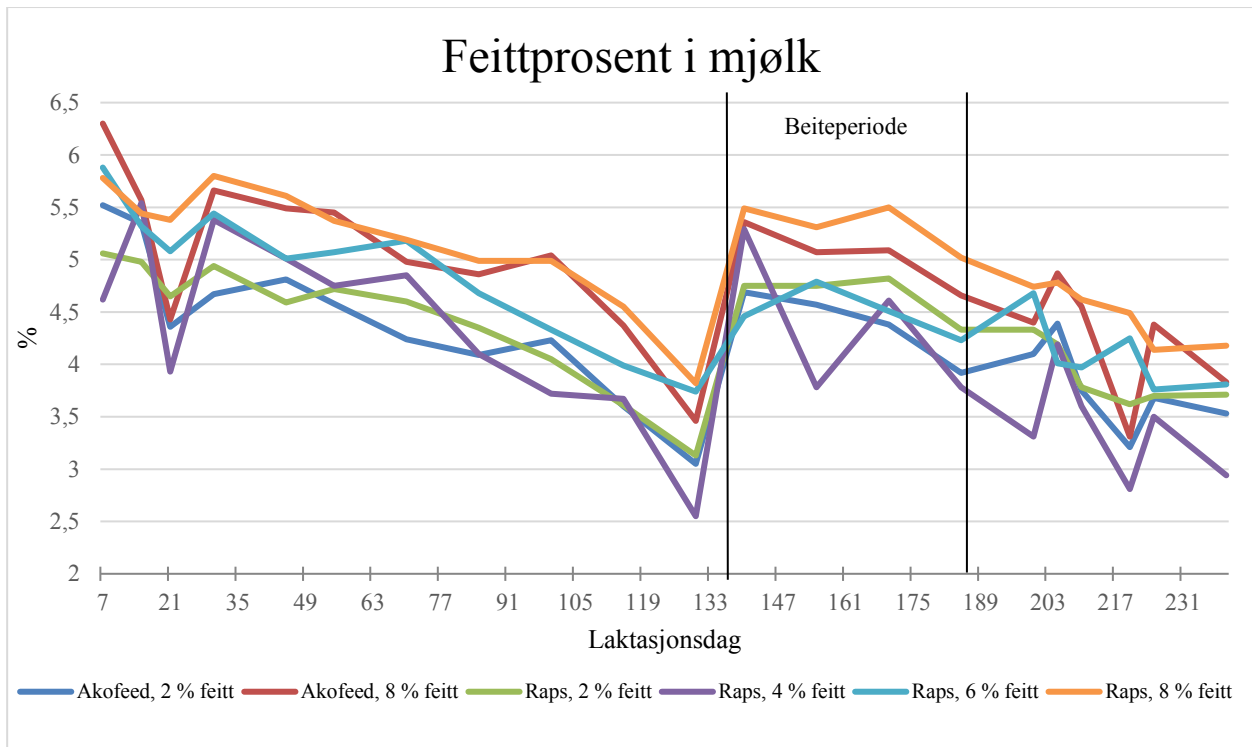
**Figur 4.3.2. Energikorrigert mjølk (kg/dag) per dag for dei ulike forsøksgruppene.**

## 4.4 Produksjon av mjølkefeitt

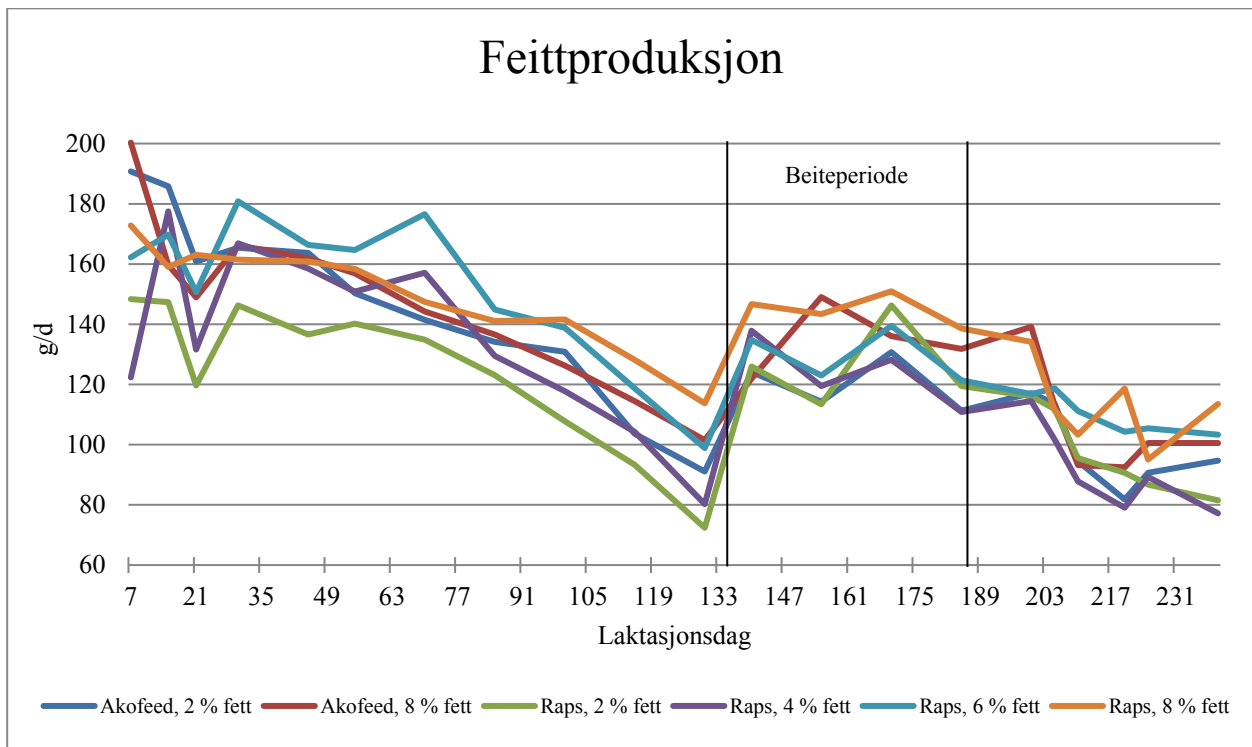
Produsert mjølkefeitt (g/d) varierte mellom 146 – 181 g/d for dei ulike forsøksgruppene ved laktasjonsdag 30, og minka til 86 – 105 g/d ved laktasjonsdag 225 (Tabell 4.3.1). Både feittprosent (Figur 4.4.1) og dagleg produksjon av feitt (Figur 4.4.2) var høg fyrste måling etter kjeing og avtok gradvis mot midtlaktasjon (laktasjonsdag 130), og samsvarar med andre studiar (Chilliard et al. 2003; Eknæs et al. 2006; Inglingstad et al. under vurdering). Dette har som nemnt, truleg samanheng med det reduserte surfôropptaket og eit lågare grovfôr:kraftfôr-tilhøve.

Det var ingen signifikante forskjellar i feittprosent mellom raps og Akofeed gjeve med same nivå, men ein ser nokre tendensar til at aukande innhald av feitt i fôr gav auka feittprosent i mjølk (Tabell 4.3.1). Spesielt er dette tydeleg i tida rett etter kjeing då geitene var i energiunderskot og nytta fôrfeittet til mjølkeproduksjon. Figur 4.4.1 viser også at feittprosenten heldt seg meir stabil høg ved høgt innhald av feitt i kraftfôret, mens lågare feittinnhald gav ein meir varierende feittprosent.

Kraftfôret med 2 % feitt frå rapsfrø gav lågast produksjon av feitt, og var signifikant lågare enn forsøksgruppa som gav høgast feittproduksjon (6 % feitt frå raps) fram til laktasjonsdag 85. Det ser ut til at effekten av feittilskot har vore størst i fyrste del av laktasjonen når geita nyttar fôrfeittet til produksjon av mjølkefeitt. I slutten av laktasjonen fell evna til å mobilisere, og ein større del av energien i fôret vert heller lagra som kroppsfeitt (Chilliard et al. 2003; Volden 2009). Feittproduksjonen i siste inneføringsperiode (laktasjonsdag 225) var også lågare ( $p < 0,05$ ) enn på beite (laktasjonsdag 185) for fem av dei seks forsøksgruppene, og det var ingen forskjellar mellom gruppene her. Sjølv om både surfôropptak og forholdet mellom grovfôr og kraftfôr var høgt, auka ikkje feittproduksjonen. Dette er i tråd med det kva som er observert i andre liknande studiar (Eknæs et al. 2006; Eknæs et al. under vurdering), og viser at energien i fôret går til å byggje opp reservane til ny laktasjon framfor å halde oppe produksjonen. Den kraftige vektauka frå laktasjonsdag 185 til 225, med ein gjennomsnittleg oppgang på 4,0 kg i snitt, underbyggjer dette. I beiteperioden sjåast ein tendens til auka feittinnhald, men også auka mjølkeproduksjon. Dette kan skuldast fleire faktorar, både sterk mobilisering, som er truleg ut frå energibalanse (Figur 4.6.1). Det kan også skuldast høgt fôrøpptak på beite, og følgjeleg auka tilhøve mellom grovfôr og kraftfôr, eller mykje feitt i beitegraset.



**Figur 4.4.1. Feittinnhald (%) i mjølk for dei ulike forsøksgruppene.**



**Figur 4.4.2. Dagleg mjølkefeittproduksjon (g/d) for dei ulike forsøksgruppene.**

## 4.5 Feittsyresamansetting

Konsentrasjonen av dei viktigaste feittsyrene i mjølk er presentert i tabell 4.5.1 og 4.5.2.

*De novo*-feittsyrene vert danna i juret og omfattar alle korte og mellomlange feittsyrer (C4 – C14), samt halvparten av C16 (Madsen & Nielsen 2003; Sjaastad et al. 2010). Innhaldet av desse feittsyrene var høgast på laktasjonsdag 55, og signifikant høgare enn på laktasjonsdag 115 og 185 (Tabell 4.5.1). Grovfôropptaket var også på det høgaste på laktasjonsdag 55, og juret har derfor fått tilført mykje *de novo*-metabolittar frå vomgjæringa. Likevel er dette det motsette av det som var forventa, då *de novo*-syntese vanlegvis vert hemma tidleg i laktasjon når geita mobiliserer mykje C18-feittsyrer frå kroppsreservane (Chilliard et al. 2003), eller når rasjonen inneheld mykje langkjeda fôrfeitt (Chilliard & Ferlay 2004; Shingfield et al. 2010). Etterkvart som mobiliseringa vert mindre effektiv vil innhaldet av *de novo*-feittsyrene vanlegvis auke att, men her heldt det seg stabilt frå laktasjonsdag 115. Dette kan ha påverka innhaldet av *de novo*-feittsyrene i beiteperioden. Då var tilførselen av alle C18-feittsyrene høgare ( $p < 0,05$ ) enn før og etter beiteperioden (Tabell 4.5.2), mens konsentrasjonen av *de novo* var lågast (Tabell 4.5.1).

Fram til beiteslepp heldt levandevakta seg stabil for alle forsøksgruppene, mens under beiteperioden gjekk forsøksgruppene i snitt ned 2,9 kg. Likevel er det sterke tendensar til høgare produksjon av feitt og mjølk i beiteperioden samanlikna med i siste del av inneføringsperioden på forsommaren. Dette indikerer at geitene har mobilisert kraftig på beite, truleg på grunn av varierende kvalitet på beitegraset og store beiteavstandar, men også som ein mogleg etterverknad av det låge fôrøpptaket som vart observert rundt laktasjonsdag 115. Allereie på laktasjonsdag 115 var både surfôrøpptak og tilhøvet mellom grovfôr og kraftfôr lågt. Dette har også gjeve utslag i eit signifikant lågare innhald av *de novo*-feittsyrer på dette tidspunktet samanlikna med laktasjonsdag 85. Ved siste måling i seinlaktasjonen har innhaldet av *de novo*-feittsyrer i mjølk auka att. På same tidspunkt vart det observert det høgaste grovfôr:kraftfôr-tilhøvet, og det var derfor forventa at innhaldet av *de novo*-feittsyrene hadde auka meir signifikant. Igjen underbyggjer dette teorien om at geita har stor evne til å omdisponere energien til å byggje opp att kroppsreservane før ny laktasjon (Eknæs & Skeie 2006; Eknæs et al. under vurdering).

Dei ulike forsøksgruppene har ikkje hatt noko signifikant effekt på *de novo*-syntese av feitt, men det var ein tendens til at forsøksgruppa som fekk 2 % feitt frå raps hadde meir av desse feittsyrene i mjølka enn dei andre forsøksgruppene gjennom heile laktasjonen. Årsaken til dette kan vere det låge innhaldet av langkjeda fôrfeitt som har stimulert til *de novo*-syntese i juret.

Dette er i tråd med det Inglingstad et al. (under vurdering) fann i deira studie, der geitene som fekk kraftfôr utan feittilskot hadde eit lågare innhald av geitefeittsyrer i mjølk enn geitene som fekk tilskot av anten Akofeed eller rapsolje.

Kapron-, kapryl- og kaprinsyre utgjer størstedelen av *de novo*-feittsyrene i geitemjøl, og innhaldet er betydeleg høgare enn i mjølk frå andre drøvtyggjarar (Chilliard et al. 2003). Innhaldet var signifikant høgare til og med laktasjonsdag 85, samanlikna med resten av laktasjonen, uavhengig av forsøksgruppe (Tabell 4.5.1). Det er ingen signifikant effekt av forsøksgruppe, verken mengd feitt eller type feittilskot, men også her sjåast ein tendens til at forsøksgruppa som fekk 2 % feitt frå raps har eit noko høgare innhald av geitefeittsyrene gjennom heile laktasjonen. Lite feitt i rasjonen har moglegvis stimulert til syntese av C6 – C10-feittsyrer, og samsvarar med det Inglingstad et al. (under vurdering) observerte i deira studie.

**Tabell 4.5.1. Innholdet av korte og mellomlange fetttsyrer (g/kg mjølk) for dei ulike forsøksgruppene gjennom laktasjonen (lsmeans).**

	Forsøksgruppe	Laktasjonsdag						SEM <sup>4</sup>	p-verdi <sup>5</sup>		
		30	55	85	115	185	225		A	B	C
<i>de novo</i> -fetttsyrer <sup>1</sup>	Akofeed, 2 %	12,63 <sup>x</sup>	14,09 <sup>w</sup>	12,23 <sup>xy</sup>	10,86 <sup>yz</sup>	10,26 <sup>z</sup>	11,36 <sup>xyz</sup>	0,800	<0,0001	0,371	0,959
	Akofeed, 8 %	13,01 <sup>wx</sup>	14,26 <sup>w</sup>	12,85 <sup>wx</sup>	10,64 <sup>yz</sup>	10,29 <sup>z</sup>	11,96 <sup>xy</sup>				
	Raps, 2 %	13,74 <sup>wx</sup>	14,94 <sup>w</sup>	14,06 <sup>w</sup>	12,12 <sup>xy</sup>	11,00 <sup>y</sup>	11,71 <sup>y</sup>				
	Raps, 4 %	12,89 <sup>w</sup>	13,65 <sup>w</sup>	12,62 <sup>wx</sup>	10,74 <sup>yz</sup>	9,39 <sup>z</sup>	11,01 <sup>xy</sup>				
	Raps, 6 %	13,61 <sup>w</sup>	13,77 <sup>w</sup>	12,97 <sup>w</sup>	11,01 <sup>x</sup>	9,62 <sup>x</sup>	10,93 <sup>x</sup>				
	Raps, 8 %	13,48 <sup>w</sup>	13,77 <sup>w</sup>	12,97 <sup>wx</sup>	11,27 <sup>y</sup>	10,57 <sup>y</sup>	11,31 <sup>xy</sup>				
Geitefetttsyrer <sup>2</sup>	Akofeed, 2 %	5,73 <sup>wx</sup>	6,28 <sup>w</sup>	5,40 <sup>xy</sup>	4,77 <sup>yz</sup>	4,40 <sup>z</sup>	4,76 <sup>yz</sup>	0,416	<0,0001	0,392	0,890
	Akofeed, 8 %	5,78 <sup>wx</sup>	6,41 <sup>w</sup>	5,60 <sup>x</sup>	4,58 <sup>y</sup>	4,44 <sup>y</sup>	5,06 <sup>xy</sup>				
	Raps, 2 %	6,31 <sup>w</sup>	6,81 <sup>w</sup>	6,18 <sup>w</sup>	5,25 <sup>x</sup>	4,85 <sup>x</sup>	5,00 <sup>x</sup>				
	Raps, 4 %	5,77 <sup>w</sup>	6,11 <sup>w</sup>	5,46 <sup>w</sup>	4,59 <sup>x</sup>	4,04 <sup>x</sup>	4,57 <sup>x</sup>				
	Raps, 6 %	6,22 <sup>w</sup>	6,34 <sup>w</sup>	5,78 <sup>w</sup>	4,92 <sup>x</sup>	4,12 <sup>y</sup>	4,79 <sup>xy</sup>				
	Raps, 8 %	6,06 <sup>w</sup>	6,21 <sup>w</sup>	5,66 <sup>w</sup>	4,94 <sup>x</sup>	4,55 <sup>x</sup>	4,95 <sup>x</sup>				
C16-fetttsyrer <sup>3</sup>	Akofeed, 2 %	12,85 <sub>b</sub>	13,81 <sub>b</sub>	13,30 <sub>b</sub>	12,37 <sub>b</sub>	12,34 <sub>b</sub>	12,47 <sub>b</sub>	0,641	<0,0001	0,103	<0,0001
	Akofeed, 8 %	18,26 <sub>a</sub> <sup>wx</sup>	19,25 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	19,28 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	16,95 <sub>a</sub> <sup>xy</sup>	16,74 <sub>a</sub> <sup>xy</sup>	15,44 <sub>a</sub> <sup>y</sup>				
	Raps, 2 %	11,19 <sub>b</sub> <sup>wx</sup>	12,02 <sub>bc</sub> <sup>w</sup>	12,58 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	10,23 <sub>bc</sub> <sup>x</sup>	11,03 <sub>bc</sub> <sup>wx</sup>	11,04 <sub>bc</sub> <sup>wx</sup>				
	Raps, 4 %	11,78 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	11,27 <sub>c</sub> <sup>wx</sup>	11,16 <sub>b</sub> <sup>wx</sup>	9,31 <sub>c</sub> <sup>y</sup>	9,81 <sub>c</sub> <sup>xy</sup>	10,11 <sub>c</sub> <sup>xy</sup>				
	Raps, 6 %	11,68 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	11,30 <sub>c</sub> <sup>wx</sup>	11,74 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	9,48 <sub>c</sub> <sup>y</sup>	10,38 <sub>bc</sub> <sup>wxy</sup>	9,97 <sub>c</sub> <sup>xy</sup>				
	Raps, 8 %	12,18 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	11,51 <sub>c</sub> <sup>wxy</sup>	11,82 <sub>b</sub> <sup>wx</sup>	10,07 <sub>c</sub> <sup>y</sup>	11,34 <sub>bc</sub> <sup>wxy</sup>	10,50 <sub>bc</sub> <sup>xy</sup>				

<sup>a-c</sup> lsmeans innanfor kolonne med ulike senka bokstavar er signifikant ulike (p<0,05).

<sup>w-z</sup> lsmeans innanfor rad med ulike oppheva boksavar er signifikant ulike (p<0,05).

<sup>1</sup>Summen av C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C10:1, C11:0, C12:0, C13:0, C14:0iso, C14:0, C15:0iso, C15:0anteiso, C14:1cis-9 og C15:0.

<sup>2</sup>Summen av C6:0, C8:0 og C10:0.

<sup>3</sup>Summen av C16:0iso, C16:0, C16:1trans-9, C16:1cis-9 og ukjente isomerar av C16:1-trans.

<sup>4</sup>Standardfeil for lsmeans.

<sup>5</sup>p-verdi for effektar: A = laktasjonsdag; B = 2 % Akofeed samanlikna med 2 % raps; C = 8 % Akofeed samanlikna med 8 % raps.

**Tabell 4.5.2. Innhald av C18:0, C18:1-, og C18:2-feittsyrer (g/kg mjølk) for dei ulike forsøksgruppene gjennom laktasjonen (lsmeans).**

	Forsøksgruppe	Laktasjonsdag						SEM <sup>3</sup>	p-verdi <sup>4</sup>		
		30	55	85	115	185	225		A	B	C
C18:0	Akofeed, 2 %	5,01 <sub>c</sub> <sup>w</sup>	3,79 <sub>d</sub> <sup>x</sup>	3,74 <sub>e</sub> <sup>x</sup>	3,29 <sub>c</sub> <sup>x</sup>	5,80 <sub>c</sub> <sup>w</sup>	1,81 <sub>c</sub> <sup>y</sup>	0,368	<0,0001	0,093	<0,0001
	Akofeed, 8 %	5,87 <sub>c</sub> <sup>w</sup>	5,01 <sub>cd</sub> <sup>x</sup>	5,12 <sub>cd</sub> <sup>wx</sup>	3,91 <sub>c</sub> <sup>y</sup>	5,87 <sub>c</sub> <sup>wx</sup>	2,39 <sub>bc</sub> <sup>z</sup>				
	Raps, 2 %	5,77 <sub>c</sub> <sup>wx</sup>	5,08 <sub>c</sub> <sup>x</sup>	4,99 <sub>de</sub> <sup>x</sup>	3,97 <sub>c</sub> <sup>y</sup>	6,64 <sub>bc</sub> <sup>w</sup>	2,34 <sub>bc</sub> <sup>z</sup>				
	Raps, 4 %	7,64 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	6,29 <sub>bc</sub> <sup>xy</sup>	6,39 <sub>bc</sub> <sup>xy</sup>	5,66 <sub>b</sub> <sup>y</sup>	6,80 <sub>bc</sub> <sup>wx</sup>	2,54 <sub>bc</sub> <sup>z</sup>				
	Raps, 6 %	8,00 <sub>ab</sub> <sup>w</sup>	7,01 <sub>b</sub> <sup>xy</sup>	7,37 <sub>ab</sub> <sup>wx</sup>	6,32 <sub>b</sub> <sup>y</sup>	7,84 <sub>b</sub> <sup>wx</sup>	3,42 <sub>ab</sub> <sup>z</sup>				
	Raps, 8 %	9,28 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	8,33 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	8,59 <sub>a</sub> <sup>wx</sup>	8,27 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	9,37 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	3,86 <sub>a</sub> <sup>y</sup>				
C18:1- feittsyre <sup>1</sup>	Akofeed, 2 %	10,41 <sub>c</sub> <sup>w</sup>	8,54 <sub>d</sub> <sup>x</sup>	8,22 <sub>d</sub> <sup>x</sup>	8,10 <sub>d</sub> <sup>x</sup>	10,77 <sub>c</sub> <sup>w</sup>	6,25 <sub>c</sub> <sup>y</sup>	0,462	<0,0001	0,081	<0,0001
	Akofeed, 8 %	11,63 <sub>c</sub> <sup>w</sup>	11,04 <sub>bc</sub> <sup>wx</sup>	10,54 <sub>c</sub> <sup>wx</sup>	9,64 <sub>cd</sub> <sup>x</sup>	11,64 <sub>bc</sub> <sup>w</sup>	7,45 <sub>bc</sub> <sup>y</sup>				
	Raps, 2 %	11,14 <sub>c</sub> <sup>wx</sup>	10,24 <sub>cd</sub> <sup>wxy</sup>	9,91 <sub>cd</sub> <sup>xy</sup>	9,34 <sub>cd</sub> <sup>y</sup>	11,90 <sub>bc</sub> <sup>w</sup>	6,75 <sub>bc</sub> <sup>z</sup>				
	Raps, 4 %	14,47 <sub>ab</sub> <sup>w</sup>	11,80 <sub>bc</sub> <sup>x</sup>	11,13 <sub>bc</sub> <sup>x</sup>	10,81 <sub>bc</sub> <sup>x</sup>	11,88 <sub>bc</sub> <sup>x</sup>	7,48 <sub>bc</sub> <sup>y</sup>				
	Raps, 6 %	13,82 <sub>b</sub> <sup>w</sup>	12,33 <sub>ab</sub> <sup>xy</sup>	12,51 <sub>ab</sub> <sup>wxy</sup>	11,61 <sub>ab</sub> <sup>y</sup>	13,44 <sub>b</sub> <sup>wx</sup>	7,68 <sub>ab</sub> <sup>z</sup>				
	Raps, 8 %	15,89 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	14,20 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	13,91 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	13,43 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	16,50 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	9,90 <sub>a</sub> <sup>y</sup>				
C18:2- feittsyre <sup>2</sup>	Akofeed, 2 %	0,95 <sub>b</sub> <sup>x</sup>	0,90 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	0,94 <sub>b</sub> <sup>x</sup>	0,92 <sub>ab</sub> <sup>x</sup>	1,43 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	0,70 <sub>a</sub> <sup>y</sup>	0,041	<0,0001	0,065	0,003
	Akofeed, 8 %	0,96 <sub>b</sub> <sup>x</sup>	0,92 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	0,97 <sub>b</sub> <sup>x</sup>	0,88 <sub>b</sub> <sup>x</sup>	1,36 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	0,67 <sub>a</sub> <sup>y</sup>				
	Raps, 2 %	1,06 <sub>ab</sub> <sup>x</sup>	1,00 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	1,10 <sub>ab</sub> <sup>x</sup>	1,08 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	1,50 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	0,74 <sub>a</sub> <sup>y</sup>				
	Raps, 4 %	1,23 <sub>a</sub> <sup>wx</sup>	1,05 <sub>a</sub> <sup>y</sup>	1,10 <sub>ab</sub> <sup>xy</sup>	1,06 <sub>ab</sub> <sup>y</sup>	1,38 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	0,73 <sub>a</sub> <sup>z</sup>				
	Raps, 6 %	1,15 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	1,07 <sub>a</sub> <sup>xy</sup>	1,17 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	1,01 <sub>ab</sub> <sup>y</sup>	1,51 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	0,84 <sub>a</sub> <sup>z</sup>				
	Raps, 8 %	1,20 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	1,08 <sub>a</sub> <sup>x</sup>	1,14 <sub>ab</sub> <sup>x</sup>	1,06 <sub>ab</sub> <sup>x</sup>	1,52 <sub>a</sub> <sup>w</sup>	0,86 <sub>a</sub> <sup>y</sup>				

<sup>a-e</sup> lsmeans innanfor kolonne med ulike senka bokstavar er signifikant ulike (p<0,05).

<sup>w-z</sup> lsmeans innanfor rad med ulike oppheva bokstavar er signifikant ulike (p<0,05).

<sup>1</sup>Summen av C18:1trans-9, C18:1trans-11, C18:1cis-9 og ukjente isomerar av C18:1cis.

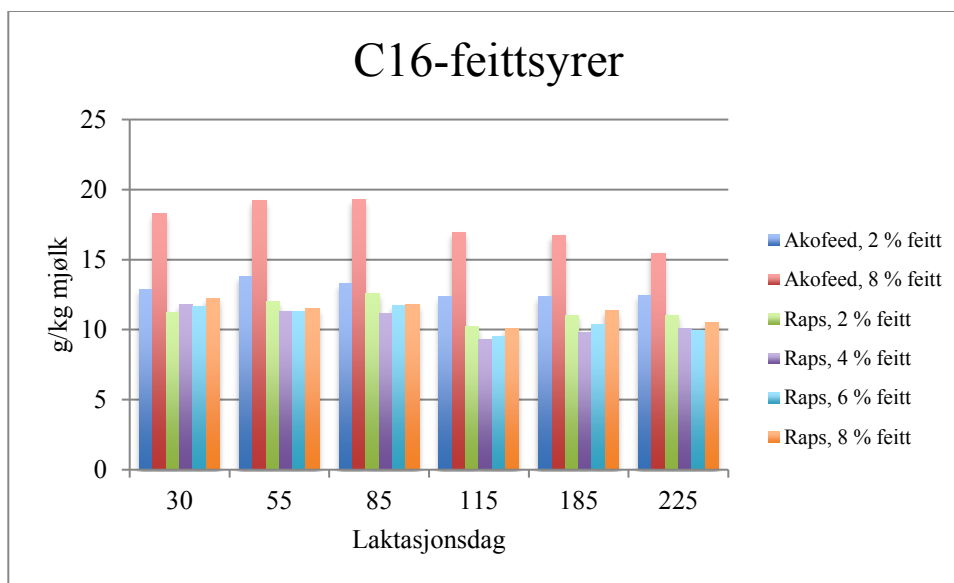
<sup>2</sup>Summen av C18:2trans-9,12, C18:2cis-9,12, C18:2cis-9,trans-11 (CLA) og ukjente isomerar av C18:2.

<sup>3</sup>Standardfeil for lsmeans.

<sup>4</sup>p-verdi for effektar: A = laktasjonsdag; B = 2 % Akofeed samanlikna med 2 % raps; C = 8 % Akofeed samanlikna med 8 % raps.

C16-feittsyrene er summen av palmitinsyre (C16:0) og ulike einumetta cis- og trans-feittsyrer med 16 C-atom. Desse stammar både frå kraftfôr og *de novo*-syntese i juret. C16:0 utgjer den største andelen av mjølkefeittet både hjå ku og geit (Ceballos et al. 2009). Forsøksgruppe hadde stor effekt på innhald av C16-feittsyrer, og var høgare ( $p < 0,0001$ ) for forsøksgruppa som fekk 8 % Akofeed gjennom heile laktasjonen, der innhaldet varierte frå 15,44 – 19,28 g/kg mjølk (Tabell 4.5.1 og Figur 4.5.1). Det var tydelege tendensar til at forsøksgruppa som fekk 2 % Akofeed hadde eit høgare innhald enn forsøksgruppene som fekk raps, men var berre signifikant høgare enn gruppa som fekk 4 % feitt frå raps ( $p = 0,016$ ) og 6 % feitt frå raps ( $p = 0,03$ ).

Høgt innhald av C16-feittsyrer i mjølk avspegla tydeleg det høge innhaldet av C16:0 i feittilskotet (Tabell 4.1.4), og er i tråd med det Eknæs et al. (2009) observerte i ein liknande studie. Innhaldet av C16-feittsyrer heldt seg stabilt for forsøksgruppene som fekk feittilskot av raps, og varierte mellom 9,31 – 13,81 g/kg mjølk.

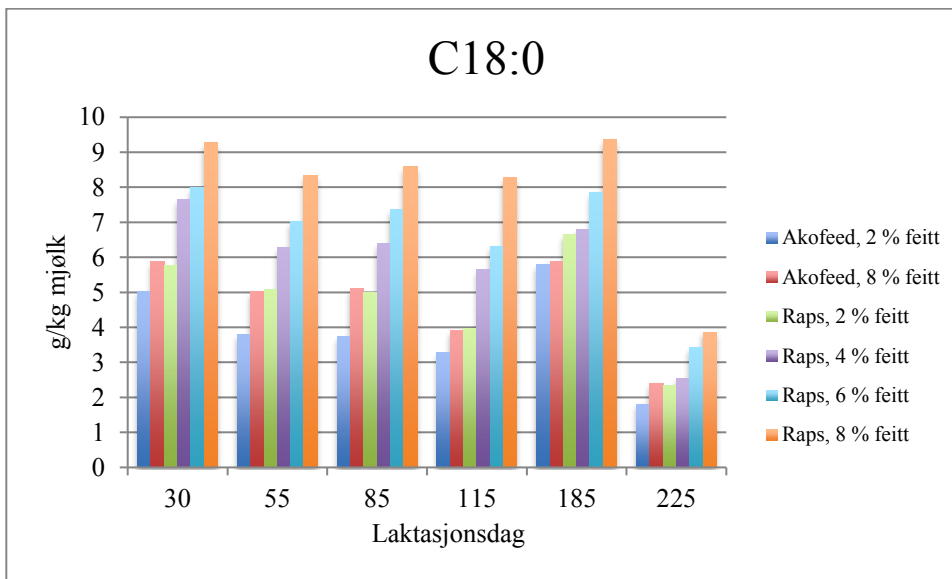


**Figur 4.5.1. Innhald av C16-feittsyrene i mjølk gjennom laktasjonen.**

Stearinsyre (C18:0) stammar både frå fôr og mobilisert kroppsfeitt, og utgjer ein viktig del av mjølkefeittet. Aukande innhald av raps gav tydeleg auke i innhald av C18:0 i mjølk (Figur 4.5.2), og forsøksgruppa med 8 % feitt frå rapsfrø gav høgare ( $p < 0,002$ ) C18:0-konsentrasjon enn dei andre forsøksgruppene (Tabell 4.4.2). Sjølv om Akofeed er rikt på nettopp C18:0, mens innhaldet er ubetydeleg i rapsfrø, kan det tyde på ei nokså fullstendig hydrogenering i vom av dei fleirumetta feittsyrene i raps. Dette stemmer også overeins med det Inglingstad et al. (under vurdering) observerte i deira studie. Også innhaldet av C18:1-feittsyrer underbyggjer dette, då



hydrogeneringa i vom også gjev ulike cis- og trans-feittsyrer av oljesyre i mjølk (Chilliard et al. 2007).



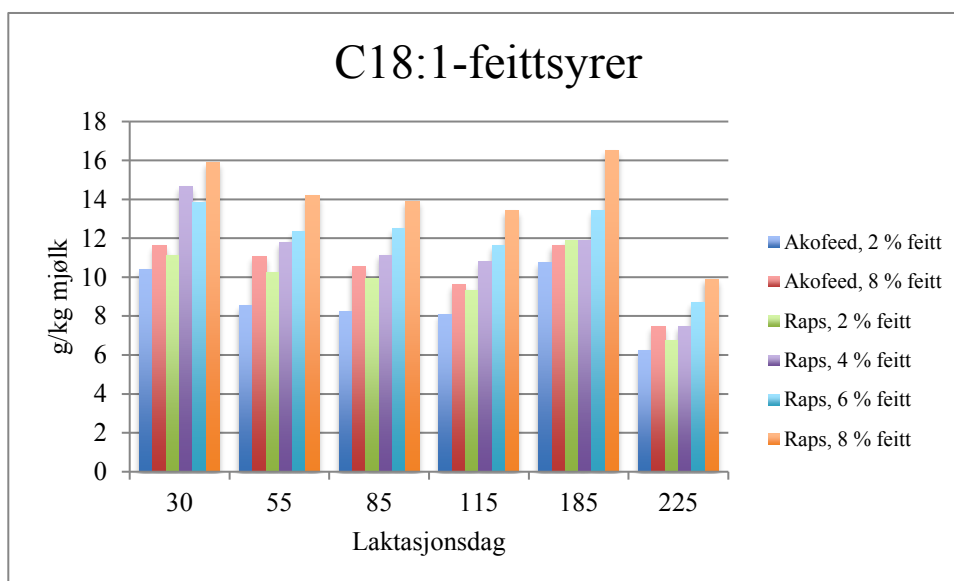
**Figur 4.5.2. Innhold av stearinsyre (C18:0) i mjølk gjennom laktasjonen.**

I likheit med C18:0, stammar C18:1-feittsyrer frå både mobilisert feitt og fôrfeitt, og omfattar i hovudsak oljesyre (C18:1), og ulike cis- og trans-feittsyrer. Blant anna vert transfeittsyra vakensyre (C18:1trans-11) danna ved hydrogenering i vom hjå drøvtyggjarar (Børsting et al. 2003). Forsøksgruppa som fekk 8 % feitt frå raps hadde høgare ( $p < 0,0001$ ) innhald av C18:1-feittsyrer enn forsøksgruppa som fekk 8 % Akofeed (Tabell 4.5.2). I følgje Fôrtabellen (2008) inneheld rapsfrø 58 % C18:1, og det var sterk tendens til at innhaldet av C18:1-feittsyrer var stigande ved auka mengd raps som feitttilskot (Figur 4.5.3). Forsøksgruppene som fekk 2 og 4 % feitt frå raps var signifikant lågare enn gruppa som fekk 8 % feitt frå raps. Unntaket var ved laktasjonsdag 30, då innhaldet av C18:1-feittsyrer truleg var meir avhengig av mobilisering av feitt framfor innhaldet i fôret. Dette er i tråd med både Eknæs et al. (2006) og Eknæs og Skeie (2006) der innhaldet av C18:0 og C18:1 var høgt i fyrste del av laktasjonen før det gradvis vart redusert ettersom geitene vart meir i energibalanse.

Forsøksgruppa som fekk 2 % Akofeed hadde lågast innhald av C18:1-feittsyrer, men ikkje signifikant lågare enn for forsøksgruppa som fekk 2 % raps ( $p = 0,08$ ). Akofeed Gigant 60 inneheld berre 9 % C18:1, men likevel var innhaldet av denne feittsyra også betydeleg i forsøksgruppene som fekk denne typen feitttilskot. Det kan tyde på ein omfattande delta-9-desaturaseaktivitet i juret, og at ein stor del av C18:0 har blitt omdanna til C18:1 cis-9. I følgje

Chilliard og Ferlay (2004) kan opp mot 50 % av stearinsyre bli omdanna til oljesyre i jur, og truleg har dette enzymet hatt stor betydning for del umetta feitt i mjølka.

På beite var innhaldet av C18:1-feittsyrene på same nivå som på laktasjonsdag 30, og signifikant høgare enn ved laktasjonsdag 85 og 115. Tabell 4.6.1 viser også nedgang i vekt i beiteperioden, og det kan sjå ut til at geitene i dette forsøket har mobilisert frå kroppsreservane sine seint i laktasjonen for å oppretthalde mjølkeproduksjon og feittavdrått i beiteperioden. Dette står i motsetnad til andre liknande studiar der feittavdrått og mjølkeproduksjon har vore betydeleg lågare i beiteperioden (Eknæs et al. 2006; Eknæs et al. under vurdering).

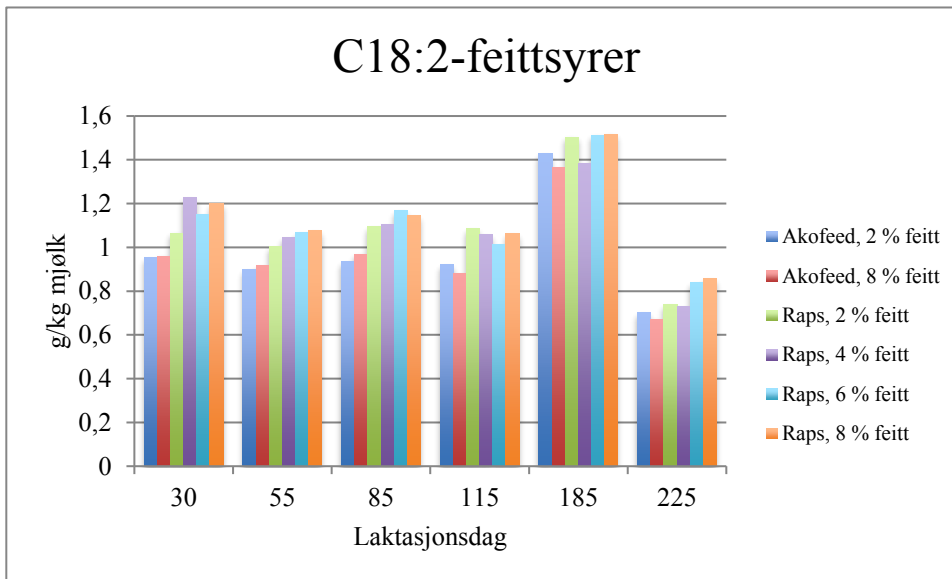


**Figur 4.5.3. Innhald av C18:1-feittsyrene i mjølk gjennom laktasjonen.**

Summen av C18:2-feittsyrene omfattar linolsyre (C18:2) og ulike cis-, trans- og CLA-feittsyrer. Rapsfrø inneheld om lag 20 % linolsyre (Fôrtabellen 2008), og innhaldet i mjølk kan ut frå resultatet seiast å avspegle innhaldet i feittilskotet. Aukande innhald rapsfrø gav auka innhald av C18:2 i mjølk (Figur 4.5.4). Forsøksgruppa som fekk 8 % feitt frå rapsfrø hadde eit høgare ( $p < 0,003$ ) innhald av C18:2-feittsyrer samanlikna med gruppa som fekk 8 % Akofeed (Tabell 4.5.2). Innhaldet av den viktigaste CLA-feittsyra, C18:2 cis-9, trans-11 var også høgare ( $p = 0,0005$ ) i forsøksgruppa som fekk høgast innhald av rapsfrø samanlikna med gruppa som fekk høgast innhald av Akofeed.

Innhaldet av C18:2-feittsyrene var signifikant høgast på beite for alle forsøksgrupper, og det var ingen signifikante forskjellar mellom forsøksgruppene her. Beitegras inneheld meir fleirumetta

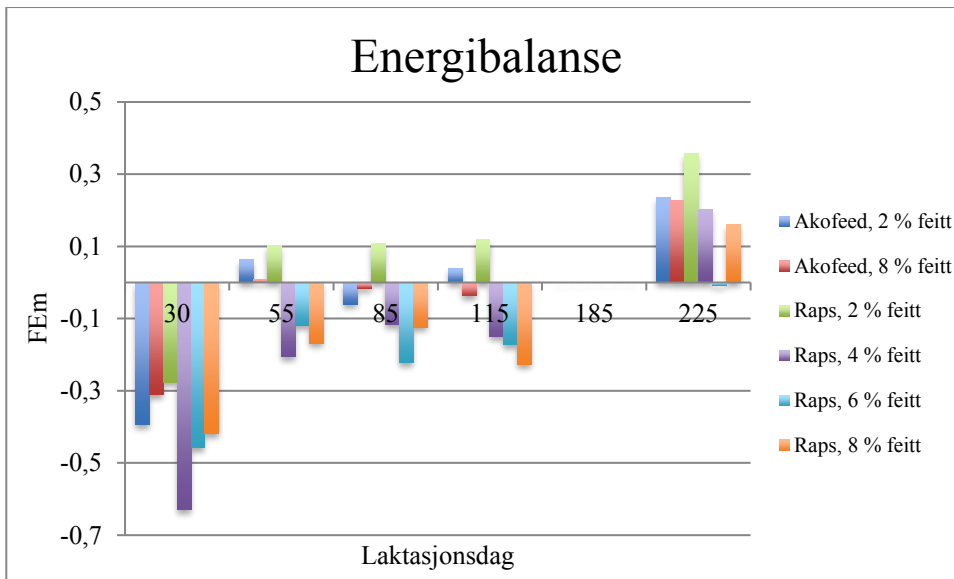
feitt samanlikna med grovfôr, og innhaldet vert også redusert ved auka morfologisk utviklingstrinn (Harstad 2011). Truleg har derfor beitegraset påverka innhaldet av desse feittsyrene meir enn feitttilskotet i kraftfôret. Surfôret vart også hausta forholdsvis seint, og innhaldet av C18:2-feittsyrer kan ha vore lågt samanlikna med samanlikna innhaldet med beitegraset. Innhaldet av C18:2 i mjølk var signifikant lågast i siste innefôringsperiode for alle grupper.



Figur 4.5.4. Innhald av C18:2-feittsyrene i mjølk gjennom laktasjonen.

#### 4.6 Geitas energistatus gjennom laktasjonen

Feittinnhald og feittsyresamansetting i mjølk er påverka av geitas energibalanse (Chilliard et al. 2003). Geiter er i stand til å mobilisere kraftig frå kroppsreservane sine i fyrste del av laktasjonen for å oppretthalde høg mjølkeproduksjon under negativ energibalanse (Dunshea et al. 1989). Geitas energistatus varierte betydeleg i løpet av laktasjonen, og vart i stor grad påverka av laktasjonsstadium, fôropptak og mjølkeyting. Både forsøksgruppe og laktasjonsdag hadde signifikant effekt på energibalansen rekna som fôropptak i forhold til behov til vedlikehald og mjølkeproduksjon. Geitene var i svært negativ balanse ved laktasjonsdag 30, og vart gradvis meir positiv utover i laktasjonen (Figur 4.6.1). Likevel var det berre forsøksgruppa som fekk 2 % feitt frå raps som faktisk var i positiv energibalanse ved alle målingane etter laktasjonsdag 30. Denne gruppa hadde høgt surfôropptak, samstundes som kg EKM og feittproduksjon var låg. Energiopptaket har derfor vore tilstrekkeleg til mjølkeproduksjon allereie ved topplaktasjon.

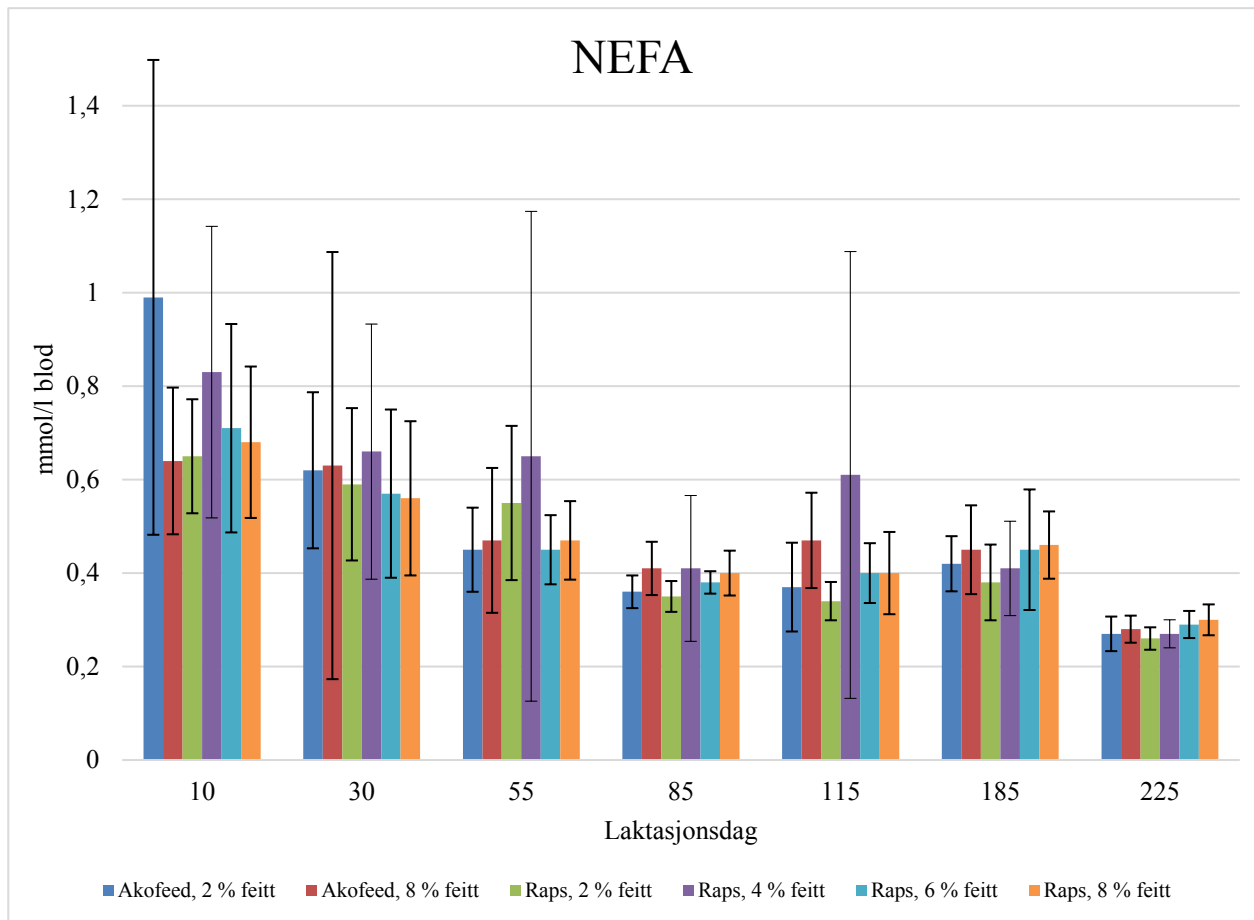


**Figur 4.6.1. Energibalanse (FEm) gjennom laktasjonen.**

Høg konsentrasjon av NEFA i blod tyder på at dyret mobiliserer energi i form av fettstoffer frå kroppsreservane sine (Dunshea et al. 1989), og konsentrasjonen av NEFA i blod er derfor ein god indikator på energibalansen til dyret. NEFA-verdiar mellom 0,200 – 0,249 mmol/l er foreslått ved energibalanse (Chilliard et al. 1977; Dunshea et al. 1989; Dønnem et al. 2011b), og lågast målt NEFA-konsentrasjon i dette forsøket var 0,26 mmol/l (Figur 4.6.2). I følgje teorien var geitene derfor i negativ energibalanse gjennom heile laktasjonen, men dette samsvarar ikkje med rekna energibalanse i dette forsøket (Figur 4.6.1).

NEFA-verdiane viste same trend som rekna energibalanse, og var negativt korrelert med energibalansen, slik også Dønnem et al. (2011b) viste i deira studie. Det var ingen effekt av forsøksgruppe på NEFA, men effekten av laktasjonsstadium var signifikant ( $p < 0,0001$ ). NEFA var høgast for alle forsøksgruppene ved første og andre måling etter kjeing då geitene mobiliserte av kroppsreservane for å kompensere for lågt fôropptak. NEFA-verdiane vart gradvis redusert utover i laktasjonen, og ved laktasjonsdag 85 var konsentrasjonen signifikant lågare enn ved laktasjonsdag 10 for alle forsøksgruppene. Det finst ingen data på energibalanse i beiteperioden sidan fôropptaket var ukjent. Likevel viser den kraftige nedgangen i levandevekt at geitene har vore i omfattande negativ energibalanse. NEFA-verdiane var også noko høgare på beite enn på laktasjonsdag 115 og 225, og underbygger dette. Dette samsvarar med Eknæs et al. (under vurdering), som fann at geitene tapa 2,7 kg kroppsfeitt i beiteperioden, mens levandevakta vart redusert med 3,9 kg i same periode.

Alle forsøksgruppene var i positiv energibalanse ved laktasjonsdag 225. Sjølv om NEFA-konsentrasjonen indikerte svak negativ energibalanse ved same tidspunkt, viser resultatata at fôropptaket var svært høgt i forhold til mjølkeytinga. Samstundes gjekk geitene betydeleg opp i vekt frå laktasjonsdag 185 til 225, med ei snitt auke på 4,0 kg. Dette er eit naturleg resultat av at geita prioriterer haldoppbygging framfor mobilisering i denne delen av laktasjonen, og er i tråd med andre liknande studiar (Eknæs et al. 2006; Eknæs et al. under vurdering).



**Figur 4.6.2. NEFA-konsentrasjon i blod gjennom laktasjonen (gjennomsnitt ± std. av.).**

**Tabell 4.6.1. Endring i levandevekt for dei ulike forsøksgruppene gjennom laktasjonen.**

Forsøksgruppe	Laktasjonsdag					
	30	55	85	115	200	225
Akofeed, 2 % fett	53,9	54,8	55,6	54,3	50,8	55,0
Akofeed, 8 % fett	58,3	59,7	60,0	58,2	55,9	60,2
Raps, 2 % fett	59,0	60,0	60,7	59,8	56,5	60,2
Raps, 4 % fett	62,1	62,8	63,5	61,1	58,4	62,8
Raps, 6 % fett	63,9	64,1	64,1	63,3	59,8	63,8
Raps, 8 % fett	57,9	59,6	60,1	58,6	56,6	59,7

Resultata viser at det var samanheng mellom energibalansen og feittinnhaldet, samt den totale produksjonen av mjølkefeitt (Tabell 4.6.2). Dette samsvarar med både Eknæs et al. (2006) og Chilliard et al. (2003). Chilliard (1985) og Chilliard et al. (1987) viste at 59 % av variasjonen i mjølkas innhald av C18:0 og C18:1-feittsyrer var knytt til endringar i energibalansen hjå geit. NEFA var positivt korrelert med innhaldet av C18:0 og C18:1-feittsyrer i mjølk, og samsvarar både med Chilliard et al. (2003) og Eknæs et al. (2006) som i sine studiar fann sterk korrelasjon mellom innhaldet av NEFA i blod og C18:0 og C18:1 i mjølk. Innhaldet av C18:0 var signifikant høgare på beite enn på laktasjonsdag 115 og 225 for alle gruppene.

Forskjellen i C18:0-konsentrasjon mellom forsøksgruppene var også mindre på laktasjonsdag 185 og 225 samanlikna med tidlegare i laktasjonen (Figur 4.6.2). Dette kan forklarast med at geita heller byggjer opp kroppsreservane sine framfor å kanalisere fôrfeittet til juret (Toral et al. 2013). Det var heller ingen effekt av forsøksgruppe på konsentrasjonen av NEFA på laktasjonsdag 185 og 225. Kroppsreservane til geita er rikt på C18:0 (Banskalieva et al. 2000), og mobiliseringa av feitt vere årsaken til eit jamt innhald av C18:0 på beite for alle forsøksgruppene.

På laktasjonsdag 225 var konsentrasjonen av C18:0 og C18:1-feittsyrene kraftig redusert, og kom som følgje av at geita byggjer opp att reservane sine etter ei tid med kraftig energiunderskot og mobilisering på beite. Nedgang i produksjon av feitt og mjølk som omtalt tidlegare underbyggjer også dette, og er i tråd med fleire liknande studiar (Chilliard et al. 2003; Eknæs et al. 2006).

**Tabell 4.6.2. Pearsons korrelasjonskoeffisientar for energibalanse, NEFA i blod, feittinnhald og feittsyrer i mjølk.**

	Energi- balanse	NEFA	EKM	Feitt-%	Feittprod.	C18:0	Sum C18:0
Energibalanse	-	-0,44***	-0,65***	-0,44***	-0,63***	-0,58***	-0,60***
NEFA	-0,44***	-	0,29***	0,22***	0,28***	0,33***	0,42***
EKM	-0,65***	0,29***	-	0,61***	0,97***	0,53***	0,51***
Feitt-%	-0,44***	0,22***	0,61***	-	0,77***	0,66***	0,70***
Feittprod.	-0,63***	0,28***	0,97***	0,77***	-	0,53***	0,53***
C18:0	-0,58***	0,33***	0,53***	0,66***	0,53***	-	0,88***
Sum C18:1	-0,60***	0,42***	0,51***	0,70***	0,53***	0,88***	-

\*p<0,05  
 \*\*p<0,01  
 \*\*\*p<0,001

## 5. Konklusjon

Auka mengde fett i kraftfôret til mjølkegeit førte til auka feittprosent i mjølka, men denne auken var ikkje statistisk signifikant. Det var ingen forskjell i mjølkeyting og feittinnhald i mjølka mellom same mengd fett i rapsfrø og Akofeed. Raps kan derfor vere eit godt alternativ til palmeoljebasert fett som feittkjelde i kraftfôr til mjølkegeit.

Høgt innhald av både rapsfrø og Akofeed i rasjonen hemma fôropptaket. Dette resulterte i redusert mjølkeyting og feittproduksjon. Det var ingen signifikante forskjellar i mjølkeyting og feittinnhald mellom 6 og 8 % fett frå raps, og kraftfôr med 6 % fett frå raps vil derfor vere meir optimalt nivå i kraftfôr til mjølkegeit.

Det var ingen effekt av forsøksgruppe på innhaldet av *de novo*-fettsyrer i mjølk, men stor effekt av forsøksgruppe på innhald av C16-fettsyrer. Innhaldet av C16-fettsyrer varierte mellom 9,31 – 12,55 g/kg mjølk hjå forsøksgruppene som fekk rapsfrø som feittilskot, mot heile 12,34 – 19,25 g/kg mjølk for gruppene som fekk Akofeed. Det var også stor effekt av forsøksgruppe på innhald av C18:0, C18:1- og C18:2-fettsyrer, og auka mengd raps i rasjonen gav auka innhald av umetta fett i mjølka.

Dette forsøket viste at det er mogleg å auke andelen umetta fett i geitemjølk ved bruk av rapsfrø i staden for palmeoljebasert fett, utan at mjølkeyting eller innhald av fett og feittproduksjon vert redusert. Dette er eit lovande resultat for vidare utvikling og bruk av norskprodusert raps i kraftfôr til mjølkegeit.

## 6. Referansar

- Banskalieva, V., Sahlu, T. & Goetsch, A. L. (2000). Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. *Small Ruminant Research*, 37 (3): 255-268.
- Bernard, L., Shingfield, K. J., Rouel, J., Ferlay, A. & Chilliard, Y. (2009). Effect of plant oils in the diet on performance and milk fatty acid composition in goats fed diets based on grass hay or maize silage. *British Journal of Nutrition*, 101 (2): 213-224.
- Bjørlo, C. (2014). *Geita - nokre tankar om framtida*. Tine Medlem. Tilgjengelig fra: <https://medlem.tine.no/aktuelt/nyheter/eierdialog/geita-nokre-tankar-om-framtida> (lest 13.01.2017).
- Blichfeldt, T. (2011). Frie fettsyrer i melka: - Gunstig genstatus reduserer risikoen for trekk. *Sau og Geit*, 1 (3): 52-53.
- Bouattour, M. A., Casals, R., Albanell, E., Such, X. & Caja, G. (2008). Feeding soybean oil to dairy goats increases conjugated linoleic acid in milk. *Journal of Dairy Science*, 91 (6): 2399-2407.
- Børsting, C. F., Weisbjerg, R. M. & Hermansen, J. E. (2003). Fedtomsætningen i mave-tarmkanalen. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, N. (red.) *Næringsstofomsætning og fodervurdering*, b. 1 *Kvægets ernæring og fysiologi*, s. 313 - 330: DJF rapport Husdyrbrug 53.
- Ceballos, L. S., Morales, E. R., Adarve, G. D. T., Castro, J. D., Martinez, L. P. & Sampelayo, M. R. S. (2009). Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22 (4): 322-329.
- Chilliard, Y., Sauvant, D., Hervieu, J., Dorleans, M. & Morandfehr, P. (1977). LIPOPROTEIN-LIPASE ACTIVITY AND COMPOSITION OF OMENTAL ADIPOSE-TISSUE AS RELATED TO LIPID-METABOLISM OF GOAT IN LATE PREGNANCY AND EARLY LACTATION. *Annales De Biologie Animale Biochimie Biophysique*, 17 (6): 1021-1033.
- Chilliard, Y. (1985). *Métabolisme du tissu adipeux, lipogénèse mammaire et activités lipoprotéine-lipasiques chez la chèvre au cours du cycle gestation-lactation*. Etat és-Sci., Paris 6. 134 s.
- Chilliard, Y., Sauvant, D., Morandfehr, P. & Delouis, C. (1987). RELATIONSHIP BETWEEN THE ENERGY-BALANCE AND ADIPOSE-TISSUE METABOLISM IN GOATS DURING THE 1ST-HALF OF LACTATION. *Reproduction Nutrition Development*, 27 (1B): 307-308.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J. & Lamberett, G. (2003). A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *Journal of Dairy Science*, 86 (5): 1751-1770.
- Chilliard, Y. & Ferlay, A. (2004). Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reproduction Nutrition Development*, 44 (5): 467-492.
- 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.
- Chilliard, Y., Toral, P. G., Shingfield, K. J., Rouel, J., Leroux, C. & Bernard, L. (2014). Effects of diet and physiological factors on milk fat synthesis, milk fat composition and lipolysis in the goat: A short review. *Small Ruminant Research*, 122 (1-3): 31-37.
- Dagnachew, B. S., Thaller, G., Lien, S. & Adnoy, T. (2011). Casein SNP in Norwegian goats: additive and dominance effects on milk composition and quality. *Genetics Selection Evolution*, 43: 12.



- Dunsha, F. R., Bell, A. W. & Trigg, T. E. (1989). RELATIONS BETWEEN PLASMA NON-ESTERIFIED FATTY-ACID METABOLISM AND BODY-FAT MOBILIZATION IN PRIMIPAROUS LACTATING GOATS. *British Journal of Nutrition*, 62 (1): 51-61.
- Dønnem, I., Eknæs, M. & Randby, Å. T. (2011a). Energy status, measured by computer tomography (CT)-scanning, and milk quality of dairy goats fed rations with various energy concentrations. *Livestock Science*, 142 (1-3): 235-244.
- Dønnem, I., Randby, Å. T. & Eknæs, M. (2011b). Effect of grass silage harvesting time and level of concentrate supplementation on goat milk quality. *Animal Feed Science and Technology*, 163 (2-4): 118-129.
- Dønnem, I., Randby, Å. T. & Eknæs, M. (2011c). *Energistatus og mjølke kvalitet hos geit ved fôring av ulike energikonsentrasjoner*. Universitetet for miljø- og biovitenskap: Institutt for husdyr- og akvakulturvitskap. Tilgjengelig fra: [https://www.fag.nsg.no/default.cfm?sok\\_dyreslag\\_id=2&sok\\_fagomrade\\_id=&sok\\_tekst=mj%C3%B8lkekvalitet&sok\\_artikkel\\_id=59](https://www.fag.nsg.no/default.cfm?sok_dyreslag_id=2&sok_fagomrade_id=&sok_tekst=mj%C3%B8lkekvalitet&sok_artikkel_id=59) (lest 03.02.2017).
- Ekern og medarbeidere. (1991). Nytt system for energivurdering av fôr til drøvtyggere. *Norsk Landbruksforskning*, 5: 273-277.
- Eknæs, M., Kolstad, K., Volden, H. & Hove, K. (2006). Changes in body reserves and milk quality throughout lactation in dairy goats. *Small Ruminant Research*, 63 (1-2): 1-11.
- Eknæs, M. & Skeie, S. (2006). Effect of different level of roughage availability and contrast levels of concentrate supplementation on flavour of goat milk. *Small Ruminant Research*, 66 (1-3): 32-43.
- Eknæs, M., Havrevoll, Ø., Volden, H. & Hove, K. (2009). Fat content, fatty acid profile and off-flavours in goats milk-Effects of feed concentrates with different fat sources during the grazing season. *Animal Feed Science and Technology*, 152 (1-2): 112-122.
- Eknæs, M. (2012). Mjølkegeitfôring: Ytelse og mjølke kvalitet. *Sau og Geit*, 1 (1): 24-26.
- Eknæs, M., Hove, K. & Volden, H. (2013). Resultater fra et UMB-forsøk: Fetttilskudd i fôret til mjølkegeit. *Sau og Geit*, 3 (1): 28-29.
- Eknæs, M., Chilliard, Y., Hove, K., Inglingstad, R. A., Bernard, L. & Volden, H. (under vurdering). Feeding palm oil fatty acids or rapeseed oil throughout lactation in dairy goats: Effects on energy status, body composition and milk production. *Journal of Dairy Science*.
- Eurofins. (2015). *Veiledning til analysebeviset grovfôr*: Eurofins. Tilgjengelig fra: <http://www.eurofins.no/vare-tjenester/landbruk/grovfor-dr0vtyggere.aspx> (lest 04.04.2017).
- Eurofins. (u. å.). *Analyser av grovfôr til drøvtygger*. Tilgjengelig fra: <http://www.eurofins.no/media/474266/analyser-til-droevtygger.pdf> (lest 01.05.2017).
- Felleskjøpet. (2015). *Palmeolje - bærekraftige råvarer*. Felleskjøpet. Tilgjengelig fra: <https://www.felleskjopet.no/om-felleskjopet/barekraftig-landbruk-soya-og-palmeolje/palmeolje--barekraftige-ravarer/> (lest 16.01.2017).
- Fôrtabellen. (2008). *Fôrtabellen*. Institutt for husdyr- og akvakulturvitskap. Tilgjengelig fra: <http://statisk.umb.no/iha/fortabell/index.php> (lest 01.02.2017).
- Garmo, T. H. (2016). *Raps - litt om kjemisk innhold og raps brukt i kraftfôr til mjølkegeit og mjølkeku*. Institutt for husdyr- og akvakulturvitskap, Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet. 32 s. Upublisert manuskript.
- Gonsholt, H. & Kvamsås, H. (2013). Stor variasjon i grovfôr kvaliteten. *Sau og Geit*, 2 (1): 44-45.
- Harstad, O. M. (1994). *Fôrmiddelvurdering og fôrutnyttelse hos drøvtyggere*. Ås: Landbruksbokhandelen.
- Harstad, O. M., Ekern, A., Haug, A. & Havrevoll, Ø. (2000). *Fôringas virkning på mengde og kvalitet av fett i mjølk*: Institutt for husdyrfag. Tilgjengelig fra: <http://www.umb.no/statisk/husdyrforsoksmoter/2000/2.pdf> (lest 16.02.2017).

- Harstad, O. M. (2011). *Grovfôr*. Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, Universitetet for miljø- og biovitenskap. 131 s. Upublisert manuskript.
- Helgesen, R. M.-L. (2011). *Endringer i geitenes beitepreferanser og fôropptak gjennom beitesesongen*. Masteroppgave: Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap. 64 s.
- Hermansen, J. E., Nielsen, J. H., Larsen, L. B. & Sejrsen, K. (2003). Mælkens sammensætning og kvalitet. I: Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.) Fodring og produktion, b. 2 *Kvægets ernæring og fysiologi*, s. 341-370: DJF rapport Husdyrbrug 54.
- Inglingstad, R. A., Skeie, S., Vegarud, G., Devold, T., Chilliard, Y. & Eknæs, M. (under vurdering). Feeding a concentrate rich in rapeseed oil improves fatty acid composition and flavor in Norwegian goat milk. *Journal of Dairy Science*.
- Ingvartsen, K. L. & Kristensen, V. F. (2003). Regulering av foderopptagelsen. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, N. (red.) Næringsstofsomsætning og fodervurdering, b. 1 *Kvægets ernæring og fysiologi*, s. 147-210: DJF rapport Husdyrbrug 53.
- Karlengen, I. J., Taugbøl, O. & Harstad, O. M. (2005). *Rybs til mjølkeku*: Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, Norges Landbrukshøgskole. Tilgjengelig fra: <http://www.umb.no/statisk/husdyrforsoksmoter/2005/094.pdf> (lest 16.03.2017).
- Kristensen, N. B., Hvelplund, T., Weisbjerg, R. M. & Nørgaard, P. (2003a). Mikrobiel omsætning i formaverne. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, N. (red.) Næringsstofsomsætning og fodervurdering, b. 1 *Kvægets ernæring og fysiologi*, s. 211 - 238: DJF rapport Husdyrbrug 53.
- Kristensen, N. B., Misciattelli, L. & Danfær, A. (2003b). Næringsstoffernes absorpsjon og tilgjengelighet for de perifere væv. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, N. (red.) Næringsstofsomsætning og fodervurdering, b. 1 *Kvægets ernæring og fysiologi*, s. 389 - 418: DJF rapport Husdyrbrug 53.
- Kval-Engstad, O. (2010). *Fôring av geit*. Fagforum Grovfôr. Tilgjengelig fra: <http://www.grovfornett.no/fagartikler/7066/> (lest 15.03.2017).
- Kvamsås, H. (2006). *Strategifôring av mjølkegeit*: TINE. Tilgjengelig fra: [http://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fgeithelse.tine.no%2Ffriskere-geiter%2Fkurs-seminar%2F\\_attachment%2F303104%3F\\_ts%3D13f99cd546f%26download%3Dtrue&ei=-5wrVbvFF4G7swGfloDgBQ&usg=AFQjCNG\\_dNNNvet7U-IsDjTZZgTrT90k2A&bvm=bv.90491159,d.bGg](http://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fgeithelse.tine.no%2Ffriskere-geiter%2Fkurs-seminar%2F_attachment%2F303104%3F_ts%3D13f99cd546f%26download%3Dtrue&ei=-5wrVbvFF4G7swGfloDgBQ&usg=AFQjCNG_dNNNvet7U-IsDjTZZgTrT90k2A&bvm=bv.90491159,d.bGg) (lest 20.04.2017).
- Kvamsås, H. (2013). *Korleis tar vi omsyn til geitas fettomsetning og mobilisering i praktisk fôrplanlegging og fôring?*: Sau og Geit. Tilgjengelig fra: [http://www.nsg.no/getfile.php/1353949/\\_NSG-PDF-filer/Geit/Annet om geit/Omsyn til fettmobilisering og holdoppbygging i praktisk f%C3%B4rplanlegging\\_Helga Kvams%C3%A5s\\_Geitedagene 2013.pdf](http://www.nsg.no/getfile.php/1353949/_NSG-PDF-filer/Geit/Annet%20om%20geit/Omsyn%20til%20fettmobilisering%20og%20holdoppbygging%20i%20praktisk%20f%C3%B4rplanlegging_Helga_Kvams%C3%A5s_Geitedagene%202013.pdf) (lest 13.03.2017).
- Kvamsås, H. & Gonsholt, H. (2013). *Overgangsfôring omkring kjeing*. TINE Medlem: Topp Team Fôring Geit. Tilgjengelig fra: <https://medlem.tine.no/cms/fagprat/geit/overgangsf%C3%B4ring-omkring-kjeing> (lest 23.03.2017).
- Kvamsås, H., Eknæs, M., Garmo, T. H. & Gonsholt, H. (2016). anbefaler moderat opptrapping av kraftfôr etter kjeing. *Sau og Geit*, 6 (1): 32-34.
- Leine, N., Sølverød, L., Kulberg, S. & Djønne, B. (2005). *Friskere geiter - målsetting og resultat*: Husdyrforsøksmøtet. Tilgjengelig fra: <http://www.umb.no/statisk/husdyrforsoksmoter/2005/111.pdf> (lest 21.04.2017).
- Lin, L., Allemekinders, H., Dansby, A., Campbell, L., Durance-Tod, S., Berger, A. & Jones, P. J. H. (2013). Evidence of health benefits of canola oil. *Nutrition Reviews*, 71 (6): 370-385.

- Littell, R. C., Henry, P. R. & Ammerman, C. B. (1998). Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*, 76 (4): 1216-1231.
- Lock, A. (2010). *Update on dietary and management effects on milk fat*. Proc. Tri-State Dairy Nutr. Conf., Fort Wayne, IN. 15-26 s.
- Madsen, T. G. & Nielsen, M. O. (2003). Næringsstofomsætning i ekstrahepatiske væv. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, N. (red.) Næringsstofomsætning og fodervurdering, b. 1 *Kvægets ernæring og fysiologi*, s. 419 - 462: DJF rapport Husdyrbrug 53.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal Nutrition*. 7. utg.: Pearson. 692 s.
- Mir, Z., Goonewardene, L. A., Okine, E., Jaegar, S. & Scheer, H. D. (1999). Effect of feeding canola oil on constituents, conjugated linoleic acid (CLA) and long chain fatty acids in goats milk. *Small Ruminant Research*, 33 (2): 137-143.
- Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M. & Le Frileux, Y. (2007). Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68 (1-2): 20-34.
- Nævdal, I. & Blichfeldt, T. (2007). Nye mål i geitavl. *Sau og Geit*, 3 (1): 34-36.
- Nørgaard, P. (2003). Tyggetid som mål for foderets fysiske struktur. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, N. (red.) Næringsstofomsætning og fodervurdering, b. 1 *Kvægets ernæring og fysiologi*, s. 489-510: DJF rapport Husdyrbrug 53.
- Ollier, S., Leroux, C., de la Foye, A., Bernard, L., Rouel, J. & Chilliard, Y. (2009). Whole intact rapeseeds or sunflower oil in high-forage or high-concentrate diets affects milk yield, milk composition, and mammary gene expression profile in goats. *Journal of Dairy Science*, 92 (11): 5544-5560.
- Onetti, S. G. & Grummer, R. R. (2004). Response of lactating cows to three supplemental fat sources as affected by forage in the diet and, stage of lactation: a meta-analysis of literature. *Animal Feed Science and Technology*, 115 (1-2): 65-82.
- Palmquist, D. L., Beaulieu, A. D. & Barbano, D. M. (1993). FEED AND ANIMAL FACTORS INFLUENCING MILK-FAT COMPOSITION. *Journal of Dairy Science*, 76 (6): 1753-1771.
- Rabiee, A. R., Breinhild, K., Scott, W., Golder, H. M., Block, E. & Lean, I. J. (2012). Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components: A meta-analysis and meta-regression. *Journal of Dairy Science*, 95 (6): 3225-3247.
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I. & Chilliard, Y. (2008). Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Research*, 79 (1): 57-72.
- Sanz Sampelayo, M. R., Chilliard, Y., Schmidely, P. & Boza, J. (2007). Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68 (1-2): 42-63.
- SAS. (2016). *SAS/CONNECT® 9.4 User's Guide, Fourth Edition*. Cary, NC: SAS Institute Inc. Tilgjengelig fra: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/connref/69581/PDF/default/connref.pdf>.
- Sauvant, D., Morand-Fehr, P. & Giger-Reverdin, S. (1991). Dry matter intake of adult goats. I: Morand-Fehr, P. (red.) *Goat Nutrition*, s. 25-36: Pudoc Wageningen.
- Sehested, J., Pedersen, R. E., Strudsholm, F. & Foldager, J. (2003). Spædkalvens fordøjelsesfysiologi og ernæring. I: Strudsholm, F. & Sejrsen, K. (red.) *Fodring og produktion*, b. 2 *Kvægets ernæring og fysiologi*, s. 9-38: DJF rapport Husdyrbrug 54.
- Shingfield, K. J., Chilliard, Y., Toivonen, V., Kairenius, P. & Givens, D. I. (2008). Trans fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. I: Bosze, Z. (red.) *Advances in Experimental Medicine and Biology*, b. 606 *Bioactive Components of Milk*, s. 3-65. Berlin: Springer-Verlag Berlin.
- Shingfield, K. J., Bernard, L., Leroux, C. & Chilliard, Y. (2010). Role of trans fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. *Animal*, 4 (7): 1140-1166.

- Sjaastad, Ø. V., Sand, O. & Hove, K. (2010). *Physiology of Domestic Animals*. 2. utg. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- Skeie, S. B. (2014). Quality aspects of goat milk for cheese production in Norway: A review. *Small Ruminant Research*, 122 (1–3): 10-17.
- Skeie, S. B., Inglingstad, R. A., Brunborg, L. J. & Eknæs, M. (2014). The influence of the deletion in exon 12 of the gene encoding  $\alpha$ s1-casein (CSN1S1) in the milk of the Norwegian dairy goat breed on milk coagulation properties and cheese quality. *Small Ruminant Research*, 122 (1–3): 50-58.
- Snedecor, G. W. & Cochran, W. G. (1989). *Statistical Methods*. 8. utg.: Iowa State University Press, AMES IA.
- Syrstad, Ø. (2017). *Svak nedgang i melkekvaliteten i 2016*: Tine Medlem. Tilgjengelig fra: <https://medlem.tine.no/aktuelt/nyheter/statistikk/svak-nedgang-i-melkekvaliteten-i-2016> (lest 25.01.2017).
- Sølvberg, K. M. (2014). *Kva er godt grovfôr til geit?* TINE: Topp Team Fôring. Tilgjengelig fra: <https://medlem.tine.no/cms/fagprat/geit/snart-tid-for-sl%C3%A5tt-kva-er-godt-grovf%C3%B4r-til-geit> (lest 15.03.2017).
- Sølverød, L. (2014). *Friske geiter fra Norge vekker internasjonal oppsikt*. TINE Medlem. Tilgjengelig fra: <https://medlem.tine.no/aktuelt/nyheter/fagnytt/friske-geiter-fra-norge-vekker-internasjonalt-oppsikt> (lest 21.04.2017).
- Sølverød, L. & Lindheim, D. (2016). Syk - Friskere - Friskest. Sluttrapport Prosjekt Friskere Geiter 2001 - 2015. Tine. 90 s.
- TINE. (2017). *TINEs regelverk om bedømmelse og betaling av melk etter kvalitet ved levering til TINE Råvare*. TINE Medlem. Tilgjengelig fra: <https://medlem.tine.no/praktisk-informasjon/tines-regelverk/attachment/397755?ts=159e00e1600> (lest 08.02.2017).
- TINE Rådgiving. (2013). Fagleg rapport geit 2003-2012. TINE. 200 s.
- TINE Rådgiving. (2015). Statistikk-samling fra Ku- og Geitekontrollen 2015. TINE. 30 s.
- Toral, P. G., Bernard, L., Delavaud, C., Gruffat, D., Leroux, C. & Chilliard, Y. (2013). Effects of fish oil and additional starch on tissue fatty acid profile and lipogenic gene mRNA abundance in lactating goats fed a diet containing sunflower-seed oil. *Animal*, 7 (6): 948-956.
- Toral, P. G., Chilliard, Y., Rouel, J., Leskinen, H., Shingfield, K. J. & Bernard, L. (2015). Comparison of the nutritional regulation of milk fat secretion and composition in cows and goats. *Journal of Dairy Science*, 98 (10): 7277-7297.
- Volden, H. (2009). Fôring - mjølkeytelse og mjølkekvalitet. *Sau og Geit*, 2 (1): 42-43.
- Volden, H. (2011). Feed calculations in NorFor. I: Volden, H. (red.) *NorFor - The Nordic feed evaluation system*, s. 55-58: Wageningen Academic Publishers.
- Weisbjerg, R. M., Lund, P. & Hvelplund, T. (2003). Kulhydratomsætningen i mave-tarmkanalen. I: Hvelplund, T. & Nørgaard, N. (red.) *Næringsstofsomsætning og fodervurdering*, b. 1 *Kvægets ernæring og fysiologi*, s. 239-280: DJF rapport Husdyrbrug 53.
- Wolfinger, R. D. (1996). Heterogeneous variance: covariance structures for repeated measures. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*: 205-230.
- Ådnøy, T. (2014). The dairy goat industry in Norway: Challenges in a historical perspective. *Small Ruminant Research*, 122 (1–3): 4-9.
- AAK. (2016). *Product Data Sheet Akofeed Gigant 60*. Tilgjengelig fra: [http://www.aak.com/Global/Products/Animal feed/Akofeed Gigant 60 eng.pdf](http://www.aak.com/Global/Products/Animal%20feed/Akofeed%20Gigant%2060%20eng.pdf) (lest 03.05.2017).

## Vedlegg A

### Forkortingar

ADF	acid detergent fibre (omfattar cellulose og lignin)
aNDFom	amylasebehandla neutral detergent fibre (omfattar hemicellulose, cellulose og lignin)
CLA	konjugert linolsyre (conjugated linoleic acid)
DIM	dagar i mjølk (days in milk)
EKM	energikorrigert mjølk
FEm	føreiningar mjølk
FFS	frie feittsyrer
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy
iNDF	ikkje nedbrytbart NDF
LPL	lipoprotein lipase
NEFA	uestrifiserte feittsyrer (non-estrified fatty acids)
NH <sub>3</sub> -N	ammoniakk-nitrogen
NIR	near infrared spectroscopy
OMD	fordøyelegheit av organisk materiale (organic matter digestibility)
PLF	summen av protein, laktose og feitt
TS	tørrstoff
VFA	flyktige feittsyrer (volatile fatty acids)

## Vedlegg B

### Feittsyrer

C2:0	Eddiksyre
C3:0	Propionsyre
C4:0	Smørsyre
C5:0	Valerinsyre
C6:0	Kapronsyre
C8:0	Kaprylsyre
C10:0	Kaprinsyre
C12:0	Laurinsyre
C14:0	Myristinsyre
C14:1 (n-5, cis-9)	Myristolsyre
C16:0	Palmitinsyre
C16:1 (n-9)	
C16:1 (n-7, cis-9)	Palmitolsyre
C18:0	Stearinsyre
C18:1 (n-9, cis-9)	Oljesyre
C18:1 (n-9, trans-9)	<i>Elaidic acid</i>
C18:1 (n-7, trans-11)	Vakensyre
C18:2 (n-6, cis-9, cis-12)	Linolsyre (LA)
C18:2 (cis-9, trans-11)	Konjugert linolsyre (CLA)
C18:3 (n-3, cis-9, cis-12, cis-15)	$\alpha$ -Linolensyre (ALA)
C18:3 (n-6, cis-6, cis-9, cis-12)	$\gamma$ -Linolensyre (GLA)
C20:0	Arakidinsyre
C20:1	Eikosaensyre (EEA)
C20:2 (n-6, cis-11, cis-14)	Eikosadiensyre
C20:3 (n-3, cis-11, cis-14, cis-17)	Eikosatriensyre (ETE)
C20:3 (n-6, cis-8, cis-11, cis-14)	Dihomo-gamma-linolensyre (DGLA)
C20:4 (n-3, cis-8, cis-8, cis-11, cis-14)	Eikosattetraensyre (ETA)
C20:4 (n-6, cis-5, cis-8, cis-11, cis-14)	Arakidonsyre (AA)
C20:5 (n-3, cis-5, cis-8, cis-11, cis-14, cis17)	Eikosapentaensyre (EPA)
C22:0	<i>Behenic acid</i>
C22:1 (n-9, cis-13)	<i>Eracic acid</i>
C22:2 (n-6, cis-13, cis-16)	Dokosadiensyre
C22:5 (n-3, cis-7, cis-10, cis-13, cis-16, cis19)	Dokosapentensyre (DPA)
C22:6 (n-3, cis-4, cis-7, cis-10, cis-13, cis-16, cis19)	Dokosaheksaensyre (DHA)
C24:0	<i>Lignoceric acid</i>
C26:0	<i>Cerolic acid</i>



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

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway