



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2020, 30 stp
Fakultet for biovitenskap

Bruk av norsk bygg i kraftfôr til melkegeit. Effekt av kraftfôrandel, alkalisk behandling og malingsgrad på fôropptak, vommiljø, melkeytelse og fettinnhold i melk

Use of Norwegian barley in concentrates for dairy goats. Effect of level of concentrate, alkaline treatment and grinding on feed intake, rumen environment, milk yield and fat content in milk

Anita Martinsen
Husdyr- og akvakulturvitenskap

Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på fem års studier innen husdyrfag, med en bachelorgrad fra Nord Universitet i Steinkjer og en mastergrad fra Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet på Ås. Det har vært lære- og innholdsrike år der jeg har tilegnet meg både teoretisk og praktisk kunnskap som kommer godt til nytte i arbeidslivet.

Det er i år 15 år siden mitt første møte med geiter, da vi fikk våre fem første hobbygeiter hjemme på gården. Siden den gang har geita vært et dyr som har fascinert meg og som jeg har fått stor interesse for. Geiter har en helt egen personlighet, de er stae og egne, varme og tillitsfulle, individer og sosiale skapninger. Geitene hjemme på gården har vært en glede og inspirasjon å ha i hverdagen siden jeg var liten og helt til nå, med alle sine morsomme sprell og påfunn. Da jeg begynte å studere husdyrfag vokste selvfølgelig også den faglige interessen for geit. Derfor var det mest naturlige valget å skrive om geit da jeg skulle bestemme meg for tema til masteroppgaven. Jeg ser fram til å bruke det jeg har lært om geit i arbeidslivet og å utvikle den faglige kunnskapen videre.

Jeg vil rette en stor takk til veileder Margrete Eknæs for god hjelp og veiledning gjennom hele prosessen. I tillegg vil jeg takke de ansatte og geitene i Småfefjøset på SHF, for god praktisk erfaring og kunnskap. Jeg vil også takke alle i Drøbak Studiescene for kreativ og morsom avkobling fra travle studiedager på Ås. En takk rettes også til gjengen i Gamle Mossevei, for fine fellesmiddager. Til slutt vil jeg takke mamma, som alltid har vippsa penger til sjokolade ved behov.

Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, NMBU

Ås, 31.05.2020

Anita Martinsen

Anita Martinsen

Sammendrag

Kraftfôret som brukes til melkegeit i Norge består av cirka 50 % importerte råvarer. Ved å bruke en større andel norskprodusert bygg i fôrrasjonen til melkegeita, kan selvforsyningsgraden økes. Bygg inneholder store mengder lettfordøyelige karbohydrater, i form av stivelse, som blir raskt nedbrutt i vomma. Bruk av store mengder lettfordøyelige karbohydrater fører til pH-fall i vom, opphopning av syrer og i verste fall vomacidose, noe som kan påvirke grovfôropptaket og fettinnholdet i melk negativt. Målet med denne oppgaven var å undersøke om alkalisk behandling av bygg, ulik malingsgrad av bygg og kraftfôrnivå hadde effekt på fôropptak, vommiljø, melkeytelse og fettinnhold i melk.

Utgangspunktet for denne oppgaven var et forsøk gjennomført med 9 vomfistulerte geiter på Stoffskifteavdelingen ved NMBU, i perioden april til september 2018. Forsøket var en del av det femårige prosjektet «Produksjon av geitemelk med høy kvalitet ved økt bruk av norske fôrmidler og forbedret fôrutnyttelse». Det ble benyttet tre ulike forsøkskraftfôr tilsatt enten 1) alkalisk valsa bygg, 2) valsa bygg eller 3) malt bygg. Forsøksdesignet var et 3x3 latinsk kvadrat med tre replikater (blokker), og forsøket ble gjennomført som et dose-respons forsøk med tre perioder, tilsvarende laktasjonsuke 11-16, 21-26 og 28-33. Surfôr ble tildelt etter appetitt og kraftfôret ble fordelt på seks tildelinger per døgn.

I starten av hver forsøksperiode, kalt «Feed Change»-perioden, ble geitene tilvent forsøkskraftfôret i fire dager. Neste steg var «Challenge»-perioden der mengden kraftfôr ble økt med 150 gram tørrstoff, tilsvarende 57 gram stivelse, hver fjerde dag. Når geitene viste tegn til subakutt vomacidose, enten ved at de sluttet å spise eller når pH i vomma var under 5,6 i tre påfølgende målinger, ble opptrappingen avsluttet. Geita gikk deretter over i «Recovery»-perioden. Kraftfôrmengden ble redusert til 1500 gram, som var utgangspunktet. Det ble tildelt 500 gram høy første døgn, i tillegg til surfôr. «Recovery»-perioden varte i minimum 14 dager før overgang til ny kraftfôrtype («Feed Change») og ny opptrapping («Challenge»).

Kraftfôrnivå hadde signifikant effekt ($P < 0,05$) på surfôropptak, totalt fôropptak, melkeytelse, fettinnhold i melk og pH i vom. Surfôropptaket og pH i vom falt ved økende kraftfôrnivå, mens det totale fôropptaket og melkeytelsen økte ved økende kraftfôrnivå. Høyt kraftfôrnivå ga signifikant lavere eddiksyre:propionsyre-forhold og høyere innhold av ammonium-N i vom sammenlignet med lavt kraftfôrnivå.

Behandling av bygg hadde signifikant effekt ($P < 0,05$) på surfôropptak, totalt fôropptak og melkeytelse. Alkalisk bygg ga signifikant lavere surfôropptak og totalt fôropptak, men høyest melkeytelse, sammenlignet med valsa og malt bygg. Det var malt bygg som ga høyest surfôropptak og totalt fôropptak, sannsynligvis på grunn av lav fylleeffekt i vomma som har ført til raskere nedbrytning og fordøyelse. Selv om alkalisk bygg ga lavest fôropptak, ga det også høyest melkeytelse. Dette kan være på grunn av at alkalisk bygg har blitt tilsatt enzymer som har ført til bedre fordøyelse og økt fordøyelighet av fiberfraksjonen i fôret. Forskjellen i melkeytelse mellom behandlingene var størst ved de høyeste kraftfôrnivåene.

Et kraftfôrnivå på 2,10 kg tørrstoff var mest optimalt i dette forsøket, noe som ble observert for alle kraftfôrtypene av bygg. Kraftfôrforbruket per 100 kg melk og per 100 kg EKM økte ved økende kraftfôrnivå, men hadde et lite dropp ved 2,10 kg kraftfôr-tørrstoff før det økte igjen, noe som var spesielt tydelig for alkalisk bygg. Selv om alkalisk bygg ikke hadde noen signifikant effekt på vommiljø i dette forsøket, har det likevel vært en positiv effekt i form av at det har blitt produsert mer melk på mindre fôr.

Abstract

Concentrates used for dairy goats in Norway usually consist of 50 % imported raw materials. The Norwegian food self sufficiency rate can be increased by increasing the use of Norwegian barley in the goats feed ration. Barley contain a high amount of rapidly digestible carbohydrates (starch), which is easily digested in the rumen. High amounts of rapidly digestible carbohydrates cause reduced pH and an increase in total acids produced in the rumen, and sometimes lead to rumen acidosis. These factors affect roughage intake and fat content in milk negatively.

The main objective of this master thesis was to examine the effect of alkaline treated barley, different degree of grinding and the level of concentrate on feed intake, rumen environment, milk yield and fat content in milk in dairy goats.

This master thesis was based on an experiment including 9 rumen cannulated goats in a period from April to September 2018. The experiment was part of the project: «Production of high quality goat milk by increased use of Norwegian feedstuffs and improved feed efficiency». Three different types of concentrates were tested, added either 1) rolled barley, alkaline treated with Maxammon 2) rolled untreated barley or 3) ground untreated barley. The experimental design was a 3x3 Latin square design with three replicates. The experiment was implemented as a dose-response experiment with three periods, corresponding to lactation week 11-16, 21-26 and 28-33. The goats were fed silage ad libitum, and the concentrate was divided into six meals per day.

In the start of each experimental period, the goats were introduced to their new experimental concentrate during a four days period, called the «Feed Change»-period. The next step was the «Challenge»-period, where the amount of concentrate was increased with 150 g dry matter (DM), equivalent to 57 g of starch, every 4th day. When the goats displayed symptoms of subacute rumen acidosis (SARA), either by refusing to eat or when pH in the rumen were below 5,6 at three following measurements, the «Challenge»-period stopped, and the daily amount of concentrate was reduced to 1500 g DM. The following step was the «Recovery»-period. The amount of concentrate was reduced to 1500 gram, which was the starting point. In this period the goats were allocated hay the first day, in addition to silage. The «Recovery»-period lasted for minium 14 days before transition to a new type of experimental concentrate («Feed Change») and a new «Challenge».

The level of concentrate had a significant effect ($P < 0,05$) on silage intake, total dry matter intake, milk yield, fat content in milk and pH in the rumen. The silage intake and rumen-pH were reduced when the amount of concentrate increased, while the total dry matter intake and the milk yield increased with increasing amount of concentrate. Feeding a high amount of concentrate led to a significant lower acetate:propionate ratio and a higher content of ammonium-N in the rumen, compared to a low amount of concentrate.

Feeding alkaline treated barley resulted in a significant lower silage intake and total dry matter intake, but at the same time a higher milk yield, compared to untreated rolled barley and ground barley. The feeding of ground barley resulted in the highest silage intake and dry matter intake, due to low fill effect in the rumen, which have led to a faster digestion. Even though alkaline treated barley resulted in a low dry matter intake, it also gave the highest milk yield. This can be explained by the positive effects of the added enzymes in the alkaline treated barley, which probably led to improved digestion and higher digestibility of the fiber fraction of the feed. The difference in milk yield between the different treatments of barley were highest at the highest levels of concentrate.

A concentrate level of 2,10 kg dry matter was the most optimal level for all treatments of barley in this experiment. The concentrate consumption per 100 kg milk and per 100 kg ECM increased with increasing level of concentrate, but there was a decrease at 2,10 kg DM especially for alkaline treated barley.

In conclusion, even though alkaline treated barley did not have a significant effect on the rumen environment parameters in this experiment, it still had a positive effect by resulting in increased milk production on less feed.

Innhold

Sammendrag	i
Abstract	iii
1.0 Innledning	1
2.0 Litteraturredel	4
2.1 Geitas fôrvalg	4
2.2 Geitas fôrbehov	5
2.3 Grunnleggende vomfysiologi	8
2.3.1 Mikroorganismer	8
2.3.2 Spyttproduksjon og buffereffekt	10
2.3.3 Vomkontraksjoner	12
2.4 Fordøyelse av stivelse	12
2.5 Melkesyntesen og kilder til melkefett	14
2.6 Subakutt vomacidose og innvirkning på vommiljø og sammensetning i melk	16
2.6.1 Høyt inntak av lettfordøyelige karbohydrater	16
2.6.2 Utilstrekkelig bufring av vomma	17
2.6.3 Vommas og mikrobenes tilpasning	18
2.7 Alkalisk korn	18
2.8 Partikkelstørrelse og malingsgrad	19
3.0 Materiale og metode	21
3.1 Forsøksdyr	23
3.2 Kraftfôr	24
3.3 Grovfôr	25
3.4 Melking	26
3.5 Registrering og uttak av prøver	26
3.5.1 Fôropptak	26
3.5.2 Fôrprøver og analyser	26
3.5.3 Fordøyelsesparametre	26
3.5.4 Uttak av vomprøver for måling av pH og analyser av VFA og NH ₄	28
3.5.5 Dyreveiing	29
3.5.6 Melkeveiing	29
3.5.7 Melkeprøver og analyser	29
3.6 Analyser	29
3.6.1 Tørrstoff	29
3.6.2 Råaske	30
3.6.3 Kjeldahl-N	30

3.6.4 Neutral detergent fibre (NDF).....	30
3.6.5 Råfett.....	30
3.6.6 Stivelse	30
3.6.7 Ammonium-N	31
3.6.8 Flyktige fettsyrer (VFA)	31
3.7 Utregning av marginalutbytte.....	31
3.8 Statistisk analyse	32
4.0 Resultater	33
4.1 Fôropptak.....	33
4.1.1 Surfôropptak	33
4.1.2 Totalt fôropptak	36
4.1.3 Kraftfôrandel i % av totalrasjonen.....	38
4.2 Vommiljø	40
4.2.1 pH i vom.....	40
4.2.2 VFA	43
4.2.3 Ammonium-N	45
4.3 Melkeytelse	45
4.4 Fettinnhold i melk	48
4.5 Kraftfôrforbruk	50
4.5.1 Kraftfôrforbruk per 100 kg melk og per 100 kg EKM.....	50
4.5.2 Kraftfôrforbruk per kg melkefett	52
4.5.3 Kraftfôrforbruk per kg melkeprotein.....	53
4.6 Marginalutbytte	53
5.0 Diskusjon	54
5.1 Surfôropptak, totalt fôropptak og kraftfôrandel	54
5.2 Vommiljø	55
5.3 Melkeytelse	57
5.4 Fettinnhold i melk	59
5.5 Kraftfôrforbruk	60
5.6 Optimalt fôrnivå og marginalutbytte	61
6.0 Konklusjon	63
7.0 Kilder.....	64

1.0 Innledning

Geita, som ofte kalles odelsjenta i norsk landbruk (Engeset, 1996), var et av de første husdyra som ble domestisert i Norge (Asheim et al., 2002) og innehar egenskaper som gjør at den kan nyttiggjøre fôrressurser som sau og ku ikke kan utnytte. Geita tar seg lett fram i bratt og ulendt terreng og beiter på trær og busker og på et større utvalg planter enn våre andre domestiserte drøvtyggere (Asheim et al., 2002).

Den 1. mars 2019 var det registrert 36 268 melkegeiter i Norge (Statistisk-sentralbyrå, 2020). Statistikk fra Geitekontrollen 2018 viser at det var 278 buskaper med geitemelksproduksjon der 194 av disse hadde godkjent årsoppgjør fra Geitekontrollen. Antall gårdsbruk med melkegeit og totalt antall melkegeit har gradvis blitt redusert, mens gjennomsnittlig antall melkegeiter per gårdsbruk har økt (Hillestad et al., 2018). I 2018 var det ifølge Geitekontrollen i gjennomsnitt 124,9 årsgeiter per buskap, der hver årsgeit i gjennomsnitt produserte 689 kg melk (TINE-Rådgivning, 2018).

Saneringsprogrammet Friskere Geiter, som bekjempet sykdommene CAE, byllesjuka og paratuberkulose, er en av grunnene til økt melkeytelse i norske geitebesetninger (Nagel-Alne et al., 2018). I tillegg til økt melkeytelse og bedre helse, ble også dyrevelferden i de sanerte besetningene forbedret i form av roligere dyr og forbedret innemiljø i forbindelse med nye bygg og ny innredning (Muri et al., 2016).

Samtidig med forbedret helsestatus og ytelse, har også kvaliteten på geitemelka blitt styrket. Den norske geitemelka har tidligere hatt utfordringer med høyt innhold av frie fettsyrer som er forbundet med besk og harsk smak på melka, samt dårlige ystingsegenskaper. Kvaliteten på norsk geitemelk har blitt forbedret gjennom avlsarbeidet (Blichfeldt, 2011), forbedret fôring og bedre dyrevelferd og helse (Skeie, 2014).

Det er i dag et stort fokus på å øke matproduksjonen og selvforsyningsgraden, og i størst mulig grad gjøre det på norske ressurser (Landbruks-og-matdepartementet, 2016). Ifølge Gonsholt (2016) kan en regne med at rundt 50 % av kraftfôret til melkegeit er importerte råvarer. Å bruke en større andel norskprodusert bygg i fôrrasjonen til geita kan bidra til å øke selvforsyningsgraden og opprettholde en bærekraftig matproduksjon i Norge. På grunn av klimaendringer er det sannsynlig at Norge vil stå ovenfor en ny grovfôrkrise i framtida. For å sikre en høy melkeytelse og god dyrevelferd er det nødvendig å vite hvor store mengder

kraftfôr ei geit kan tåle, og om ulik behandling av bygg vil bidra til å opprettholde ytelsen og dyrevelferden.

De siste årene har gjennomsnittlig kvotestørrelse økt i geiteholdet (Gonsholt, 2016) samtidig som ytelsen per geit har økt i takt med kraftfôrforbruket (TINE Rådgivning, 2018). En av grunnene til at ytelsen har økt, er at geitene har større potensiale til økt ytelse på grunn av bedre helse (friskere geiter), bedre innemiljø og bedre fôringsrutiner/systemer (Gonsholt, 2016). En høyere ytelse krever en fôrrasjon med høy energikonsentrasjon, og dette oppnås ofte ved å gi mer kraftfôr (Gonsholt, 2016).

Kraftfôr har et høyt innhold av lettfordøyelige karbohydrater (Kvamsås & Gonsholt, 2012). Nivået av lettfordøyelige karbohydrater (stivelse) kan påvirke både ytelse, fettinnhold og vommiljø. Rasjoner med høy andel rask nedbrytbar stivelse kan føre til en rask opphopning av flyktige fettsyrer (VFA) i vomma som resulterer i lav pH og i verste fall vomacidose (Kvamsås & Gonsholt, 2012; Wang et al., 2016). Vomacidose fører ofte til lavt og svingende fôropptak, unormal gjødselkonsistens, diarè og skader på vomslimhinnene (Kvamsås & Gonsholt, 2012). Ved subakutt vomacidose er det ofte ingen kliniske sjukdomstegn, men det kan blant annet føre til redusert fôropptak, redusert fettprosent i melk og fall i melkeytelsen (Abdela, 2016), i tillegg til skader på vomepitelet (Kvamsås & Gonsholt, 2012).

En høy andel stivelse som brytes ned i vom øker melkeytelsen (Kvamsås & Gonsholt, 2012; Sutton, 1989), men reduserer fettinnholdet i melk (McDonald et al., 2011; Sutton, 1989), kan påvirke grovfôropptaket negativt og kan føre til dårlig velferd hos dyret (Kvamsås & Gonsholt, 2012).

Bruk av alkalisk behandlet korn kan ha en positiv effekt på vommiljø og melkeytelse ved bruk av store mengder kraftfôr, i form av at det har en buffereffekt i vomma. Kristensen & Fjeldberg (2018) fant i et forsøk på ku en numerisk høyere syreproduksjon i vomma uten at det påvirket pH negativt ved bruk av alkalisk korn i kraftfôr. Mayne & Doherty (1996) fant signifikant høyere melkeytelse når det ble fôret med alkalisk hvete (i form av natriumhydroksid), sammenlignet med ubehandlet hvete.

Malingsgraden av kornet kan også ha en effekt på vommiljø og melkeytelse. Yang et al. (2000) fant at melkeytelsen økte når kyr fikk fint valsa bygg sammenlignet med grovt valsa bygg. I motsetning til dette resultatet fant ikke McGregor et al. (2007) forskjell i melkeytelse mellom en rasjon med fint damp-valsa bygg sammenlignet med grovt damp-valsa bygg. Ifølge McGregor et al. (2007) kan fint damp-valsa bygg føre til redusert pH i vom på grunn av

økt hastighet på nedbrytning av stivelse og forårsake acidose, sammenlignet med grovt damp-
valsa bygg.

For å opprettholde ytelsen og samtidig bevare god dyrevelferd og godt vommiljø, er det relevant å vite hvor store mengder kraftfôr geita kan tåle før det går utover vommiljøet. Bakgrunnen for denne oppgaven er et forsøk med vomfistulerte geiter utført på Senter for Husdyrforsøk, NMBU i 2018 som hadde til hensikt å finne toleransegrenser for stivelsesinntak fra norsk korn. I forsøket ble det testet ut kraftfôr med en høy andel norsk bygg i tre ulike former; valsa uten alkalisk behandling, valsa med alkalisk behandling og malt uten alkalisk behandling. Forsøket var en del av det femårige prosjektet «Produksjon av geitemelk med høy kvalitet ved økt bruk av norske fôrmidler og forbedret fôrutnyttelse».

Målet med denne masteroppgaven var å undersøke om behandling av bygg (i form av alkalisk, valsa og malt behandling) og om kraftfôrmengde hadde effekt på surfôropptak, vommiljø, melkeytelse og fettinnhold i melk.

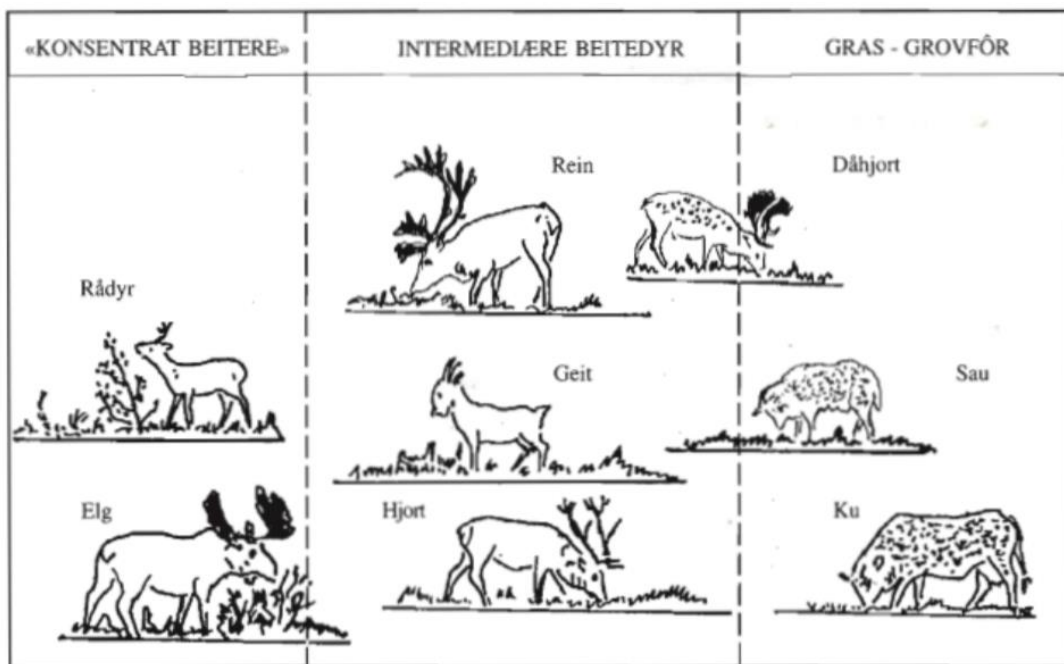
Masteroppgaven bygger på følgende hypoteser:

1. Alkalisk behandling av bygg øker pH og andelen eddiksyre i vom på bekostning av propionsyre, øker grovfôropptaket og øker fettprosenten i melk sammenlignet med ubehandla valsa bygg.
2. Valsa bygg øker pH og andelen eddiksyre i vom på bekostning av propionsyre, øker grovfôropptaket og øker fettprosenten i melk sammenlignet med malt bygg.
3. Økt mengde kraftfôr i fôrrasjonen reduserer surfôropptaket, pH i vom, eddiksyre:propionsyre-forholdet i vom og fettinnholdet i melk, samtidig som det øker melkeytelsen.

2.0 Litteraturdel

2.1 Geitas fôrvalg

Hofmann (1989) klassifiserer drøvtyggere i tre ulike grupper ut fra beitemåte- og preferanse: Kvist- og konsentratbeitere, intermediære beiterere og gras- og grovfôrbeitere (figur 1). Geiter er klassifisert som intermediære beitedyr sammen med rein og hjort, mens ku og sau er grasbeitere, og rådyr og elg er konsentratbeitere. Ifølge Silanikove (2000) er høy spyttsekresjon noe som kjennetegner intermediære beiterere, i tillegg til at vomepitelet har stor absorpsjonsoverflate. Dette er egenskaper som kan redusere risikoen for vomacidose ved store mengder stivelse i rasjonen.



Figur 1: Klassifisering av drøvtyggere etter beitemåte- og preferanse (Hofmann, 1989; Trinrud, 2015).

Geita er svært tilpasningsdyktig, kan gjerne gå over lengre avstander for å finne føde og kan ta opp store mengder fôr på kort tid (Lu, 1988; Asheim et al., 2002). Geita foretrekker helst kvister, knopper, blader og løv og den høyere toleransen for bitter smak, gjør at geita kan beite på et større utvalg planter, sammenlignet med storfe og sau (Lu, 1988; Asheim et al., 2002). Den bevegelige overleppa gjør at geita kan selektere spesielle planter og plantedeler, og tunga gjør det enkelt å ta tak i og rive av blader og kvister (Asheim et al., 2002). I tillegg innehar geita en egenskap kalt bipedal atferd, som betyr at geita står på bakbeina og kan beite over hodehøyde (Lu, 1988).

Geita selekterer fôret i større grad enn andre drøvtyggere, og spiser de mest fordøyelige delene av plantene som inneholder minst fiber (Lu, 1988). I tillegg kan geitas evne til seleksjon bidra til å forebygge subakutt vomacidose (SARA) ved at geita sorterer vekk konsentrerte fôrmidler i rasjonen, såkalt post-ingestive feedback (Giger-Reverdin, 2018)

2.2 Geitas fôrbehov

Geita har behov for energi og protein både til vedlikehold og produksjon. Næringsbehovet til produksjonen øker når geita melker mye eller er i rask vekst. Ved en melkeytelse på 4-6 kg melk per dag, er det totale næringsbehovet 3-4 ganger høyere enn vedlikeholdsbehovet (Kvamsås & Gonsholt, 2013). Når geitene er mye i bevegelse, for eksempel ute på beite, øker vedlikeholdsbehovet. Energibalanse er et begrep som betyr at geita hverken legger på seg eller går ned i vekt (Asheim et al., 2002).

Det største energibehovet har geita cirka fem uker etter kjeing (Volden, 2009). I perioden etter kjeing vil det foregå en mobilisering av fettreserver i 8-10 uker og det er ikke uvanlig at geita i denne perioden mobiliserer opptil 3-6 kg kroppsfett (Eknæs et al., 2006).

De mest kritiske fôringsperiodene i geiteholdet, er ifølge Volden (2009) sinperioden og første del av laktasjonen. For å sikre en tilstrekkelig energiforsyning og dermed en høy melkeytelse både i tidlig- og midtlaktasjon, er sterk fôring viktig i første del av laktasjonen (0-10 uker etter kjeing) (Volden, 2009). Ved at geitene får en tilstrekkelig energiforsyning i tidliglaktasjon, vil de mobilisere mindre per dag, men samtidig mobilisere over en lengre periode (Volden, 2009). For å sikre en høy energiforsyning er det vanlig å gi betydelige mengder kraftfôr, noe som kan redusere fettinnholdet i melk og føre til dårlig vommiljø som virker negativt på fôropptaket. Det er viktig at kraftfôrnivået tilpasses etter den grovfôrkvaliteten som brukes (Volden, 2009).

Videre er det viktig å sikre et høyt fôropptak i midtlaktasjon, helst i form av høyest mulig grovfôropptak. Grunnen til dette er at de mobiliserbare kroppsreservene begynner å ta slutt i midtlaktasjonen, og geitene derfor er mer utsatt for fall i melkeytelsen og ustabil melke kvalitet (figur 2). I seinlaktasjon vil energien fra fôret i større grad rettes mot kroppen enn mot juret for å bygge opp kroppsreserver til neste laktasjon (Eknæs et al. 2006; Eknæs et al. 2017).

Ifølge Volden (2009) er en god energiforsyning i sinperioden viktig slik at geitene legger på seg, noe som vil gi høyere melkeytelse og melk med høyere fettinnhold.

Borodina (2011) fant i sitt forsøk at sterk fôring av geiter i sinperioden ga høy «body mass index» (BMI) ved kjeing, noe som ga grunnlag for høy grad av kroppsfettnobilisering og økt melkeytelse. Overgangsperioden varer fra 2-3 uker før kjeing til 3 uker etter kjeing (Kvamsås & Gonsholt, 2013). Før kjeing er det viktig å tilvenne geitene grovfôret og kraftfôret som skal brukes etter kjeing, og tilvenning bør starte allerede 2-3 uker før kjeing (Kvamsås & Gonsholt, 2013).

Ifølge Kvamsås & Gonsholt (2013) er substitusjonseffekten betydelig ved høye kraftfôrmengder i overgangsperioden, og derfor må kraftfôrnivået tilpasses den grovfôrkvaliteten som tildeles. Ved et for høyt kraftfôrnivå, vil grovfôropptaket reduseres, og dårlig vommiljø, mage- og tarmproblemer kan oppstå.

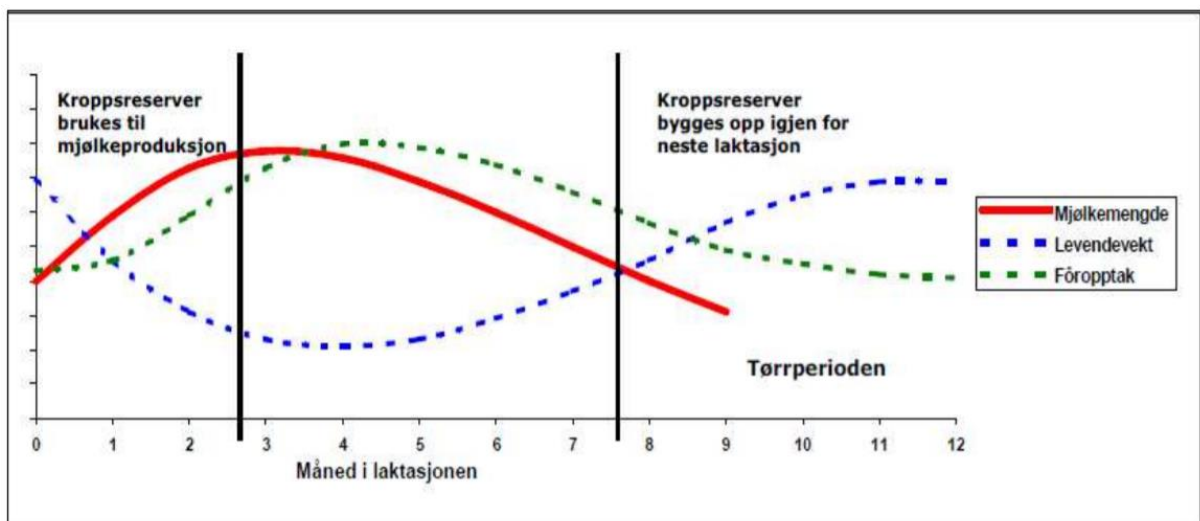
Fôropptaket hos drøvtyggere kan påvirkes både av forhold ved dyret og forhold ved fôret. Forhold ved dyret som påvirker fôropptaket kan deles inn i fysiske, fysiologiske/metabolske og psykologiske faktorer (Asheim et al., 2002). Den fysiske reguleringen virker inn ved store mengder fôr med mye fiber og lavt energiinnhold, ved at passasjehastigheten og oppholdstida i vomma øker, slik at den fysiske plassen i fordøyelseskanalen begrenses. Ved mye lettfordøyelig og energirikt fôr, er fôropptaket fysiologisk styrt (Asheim et al., 2002). Når geiter blir fôret med høy andel konsentrerte fôrmidler vil den dominerende reguleringsfaktoren være fysiologisk regulering (feedback fra metabolske faktorer) (Lu et al. 2005). Psykologiske forhold kan også påvirke fôropptaket, for eksempel stress, plass i bingen eller ved fôrbrettet, temperatur og håndtering av dyrene (Ingvartsen & Kristensen, 2003).

I siste del av drektigheten tar fostrene stor plass i bukula, noe som gjør at det er mindre plass til fôr i fordøyelseskanalen, og dette kan resultere i lavere fôropptak, selv om geita har et høyt næringsbehov (Asheim et al., 2002). Derfor bør oppbygging av kroppsreserver fram mot neste laktasjon skje tidlig i drektigheten. Fôropptaket øker gradvis de første ukene etter kjeing, men næringsbehovet øker ofte raskere enn fôropptaket i denne perioden (Asheim et al., 2002).

Geiter har høyere fôropptak når de har mulighet til å utøve seleksjon. Derfor bør minst 10 % av tildelt grovfôr ligge igjen som rester før neste tildeling av fôr (Asheim et al., 2002). Store kroppsreserver kan hemme fôropptaket (Ingvartsen & Kristensen, 2003). Hos kyr er det vist at graden av holdøkning i seinlaktasjonen og sinperioden kan ha ulike konsekvenser for produksjonen i den påfølgende laktasjonen (Ingvartsen & Kristensen, 2003). Det er i utgangspunktet en positiv sammenheng mellom hold og mobilisering etter kalving, men samtidig kan overdreven mobilisering redusere fôropptaket.

Leptin er et hormon som dannes i fettvevet og som blant annet er involvert i regulering av fôropptaket og energihomeostasen (Ingvarsen & Boisclair, 2001). Ifølge Sjaastad et al. (2003) finnes det reseptorer for leptin blant annet i de appetitt-regulerende sentrene i hypothalamus og hypofysen. Mengden leptin minker når et dyr får utilstrekkelige mengder av fôr, og når leptin minker, vil appetitten øke. Leptin blir derfor antatt å spille en rolle i kortsiktig regulering av appetitt, og muligens også i den langsiktige reguleringen av appetitt (Sjaastad et al., 2003).

Fôropptakskapasitet kan defineres som evnen til å ta opp NDF, den såkalte NDF-kapasiteten (Kvamsås, 2013). Geitas fôropptakskapasitet påvirkes av flere faktorer: Levendevekt, melkeytelse, laktasjonsstadium, laktasjonsnummer og oppstallingsforhold (Eknæs & Dønnem, 2013). De siste 2-3 ukene før kjeing faller fôropptakskapasiteten (Kvamsås & Gonsholt, 2012). Vomvolumet øker når geitene tar opp mer fiber, og vomvolumet har derfor nær sammenheng med fôropptakskapasiteten.



Figur 2: Forholdet mellom melkeytelse, fôropptak og levendevekt hos geiter gjennom laktasjon og tørrperiode (Kvamsås, 2013).

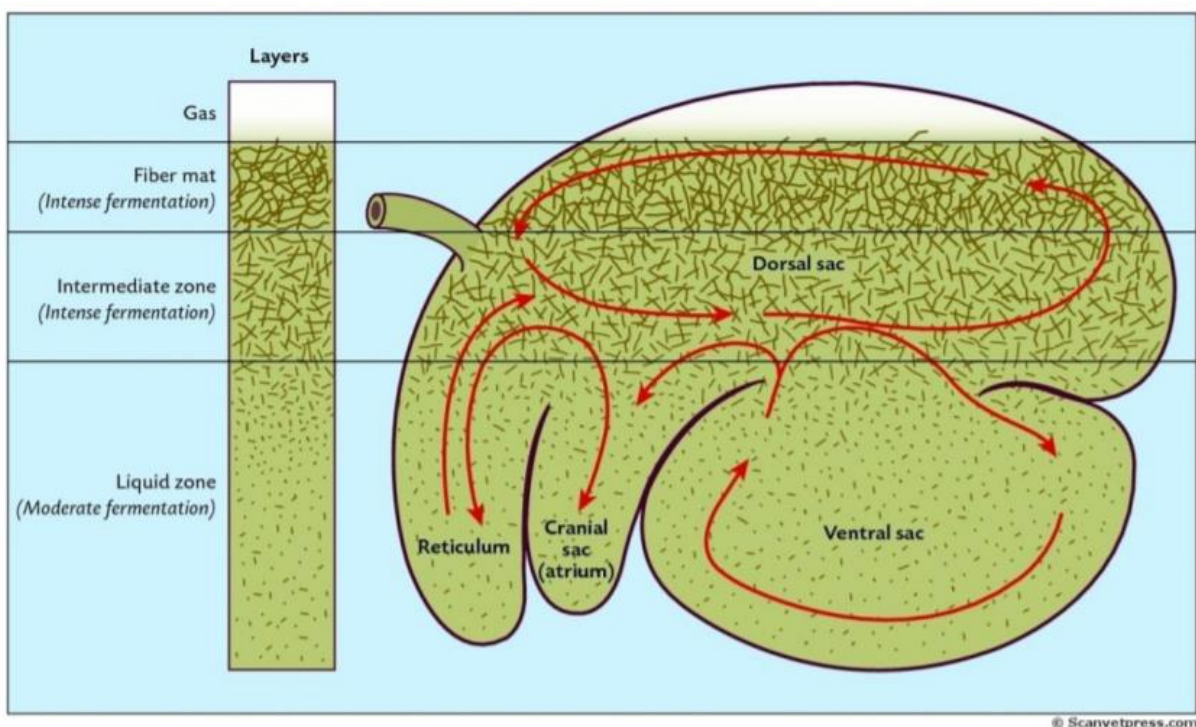
Kritisk grovfôrandel er et begrep som ifølge Nørgaard (2003b) angir den laveste andelen grovfôr som kan gis, uten at fettinnholdet i melk reduseres, at melkeproduksjonen går ned eller at ei ku viser tegn til vomacidose.

Ifølge Lu et al. (2005) bør rasjonen til melkegeiter i høy produksjon inneholde 41 % NDF. Til sammenligning anbefaler Kawas et al. (1991) 28 % NDF de første tre ukene av laktasjonen og i slutten av laktasjonen, mens i topplaktasjon anbefales 25 % NDF.

2.3 Grunnleggende vomfysiologi

Drøvtyggerne har et unikt fordøyelsessystem som gjør at de kan utnytte celleveggstoffer i planter. Formagene i fordøyelsessystemet består av vomma, nettmagen og bladmagen, som er utposninger på spiserøret (Nørgaard & Hvelplund, 2003; Sjaastad et al., 2003). Etter å ha vært i formagene vil fôret passere videre til løpemagen, der det skjer enzymatisk fordøyelse av fôret, slik som hos enmagede dyr (Sjaastad et al., 2003).

Vomma kan deles inn i tre deler. Det øverste laget består av gass, og deretter er det et partikkellag og et væskelag (figur 3). Gasslaget består i hovedsak av karbondioksid (CO₂) og metan (CH₄) (Sjaastad et al., 2003). Partikkellaget i vomma består av grovt, fiberrikt materiale som stimulerer drøvtyggingen (Oetzel, 2007), og i dette laget er det stor fermenteringsaktivitet (Sjaastad et al., 2003). Mellom partikkellaget og væskelaget er det en glidende overgang, og mindre partikler med lite fermenteringsaktivitet vil synke nedover i vomma. Væskelaget nederst i vomma består mest av væske, men også litt små partikler (Sjaastad et al., 2003).



Figur 3: Illustrasjon av de ulike lagene i vomma bestående av gass, partikler og væske (Sjaastad et al., 2003).

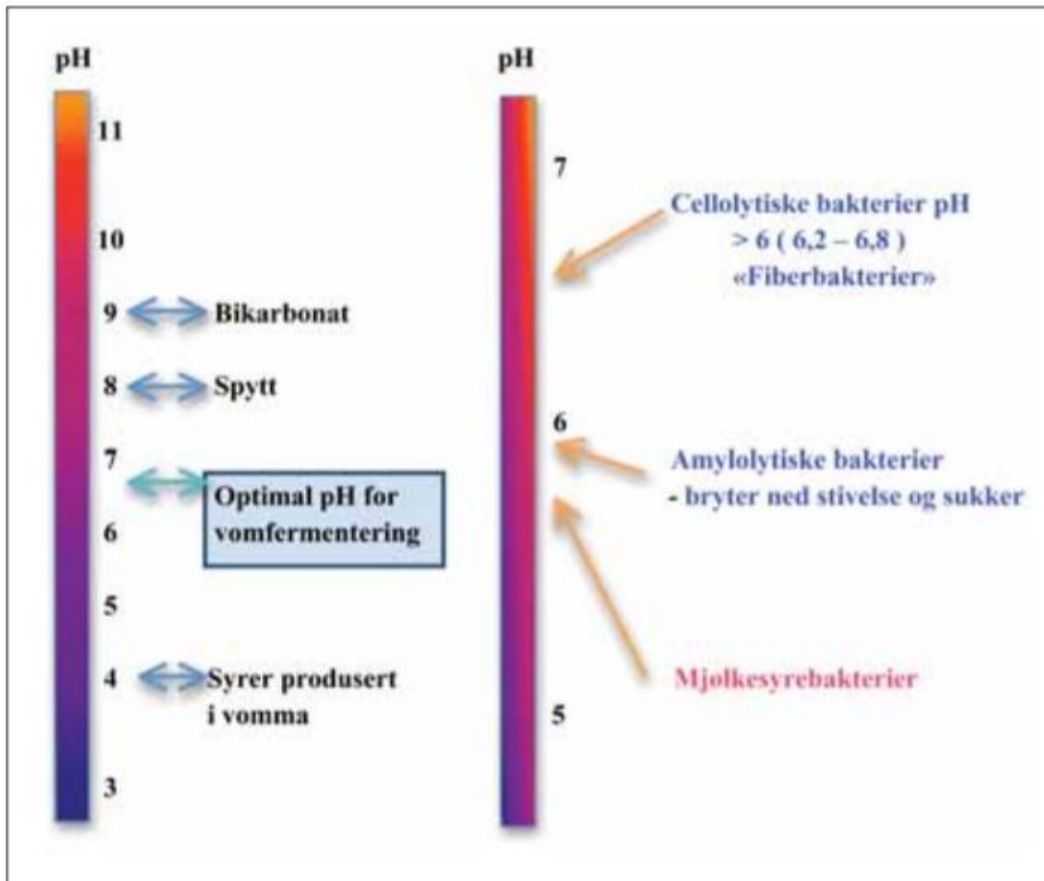
2.3.1 Mikroorganismer

I vomma lever det mikroorganismer i symbiose med vertsdyret. Mikrobene består av bakterier, protozoer og sopp som fermenterer fôret, slik at fôret brytes ned og næringsstoffer blir tilgjengelige for vertsdyret (Gjefsen, 2013). Videre er mikrobene avhengige av et optimalt

forhold i vomma for å fungere best mulig (Gjefsen, 2013). Det må være anaerobe forhold og temperaturen må være stabil og ligge mellom 38 og 42 °C. Samtidig må pH være i intervallet 6,0-7,0. Det må være et stabilt væskevolum, som skal utgjøre 85-95 % av vomvolumet. I tillegg må det være en regelmessig tilførsel av nytt næringsstoff og fjerning av omsatt fôrmateriale.

Bakteriene i vomma kan klassifiseres ut fra hvilke næringsstoff de fermenterer og hvilke endeprodukt som blir produsert. Noen bakterier kan fermentere flere forskjellige substrat, mens noen er mer spesialisert (Sjaastad et al., 2003). Amylolytiske bakterier omsetter stivelse og lettløselige karbohydrater, mens cellulolytiske bakterier omsetter tungtfordøyelige celleveggstoffer som cellulose, hemicellulose og pektin. Proteolytiske bakterier bryter ned peptider til aminosyrer. Bakteriene kan ha ulike sluttprodukt, som eddiksyre, melkesyre og metan (Kristensen et al., 2003; Sjaastad et al., 2003).

Ved fermentering blir det produsert flyktige fettsyrer (VFA), og de tre kvantitativt viktigste er eddiksyre, propionsyre og smørsyre (Nørgaard & Hvelplund, 2003; Sjaastad et al., 2003). Eddiksyre, propionsyre og smørsyre er i hovedsak endeprodukter fra mikrobene etter fermenteringen av karbohydrater, og er den viktigste energikilden til drøvtyggeren (Sjaastad et al., 2003). Cellulolytiske bakterier trives ved en høyere pH i vom (figur 4), noe som fører til en større produksjon av eddiksyre og smørsyre. Amylolytiske bakterier trives ved en lavere pH i vom, noe som fører til en større produksjon av propionsyre (Lu et al., 2005).

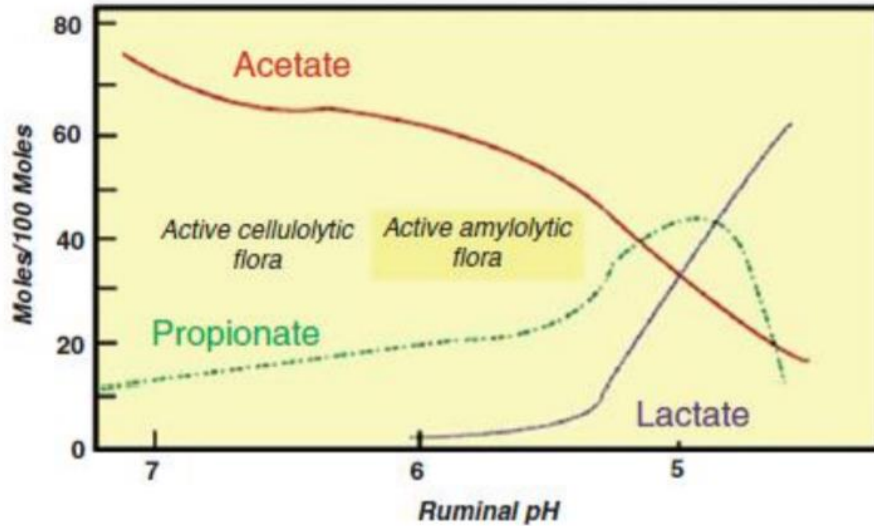


Figur 4: Optimal pH for fermentering og ulike bakterier i vomma (Kvamsås & Gonsholt, 2012).

2.3.2 Spyttproduksjon og buffereffekt

Under tygging og drøvtygging stimuleres spyttkjertlene og spyttproduksjonen. Spytet er basisk, har en pH på rundt 8,4 og inneholder fosfat, bikarbonat, natrium, kalium, klorid, kalsium, magnesium og urea. Disse stoffene har en buffereffekt i vomma, noe som hjelper til med å holde pH i vomma stabil (Nørgaard, 2003a; McDonald et al., 2011). Ifølge Nørgaard (2003a) har fôrets fiberinnhold stor betydning for etetida og dermed spyttsekresjonen. Det er fiberrikt og lite oppkuttet fôr som stimulerer drøvtyggingen og dermed spyttproduksjonen mest.

En rasjon med høyt innhold av fiber vil gi en forsyning med substrat som positivt påvirker veksten til de cellulolytiske bakteriene. Mye fiber i rasjonen vil også øke spyttproduksjonen gjennom økt tyggetid og økt drøvtygging. Den økte spyttproduksjonen øker pH i vom, slik at de cellulolytiske bakteriene får gode levekår, som fremmer produksjonen av eddiksyre og smørsyre (Kristensen et al., 2003; Lu et al., 2005). Til sammenligning vil en rasjon med store mengder stivelse fra kraftfôr føre til redusert tyggetid og mindre drøvtygging med lav pH i vom og høy andel propionsyre som resultat (Kristensen et al., 2003).



Figur 5: Sammenheng mellom syreproduksjon og pH i vom (Millen et al., 2016).

For å holde pH stabil i vomma, er det viktig at syrene som blir produsert blir fraktet ut, slik at miljøet ikke blir for surt (figur 5) (Oetzel, 2007). Siden flyktige fettsyrer (VFA) transporteres ut av vomma gjennom vomepitelet, er det avgjørende at VFA kommer i kontakt med vomveggen. Dette skjer ved en stadig omrøring av vominnholdet ved hjelp av vomkontraksjonene (Kristensen et al., 2003). VFA blir absorbert i vomveggen gjennom passiv transport (Oetzel, 2007).

Konsentrasjonen av VFA er den viktigste faktoren som påvirker hvor mye VFA som blir absorbert (Van Soest, 1994). Andre faktorer som påvirker absorpsjon av VFA er vom-pH, samt vommas overflate og volum. Vompapillenes overflate blir opprettholdt av konsentrasjonen av VFA og vomveggenes omsetning av smørsyre og propionsyre (Van Soest, 1994). Fôrrasjoner med mye lettfordøyelige karbohydrater reduserer vomvolumet, noe som fører til at en mindre del av VFA blir absorbert, relativt til vomkontraksjonene (Van Soest, 1994). Ved fôring med store mengder korn, vil vompapillene bli lengre, noe som sannsynligvis øker absorpsjonsoverflaten og kapasiteten, og ved opphopning av syrer i vomma blir dermed dyret beskyttet (Oetzel, 2007). Men cellenes absorpsjonskapasitet kan bli hemmet, ved for eksempel en betennelse, noe som gjør det vanskeligere å holde en stabil pH i vomma etter fôring.

pH i vomma er ikke konstant, men faller etter fôring. Ved separat tildeling av kraftfôr og grovfôr vil pH nå minimum 2 til 3 timer etter fôring (Kristensen et al., 2003). Videre vil vommas pH påvirke nedbrytningsgraden av celleveggstoffer. Ved pH-verdier lavere enn 6,0-

6,2 vil de cellulolytiske bakteriene som bryter ned celleveggstoffer bli hemmet, noe som fører til lavere vomfordøyelighet av fiberfraksjonen (Kristensen et al., 2003).

Ifølge Van Soest (1994) har geiter relativt sett større spyttkjertler enn ku, noe som gir høyere spyttproduksjon og bedre bufferevne, slik at geiter kan tåle større mengder kraftfôr. Men geiter har høyere fordøyelighet av fiberrikt fôr, noe som gjør at de er sensitive for rasjoner med lavt fiberinnhold og med høyt innhold av konsentrerte fôrmidler (Morand-Fehr, 2005).

Ifølge Nørgaard & Hvelplund (2003) vil forholdet mellom grovfôr og kraftfôr kunne påvirke melkas fettinnhold, fôropptaket og næringsstoffordeling mellom kroppsvev og jurvev. Høyt opptak av fiberrikt grovfôr, gir høyere pH i vomma, høyere eddiksyre:propionsyre-forhold, melkeytelse og fettprosent på bekostning av næringsstofforsyning til muskler og fettvev i kroppen.

2.3.3 Vomkontraksjoner

Vomkontraksjonene består av primære og sekundære kontraksjoner. De primære omfatter sykliske kontraksjoner av blindsekkene i vomma og nettmagen, mens sekundære kontraksjoner skjer i forbindelse med raping av vomgass (Nørgaard, 2003a).

Ifølge (Sjaastad et al., 2003) er det tre ulike typer kontraksjoner i vomma og nettmagen: 1) primære kontraksjoner som blander vominnholdet, 2) kontraksjoner i forbindelse med drøvtygging og 3) kontraksjoner i forbindelse med oppraping av gass. Hensikten med kontraksjoner i vomma og nettmagen er å blande vominnholdet, frakte det til bladmagen, frakte vominnholdet til utmunningen av spiserøret for drøvtygging, og å fjerne gass fra vomma (Sjaastad et al., 2003). Vomkontraksjonenes styrke og frekvens kan hemmes ved høy konsentrasjon av VFA i vomma (Nørgaard, 2003a).

2.4 Fordøyelse av stivelse

Høyt ytende dyr trenger høy energikonsentrasjon i fôrrasjonen for å opprettholde ytelsen. Vanligvis benyttes kraftfôr med en høy andel lettfordøyelige karbohydrater for å sikre tilstrekkelig energikonsentrasjon i rasjonen (Morand-Fehr et al., 2007).

Stivelse er den største energikilden i korn (Huntington, 1997). Mesteparten av stivelsen fra fôret blir fermentert i vom, hovedsakelig av amylolytiske bakterier (Huntington, 1997).

Sluttproduktene fra fermenteringa i vom er i hovedsak VFA (Huhtanen & Sveinbjornsson, 2006), og propionsyre er det viktigste sluttproduktet fra fermenteringa av stivelse (Asheim et al., 2002). Siden stivelse fermenteres og brytes ned raskt, vil det forårsake en rask

syreproduksjon i vom som resulterer i lav pH (Weisbjerg et al., 2003). Propionsyre blir deretter omdannet til glukose i leveren via glukoneogenesen (Nørgaard & Hvelplund, 2003).

Andel stivelse som brytes ned i vom avhenger av stivelseskilden. Stivelse fra bygg, hvete, havre og rug har høy fordøyelighet både i vom og totalt, mens stivelse fra mais har lav fordøyelighet (Weisbjerg et al., 2003; Oetzel, 2007; Nikkhah, 2012). Den andelen stivelse som ikke blir brutt ned i vom, passerer til tarmen, brytes ned til glukose og absorberes over tarmveggen (Weisbjerg et al., 2003).

Både den kjemiske sammensetningen av fôret og den fysiske strukturen på fôret avgjør hvor raskt fôret blir brutt ned i vom (Oetzel, 2007). For eksempel vil korn som har blitt finmalt brytes raskere ned enn ubehandlet korn, selv om den kjemiske sammensetningen er lik. I tillegg er det ofte nødvendig å bearbeide korn for å knuse skalldelen av kornet, slik at mikrobene får tilgang til stivelsen (Weisbjerg et al., 2003). Maling, valsing, kjemisk behandling og varmebehandling er ulike måter å bearbeide korn på for å gjøre stivelsen mer tilgjengelig for fordøyelse (Huntington, 1997; Weisbjerg et al., 2003; Nikkhah, 2012).

Når store mengder stivelse fermenteres i vom kan det resultere i lav pH (Weisbjerg et al., 2003), og dette kan påvirke nedbrytningen av celleveggstoffer (Kristensen et al., 2003). Grunnen til dette er at de cellulolytiske bakteriene som bryter ned celleveggstoffer hemmes ved pH-verdier lavere enn 6,0-6,2 (Kristensen et al., 2003). Fôring av en rasjon med mye stivelse vil i tillegg føre til økt osmolaritet i vom (Sjaastad et al., 2003). Absorpsjon av fermenteringsprodukter fra vomma vil deretter gradvis redusere osmolariteten til vominnholdet.

Substitusjonseffekten er et begrep som beskriver hvordan økt mengde kraftfôr i fôrrasjonen vil påvirke fôropptaket og fordøyelsen av grovfôr (Gjefsen, 2013). Dette betyr at dyra eter 0,2-0,9 kg mindre grovfôrtørrstoff for hver ekstra kg kraftfôrtørrstoff som blir tildelt (Kvamsås et al., 2016a). Det er i tidliglaktasjon, ved god grovfôr kvalitet og ved høye kraftfôrmengder at substitusjonseffekten er størst (Kvamsås & Gonsholt, 2013; Kvamsås et al., 2016a). Grovfôropptaket blir ofte redusert ved tildeling av store mengder kraftfôr (Lefrileux et al., 2008).

I fôrvurderingssystemet NorFor brukes begrepet vombelastning for å angi forholdet mellom mengde stivelse og sukker (lettfordøyelige karbohydrater) og NDF (tungtfordøyelige karbohydrater) som har blitt fordøyd i vomma (Volden, 2006; Kvamsås et al., 2012). I NorFor blir det satt som et krav at vombelastninga ikke skal overstige 0,6 for storfe for å sikre et godt

vommiljø. For geit har ikke kravet til øvre vombelastning blitt tydelig definert, men det har blitt antatt at det er noe lavere enn for storfe, på grunn av geitas preferanse for fiberrikt fôr (Kvamsås et al., 2012). Kvamsås (2013) satte en grenseverdi på 0,5 for vombelastning hos geit. Ifølge Kvamsås et al. (2012) vil økt vombelastning påvirke grovfôropptaket negativt ved at nedbrytningshastigheten av NDF går ned og at energiverdien av fôrrasjonen dermed blir redusert.

En overgang til en rasjon med store mengder kraftfôr, for eksempel ved kjeing, krever at dyra tilpasses gradvis den rasjonen som skal gis etter kjeing (Kvamsås & Gonsholt, 2013).

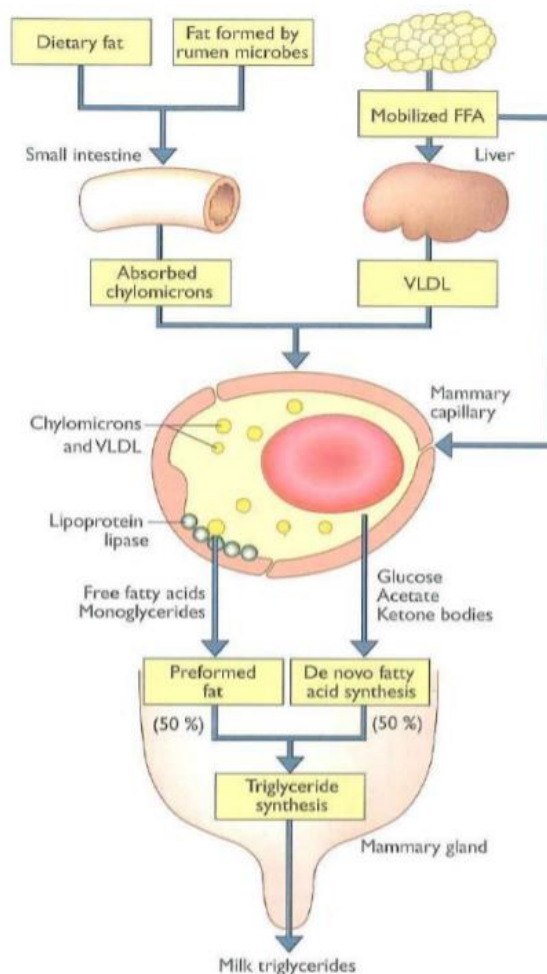
Tilpassing av en fôrrasjon med store mengder lettfordøyelige karbohydrater har to formål. Mikrobene må tilpasses den nye fôrrasjonen, dette gjelder spesielt bakterier som utnytter melkesyre, de vokser saktere enn bakterier som produserer melkesyre. Samtidig må vompapillene tilpasses. Vompapillene må vokse i lengde, slik at mer VFA kan absorberes (Oetzel, 2007).

2.5 Melkesyntesen og kilder til melkefett

De organiske stoffene som finnes i melk blir i hovedsak syntetisert i epitelcellene i juret, med glukose, aminosyrer og fettsyrer som blir fraktet til juret som utgangspunktet for syntesen (Sjaastad et al., 2003). Laktose, som dannes ut fra glukose, er en viktig komponent i melk, siden det er melkedrivende på grunn av rollen som osmotisk regulator (Gjefsen, 2013).

Melkefett består i hovedsak av triglyserider. Triglyseridene utgjør 97-98 % av melkefettet. Triglyseridene er organisert i fettkuler som er omgitt av en membran (fettkulemembranen) som hovedsakelig består av fosfolipider og kolesterol (Sjaastad et al., 2003).

Ifølge Chilliard et al. (2000) er det to kilder til melkefett: 1) De novo syntesen av kortkjedete fettsyrer i juret og 2) fettsyrer tilført juret via blodet (figur 6). De viktigste substratene til dannelsen av kortkjedete fettsyrer gjennom de novo syntesen, er eddiksyre fra fermentering i vom, og β -hydroksysmørsyre, som blir dannet i vomveggen (Sjaastad et al., 2003).



Figur 6: Syntesen av melkefett (Sjaastad et al., 2003).

Ifølge (Palmquist, 2007) blir fettsyrene C4 til C14 utelukkende syntetisert de novo, mens fettsyren C16 kan stamme både fra de novo syntesen og fra fett tilført blodet. De novo syntesen utgjør om lag 40 % av fettsyrene og fettsyrene fra blodet utgjør de resterende 60 %, men forholdet mellom disse to gruppene varierer og er påvirket av tidspunkt i laktasjon, dyrets energistatus og fôrrasjonens sammensetning. Mengden og sammensetningen av melkefettet påvirkes av fôrrasjonen, og store mengder lettfordøyelige karbohydrater (stivelse) vil føre til at innholdet av fett i melk går ned (Palmquist, 2007).

I drøvtyggervomma vil cirka 90 % av triglyseridene bli hydrolysert, mens mesteparten av umetta fettsyrer (rundt 90 %) vil bli hydrogenert, og det blir dannet oljesyre (C18:0) (Sjaastad et al., 2003). Fettsyrer som blir absorbert fra tynntarmen bidrar til dannelse av triglyserider i juret og fettvev (Sjaastad et al., 2003).

Ifølge Nørgaard & Hvelplund (2003) vil forholdet mellom grovfôr og kraftfôr kunne påvirke melkas fettinnhold, fôropptaket og næringsstoffordeling mellom kroppsvev og jurvev. Dette

betyr at ved høyt opptak av fiberrikt grovfôr, jo høyere pH i vomma, høyere eddiksyre:propionsyre-forhold, melkeytelse og fettprosent på bekostning av næringsstofforsyning til muskler og fettvev i kroppen.

Melkesammensetningen forandrer seg i løpet av laktasjonen (McDonald et al., 2011). Når melkeytelsen er på det høyeste, er det lavt innhold av fett og protein, mens innholdet av fett og protein er høyest i starten og slutten av laktasjonen. Fettinnholdet reduseres gradvis i tidliglaktasjon etter hvert som melkeytelsen øker og fettmobiliseringen avtar (McDonald et al., 2011).

2.6 Subakutt vomacidose og innvirkning på vommiljø og sammensetning i melk

Ved fôring av store mengder lettfordøyelige karbohydrater kan det oppstå subakutt vomacidose (SARA), også kalt subakutt sur vom (Giger-Reverdin, 2018). Det finnes forskjellige definisjoner på subakutt sur vom. Nocek (1997) definerte subakutt vomacidose som tilfeller der den gjennomsnittlige pH i vomma er under 6,0 med korte perioder der pH er mellom 5,5 og 5,0. Gozho et al. (2007) definerte subakutt vomacidose som en tilstand der pH i vomma er mindre enn 5,6 i mer enn 3 timer per døgn. Subakutt vomacidose skiller seg fra akutt vomacidose, som er en tilstand der pH i vomma i lengre perioder er under 5,5. Sur vom er sammen med diarè, de to største fôringsutfordringene hos melkegeit (Kvamsås et al., 2016b).

SARA hos melkekyr har vært mye omtalt, i motsetning til hos melkegeiter (Giger-Reverdin, 2018). I tillegg er det vanskelig å studere SARA siden det er stor variasjon mellom dyr på hvordan de reagerer, tidspunkt for når SARA inntreffer og alvorlighetsgraden på samme fôrrasjon.

Oetzel (2007) grupperer årsakene til vomacidose i tre kategorier: 1) Høyt inntak av raskt nedbrytbare karbohydrater, 2) utilstrekkelig bufring av vomma og 3) vomma klarer ikke eller har ikke fått tid til å tilpasse seg en rasjon med store mengder lettfordøyelige karbohydrater.

2.6.1 Høyt inntak av lettfordøyelige karbohydrater

Giger-Reverdin (2018) beskriver ulike faktorer som kan påvirke utviklingen av SARA hos enkeltdyr. Blant annet har etehastigheten, totalt fôropptak og sammensetningen av fôrrasjonen sammenheng med utviklingen av pH i vom. Ved en konsentrert fôrrasjon vil opptaket av fôr øke.

Desnoyers et al. (2008) utførte et forsøk på geit, der målet var å studere effekten av ulike mengde lettfordøyelige karbohydrater. I dette forsøket ble det observert stor variasjon mellom individer, noe som tyder på at geiter har ulike evner til å tåle en rasjon med store mengder lettfordøyelige karbohydrater. Ifølge Desnoyers et al. (2008) er stor individuell variasjon noe som ser ut til å være typisk for forsøk som omhandler subakutt vomacidose. Resultatene fra forsøket til Desnoyers et al. (2008) viste at ved å øke andelen lettfordøyelige karbohydrater fra 30 til 60 %, økte tørrstoffopptaket og melkeproduksjonen, mens fettinnholdet i melka ble redusert. Det ble observert liten forskjell i vom-pH for de to rasjonene. Geiter som fikk en høy rasjon med lettfordøyelige karbohydrater forandret etemønsteret sitt ved å spise og drøvtygge oftere, men i kortere perioder («metthetskontroll»), en tilpasning som kan ha begrenset omfanget av vomacidose. Dette samsvarer med Giger-Reverdin et al. (2012) som fant at geiter med vomacidose hadde redusert fôropptakshastighet og uregelmessig etemønster.

Lignende resultater ble observert av Abijaoudé et al. (2000), som konkluderte med at geiter forandrer sitt etemønster ved store mengder konsentrerte fôrmidler i rasjonen. Ved å ha små og flere måltider hver dag, kan geita unngå de negative konsekvensene som store mengder stivelse i rasjonen kan forårsake.

Det reduserte fôropptaket som oppstår som følge av vomacidose, kan være forårsaket av betennelse i vomepitelet (Oetzel, 2007). Cellene i vomepitelet er ikke beskyttet av slim, slik som cellene i løpemagen er, og dette betyr at vomepitelet er sårbart for å bli skadet av syrer.

2.6.2 Utilstrekkelig bufring av vomma

Giger-Reverdin et al. (2014) fant at når andelen konsentrerte fôrmidler i fôrrasjonen økte, ble pH i vom redusert på grunn av at dyra spiste mer lettfordøyelig materiale og tygde mindre, men det var store forskjeller mellom dyr.

Kawas et al. (1991) fant i et forsøk med melkegeit at fettinnholdet i melk ble redusert når innholdet av konsentrerte fôrmidler i rasjonen økte fra 25 % til 55 %. Krause & Oetzel (2005) observerte ikke redusert fettprosent i melk i sitt forsøk, til tross for at pH i vomma var signifikant redusert. Dette ble forklart med at redusert fettprosent i melk forårsakes av gjentatte tilfeller med SARA, og ikke av en indusert enkelt-hendelse av SARA. Dette samsvarer med det Kawas et al. (1991) skriver at det sannsynligvis er lengden på perioden med SARA som bestemmer om fettinnholdet i melk blir redusert.

Ifølge Oetzel (2007) er det svak sammenheng mellom pH i vom og redusert fettinnhold i melk. Oetzel (2007) viser til studier der besetninger med betydelig redusert pH i vom ikke har

observert redusert fettinnhold, og konkluderer dermed med at lav vom-pH må reagere sammen med fettinnholdet i fôrrasjonen.

2.6.3 Vommas og mikrobenes tilpasning

Det er en individuell variasjon når det kommer til hvordan geiter reagerer på en rask økning av lettfordøyelige karbohydrater i fôrrasjonen. Dette kan skyldes ulikheter i vomparametere eller ulikheter i absorpsjonen av VFA (Giger-Reverdin, 2018).

Giger-Reverdin et al. (2014) fant at konsentrasjonen av VFA i vomma var høyere når geitene fikk en rasjon med 60 % konsentrerte fôrmidler sammenlignet med en rasjon med 30 % konsentrerte fôrmidler. Rasjonen med 60 % konsentrerte fôrmidler ga også en lavere andel eddiksyre og en høyere andel propionsyre og smørsyre.

Ifølge Kleen et al. (2003) er ofte mikroorganismene ikke tilpasset en fôrrasjon med liten grad av struktur og med mye energi. Dette kan føre til at mikroorganismene ikke klarer å bryte ned fôret, og det vil oppstå en opphopning av kortkjedete fettsyrer (SCFA) i vomma. Syrene som blir produsert vil ikke bli absorbert fort nok i takt med økningen av dem.

Korte perioder med induert SARA i forsøk ser ikke ut til å føre til redusert fettinnhold i melk. Oetzel (2007) hevder at dette kan ha noe å gjøre med at mikrobenes respons er treg når det oppstår acidose, eller at flere episoder med acidose er nødvendig før biohydrogeneringen i vomma blir hemmet nok til å forårsake redusert fettinnhold. Oetzel (2007) skriver videre at det ikke er den reduserte andelen propionsyre som blir absorbert fra vomma som reduserer fettinnholdet i melk ved vomacidose, slik man tidligere trodde. Grunnen til at vomacidose forårsaker redusert fettinnhold er at bakterier som er ansvarlige for biohydrogeneringen av fettsyrer i vomma blir hemmet.

2.7 Alkalisk korn

Framstilling av alkalisk korn ved hjelp av ammoniakk kan gjøres på to måter. Man kan tilsette ammoniakk direkte eller man kan tilsette urea. Når korn konserveres med urea, vil urea over tid frigjøre ammoniakk (Søgaard et al., 2003). I Maxammon, som ofte brukes til å lage alkalisk korn, er det enzymet urease som omdanner urea til ammoniakk, noe som gjør at pH øker til 8-9, og innholdet av råprotein øker (Prestløkken, 2016a). Tilsetting av buffere i en fôrrasjon vil nøytralisere endringer i pH i vomma (Hernández et al., 2014).

Et forsøk med alkalisk kornråvare i kraftfôr til kyr viste at kyrne hadde et numerisk høyere tørrstoffopptak og høyere pH i vom sammenlignet med korn tilsatt kun urea (Kristensen & Fjeldberg, 2018).

Emery et al. (1964) studerte effekten av natriumbikarbonat (NaHCO_3) og kalsiumkarbonat (CaCO_3) på sammensetningen av melk og vominnhold hos kyr som ble fôret etter appetitt (ad libitum) med korn og restriktivt med grovfôr. Resultatene fra forsøket viste at natriumbikarbonat signifikant økte fettinnholdet i melk og pH i vom. Kalsiumkarbonat økte innholdet av flyktige fettsyrer (VFA) og melkesyre i vomma, sammenlignet med natriumbikarbonat og kontrolldietten, men effekten på pH i vom og melkefett var ubetydelig.

I et in vitro forsøk (Darwin & Blignaut, 2019) ble det testet om magnesiumhydroksid ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) og natriumbikarbonat (NaHCO_3) hadde noen buffereffekt og evne til å motvirke vomacidose. Forsøket viste at magnesiumhydroksid hadde evne til å forebygge opphopning av melkesyre og dermed acidose. Natriumbikarbonat hadde ikke forebyggende effekt i dette forsøket.

Haddad et al. (1998) utførte to forsøk der det ble undersøkt om hvetestrå behandlet med NaOH og $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hadde effekt på vommiljø og melkeytelse. I det første forsøket ble fire kyr fôret med fire ulike rasjoner, der behandlet hvetestrå utgjorde enten 0, 20, 30 eller 40 % av tørrstoffet i rasjonen. Ingen av fôrrasjonene hadde effekt på pH i vom eller vommas konsentrasjon av VFA eller NH_3 . I det andre oppfølgende forsøket ble 12 kyr fôret med to ulike rasjoner der behandlet hvetestrå utgjorde enten 0 eller 20 % av tørrstoffet i rasjonen. Det ble ikke funnet forskjeller mellom rasjonene, verken for tørrstoffopptak, melkeytelse, 4% fettkorrigert melk eller melkesammensetningen for øvrig.

2.8 Partikkelstørrelse og malingsgrad

Malingsgraden av kornet kan ha en effekt på vommiljø og melkeytelse. Yang et al. (2000) fant at melkeytelsen økte når kyr fikk fint valsa bygg sammenlignet med grovt valsa bygg, noe som sannsynligvis har sammenheng med økt tørrstoffopptak og økt fordøyelighet av næringsstoffer ved bruk av fint valsa bygg. Derimot hadde ikke malingsgraden av bygg noen betydelig effekt på fettinnholdet i melk, noe som ifølge Yang et al. (2000) sannsynligvis kunne forklares med at det var en jevn fordøyelse av stivelse og fiber i vom ved alle behandlingene.

McGregor et al. (2007) undersøkte hvordan fint dampvalsa bygg og grovt dampvalsa bygg påvirket produksjon hos kyr. Forsøket viste at partikkelstørrelsen for bygg ikke påvirket

tørrstoffopptak, melkeytelse eller fettinnhold i melk. Soltani et al. (2009) sammenlignet malt bygg og dampvalsa bygg, i en rasjon på 30 % og en på 35 % bygg. Verken tørrstoffopptak, pH i vom, VFA eller fettinnhold i melk ble påvirket av behandlingsmetode eller andel bygg i fôrrasjonen. En økning fra 30 til 35 % bygg i rasjonen førte ikke til økt fôropptak eller melkeytelse. Det viste seg imidlertid at dampvalsa bygg økte fôreffektiviteten både når rasjonen inneholdt 30 og 35 % bygg.

Kristoffersen (2012) undersøke effekten av malingsgraden av havreskall i kraftfôr på tyggetid, vommiljø og fordøyelighet hos melkekyr. Tre ulike kraftfôrblandinger ble testet, der en inneholdt umalte havreskall, en inneholdt finmalte havreskall og en kraftfôrblending basert på bygg. Det ble ikke funnet signifikant forskjell mellom rasjonene for tyggetid, fôropptak, totalfordøyelighet, melkeytelse eller fettinnhold i melk. Det var en tendens til at umalte havreskall ga høyere pH i vom.

3.0 Materiale og metode

Forsøket som er utgangspunktet for denne oppgaven, ble utført med vomfistulerte geiter i Stoffskifteavdelingen, NMBU i perioden april til september 2018. Forsøket inngikk som en del av det femårige prosjektet «Produksjon av geitemelk med høy kvalitet ved økt bruk av norske fôrmidler og forbedret fôrutnyttelse». Det ble brukt tre ulike typer forsøkskraftfôr der hovedbestanddelen enten var: 1) Valsa alkalisk behandlet bygg, 2) Valsa ubehandlet bygg eller 3) Malt ubehandlet bygg. De tre kraftfôrtypene er heretter omtalt som henholdsvis Alkalisk, Valsa og Malt.

Forsøksdesignet var et 3x3 latinsk kvadrat og hadde tre replikater (blokker) (tabell 1-3). Forsøket ble gjennomført i form av et dose-respons forsøk med tre perioder. Periode 1 tilsvarte laktasjonsuke 11-16, periode 2 tilsvare laktasjonsuke 21-26 og periode 3 tilsvarte laktasjonsuke 28-33.

Tabell 1: Blokk 1 i forsøket.

Geit	1	4/10*	7
Periode			
1	Alkalisk	Valsa	Malt
2	Malt	Alkalisk	Valsa
3	Valsa	Malt	Alkalisk

*Geit 4 ble erstattet med reservegeita (geit 10) fra og med periode 2.

Tabell 2: Blokk 2 i forsøket.

Geit	2	5	8
Periode			
1	Alkalisk	Valsa	Malt
2	Malt	Alkalisk	Valsa
3	Valsa	Malt	Alkalisk

Tabell 3: Blokk 3 i forsøket.

Geit	3	6	9
Periode			
1	Alkalisk	Valsa	Malt
2	Malt	Alkalisk	Valsa
3	Valsa	Malt	Alkalisk

I starten av hver forsøksperiode ble geitene tilvent forsøkskraftfôret i 4 dager, i en såkalt «Feed Change»-periode (tabell 4). Neste steg var «Challenge»-perioden der mengden kraftfôr ble økt med 150 gram tørrstoff (TS), tilsvarende cirka 57 gram stivelse, hver fjerde dag.

Tabell 4: Plan for kraftfôrtildeling i "Feed Change"-periodene.

	Kraftfôrtype i pågående forsøksperiode (g)	Kraftfôrtype i neste forsøksperiode (g)
Dag 1	1200	300
Dag 2	900	600
Dag 3	600	900
Dag 4	300	1200
Dag 5	0	1500

Opptrappingen ble avsluttet når geitene viste tegn til subakutt vomacidose i 2 påfølgende døgn, enten ved at de sluttet å spise eller når pH i vomma var under 5,6 i tre påfølgende målinger.

Etter tegn på subakutt vomacidose ble opptrappingen avsluttet, og geita gikk over i perioden som kalles «Recovery». Kraftfôrmengden ble redusert til 1500 gram TS som var utgangspunktet. Geita fikk 500 gram med høy første døgn i tillegg til surfôr. «Recovery»-perioden varte i minimum 14 dager før overgang til en ny kraftfôrtype («Feed Change») og ny opptrapping («Challenge»). pH ble målt i «Recovery»-perioden for å tilse at den var over 6,0 før geita begynte på en ny forsøksperiode.

Hver periode inneholdt maksimalt åtte «Challenge»-nivåer (heretter kalt kraftfôrnivå) (tabell 5), men siden noen av geitene på grunn av tegn på SARA måtte tas ut av forsøksperioden før de nådde maksimalt kraftfôrnivå, var ikke alle geitene representert på de høyeste kraftfôrnivåene.

Tabell 5: Oversikt over hvor mye kraftfôr (kg TS) som ble brukt ved hvert kraftfôrnivå.

Challenge/kraftfôrnivå	Kraftfôr (kg TS)
1	1,50
2	1,65
3	1,80
4	1,95
5	2,10
6	2,25
7	2,40
8	2,55

3.1 Forsøksdyr

Det var totalt 9 geiter i forsøket og 2 reservegeiter (tabell 6). Geitene ble fistulert med kanyler i vom cirka 2 uker etter kjeing. Alle forsøksgeitene var 3., 4. og 5. laktasjonsgeiter og var mest mulig like når det gjaldt kjeingstid, kroppsvekt og melkeytelse.

Tabell 6: Beskrivelse av forsøksgeiter og reservegeiter.

Geit	Boks nr	Operert dato	Kroppsvekt 15.02.18	Avdrått (kg) 2017-laktasjonen	Kjea dato
33079	6	21.02.18	70.5	620	20.01.18
33086	7	21.02.18	69.0	860	09.02.18
33126	5	21.02.18	67.5	523	21.02.18
40410	8	19.02.18	75.5	800	21.01.18
40460	2	12.02.18	66.5*	772	20.01.18
40505	10	21.02.18	70.0	756	06.02.18
40514	4	19.02.18	70.5	804	20.01.18
55009	9	19.02.18	67.5	669	03.02.18
55019	1	19.02.18	60.0	489	20.01.18
55061	3	12.02.18	54.0*	597	11.01.18
55102	11	21.02.18	58.0	728	09.02.18

*veid 12.02.18

Vomkanylene som ble benyttet i forsøket var produsert ved INRA Theix, Clermont-Ferrand i Frankrike. Innsetting av vomfistel ble utført på liggende dyr ved standard operasjonsteknikk.

3.2 Kraftfôr

Geitene fikk tildelt kraftfôr 6 ganger per døgn klokka 08:00, 12:00, 16:00, 20:00, 00:00 og 04:00. Det var i utgangspunktet planlagt å bruke kraftfôrautomater, men det oppsto problemer med å få disse til å fungere tilfredsstillende. Det ble derfor gjennomført manuell tildeling av kraftfôret gjennom hele forsøket. I perioden før forsøket startet ble geitene tildelt en kommersiell kraftfôrblending fra Norgesfôr, Drøv Geit. Kraftfôret som ble brukt i forsøket ble produsert på FôrTek, NMBU, og var i hovedsak basert på norske råvarer (tabell 7). Andelen bygg var 50 % i Alkalisk. Alkalisk bygg var behandlet med Maxammon (Harbro Quality Livestock Nutrition) som inneholder enzymet urease. Urease omdanner urea til ammoniakk, noe som gjør at pH og innholdet av råprotein øker (Prestløkken, 2016a). For å balansere proteininnholdet i de tre blandingene, ble 1,75 % av bygget byttet ut med urea i Valsa og Malt. Kraftfôret ble produsert i to partier, derfor er det også to analyser av kjemisk sammensetning av kraftfôret (tabell 8 og 9).

Tabell 7: Sammensetning av råvarene (%) i forsøkskraftfôret.

	Alkalisk valsa bygg	Valsa bygg	Malt bygg (bygggrøpp)
Bygg, valsa alkalisk	50,00	-	-
Bygg, valsa	-	48,26	-
Bygggrøpp	-	-	48,26
Hvetegrøpp	10,00	10,00	10,00
Hvetekli	3,87	3,87	3,87
Åkerbønner	10,00	10,00	10,00
Rapskake, expeller	6,85	6,85	6,85
Maisgluten	4,87	4,87	4,87
Urea	-	1,75	1,75
Rapsolje	2,00	2,00	2,00
Melasse	7,00	7,00	7,00
Lignobond	1,50	1,50	1,50
Kalksteinsmel	1,27	1,27	1,27
Salt (NaCl)	0,79	0,79	0,79
Natriumsulfat	0,25	0,25	0,25
Magnesiumoksyd	0,22	0,22	0,22
Monokalsiumfosfat	0,37	0,37	0,37
Vitamineral Normal	1,00	1,00	1,00

Tabell 8: Kjemisk sammensetning av forsøkskraftfôret, parti 1 (analysert ved LabTek).

	Alkalisk valsa bygg	Valsa bygg	Malt bygg (bygggrøpp)
Tørrstoff (g/kg)	846	848	854
Stivelse (g/kg TS)	389	372	384
Råprotein (g/kg TS)	236	239	248
NDF (m/askekorrigering) (g/kg TS)	148	139	156
Råfett (g/kg TS)	45	44	43
Aske (g/kg TS)	74	76	76

Tabell 9: Kjemisk sammensetning av forsøkskraftfôret, parti 2 (analysert ved LabTek).

	Alkalisk valsa bygg	Valsa bygg	Malt bygg (bygggrøpp)
Tørrstoff (g/kg)	873	878	867
Stivelse (g/kg TS)	422	417	413
Råprotein (g/kg TS)	207	223	221
Total-N (g/kg TS)	34	35	37
NDF (m/askekorrigering) (g/kg TS)	149	159	156
Råfett (g/kg TS)	33	38	39
Aske (g/kg TS)	73	70	73

3.3 Grovfôr

Geitene ble tildelt surfôr etter appetitt i perioden mellom operasjon og forsøksstart. I denne perioden ble det i tillegg tildelt 100 gram høy før kraftfôrtildeling morgen og ettermiddag. Fra 9. mars til 16. mars fikk geitene en 50:50 blanding av surfôret fra geitefjøsset og surfôret som ble brukt i forsøksperioden. Surfôret som ble brukt i forsøksperioden var av 1. slått, høsta 14.06.2017. Tabell 10 viser kjemisk sammensetning og fôrverdi av surfôret, analysert ved Eurofins.

Tabell 10: Kjemisk sammensetning og fôrverdi av surfôret.

TS (%)	Fem/kg TS	NEL20 (MJ/kg TS)	AAT20 (g/kg TS)	PBV20 (g/kg TS)	Råprotein (g/kg TS)	NDF (g/kg TS)	iNDF (g/kg NDF)	Opptak (%)
22,2	0,86	6,17	82	10	136	535	156	98

Surfôret som ble brukt i forsøksperioden ble kuttet i fullfôrvogn (Siloking, Kverneland) til median partikkellengde på cirka 3 cm. Dette ble gjort for å redusere mulighetene for fôrseleksjon. For å sikre en mest mulig jevn kvalitet på surfôret gjennom hele forsøksperioden, ble surfôret pakket i sekker på cirka 20 kg og lagret i fryserom forut for hver forsøksperiode. Det ble lagt vekt på at surfôret for hver av forsøksperiodene skulle ha mest mulig likt tørrstoffinnhold som mulig.

Surfôret ble tildelt etter appetitt i forsøksperioden, noe som tilsvarer cirka 10 % surfôrrester. Det ble lagt til 10 % til forrige dags surfôropptak for å beregne tildelt mengde. Hvis geitene spiste tomt i løpet av dagen ble det lagt til 1 kg ekstra i tillegg til innveid mengde.

3.4 Melking

Geitene ble melket med mobilmelker cirka klokka 06:30 på morgenen og 16:30 på ettermiddagen. Ved melking ble spenene tørket med en fuktig, varm klut og det ble håndmelket litt fra hver spene i en prøvekoppe før melkeorganet ble satt på.

3.5 Registrering og uttak av prøver

3.5.1 Fôrropptak

Fôrropptaket for hver geit ble registrert daglig i «Challenge»-, og «Recovery»-periodene.

3.5.2 Fôrprøver og analyser

I forbindelse med kutting og pakking av forsøkssurfôret, ble det tatt ut en samleprøve for analyse. Samleprøven ble analysert for tørrstoff, aske, råprotein, total-N, råfett og aNDF.

3.5.3 Fordøyelsesparametre

pH i vom ble målt og det ble tatt vomprøver som ble analysert for VFA og NH₄-N. Utføring av pH-målinger og uttak av vomprøver ble gjort i samme rekkefølge på geitene gjennom hele forsøket. pH ble målt og vomprøver tatt gjennom hele døgnet på dag 1 og 4 på hvert kraftfôrnivå (tabell 11). pH ble i tillegg målt mellom fôringene klokka 08:00 og 12:00 på dag 2 og 3 i «Challenge»-periodene. Når pH nærmet seg grensen for subakutt vomacidose, ble

pH-målingen fortsatt etter det samme programmet som for dag 1. Samme program med pH-måling ble kjørt i ytterligere et døgn når nedre grense for pH var nådd. Når geita viste tegn til subakutt vomacidose to påfølgende dager på rad, ble forsøksperioden avsluttet og geita gikk over i «Recovery»-perioden. I tilfeller der geitene trengte spesiell oppfølging i denne perioden, fortsatte pH-målingene for hver enkelt geit med et tilpasset program.

Tabell 11: Tidsskjema for dager med komplett pH-måleprogram og uttak av vomprøver.

Tid	Fôring	pH-måling	Vomprøve til analyse
07:55		X	
08:00	X		
08:30		X	
09:00		X	X
10:00		X	
11:00		X	X
11:55		X	
12:00	X		
12:30		X	
13:00		X	X
14:00		X	
15:00		X	X
15:55		X	
16:00	X		
16:30		X	
17:00		X	X
18:00		X	
19:00		X	X
19:55		X	
20:00	X		
20:30		X	
21:00		X	X
22:00		X	
23:00		X	X
23:55		X	
24:00	X		
00:30		X	
01:00		X	X
02:00		X	
03:00		X	X
03:55		X	
04:00	X		
04:30		X	
05:00		X	X
06:00		X	
07:00		X	X
07:55		X	

3.5.4 Uttak av vomprøver for måling av pH og analyser av VFA og NH₄

Uttak av vomvæske for å måle pH, samt å skaffe prøver til analyse for VFA og NH₄ ble gjort manuelt. Uttaket ble gjort ved å føre en sonde inn i vomma gjennom vomfistelen og vomvæske ble deretter sugd opp i en kanyle på 50 mL.

Utstyr som ble brukt i forbindelse med uttak av vomprøver:

- Vomsonde med filter.
- 50 mL kanyle.
- pH-meter.
- Destillert vann.
- 10 mL pipette.
- 15 mL sentrifugerør tilsatt 0,5 mL maursyre (5 % av volum).
- Stativ.
- Skjema.
- Hansker.
- Vernebriller.

Ved uttak av prøve ble sonden ført helt ned til bunnen av vomma. For å sikre en representativ prøve fra vomvæska, ble sonden dratt langsomt oppover mens kanylen ble fylt. pH ble målt med en gang prøven var tatt og notert på et eget skjema. Etterpå ble det pipettert 10 mL vomvæske over i et 15 mL sentrifugerør som på forhånd var tilsatt 0,5 mL maursyre (H-COOH). Det ble satt en kork på sentrifugerøret straks pipetteringen var ferdig. Prøvene ble deretter lagret i kjølerom.



Bilde 1: Måling av pH ved uttak av vomprøver. Foto: Margrete Eknæs.

3.5.5 Dyreveiing

Geitene ble veid de tre siste dagene før forsøksstart. Dette ble gjort for å få en mest mulig korrekt vekt for gruppering. Geitene ble veid på dag 1, 2 og 3 i «Recovery»-perioden.

Veiingen ble utført på formiddagen med starttidspunkt klokka 10:30.

3.5.6 Melkeveiing

Det ble utført registrering av melkemengde hver dag i «Challenge»-periodene og i «Recovery»-periodene. Det var ikke nødvendig med registrering av melkemengde i forbindelse med fôrbytte.

3.5.7 Melkeprøver og analyser

Det ble tatt samleprøver av melk fra kvelden dag 3 og morgenen dag 4 på hvert kraftfôrnivå. For de geitene som måtte avslutte forsøket før dag 4, ble melkeprøven tatt ut tidligere, slik at den korresponderte med den siste dagen før geita ble overført til «Recovery»-perioden. Melkeprøvene ble overført til 40 mL Olabeger tilsatt Bronopol. Melkeprøvene ble analysert for fett, protein, laktose, celletall, urea og frie fettsyrer.

3.6 Analyser

3.6.1 Tørrstoff

Fôrprøve med kjent vekt tørkes i varmeskap ved 103 °C, til den oppnår stabil vekt etter 4-24 timer. Vektdifferansen før og etter tørking angir tørrstoffprosenten (Berg, 2011b).

3.6.2 Råaske

Innholdet av aske i en fôrprøve bestemmes ved total forbrenning, der vekta på fôrprøven er kjent på forhånd. Forbrenningen skjer ved 550 °C i 4-20 timer. Andelen som er igjen etter total forbrenning forventes å være alle uorganiske komponenter i fôrprøven (Berg, 2011a).

3.6.3 Kjeldahl-N

Nitrogeninnholdet i fôret finnes ved hjelp av Kjeldahl-metoden. Aminosyrene i proteinet blir dekomponert ved hjelp av en blanding av høy temperatur, konsentrert svovelsyre og kobbersulfat. Dette gjør det mulig å måle nitrogeninnholdet (Berg, 2011). Proteininnholdet finnes ved å multiplisere med N-faktoren 6,25. To forutsetninger for Kjeldahl-metoden er at 1) alt nitrogen som finnes i fôret er protein og 2) alt fôrprotein inneholder 160 gram N/kg (16%).

3.6.4 Neutral detergent fibre (NDF)

For å analysere for NDF i en fôrprøve må den varmes i en nøytral såpeløsning. På denne måten vil celleinnholdet løse seg opp, uten at celleveggstoffene brytes ned. Denne metoden tar utgangspunkt i at planteceller kan klassifiseres enten som en tungtfordøyelig del (hemicellulose, cellulose og lignin), og en lettfordøyelig del (stivelse og sukker). Det lettfordøyelige celleinnholdet blir oppløst ved hjelp av såpeløsningen, og alfa-amylase kan brukes for å løse opp stivelse tilstrekkelig. Det man sitter igjen med er NDF-fraksjonen og den bestemmes gravimetrisk (Berg, 2013b).

3.6.5 Råfett

For å analysere fett og lipider brukes det ekstraksjon i upolare til svakt polare løsemidler som eter, alkohol og benzen. Grunnen til at det brukes ekstraksjon er for å overføre ønskede forbindelser fra en fase til en annen, som ved filtrering (der man skiller fett fra en fast prøve og over i en organisk væskefase). Når løsemiddelet og fett har blitt skilt fra resten av prøven, må løsemiddelet fjernes, deretter må det tørkes og prøven veies for å finne ut hvor mye fett den bestod av (Tingstad, 2010).

3.6.6 Stivelse

Stivelse i en prøve finnes ved spektrofotometri, som måler den totale mengden D-glukose. Stivelsen må brytes ned til glukoseenheter, men det må tas hensyn til at glukosen som allerede finnes i prøven også vil gi utslag. Dersom prøven inneholder mer enn 4 % sukker, bør en sukkerekstraksjon gjennomføres for å fjerne glukosen som allerede eksisterer i prøven, og som ikke stammer fra stivelsen. Når overflødig glukose har blitt fjernet, og stivelsen brutt ned

til glukose, overføres prøven til en kyvette før absorbanse måles i et spektrofotometer (Svihus, 2010).

3.6.7 Ammonium-N

Konsentrasjonen av NH_4^+ analyseres, fordi ammoniakk finnes ikke i vomsaft i form av NH_3 , men som ammonium (NH_4^+). Type fôr og tid etter siste fôring påvirker denne konsentrasjonen, den er høyest cirka 2 timer etter fôring. NH_4^+ kan bestemmes fotometrisk. NH_4^+ kan også bestemmes ved destillering med etterfølgende syre-basetitrering, i denne metoden bestemmes innholdet av NH_4^+ ved hjelp av de to siste stegene i Kjeldahl-analysen. Når vomsaft analyseres brukes en prøve konsentrert ved hjelp av maursyre (Berg, 2013a).

3.6.8 Flyktige fettsyrer (VFA)

Flyktige fettsyrer i vomsaft blir analysert ved hjelp av gasskromatografi, der prøven (vomsaft blandet med maursyre) sentrifugeres og separeres i en gasskromatograf (Linstad, 2016).

3.7 Utregning av marginalutbytte

Det ble beregnet marginalutbytte (i kroner) per geit per dag ved en økning på 150 gram kraftfôr-tørrstoff for hvert kraftfôrnivå. Som utgangspunkt for beregning av fôrkostnader ble grovfôrkostnadene satt til å være 3,00 kr/FEm og kraftfôrkostnadene 3,50 kr/FEm (Thuen et al., 2015). Energiinnholdet i surfôret var 0,86 FEm/kg TS, noe som ble brukt i utregningene. Energiinnholdet i de ulike kraftfôrtypene vises i tabell 12.

Tabell 12: Energiinnhold i de ulike typene bygg, som ble brukt til utregning av marginalutbytte.

	Beregnet energiinnhold NEL20	FEm
Alkalisk bygg	5,96	0,864
Valsa bygg	6,25	0,906
Malt bygg	6,25	0,906

Det ble beregnet daglig FEm/opptak ut ifra surfôr- og kraftfôropptak på hvert kraftfôrnivå. Deretter ble grovfôrkostnader, kraftfôrkostnader og totale fôrkostnader for hvert kraftfôrnivå beregnet.

TINE Råvare Produsentavregning (sats per liter fra 01.01.2020) var utgangspunktet for beregning av melkeinntekter (tabell 13) (TINE, 2020). Det ble ikke tatt hensyn til tillegg/trekk for sesongvariasjon eller distriktstilskudd for ulike landsdeler.

Tabell 13: Pristillegg- og trekk brukt som utgangspunkt i beregning av melkeinntekter (TINE, 2020).

Basispris	4,37 kr/L
Elitemelk-tillegg	0,40 kr/L
Frie fettsyrer lavere enn 1,0	0,10 kr/L
Grunntilskudd geitemelk	3,36 kr/L
Kjemisk innhold (TS) 1/10 % over/under 11,0 %	Tillegg/trekk 0,10 kr/L

Totale melkeinntekter ble beregnet ut fra inntekter fra melkemengde og tørrstoffinnhold på hvert kraftfôrnivå. Marginalutbyttet i kroner, per geit per dag ble beregnet ved en økning i 150 gram kraftfôr-TS fra et kraftfôrnivå til det neste.

3.8 Statistisk analyse

Alle variansanalysene brukt i oppgaven ble utført med «mixed procedure» (Littell et al. 1998) i SAS 9.4 (SAS 2016). Alle målingene var gjentatt flere ganger for hver geit, og ble antatt å være korrelerte. Denne korrelasjonen ble tatt hensyn til i den statistiske modellen.

Kovariansstruktur for gjentatte målinger ble valgt ved å sammenligne aktuelle strukturer på bakgrunn av Akaikes og Schwarz' Bayesian informasjonskriterium (Wolfinger, 1996), og «First order autoregressive» kovariansstruktur viste seg å passe best for samtlige data.

Modellen som ble brukt var: $Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + A \times B_{(ij)} + C_k + \varepsilon_{ijkl}$

der μ var middelveien, A_i var fast effekt av kraftfôrtype, $i=1,2,3$ (Alkalisk, Valsa, Malt), B_j var fast effekt av kraftfôrnivå, $j=1,2,\dots,8$ (1,5, 1,65, 1,80, 1,95, 2,10, 2,25, 1,40, 2,25 kg TS/dag), $A \times B_{(ij)}$ var samspillseffekten mellom kraftfôrtype i og kraftfôrnivå j , C_k var fast effekt av forsøksperiode, $k=1,2,3$, og ε_{ijkl} representerte feilledet.

Resultatene fra variansanalysene er presentert som lsmeans (least square means), og forskjellene mellom lsmeans ble vurdert som statistisk sikre når $p < 0,05$.

4.0 Resultater

4.1 Fôropptak

4.1.1 Surfôropptak

Surfôropptaket gikk ned ved økende kraftfôrnivå ($P < 0,0001$) (tabell 14), og det var malt bygg som ga det høyeste surfôropptaket i periode 1 og 3, mens valsa bygg ga litt høyere surfôropptak i periode 2 (figur 9). Det var en lavere økning i substitusjonseffekten i periode 3, sammenlignet med periode 1 (figur 8). For kraftfôrnivå opptil 1,95 kg TS var substitusjonseffekten mindre uttalt, spesielt for valsa og malt bygg, enn for kraftfôrnivå høyere enn 1,95 kg TS (figur 7).

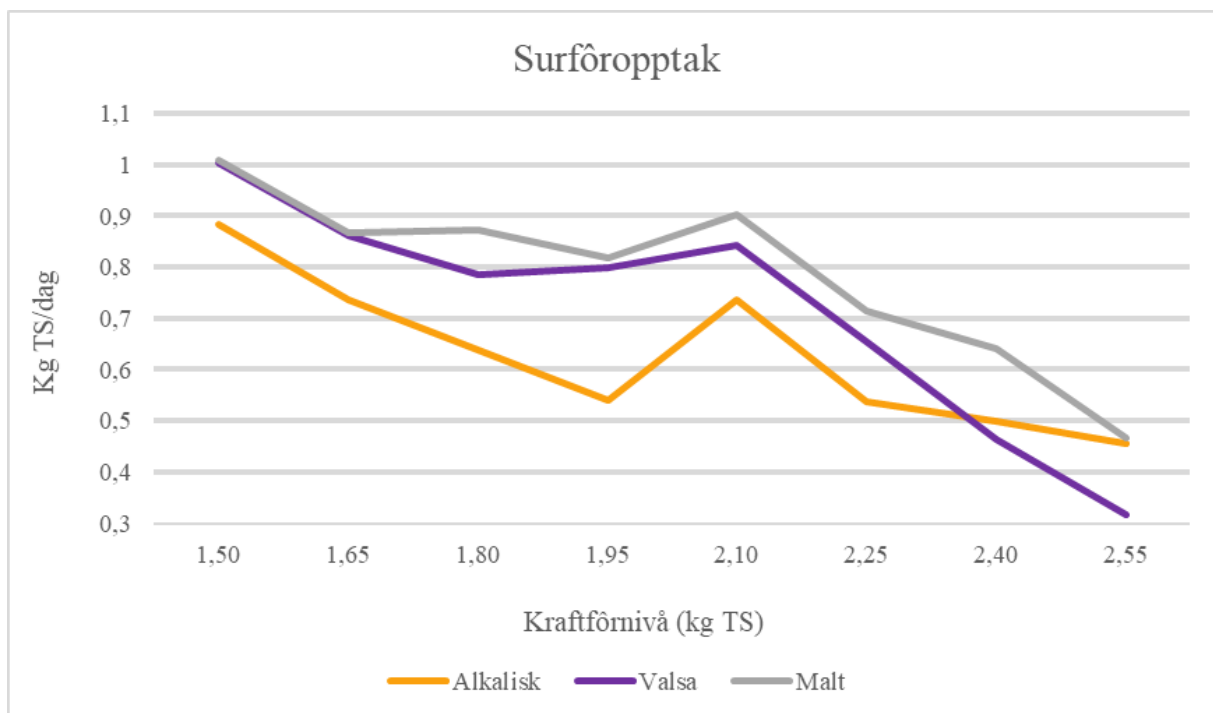
Tabell 14: Surfôropptak (kg TS/dag), totalt fôropptak (kg TS/dag) og kraftfôrandel (% av totalrasjonen) for hver behandling av bygg og ved hvert kraftfôrnivå (lsmeans).

	Kraftfôrnivå (kg TS)	Behandling			SEM ¹	P-verdier		
		Alkalisk	Valsa	Malt		Behandling	Kraftfôrnivå	Kraftfôrnivå x behandling
Surfôropptak (kg TS/dag)	1,50	0,88 ^u	1,00 ^u	1,01 ^u	0,066	0,018	<0,0001	0,538
	1,65	0,74 ^v	0,86 ^v	0,87 ^{vw}				
	1,80	0,64 ^{b vw}	0,79 ^{ab vw}	0,87 ^{a v}				
	1,95	0,54 ^{b w}	0,80 ^{a vw}	0,82 ^{a vw}				
	2,10	0,74 ^{uv}	0,84 ^{uv}	0,90 ^{uv}				
	2,25	0,54 ^{b w}	0,65 ^{ab w}	0,72 ^{a wx}				
	2,40	0,50 ^w	0,46 ^x	0,64 ^x				
	2,55	0,46 ^w	0,32 ^x	0,47 ^y				
Totalt fôropptak (kg TS/dag)	1,50	2,38 ^w	2,50 ^w	2,51 ^w	0,066	0,018	<0,0001	0,538
	1,65	2,39 ^w	2,51 ^w	2,52 ^w				
	1,80	2,44 ^{b w}	2,59 ^{ab w}	2,67 ^{a v}				
	1,95	2,49 ^{b w}	2,75 ^{a v}	2,77 ^{a v}				
	2,10	2,84 ^{uv}	2,94 ^u	3,00 ^u				
	2,25	2,79 ^{b v}	2,90 ^{ab uv}	2,97 ^{a u}				
	2,40	2,90 ^{uv}	2,86 ^{uv}	3,04 ^u				
	2,55	3,00 ^u	2,87 ^{uv}	3,02 ^u				
Kraftfôrandel (% av totalrasjon)	1,50	63,3 ^y	60,8 ^z	60,3 ^z	1,79	0,021	<0,0001	0,555
	1,65	69,6 ^x	66,3 ^y	66,2 ^y				
	1,80	74,0 ^{a w}	70,0 ^{ab x}	67,7 ^{b xy}				
	1,95	78,4 ^{a v}	71,3 ^{b x}	70,4 ^{b w}				
	2,10	74,4 ^w	71,7 ^x	70,4 ^{wx}				
	2,25	81,1 ^{uv}	77,7 ^w	76,7 ^v				
	2,40	83,3 ^u	83,7 ^v	79,6 ^v				
	2,55	85,4 ^u	88,5 ^u	84,9 ^u				

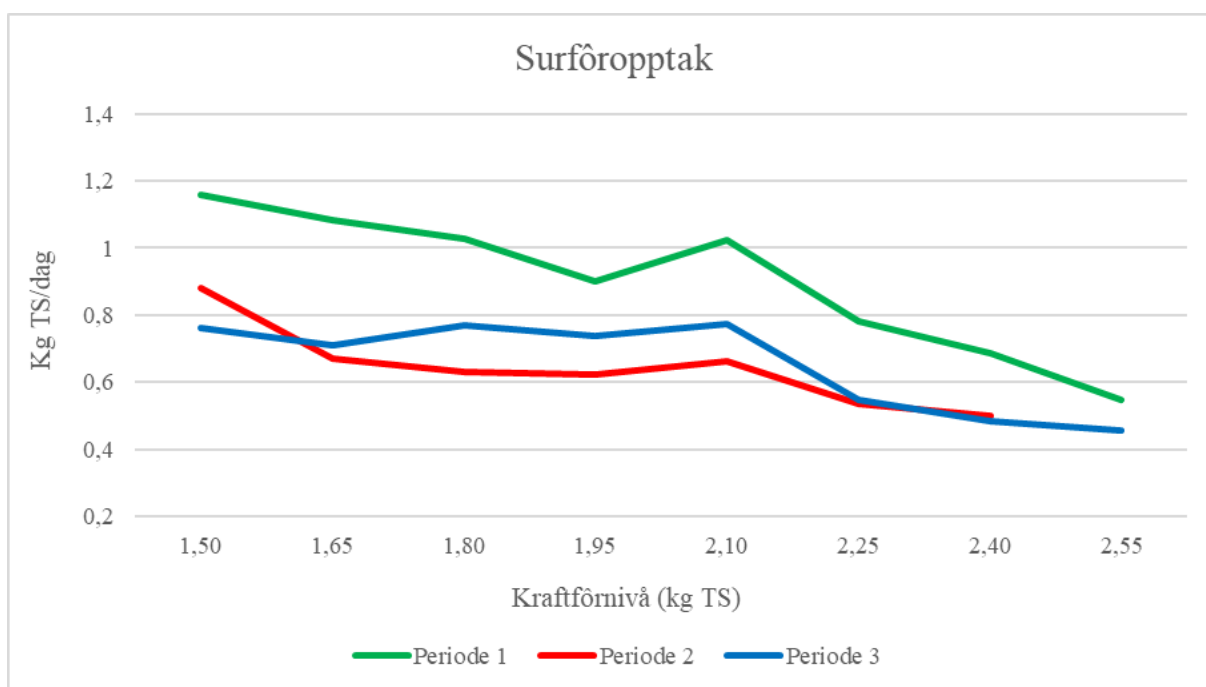
^{a-b} lsmeans innen rad med ulike nedsenka bokstaver er signifikant ulike ($P < 0,05$).

^{u-z} lsmeans innen kolonne med ulike oppheva bokstaver er signifikant ulike ($P < 0,05$).

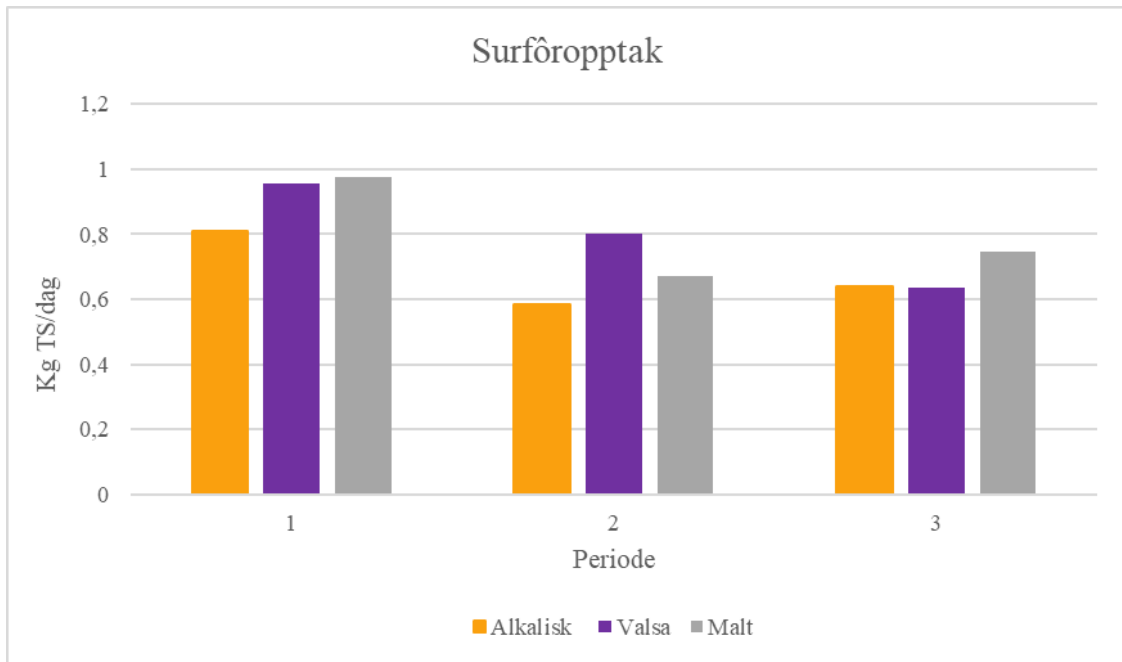
¹ Standardfeil for lsmeans.



Figur 7: Surföroptak (kg TS/dag) for hver behandling av bygg og ved hvert kraftföornivå (Ismeans).



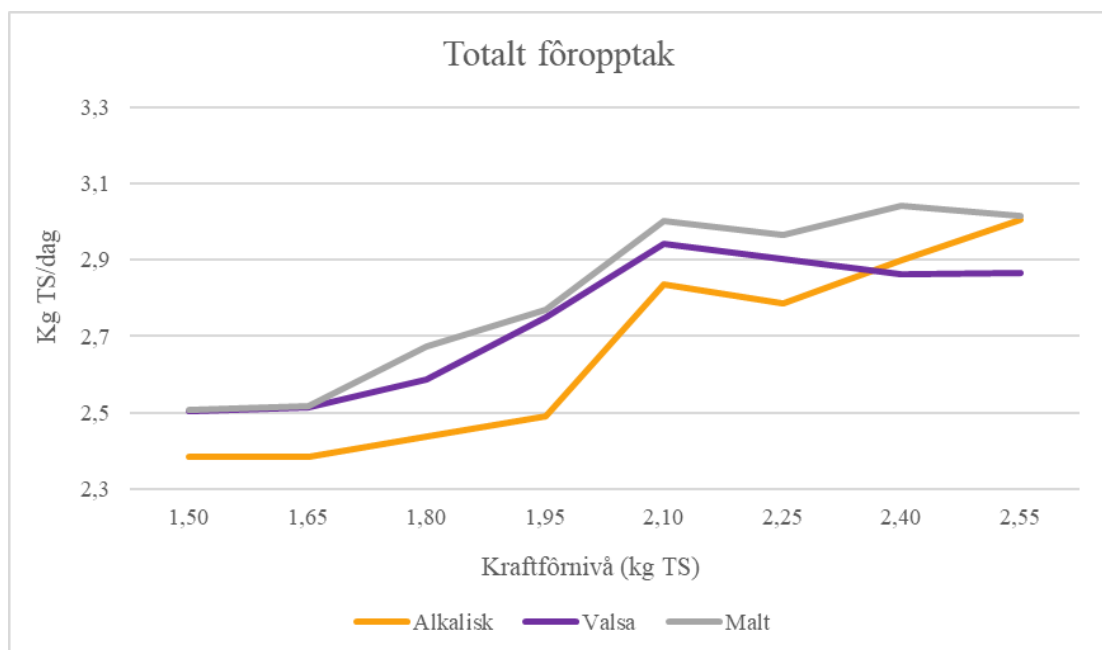
Figur 8: Surföroptak (kg TS/dag) for hver periode og ved hvert kraftföornivå (middeltall).



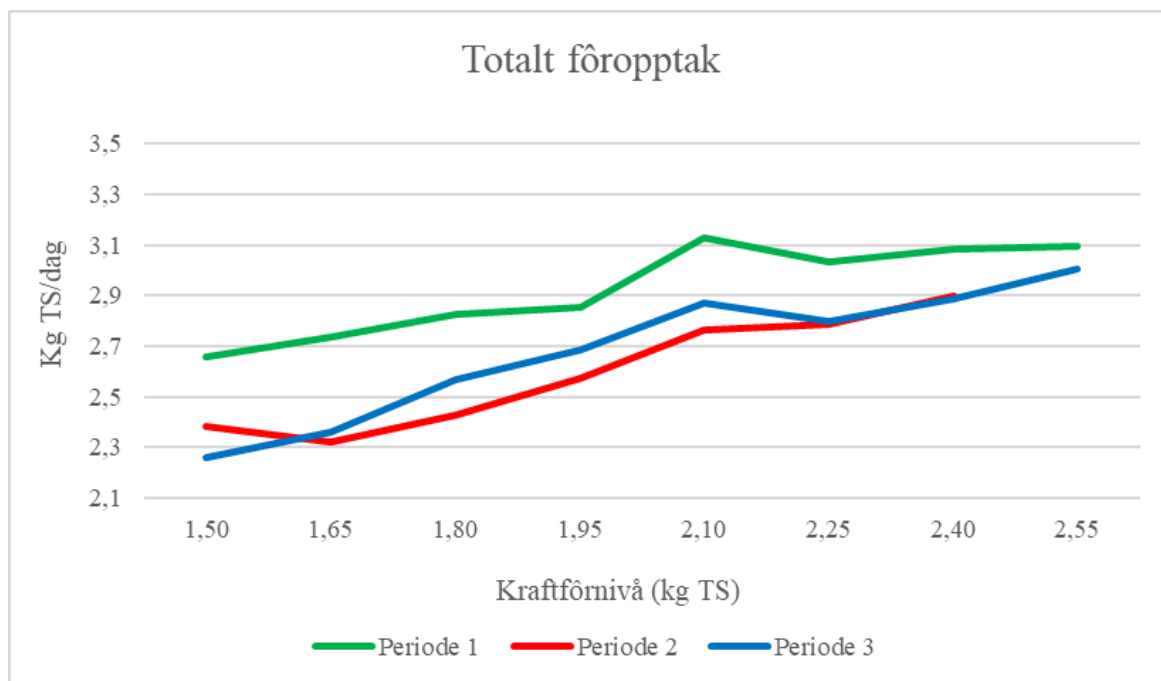
Figur 9: Surfôropptak (kg TS/dag) for hver behandling av bygg og i hver periode (middeltall).

4.1.2 Totalt fôropptak

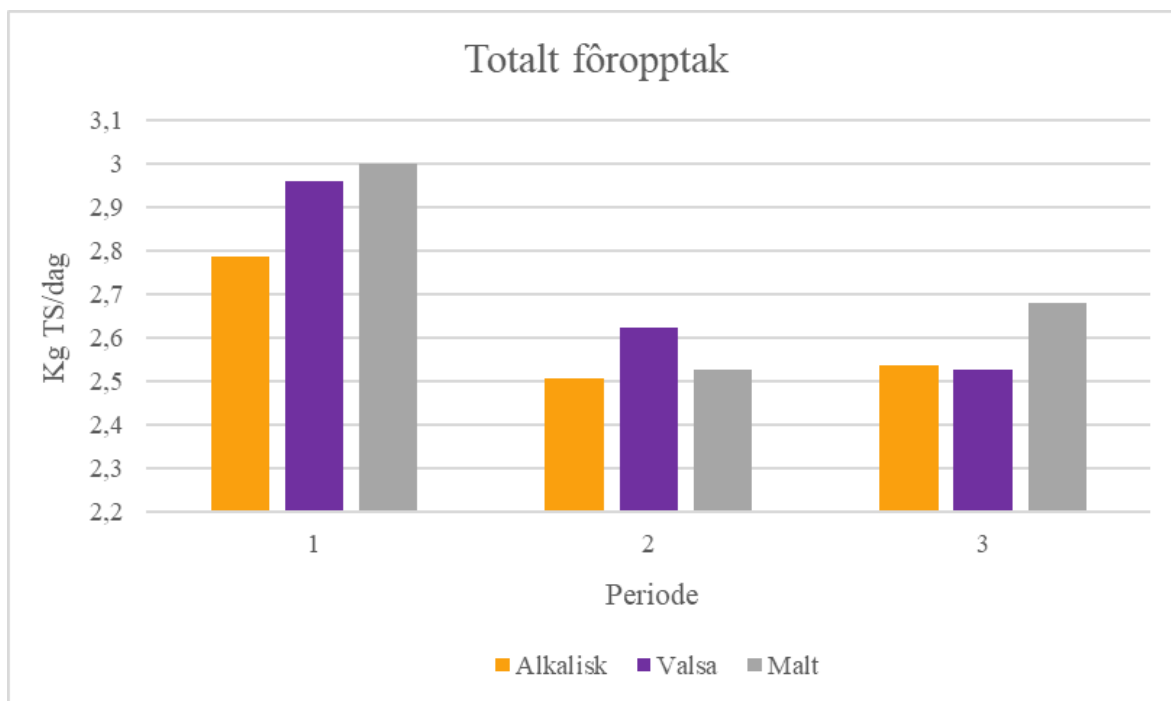
Det totale fôropptaket økte med økende kraftfôrnivå for alle kraftfôrtypene av bygg. Malt bygg ga det høyeste totale fôropptaket i periode 1 og 3 (figur 12), og det høyeste totale fôropptaket ved høye kraftfôrnivå (figur 10). Periode 1 hadde det høyeste totale fôropptaket (figur 11).



Figur 10: Totalt fôropptak (kg TS/dag) for hver behandling av bygg og ved hvert kraftfôrnivå (lsmeans).



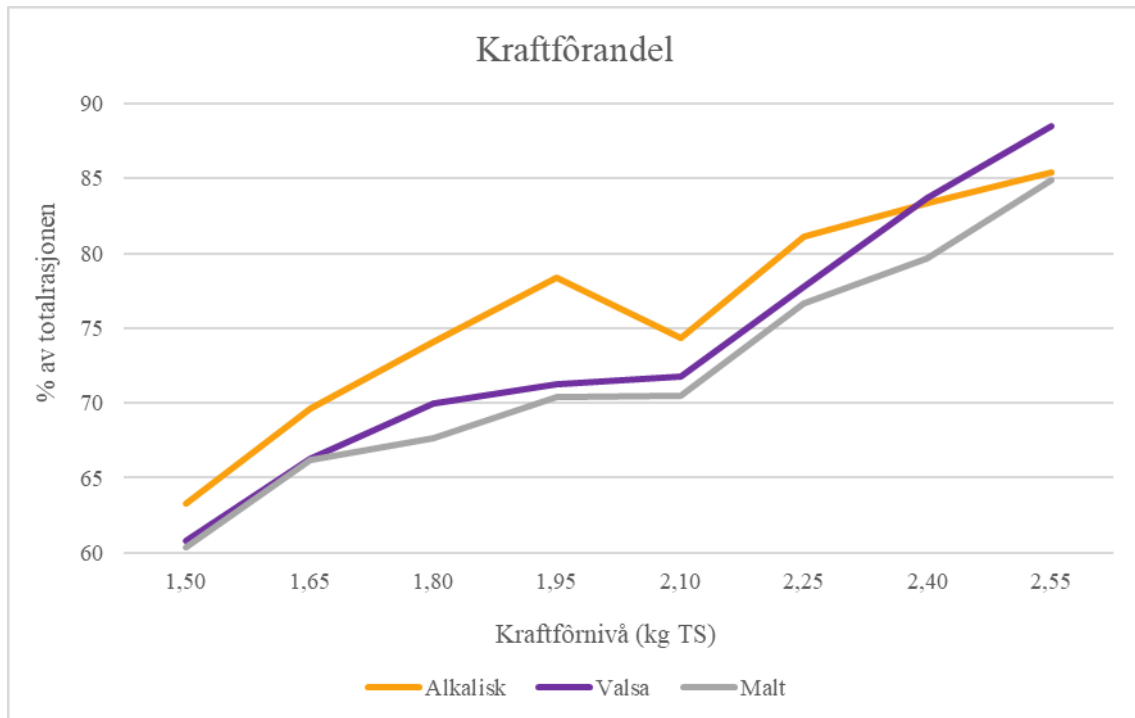
Figur 11: Totalt fôropptak (kg TS/dag) for hver periode og ved hvert kraftfôr nivå (middeltall).



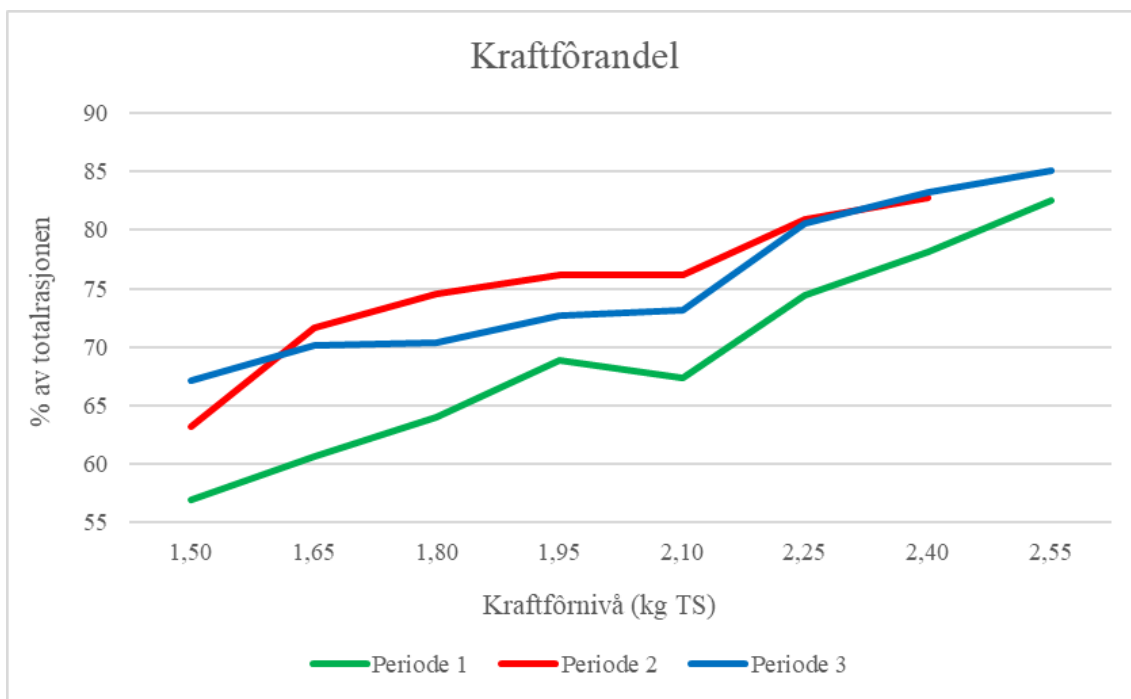
Figur 12: Totalt fôropptak (kg TS/dag) for hver behandling av bygg og i hver periode (middeltall).

4.1.3 Kraftfôrandel i % av totalrasjonen

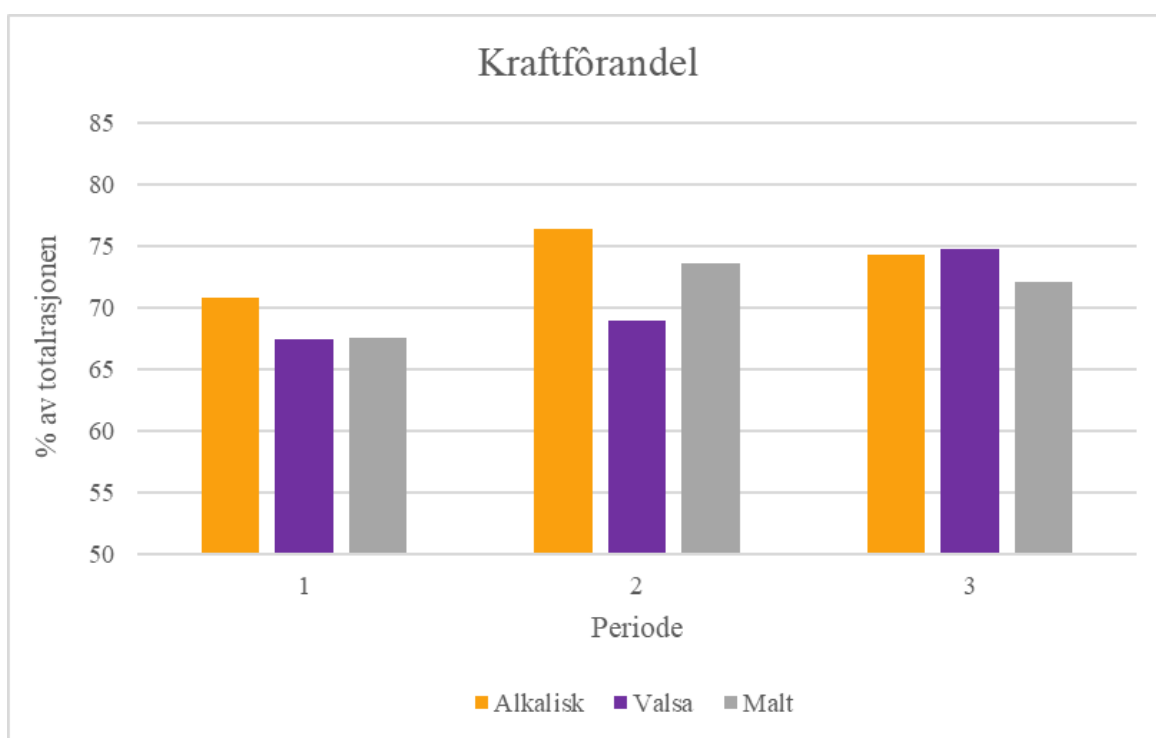
Kraftfôrandelen (i % av totalrasjonen) økte ved økende kraftfôrnivå (figur 13). Det var malt bygg som ga den laveste kraftfôrandelen (figur 13). Alkalisk bygg ga høyest kraftfôrandel i periode 1, mens det i periode 3 var valsa bygg som ga høyest kraftfôrandel (figur 15). Periode 1 hadde lavest kraftfôrandel i % av totalrasjonen (figur 14).



Figur 13: Kraftfôrandel (% av totalrasjonen) for hver behandling av bygg og ved hvert kraftfôrnivå (lsmeans).



Figur 14: Kraftförandel (% av totalrasjonen) for hver periode og ved hvert kraftförmivå (middeltall).



Figur 15: Kraftförandel (% av totalrasjonen) for hver behandling av bygg og i hver periode (middeltall).

4.2 Vommiljø

4.2.1 pH i vom

pH i vom ble signifikant redusert ($P < 0,0001$) ved økende kraftfôrnivå for alle kraftfôrtypene av bygg (tabell 15, figur 16). Variasjonen i pH gjennom døgnet var lik for alle kraftfôrtypene av bygg (figur 17), og tidspunkt for måling av pH hadde en signifikant effekt ($P < 0,05$).

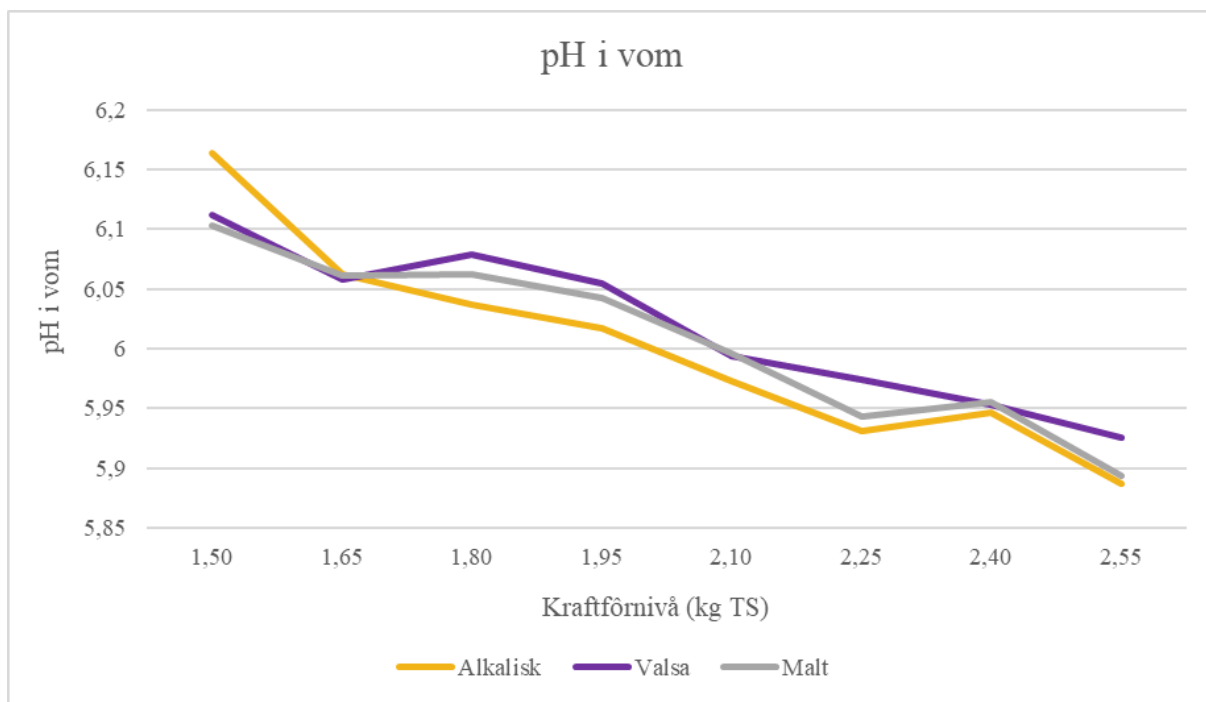
Samtidig hadde også periode (laktasjonstidspunkt) en signifikant effekt ($P < 0,05$) på pH i vom. Den gjennomsnittlige daglige variasjonen i pH var høyere ved et lavt kraftfôrnivå (figur 18).

Tabell 15: pH i vom for hver behandling av bygg og ved hvert kraftfôrnivå, forholdet mellom eddiksyre og propionsyre i vom for lavt og høyt kraftfôrnivå og innholdet av ammonium-N for lavt og høyt kraftfôrnivå (lsmmeans).

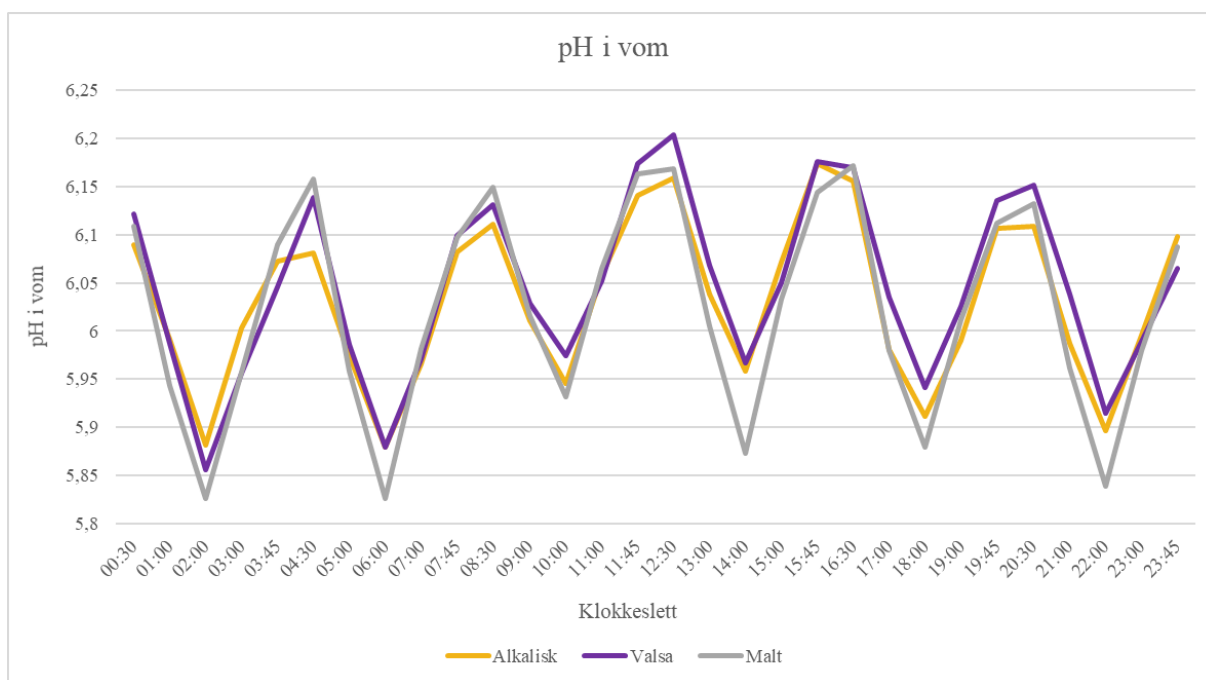
	Kraftfôrnivå (kg TS)	Behandling			SEM ¹	P-verdier		
		Alkalisk	Valsa	Malt		Behandling	Kraftfôrnivå	Kraftfôrnivå x behandling
pH i vom	1,50	6,14 ^u	6,11 ^u	6,10 ^u	0,016	0,162	<0,0001	0,126
	1,65	6,06 ^v	6,06 ^v	6,06 ^v				
	1,80	6,04 ^v	6,08 ^{uv}	6,06 ^v				
	1,95	6,02 ^{vw}	6,05 ^v	6,04 ^v				
	2,10	5,97 ^{wx}	5,99 ^w	6,00 ^w				
	2,25	5,93 ^{xy}	5,97 ^{wx}	5,94 ^x				
	2,40	5,95 ^x	5,95 ^{wx}	5,95 ^{wx}				
	2,55	5,89 ^y	5,93 ^x	5,89 ^y				
Eddiksyre:Propionsyre	Lavt kraftfôrnivå	3,63 ^u	3,81 ^u	3,79 ^u	0,188	0,567	0,001	0,608
	Høyt kraftfôrnivå	2,89 ^v	2,79 ^v	3,12 ^v				
Ammonium-N (mg/L)	Lavt kraftfôrnivå	341 ^v	341 ^v	363 ^v	35,1	0,428	0,001	0,657
	Høyt kraftfôrnivå	454 ^u	507 ^u	527 ^u				

^{u-v} lsmmeans innen kolonne med ulike oppheva bokstaver er signifikant ulike ($P < 0,05$).

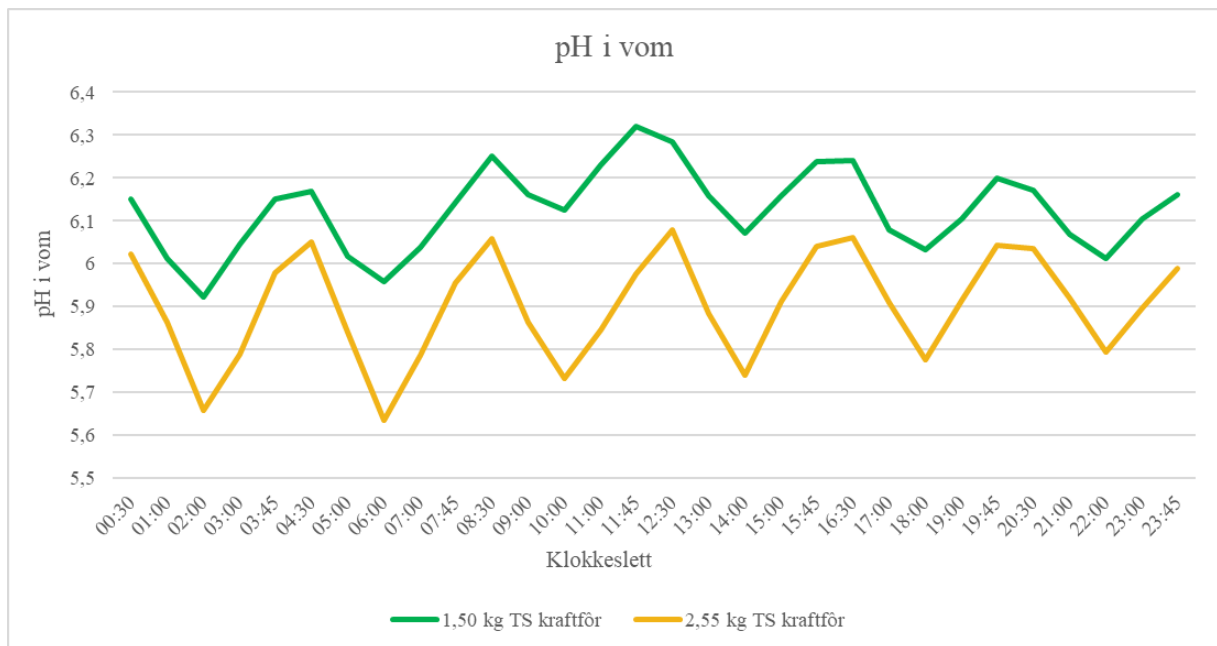
¹Standardfeil for lsmmeans.



Figur 16: pH i vom for hver behandling av bygg og for hvert kraftförnivå (lsmeans).



Figur 17: pH i vom for hver behandling av bygg ved ulike tidspunkt gjennom døgnet (middeltall).



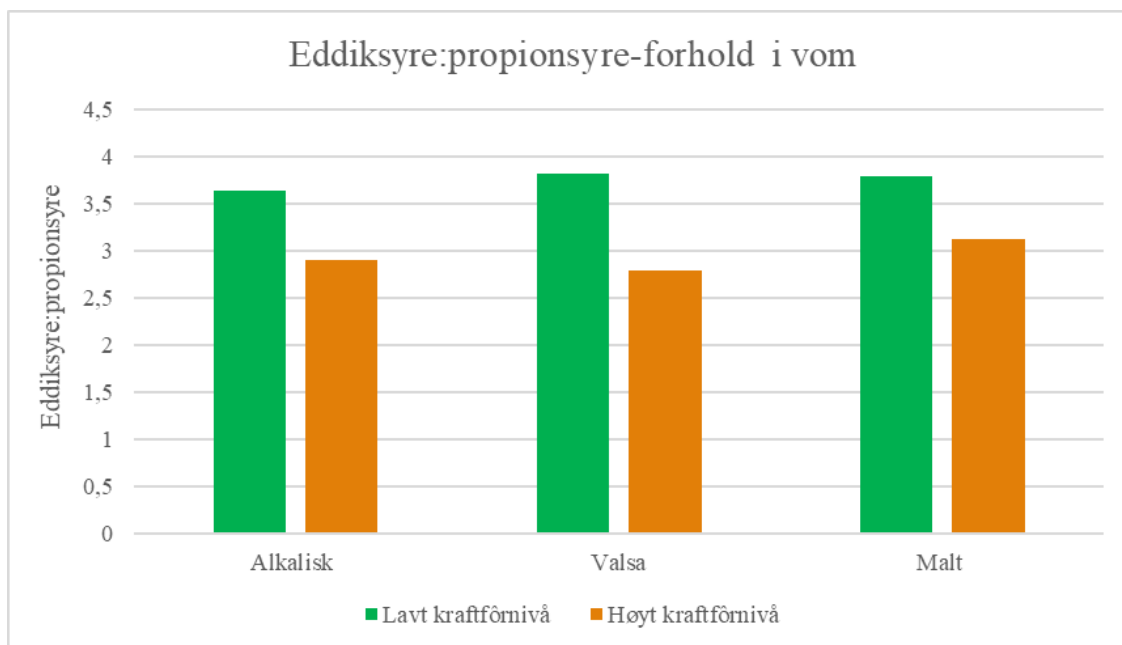
Figur 18: pH i vom ved ulike tidspunkt gjennom døgnet ved lavt og høyt kraftfôrnivå (lsmmeans).

4.2.2 VFA

Innholdet av VFA i vom og forholdet eddiksyre:propionsyre i vom, ble signifikant redusert ($P < 0,05$) ved høyt kraftfôrnivå sammenlignet med lavt kraftfôrnivå (tabell 15, figur 19 og 20). Behandling av bygg hadde ingen signifikant effekt på pH i vom, VFA eller forholdet eddiksyre:propionsyre i vom (tabell 15).



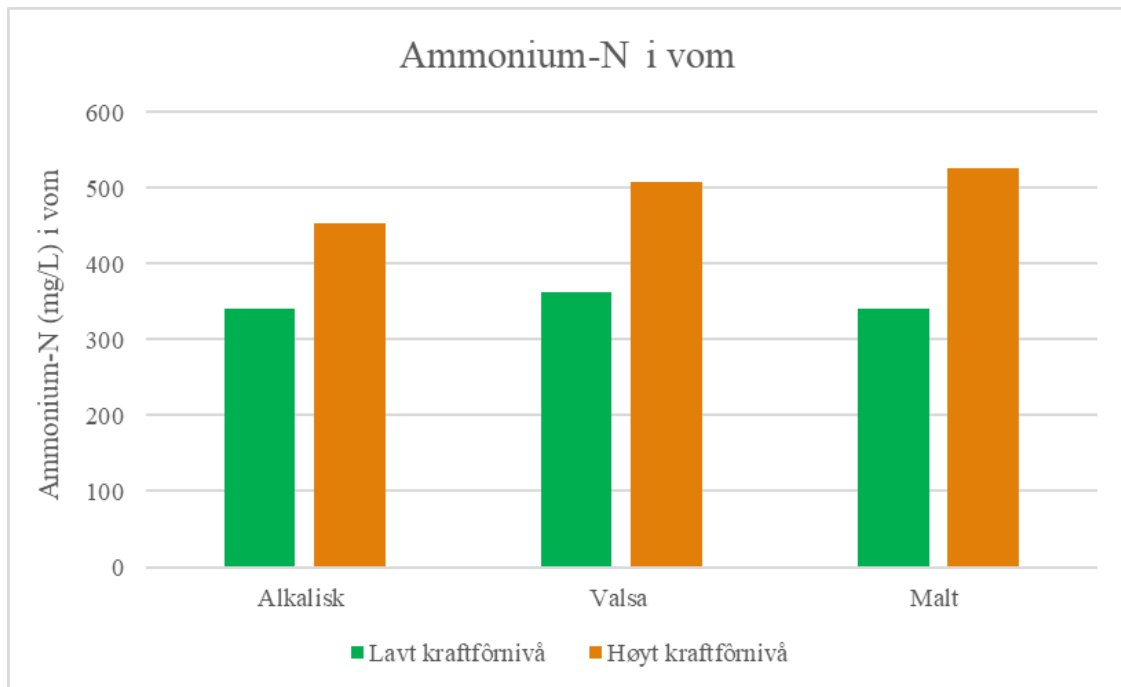
Figur 19: Innholdet av eddiksyre, propionsyre og smørsyre i vom (molar%) for hver behandling av bygg, og ved lavt og høyt kraftfôrnivå (lsmeans).



Figur 20: Forholdet mellom eddiksyre og propionsyre i vom ved hver behandling av bygg, og ved lavt og høyt kraftfôrnivå (lsmeans).

4.2.3 Ammonium-N

Innholdet av ammonium-N i vom økte signifikant ($P < 0,05$) ved høyt kraftfôrnivå, sammenlignet med et lavt kraftfôrnivå (tabell 15, figur 21), mens behandling av bygg ikke hadde noen signifikant effekt.



Figur 21: Innholdet av ammonium-N (mg/L) i vom for hver behandling av bygg og ved lavt og høyt kraftfôrnivå (lsmmeans).

4.3 Melkeytelse

Ved økende kraftfôrnivå økte melkeytelsen for alle kraftfôrtyperne av bygg (figur 22). Både kraftfôrnivå ($P < 0,0001$), behandling av bygg ($P < 0,05$) og periode ($P < 0,05$) hadde en signifikant effekt på melkeytelse (tabell 16). Det var alkalisk bygg som ga høyest melkeytelse ved økende kraftfôrnivå, mens valsa bygg ga lavest (figur 22). Melkeytelsen var høyest i periode 1 og lavest i periode 3 (figur 23). Alkalisk bygg ga tydelig høyest melkeytelse i periode 1 og 3 (figur 24).

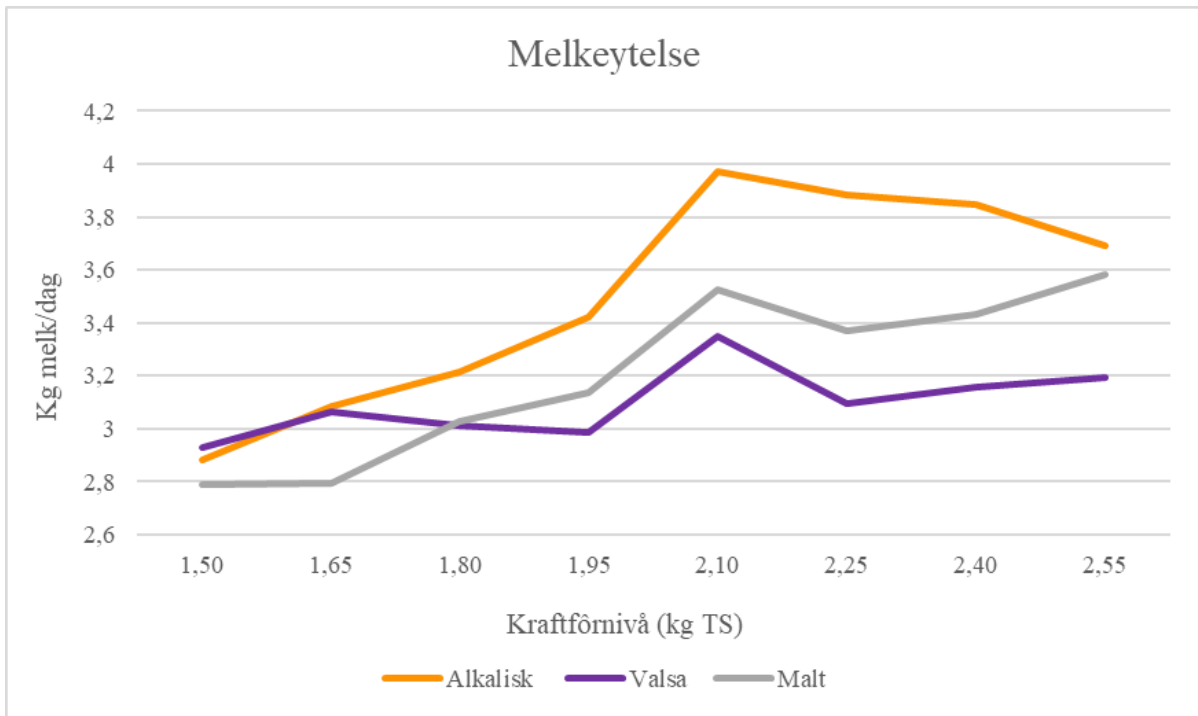
Tabell 16: Melkeytelse (kg melk/dag), fettinnhold i melk (%) og proteininnhold i melk (%) for hver behandling av bygg og for hvert kraftfôrnivå (lsmeans).

	Kraftfôrnivå (kg TS)	Behandling			SEM ¹	P-verdier		
		Alkalisk	Valsa	Malt		Behandling	Kraftfôrnivå	Kraftfôrnivå x behandling
Melkeytelse (kg melk/dag)	1,50	2,88 ^x	2,93 ^v	2,79 ^w	0,163	0,006	<0,0001	0,052
	1,65	3,09 ^a ^w	3,06 ^{ab} ^{vw}	2,80 ^b ^w				
	1,80	3,22 ^w	3,01 ^v	3,03 ^v				
	1,95	3,42 ^a ^v	2,99 ^b ^v	3,14 ^{ab} ^v				
	2,10	3,97 ^u ^a	3,35 ^b ^{uw}	3,53 ^b ^u				
	2,25	3,89 ^a ^u	3,09 ^b ^v	3,37 ^b ^u				
	2,40	3,85 ^a ^u	3,16 ^b ^{uv}	3,43 ^b ^u				
	2,55	3,69 ^a ^{uv}	3,19 ^b ^{uv}	3,58 ^a ^u				
Fettinnhold (%)	1,50	4,20 ^u	3,92 ^v	4,01 ^{uv}	0,252	0,436	0,037	0,687
	1,65	4,19 ^u	4,11 ^{uv}	4,13 ^{uv}				
	1,80	4,17 ^u	4,32 ^u	4,10 ^{uv}				
	1,95	3,96 ^{uv}	4,23 ^{uv}	4,18 ^u				
	2,10	3,96 ^u	4,43 ^u	4,02 ^{uv}				
	2,25	3,65 ^v	4,14 ^{uv}	3,77 ^v				
	2,40	3,80 ^{uv}	4,19 ^{uv}	3,82 ^{uv}				
	2,55	3,58 ^{uv}	3,98 ^{uv}	3,78 ^{uv}				
Proteininnhold (%)	1,50	3,39	3,40	3,47	0,101	0,940	0,627	0,532
	1,65	3,38	3,41	3,54				
	1,80	3,42	3,46	3,51				
	1,95	3,48	3,45	3,51				
	2,10	3,46	3,44	3,46				
	2,25	3,51	3,50	3,39				
	2,40	3,49	3,51	3,42				
	2,55	3,51	3,57	3,48				

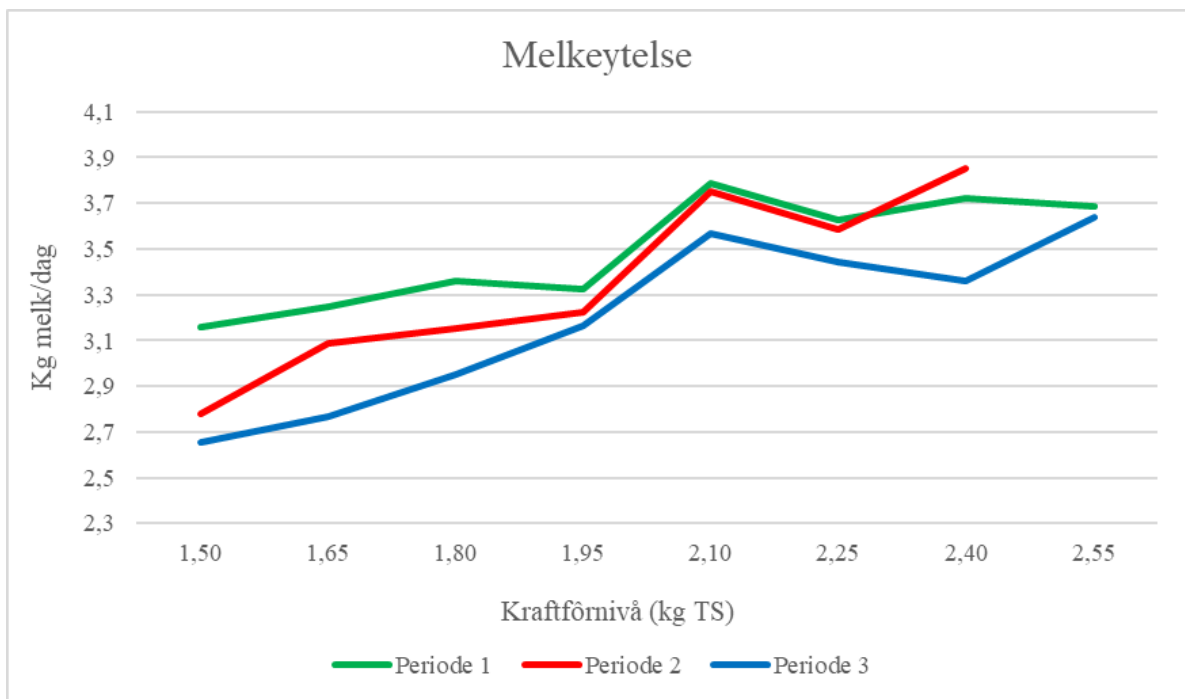
^{a-b} lsmeans innen rad med ulike nedsenka bokstaver er signifikant ulike ($P < 0,05$).

^{u-x} lsmeans innen kolonne med ulike oppheva bokstaver er signifikant ulike ($P < 0,05$).

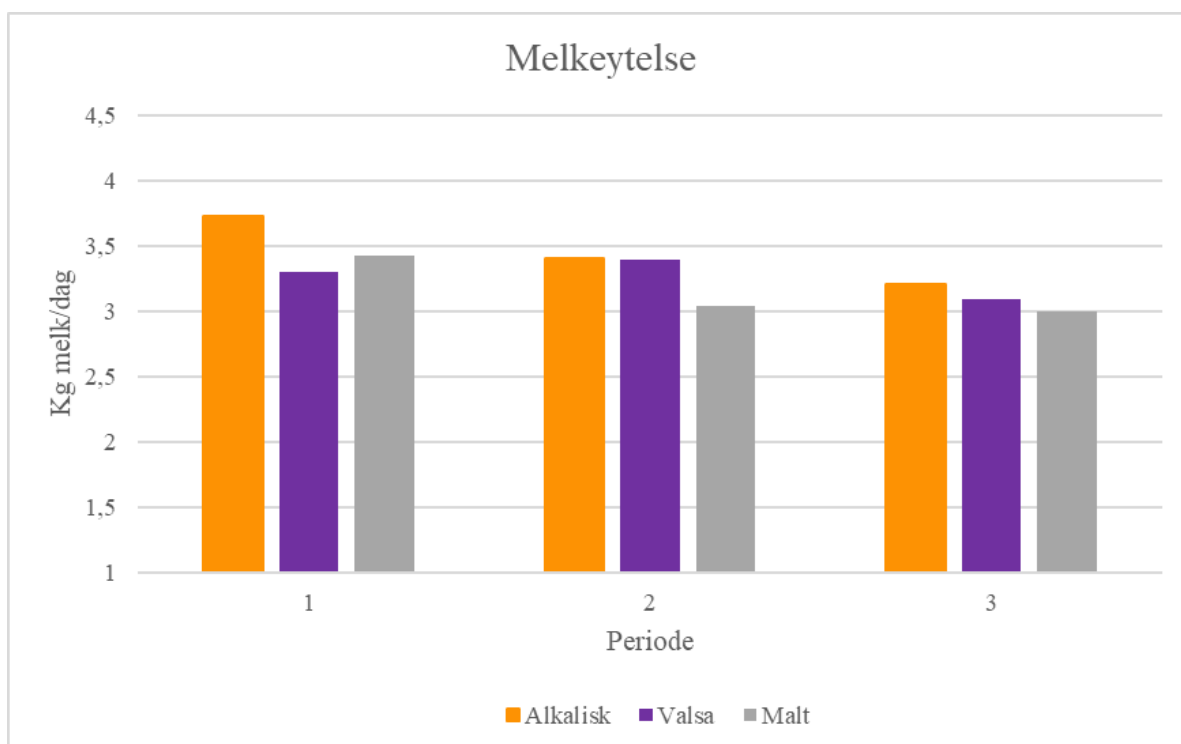
¹ Standardfeil for lsmeans.



Figur 22: Melkeytelse (kg melk/dag) for hver behandling av bygg og ved hvert kraftförlivå (lsmeans).



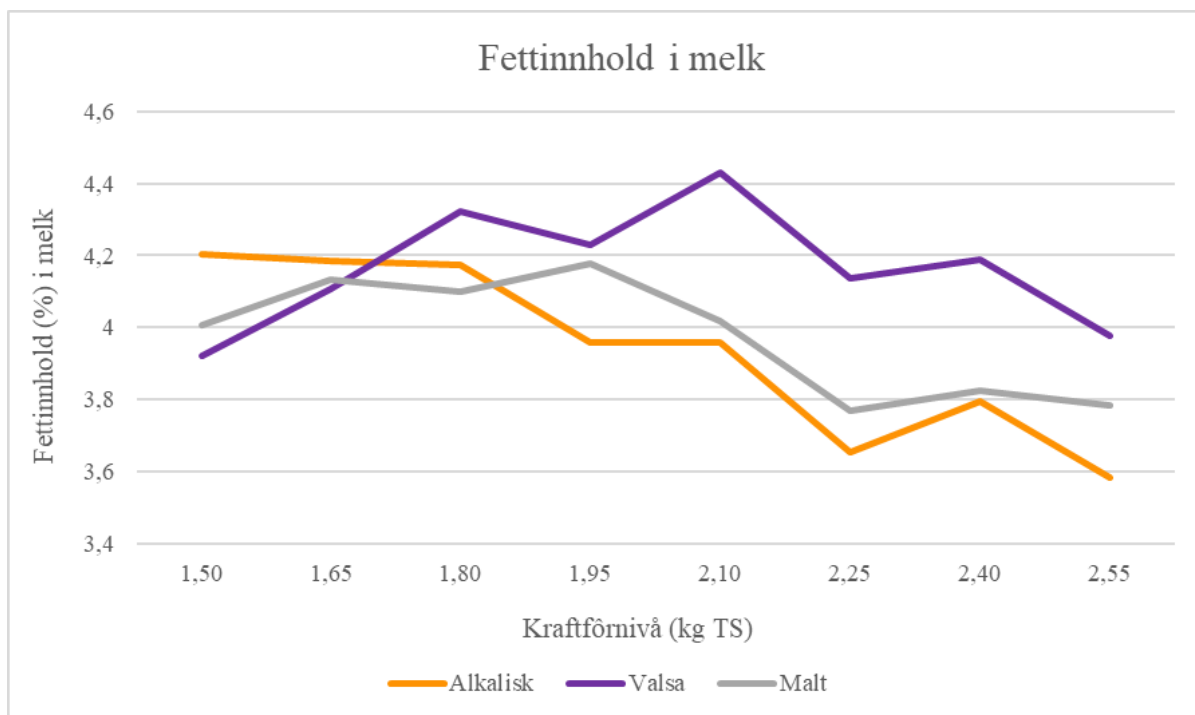
Figur 23: Melkeytelse (kg melk/dag) for hver periode og ved hvert kraftförlivå (middeltall).



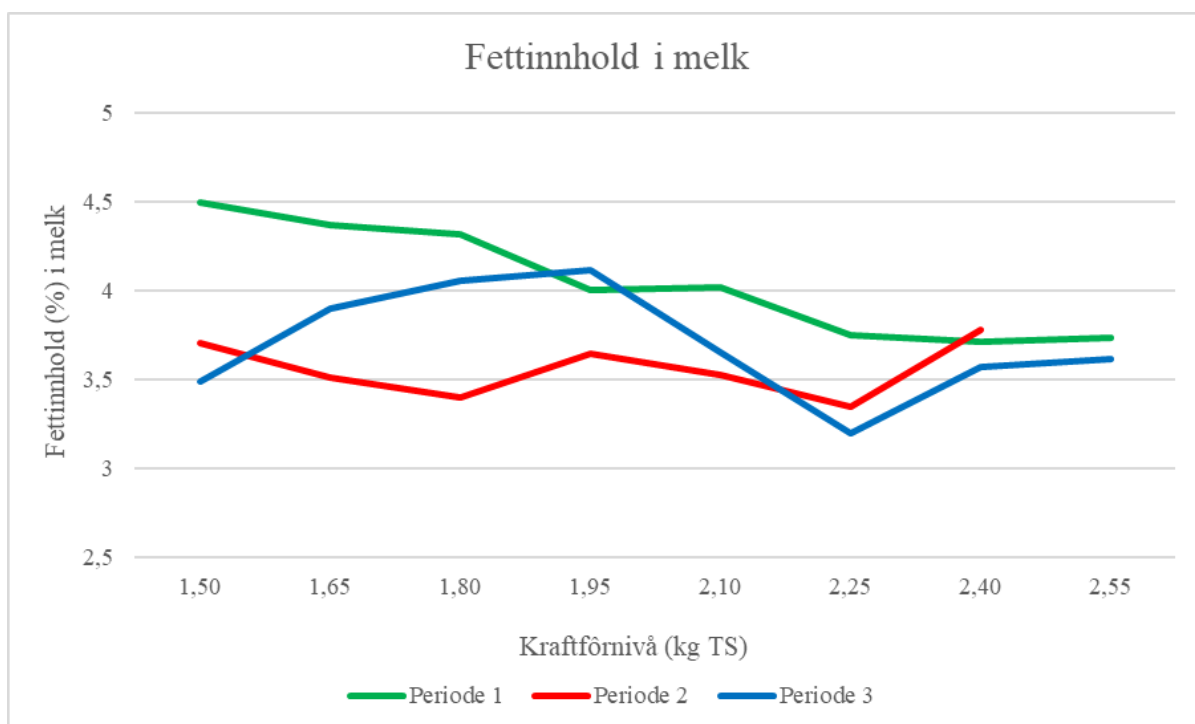
Figur 24: Melkeytelse (kg melk/dag) for hver behandling av bygg og i hver periode (middeltall).

4.4 Fettinnhold i melk

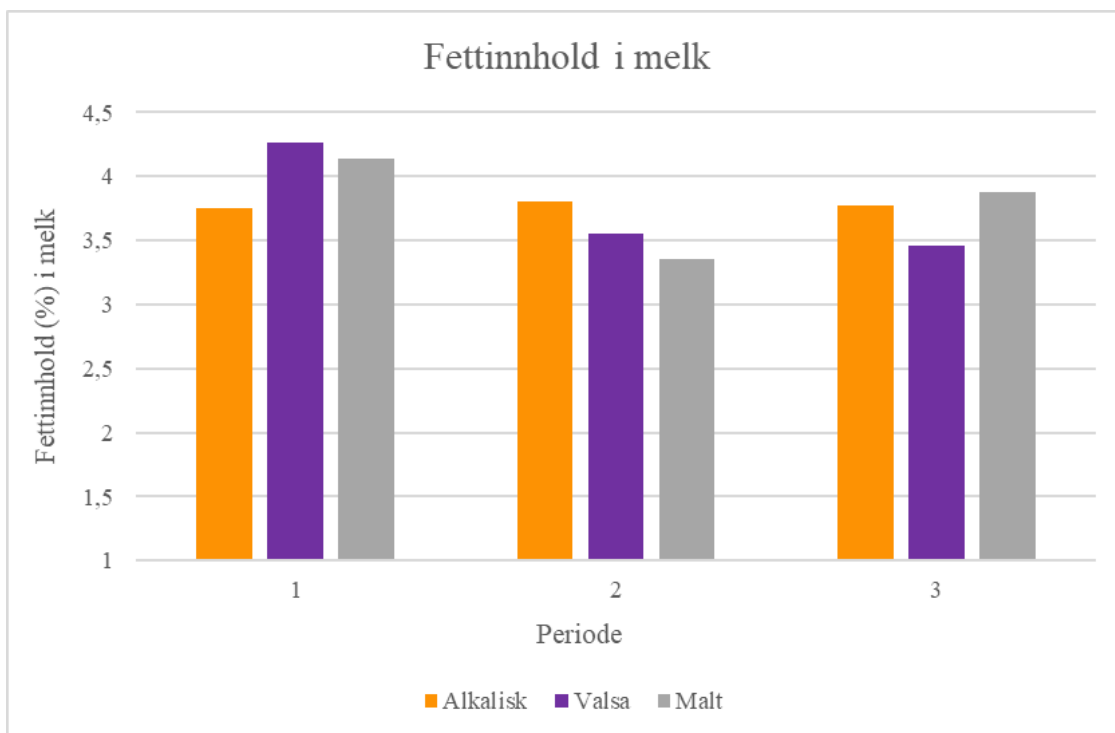
Fettinnholdet i melk ble signifikant redusert ($P < 0,05$) ved økende kraftfôrnivå (tabell 16). Det var valsa bygg som ga høyest fettinnhold i melk ved de høyeste kraftfôrnivåene, mens alkalisk bygg ga lavest (figur 25). Periode 3 hadde lavest fettinnhold i melk ved høye kraftfôrnivå (figur 26). Valsa bygg ga høyest fettinnhold i melk i periode 1 (figur 27).



Figur 25: Fettinnhold i melk (%) for hver behandling av bygg og ved hvert kraftfôrnivå (lsmmeans).



Figur 26: Fettinnhold i melk (%) i hver periode og ved hvert kraftfôrnivå (middeltall).

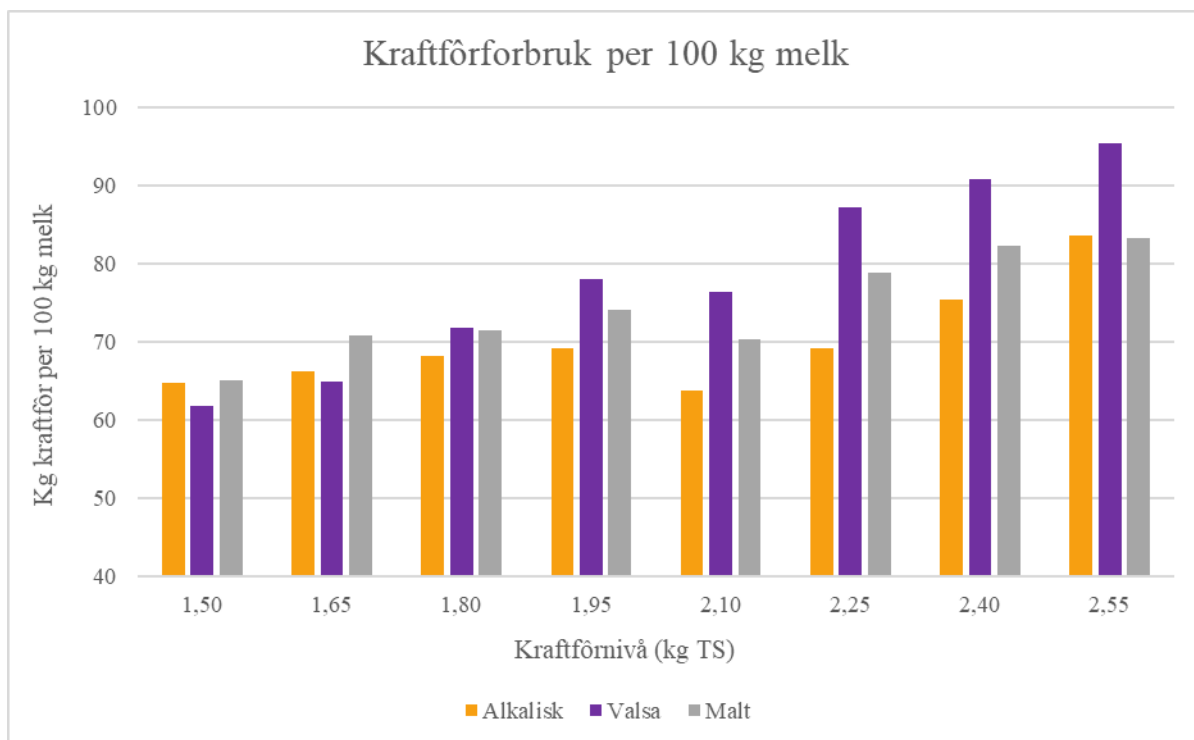


Figur 27: Fettinnhold i melk (%) for hver behandling av bygg og i hver periode (middeltall).

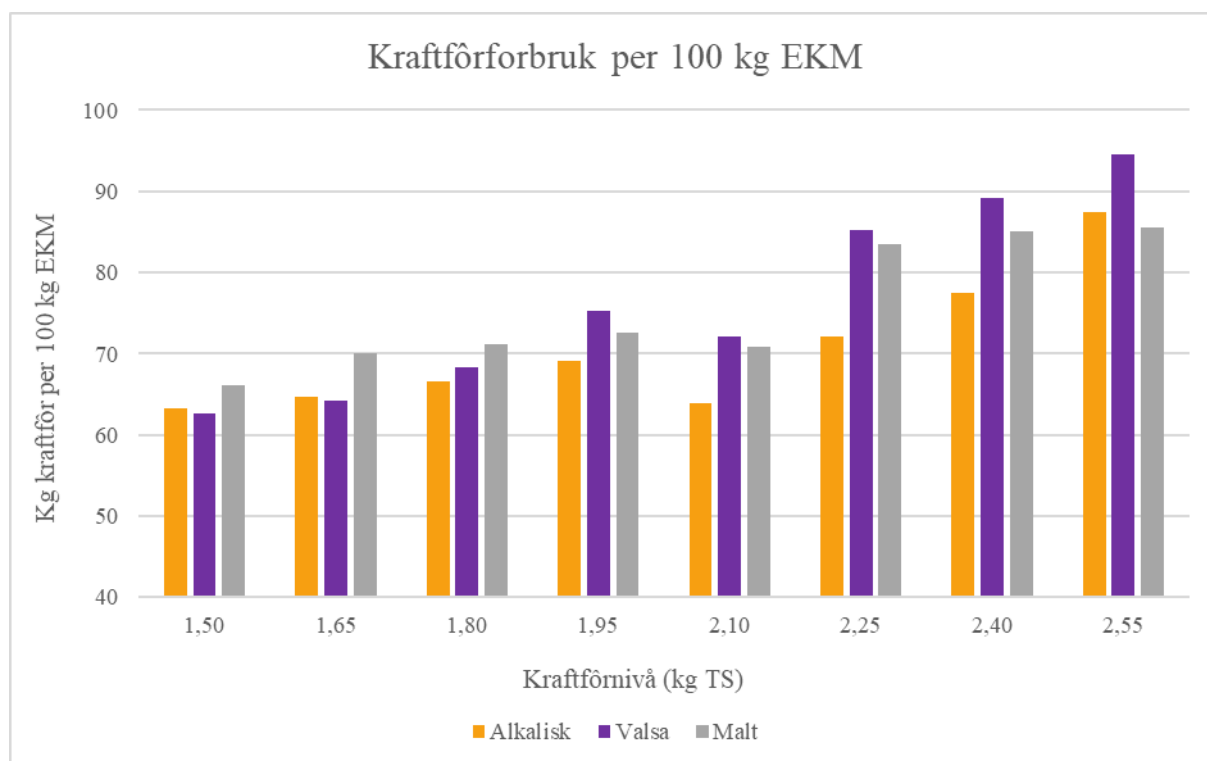
4.5 Kraftfôrforbruk

4.5.1 Kraftfôrforbruk per 100 kg melk og per 100 kg EKM

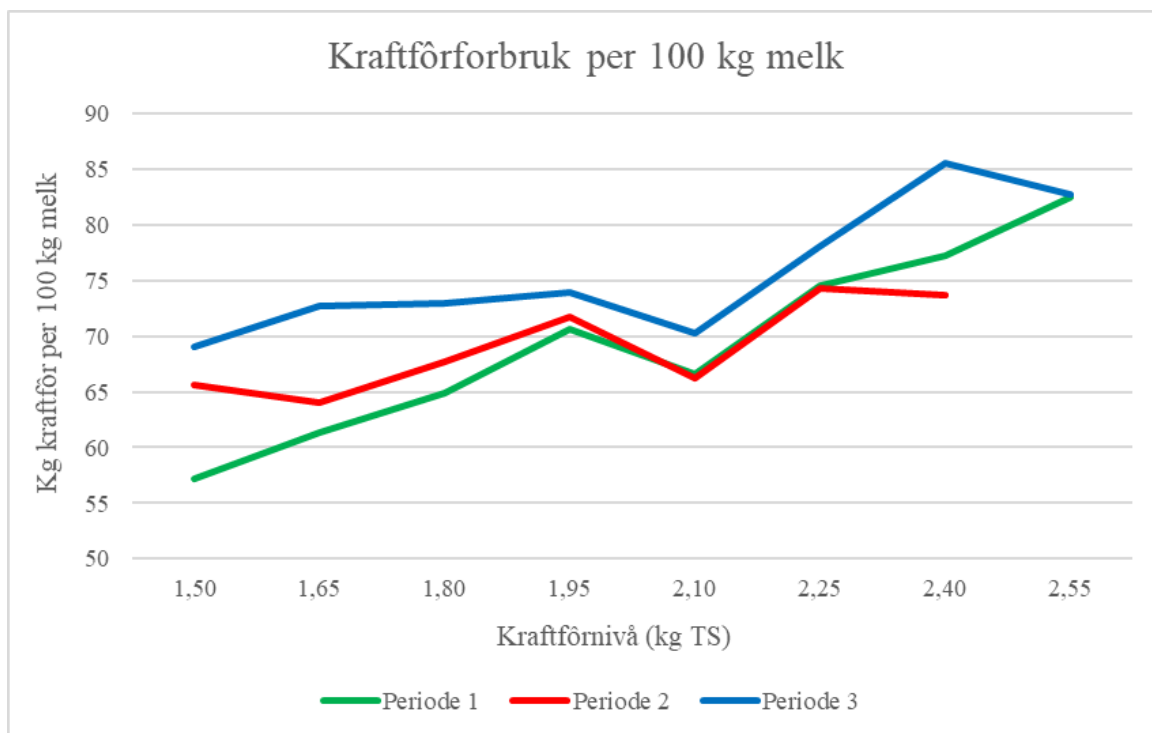
Kraftfôrforbruket økte med økende kraftfôrnivå både per 100 kg melk og per 100 kg EKM (figur 28 og 29). Behandling av bygg, kraftfôrnivå og periode hadde alle signifikant effekt ($P < 0,05$) på kraftfôrforbruket per 100 kg melk. Både kraftfôrnivå og periode hadde signifikant effekt ($P < 0,05$) på kraftfôrforbruket per 100 kg EKM. Valsa bygg ga det høyeste kraftfôrforbruket per 100 kg EKM ved de høyeste kraftfôrnivåene, mens alkalisk bygg ga det laveste kraftfôrforbruket (figur 29). Kraftfôrforbruket per 100 kg melk var høyest i periode 3 (figur 30).



Figur 28: Kraftförbruk per 100 kg melk för hver behandling av bygg og ved hvert kraftförmivå (lsmeans).



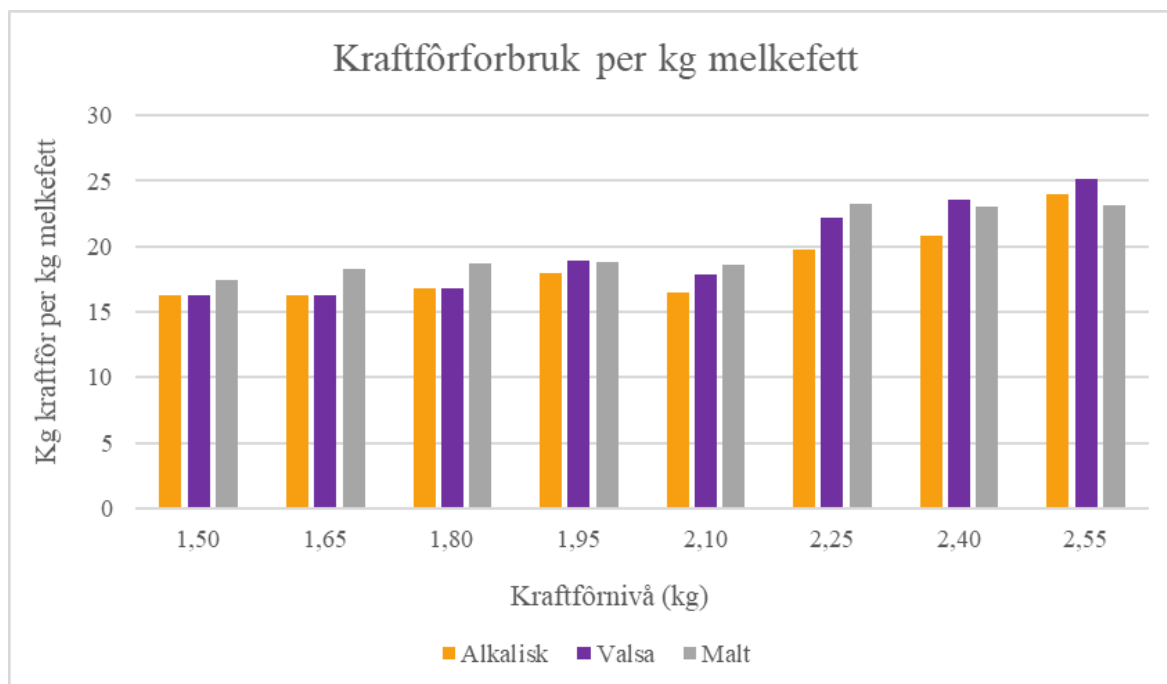
Figur 29: Kraftförbruk per 100 kg EKM för hver behandling av bygg og ved hvert kraftförmivå (lsmeans).



Figur 30: Kraftfôrforbruk per 100 kg melk i forhold til periode og kraftfôrnivå (middeltall).

4.5.2 Kraftfôrforbruk per kg melkefett

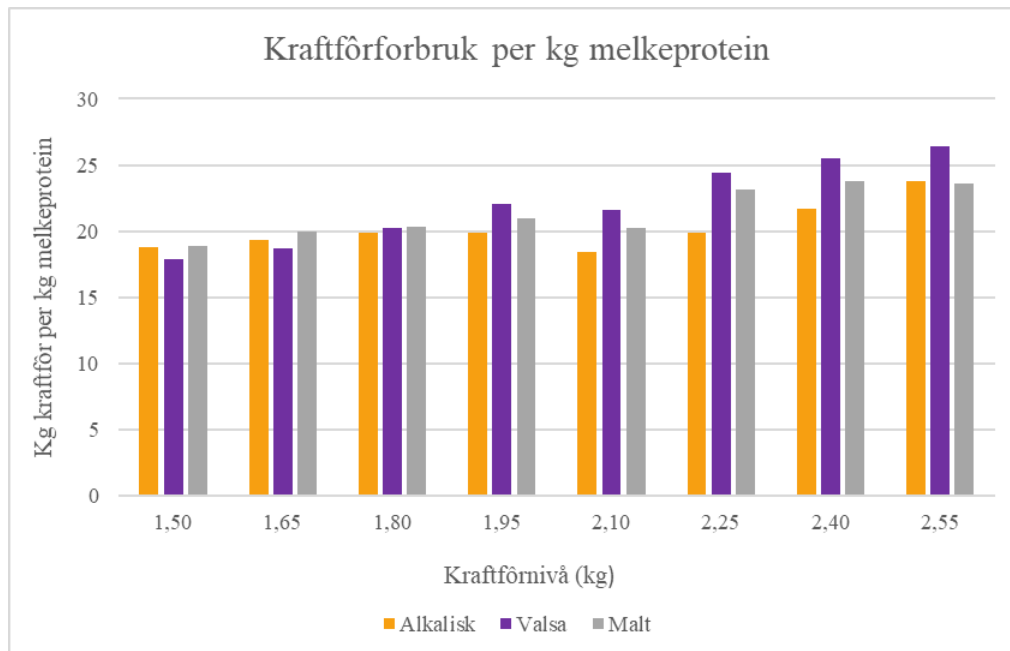
Ved økende kraftfôrnivå økte kraftfôrforbruket per kg melkefett (figur 31) og både kraftfôrnivå og periode hadde en signifikant effekt ($P < 0,05$).



Figur 31: Kraftfôrforbruk per kg melkefett (lsmeans).

4.5.3 Kraftfôrforbruk per kg melkeprotein

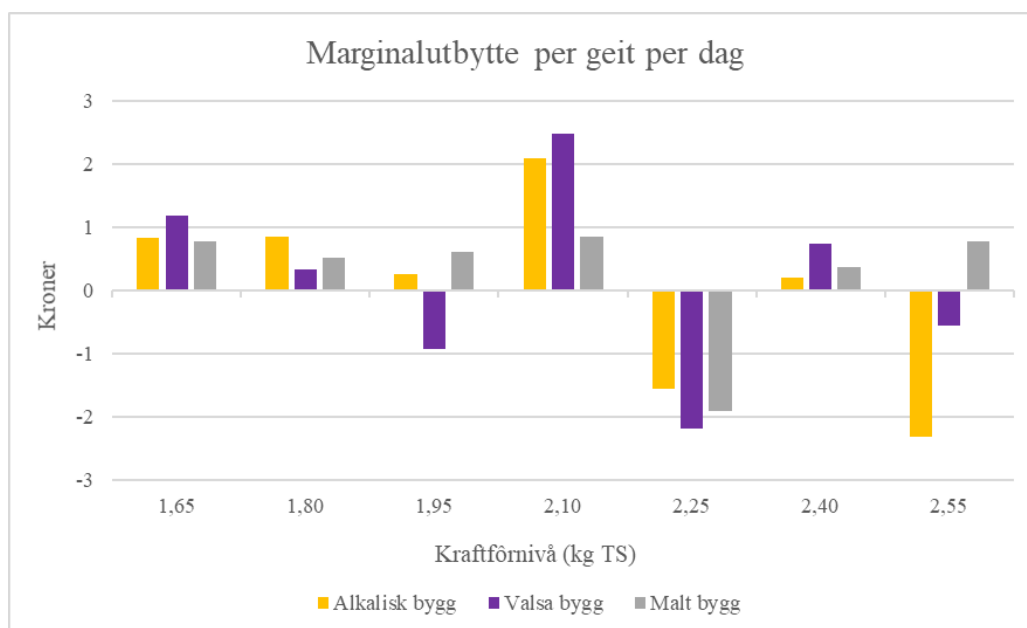
Behandling av bygg, kraftfôrnivå og periode hadde alle signifikant effekt ($P < 0,05$) på kraftfôrforbruket per kg melkeprotein, og kraftfôrforbruket økte ved økende kraftfôrnivå (figur 32).



Figur 32: Kraftfôrforbruk per kg melkeprotein (lsmmeans).

4.6 Marginalutbytte

Marginalutbyttet (kroner) per geit per dag falt ved økende kraftfôrnivå, men det var en økning ved kraftfôrnivå 2,10 kg tørrstoff for alle kraftfôrtypene av bygg (figur 33).



Figur 33: Marginalutbytte (i kroner) per geit og per dag, ved 150 gram økning i kraftfôr.

5.0 Diskusjon

5.1 Surfôropptak, totalt fôrøpptak og kraftfôrandel

Resultatene i oppgaven viste at surfôropptaket falt ved økende kraftfôrnivå. Dette skyldes substitusjonseffekten, der surfôropptaket går ned ved tildeling av økende mengde kraftfôrtørrstoff i fôrrasjonen (Kvamsås et al., 2016a). Substitusjonseffekten var høyest ved de høyeste kraftfôrnivåene og i periode 1, som tilsvarer tidliglaktasjon. Dette stemmer med at substitusjonseffekten vanligvis er størst i tidliglaktasjon og ved høye kraftfôrmengder (Kvamsås & Gonsholt, 2013; Kvamsås et al., 2016b). Det var en høyere økning i substitusjonseffekten for alkalisk bygg ved lave kraftfôrnivåer, sammenlignet med valsa og malt bygg, noe som kan ha sammenheng med at alkalisk bygg i tillegg hadde høyest kraftfôrandel. I samsvar med dette forsøket fant Kawas et al. (1991) at surfôropptaket ble redusert ved økende mengde lettfordøyelige karbohydrater i rasjonen hos melkegeit. Bargo et al. (2002) fant at tilskudd med lettfordøyelige karbohydrater reduserte tørrstoffopptaket på beite hos melkekyr.

Det totale fôrøpptaket har sammenheng med surfôropptaket. Ved økende kraftfôrnivå økte det totale fôrøpptaket, noe som også ble observert av Kawas et al. (1991) og Desnoyers et al. (2008) i forsøk med melkegeit. Økt totalt fôrøpptak kan ha sammenheng med at kraftfôr gir lav fylleeffekt i vomma (Desnoyers et al., 2008), noe som har gitt en raskere passasjehastighet og ført til at geitene har tatt opp mer fôr. Alkalisk bygg ga lavest surfôropptak fra et kraftfôrnivå på 1,50 kg til 2,55 kg tørrstoff, mens malt bygg ga det høyeste surfôropptaket fra et kraftfôrnivå på 1,80 kg til 2,55 kg tørrstoff. Malt bygg ga også det høyeste totale fôrøpptaket, på grunn av det høye surfôropptaket. Lavere partikkelstørrelse i rasjonen med malt bygg kan være årsaken til det økte fôrøpptaket (Forbes, 2007).

Malingsgraden av malt bygg kan ha bidratt til at geitene kunne ta opp mer fôr. Dette samsvarer med et forsøk utført av Yang et al. (2001) som fant at tørrstoffopptaket hos melkekyr økte ved bruk av flatvalset bygg sammenlignet med grovvalset bygg. Det økte tørrstoffopptaket kan ha sammenheng med at malt bygg har mindre fylleeffekt i vomma, og dermed har gitt raskere nedbrytning og fordøyelse og raskere passasjehastighet. Yang et al. (2001) fant at fôring med flatvalset bygg økte totalfordøyeligheten av tørrstoff og organisk stoff, og dette var i hovedsak forårsaket av økt fordøyelighet av stivelse. Økt fordøyelse av stivelse i vom skyldes økt overflate på fôrpartiklene og færre fysiske barrierer på byggkjernene, noe som gir bedre tilgjengelighet for mikrobene (Yang et al., 2001).

I motsetning til resultatene i dette forsøket og resultatene til Yang et al. (2001), fant ikke Sadri et al. (2007) og Soltani et al. (2009) noen effekt av malt og valsa bygg på tørrstoffopptaket hos melkekyr. I forsøket til Soltani et al. (2009) ble kyrne tildelt fôrrasjonen i form av TMR (total mixed ration), og kyrne ble fôret to ganger daglig. Bygg utgjorde i dette forsøket 30 og 35 % av tørrstoffet i rasjonen, mens i forsøket til Sadri et al. (2007) utgjorde bygg 25,6 % av tørrstoffet. McGregor et al. (2007) observerte heller ingen effekt på tørrstoffopptak hos melkekyr ved bruk av fint og grovt dampvalsa bygg, som utgjorde 38,4 % av tørrstoffet i rasjonen.

Alkalisk bygg ga lavest surfôropptak og følgelig høyest kraftfôrandel i % av totalrasjonen. Periode (tidspunkt i laktasjonen) hadde signifikant effekt på surfôropptak og totalt fôropptak. Fôropptaket var betydelig høyere i periode 1, som tilsvare tidliglaktasjon. Dette har sammenheng med at det er et høyt fôrbehov i tidliglaktasjon (Volden, 2009). Fôropptaket går ned utover i laktasjon på grunn av at melkemengden reduseres.

5.2 Vommiljø

Kraftfôrnivå hadde signifikant effekt på pH i vom, forholdet mellom eddiksyre:propionsyre, og ammonium-N i vom. pH i vom ble redusert ved økende mengde kraftfôr og andelen eddiksyre i vom gikk ned. Forholdet eddiksyre:propionsyre var lavest ved avslutning av forsøksperioden (høyt kraftfôrnivå). Resultatene fra dette forsøket samsvarer blant annet med forsøk med melkegeit (Calderon et al., 1984; Desnoyers et al., 2008; Serment et al., 2011; Giger-Reverdin et al., 2014), og forsøk med melkekyr (Santini et al., 1983; Agle et al., 2010), som fant at en økning i andel konsentrerte fôrmidler i rasjonen, førte til redusert pH i vom og redusert eddiksyre:propionsyre-forhold.

I dette forsøket var innholdet av ammonium-N i vom høyest ved slutten av forsøksperioden (ved høyt kraftfôrnivå). Resultater fra tidligere forsøk er ikke entydige når det gjelder innholdet av ammonium-N i vom ved tildeling av økt andel lettfordøyelige karbohydrater. Giger-Reverdin et al. (2014) og Min et al. (2005) fant at innholdet av ammonium i vom hos melkegeit økte ved økende andel lettfordøyelige karbohydrater i rasjonen, der årsaken mest sannsynlig var at rasjonen med høy andel lettfordøyelige karbohydrater hadde et høyere innhold av råprotein (Giger-Reverdin et al., 2014).

Andre studier viser derimot at innholdet av ammonium-N i vom ble redusert både hos melkegeit (Serment et al., 2011) og ku (Khorasani & Kennelly, 2001; Oba & Allen, 2003; Agle et al., 2010). Årsaken til dette kan skyldes at det har vært mer energi tilgjengelig ved

fôring med høy andel lettfordøyelige karbohydrater (Oba & Allen, 2003; Serment et al., 2011). I dette tilfellet ville mikrobene ha hatt et høyere behov for nitrogen for å opprettholde vekst, noe som har ført til økt utnyttelse av nitrogen, med redusert konsentrasjon av ammonium-N i vomma som resultat.

Dersom alkalisk bygg hadde hatt et høyere energiinnhold, kunne det bidratt til å forklare hvorfor alkalisk bygg ga lavest innhold av ammonium-N i vom. Beregnet energiinnhold i alkalisk bygg var imidlertid lavere (5,96 MJ) enn for valsa og malt bygg som begge hadde et energiinnhold på 6,25 MJ.

Behandling av bygg hadde ikke signifikant effekt på pH i vom og forholdet mellom eddiksyre:propionsyre. Forsøk som har undersøkt effekten av alkalisk behandling av fôr og tilsetning av buffere, har ikke funnet entydige resultater på effekten på vommiljø. Khorasani & Kennelly (2001) fant ingen effekt av natriumbikarbonat (brukt som buffer) på pH i vom hos melkekyr. Haddad et al. (1998) observerte heller ingen effekt på pH i vom ved tildeling av hvetestrå behandlet med NaOH og Ca(OH)₂ til melkekyr. Emery et al. (1964) fant derimot at bruk av natriumbikarbonat som buffer ga en signifikant økning i pH i vom hos kyr, mens det til sammenligning var en ubetydelig effekt av kalsiumkarbonat i samme forsøk. Kristensen & Fjeldberg (2018) fant en numerisk høyere pH i vom hos kyr som fikk tildelt kraftfôr tilsatt en alkalisk kornråvare. Årsaken til ulike resultater kan være at ikke alle typer buffere fungerer likt, at det ikke har vært tilsatt i tilstrekkelig mengde eller at det har skjedd noe under behandling av fôret som har gjort at den alkaliske effekten har blitt redusert.

Subakutt vomacidose (SARA) resulterer i lavere fordøyelighet av fiber, endret fermenteringsmønster i vom, uregelmessig fôropptak og redusert ytelse, men årsaken til at dette skjer er ikke helt klar (Calsamiglia et al., 2012). Redusert pH i vom kan ikke være den eneste årsaken til at SARA oppstår, fordi det i tillegg skjer endringer i mikrobepopulasjonen i vomma som følge av sammensetningen av fôrrasjonen (Calsamiglia et al., 2012). Dersom konsekvensene som oppstår ved SARA ikke er forårsaket av redusert vom-pH, men av fôrrasjonen, som forårsaker endret mikrobepopulasjon og fermenteringsmønster i vom, vil tilsetning av buffere eller alkaliske stoffer ha begrenset effekt (Calsamiglia et al., 2012). Dette kan bidra til å forklare hvorfor alkalisk behandling av bygg ikke hadde noen effekt på pH i dette forsøket, og hvorfor tidligere forsøk med bruk av buffere og alkalisk behandling ikke viser entydige resultater.

Yang et al. (2001) undersøkte effekten av grovvalset bygg sammenlignet med flatvalset bygg og fant at de daglige svingningene i pH var like mellom grovvalset og flatvalset bygg, men kyr føret med flatvalset bygg hadde konsekvent lavere pH-verdier. Forsøket til Yang et al. (2001) viste at økende behandlingsgrad av bygg reduserte tiden på hvor lenge pH var over 6,2 hver dag, og doblet tiden der pH var under 5,8.

Alkalisk bygg ga lavest pH i vom på grunn av høyest kraftfôrandel, men forskjellen var ikke signifikant. Årsaken til dette er at alkalisk bygg ga lavest surfôropptak slik at kraftfôr dermed utgjorde en større andel av totalrasjonen.

Tidspunkt for måling av pH hadde signifikant effekt på pH i vom. pH i vom var høyest før fôring av kraftfôr, og lavest cirka 2 timer etter fôring. Dette stemmer overens med litteraturen der det beskrives at ved separat tildeling av kraftfôr og grovfôr vil pH nå minimum 2-3 timer etter fôring (Kristensen et al., 2003). Giger-Reverdin et al. (2014) fant at pH i vom var lavest 2-4 timer etter fôring og økte deretter. pH i vom var lavere på natta, sannsynligvis på grunn av at geitene ikke har tatt opp så mye surfôr på natta. I samsvar med dette observerte Yang et al. (2001) høye pH-verdier rett før fôring og lave pH-verdier på natta.

Mækawa et al. (2002) fant at fôring med rasjoner med ulikt grovfôr:kraftfôr-forhold (TMR) ga like daglige variasjoner i vom-pH hos melkekyr som ble føret to ganger daglig. I tillegg ble det observert at pH i vom ble redusert rett etter fôring og at det økte i løpet av natta. pH i vom var lik for alle TMR-rasjonene, til tross for ulikt grovfôr:kraftfôr-forhold, noe som var et uventet resultat. I samsvar med dette forsøket fant Giger-Reverdin et al. (2014) at rasjoner med ulik andel lettfordøyelige karbohydrater ga samme mønster i pH-svingninger gjennom døgnet, men at pH var lavere for rasjonen med høy andel lettfordøyelige karbohydrater.

5.3 Melkeytelse

Økningen i melkeytelse ved økende kraftfôrnivå samsvarer med andre forsøk med melkegeit (Kawas et al., 1991; Min et al., 2005; Desnoyers et al., 2008; Giger-Reverdin et al., 2014) og forsøk med melkekyr (Macleod et al., 1983; Yang et al., 2001).

Behandling av bygg hadde signifikant effekt på melkeytelsen. Alkalisk bygg ga høyest melkeytelse fra et kraftfôrnivå på 1,80 kg til 2,55 kg tørrstoff, mens valsa bygg ga lavest melkeytelse ved samme intervall. Siden alkalisk bygg hadde lavest totalt fôropptak, kan den høyere melkeytelsen skyldes at alkalisk bygg har hatt høyere fordøyelighet. Det hadde vært grunn til å tro at malt bygg ville gi høyest melkeytelse på grunn av det høyeste fôropptaket, men lavere partikkelstørrelse kan ha ført til raskere passasjehastighet og redusert fordøyelse

av organisk stoff (Forbes, 2007). I motsetning til dette observerte Yang et al. (2000) økende melkeytelse ved økt valsingsgrad av bygg hos melkekyr. Yang et al. (2001) fant at melkeproduksjonen hos kyr økte ved bruk av flatvalset bygg, i stedet for grovvalset bygg, på grunn av økt tørrstoffopptak og fordøyelighet.

Alkalisk bygg hadde lavest surfôropptak og lavest totalt fôropptak, men ga likevel høyest melkeytelse. Lignende resultater ble funnet i et forsøk med Maxammonbehandlet bygg til kyr. Bygg behandlet med Maxammon ga signifikant lavere surfôropptak sammenlignet med knust bygg (Prestløyken, 2016b), men Maxammonbehandlet bygg ga likevel høyere melkeytelse enn knust bygg, men forskjellen var ikke statistisk sikker. I likhet med forsøket til Prestløyken (2016b), ble det i dette forsøket produsert mer melk på mindre fôr ved bruk av alkalisk bygg. I motsetning til disse forsøkene fant Kristensen & Fjeldberg (2018) at fôring med kraftfôr tilsatt alkalisk korn til melkeku ga numerisk høyere fôropptak og høyere fordøyelighet av næringsstoffer sammenlignet med kommersielt kraftfôr og kraftfôr med korn tilsatt urea. Kristensen & Fjeldberg (2018) fant at alkalisk korn ga redusert innhold av iNDF i vom, noe som kan indikere økt fordøyelighet av fiber som igjen kan ha gitt høyere melkeytelse.

Innholdet av råprotein var lavere i alkalisk bygg sammenlignet med valsa og malt bygg. Dette tyder på at alkalisk bygg ikke har gitt en høyere tilførsel av nitrogen, og den høyere melkeytelsen ved bruk av alkalisk bygg kan derfor ikke forklares med dette. Årsaken til lavere innhold av råprotein kan være at det har skjedd noe under varmebehandlingen av kornet som har gjort at NH_3 eller nitrogen har fordampet. I alkalisk bygg hadde det blitt tilsatt enzymer som gir bedre nedbrytning av ikke-protein-nitrogen (NPN) og bedre utnyttelse, noe som skal gjøre at NH_3 blir enklere å utnytte. Forklaringen på den høyere melkeytelsen med alkalisk bygg kan derfor være at tilsetning av enzymer har ført til bedre fordøyelse og økt fordøyelighet av fiberfraksjonen i fôret.

Alkalisk bygg ga i tillegg høyest kraftfôrandel av totalrasjonen, noe som har sammenheng med lavt surfôropptak. Dette kan bety at alkalisk bygg ga mer tilgjengelig energi for mikrobene sammenlignet med de andre rasjonene. Det kan ha resultert i at alkalisk bygg var mer fordøyelig og derfor ga høyest melkeytelse, til tross for lavest totalt fôropptak.

Melkeytelsen hadde en topp ved 2,10 kg tørrstoff kraftfôr, noe som er et veldig høyt fôrnivå, men akseptable pH-verdier i vom har vist at geitene har klart å håndtere et så høyt kraftfôrnivå. Forskjellen i melkeytelse mellom behandlingene av bygg var størst ved de høyeste kraftfôrnivåene og forskjellen mellom behandlingene økte ved økende kraftfôrnivå.

Dette kan tyde på at ulik behandling av bygg (både alkalisk behandling og valsingsgrad) har større effekt ved høye kraftfôrnivåer, og at bruk av alkalisk bygg lønner seg mer ved store mengder kraftfôr.

Økt andel lettfordøyelige karbohydrater i en fôrrasjon resulterer ofte i at innholdet av melkeprotein øker (Hermansen et al., 2003; Sutton, 1989). Behandling av bygg hadde ikke signifikant effekt på innholdet av melkeprotein i dette forsøket. Yang et al. (2000) observerte en økning i innholdet av melkeprotein ved økende valsingsgrad av bygg, noe som hadde sammenheng med høyere inntak av protein og fordøyelighet.

5.4 Fettinnhold i melk

Fettinnholdet i melk (%) gikk ned med økende mengde kraftfôr, noe som samsvarer med lignende forsøk med melkegeit (Kawas et al., 1991; Desnoyers et al., 2008; Giger-Reverdin et al., 2014) og forsøk med melkekyr (Macleod et al., 1983; Maekawa et al., 2002).

Redusert fettinnhold i melk ved økende kraftfôrnivå kan forklares med endret gjæringsmønster i vom, ved at det produseres mer propionsyre på bekostning av eddiksyre (Hermansen et al., 2003), med mindre tilgjengelig substrat til de novo syntesen av kortkjedete fettsyrer i juret, og dermed redusert produksjon av melkefett som resultat. Dette stemmer overens med litteraturen; eddiksyre er det viktigste substratet for melkefettsyntesen i juret, og tilstrekkelig innhold av fiber i fôrrasjonen er nødvendig for å opprettholde produksjonen av eddiksyre (Lu et al., 2005).

Behandling av bygg hadde ikke signifikant effekt på fettinnhold i melk. Det var alkalisk bygg som ga lavest fettprosent i melk fra et kraftfôrnivå på 1,95 kg til 2,55 kg tørrstoff, mens valsa bygg ga høyest fettprosent i melk ved et kraftfôrnivå på 1,80 til 2,55 kg tørrstoff. Siden behandling av bygg ikke så ut til å påvirke gjæringsmønsteret i vom, har sannsynligvis behandling av bygg heller ikke påvirket fettinnholdet i melk.

Soltani et al. (2009) fant ingen effekt av malt bygg og dampvalsa bygg på fettinnholdet i melk hos melkekyr. I likhet med dette ble det i et annet forsøk ikke funnet noen effekt ved sammenligning av fint dampvalsa og grovt dampvalsa bygg hos melkekyr (McGregor et al., 2007). Yang et al. (2000) observerte ingen betydelig effekt på fettinnholdet i melk i et forsøk med fire ulike malingsgrader/valsingsgrader av bygg, hos melkekyr og konkluderte med at en jevn tilførsel og fordøyelse av stivelse og fiber for alle fôrrasjonene hadde forårsaket dette.

Khorasani & Kennelly (2001) undersøkte effekten av økende andel lettfordøyelige karbohydrater i fôrrasjonen til melkekyr, med og uten tilsatt buffer. Tilsetning av buffer ga høyere konsentrasjon av eddiksyre i vomma. Forholdet eddiksyre:propionsyre ble redusert ved økt andel lettfordøyelige karbohydrater, men økte ved tilsetning av buffer til rasjonen. Resultatet viste redusert produksjon av melkefett hos kyr som ble føret med en rasjon med høy andel lettfordøyelige karbohydrater uten buffer, mens tilsetning av buffer i fôrrasjonen forhindret melkefettdepresjon.

Resultatene i dette forsøket viser at en høy andel stivelse som brytes ned i vom fører til økt melkeytelse (Sutton, 1989; Kvamsås & Gonsholt, 2012), samtidig som at fettinnholdet i melk blir redusert (Sutton, 1989; Hermansen et al., 2003; McDonald et al., 2011). Fettinnholdet i melk må ses i sammenheng med melkeytelsen. Ved høy ytelse vil det skje en uttynning av fettinnholdet, det vil si at fettprosenten reduseres, og ved høy ytelse er det derfor naturlig at fettinnholdet er lavere (Sutton, 1989; Hermansen et al., 2003). Dette vises i resultatene, der alkalisk bygg ga høyest melkeytelse, men samtidig lavest fettprosent.

5.5 Kraftfôrforbruk

Både behandling av bygg, periode og kraftfôrnivå hadde signifikant effekt på kraftfôrforbruk per 100 kg melk. Periode og kraftfôrnivå hadde signifikant effekt på kraftfôrforbruk per 100 kg EKM.

Surfôropptaket falt for alle behandlingene av bygg, men økte litt fra 1,95 kg tørrstoff kraftfôr til 2,10 kg. Det fikk en topp på 2,10 kg tørrstoff før det falt igjen. Det samme mønsteret vises i melkeytelse, også her for alle behandlingene av bygg. Melkeytelsen hadde en topp på kraftfôrnivå 2,10 kg tørrstoff uavhengig av tidspunktet i laktasjonen.

Både kraftfôrforbruket per 100 kg melk og per 100 kg EKM økte med økende kraftfôrnivå, men det hadde et lite dropp ved et kraftfôrnivå på 2,10 kg tørrstoff, før det økte igjen. Dette var spesielt tydelig på alkalisk bygg, noe som kan tyde på at alkalisk bygg er mest optimalt med tanke på kraftfôrforbruk og kraftfôrkostnader. Ut fra resultatene ser det ut til at et kraftfôrnivå på 2,10 kg tørrstoff har vært det mest optimale fôrnivået.

Kraftfôrforbruket per 100 kg melk var høyest i periode 3, som tilsvare seinklaktasjon. Melkeytelsen var også lavest i denne perioden. Årsaken til dette er sannsynligvis at energien fra føret i større grad har blitt rettet mot kroppen i stedet for juret, for å gjenoppbygge mobiliserte kroppsreserver til neste laktasjon (Kellaway & Porta, 1993; Eknæs et al., 2006; Volden, 2009; Eknæs et al., 2017). Dette betyr at høyt kraftfôrnivå nødvendigvis ikke er like

lønnsomt i alle stadier av laktasjonen. Siden næringsstoffer fra fôret i større grad blir rettet mot melkeproduksjon i tidliglaktasjon, vil tilskudd i form av lettfordøyelige karbohydrater gi en større effekt på melkeytelsen i denne perioden, sammenlignet med seinlaktasjon (Kellaway & Porta, 1993).

5.6 Optimalt fôrnivå og marginalutbytte

Gjennomsnittlig kvotestørrelse på geitebruk har økt de siste årene, noe som blant annet har vært en driver for økende melkeytelse på geit (Gonsholt, 2016). Spørsmålet er om å øke melkeytelsen ved økt kraftfôrandel i rasjonen lønner seg, selv om geita kan tåle det.

Et kraftfôrnivå på 2,10 kg tørrstoff ser ut til å ha vært det mest optimale fôrnivået i dette forsøket. Dette kraftfôrnivået ga en økning i både surfôropptaket og det totale fôropptaket ved økende mengde kraftfôr, noe som resulterte i et dropp i kraftfôrandelen (% av totalrasjonen) ved dette kraftfôrnivået. I tillegg var det ved dette nivået en brattere økning i melkeytelsen. Det var også en tendens til at kraftfôrforbruket per 100 kg melk og per 100 kg EKM hadde et dropp ved dette kraftfôrnivået, noe som var spesielt tydelig på alkalisk bygg.

Den marginale melkeytelsen som oppnås ved økende andel lettfordøyelige karbohydrater, reduseres ved økt andel lettfordøyelige karbohydrater (Moe & Tyrrell, 1975; Kellaway & Porta, 1993). Årsaken til fallende marginalutbytte ved økt fôrnivå skyldes redusert utnyttelse av energi, samt at en større del av energien fra fôret avleires i kroppen (Hermansen et al., 2003), spesielt i seinlaktasjon (Eknæs et al., 2006; Eknæs et al., 2017).

Beregnet marginalutbytte (i kroner) per geit per dag, hadde en tendens til å falle ved økende kraftfôrnivå, men det var en økning ved kraftfôrnivå 2,10 kg tørrstoff. Et kraftfôrnivå på 2,10 kg TS ga det høyeste marginalutbyttet for alle behandlinger av bygg, og marginalutbyttet ved dette kraftfôrnivået var høyest for valsa bygg.

Selv om resultatene i dette forsøket har vist at det er størst marginalutbytte ved kraftfôrnivå 2,10 kg TS, og at økende melkeytelse helt til dette nivået kan lønne seg, er det flere ting enn lønnsomheten i dette forsøket som både den enkelte melkeprodusent og geitenæringa i Norge må ta hensyn til. For det første er det begrensa hvor mye en bonde kan produsere på grunn av kvotestørrelse. Det er lite lønnsomt å produsere over kvota, så melkeytelsen kan ikke øke i det uendelige på det enkelte bruk. I tillegg kan en sterk økning i melkeytelsen hos alle produsenter føre til en ytterligere overproduksjon i markedet, noe som er negativt både for økonomi og i forhold til utviklingen for geitenæringa. På samme tid kan økt melkeytelse på alle geitebruk føre til at det kan produseres mer melk på færre geiter og færre bruk.

Konsekvensen av dette kan bli færre produsenter av geitemelk, noe som kan virke negativt både på fagmiljøet og strukturen i geitenæringa, som igjen vil ha negativ innvirkning på norsk matproduksjon og bosettingen i distriktene.

Likeså kan økt kraftfôrbruk påvirke omdømmet til geitemelksproduksjonen både negativt og positivt. Kraftfôret til melkegeit som brukes i dag består av cirka 50 % importerte råvarer (Gonsholt, 2016). Dersom det er mulig å bruke større mengder norsk bygg i kraftfôret til geit, og at geita tåler det, er det virkelig positivt for omdømmet til norsk geitemelksproduksjon. Men selv om geita får en økende andel norsk fôr i rasjonen, er det ikke sikkert at et høyt kraftfôrnivå og høyt kraftfôrforbruk virker positivt inn på forbrukerne. Økt bruk av grovfôr og beite kan virke mer positivt på forbrukerne, selv om en større andel av kraftfôret som brukes er norskprodusert. Produsenter og forbrukere kan ha ulike oppfatninger av hva som er hovedmålet i produksjonen av geitemelk. Er målet å produsere mest mulig melk på minst mulig kraftfôr og heller utnytte beite og innhøsta grovfôr i større grad? Eller er det å produsere melk på norske fôrressurser, uavhengig av kraftfôrandel, det overordnede målet?

Uavhengig av hovedmålet med geitemelksproduksjon, må det uansett aksepteres at det må en del kraftfôr til for å opprettholde en slik type produksjon. For eksempel har mange produsenter av geitemelk ikke nok grovfôrareal til å kunne øke grovfôrandelen i fôrrasjonen. Samtidig er det viktig å tenke på aspektet med dyrevelferd. Geita trenger tilstrekkelig energiforsyning i tidliglaktasjon, og for å oppnå dette er det vanlig å bruke lettfordøyelige karbohydrater i form av kraftfôr.

Sett bort fra om økt melkeytelse og økt bruk av kraftfôr lønner seg eller ikke, er det uansett viktig å ha kunnskap om toleransegrensen for stivelse hos melkegeit, for å sikre melkeproduksjon og god dyrevelferd ved en eventuell ny grovfôrkriser i framtida. Samtidig er det positivt at en større andel norsk bygg kan brukes i fôrrasjonen til melkegeit, siden dette gjør norsk geitemelksproduksjon mindre avhengig av importerte råvarer og gjør produksjonen mer bærekraftig i form av at det brukes mer nasjonale fôrressurser.

6.0 Konklusjon

Økt mengde kraftfôr i fôrrasjonen reduserte signifikant surfôropptaket, pH i vom, forholdet eddiksyre:propionsyre i vom og fettinnholdet i melk, samtidig som det signifikant økte melkeytelsen.

Det var en signifikant effekt på surfôropptaket av behandling av bygg, men alkalisk bygg økte ikke surfôropptak sammenlignet med valsa bygg. Valsa bygg økte ikke surfôropptaket sammenlignet med malt bygg. Det var malt bygg som ga det høyeste surfôropptaket, mest sannsynlig på grunn av malingsgraden.

Behandling av bygg hadde ikke signifikant effekt på ulike parametere for vommiljø. Derfor ga ikke alkalisk bygg høyere pH i vom eller høyere eddiksyre:propionsyre forhold i vom sammenlignet med valsa bygg. Valsa bygg ga heller ingen økning i pH i vom eller økning i forholdet eddiksyre:propionsyre sammenlignet med malt bygg. Siden behandling av bygg ikke hadde signifikant effekt på fettinnhold i melk, økte ikke alkalisk bygg fettinnholdet sammenlignet med valsa bygg. Dette kan ha sammenheng med at behandling av bygg heller ikke påvirket gjæringsmønsteret i vom.

Alkalisk bygg ga høyere melkeytelse på mindre fôr. Dette skyldes mest sannsynlig at det i alkalisk bygg har blitt tilsatt enzymer som har gitt bedre nedbrytning av ikke-protein-nitrogen (NPN) og bedre utnyttelse av fiberfraksjonen i fôret. Forskjellen i melkeytelse mellom behandlingene var størst ved de høyeste kraftfôrnivåene, noe som kan tyde på at ulik behandling av bygg (alkalisk behandling og valsingsgrad) har større effekt ved høye kraftfôrnivåer, og at bruk av alkalisk bygg lønner seg mer ved høye mengder kraftfôr.

Resultatene i dette forsøket er basert på seks utføring per dag, og det er mulig at resultatene ville vært annerledes ved færre og større utføring. Om så mange utføring av kraftfôr er mulig per dag hos en vanlig geitebesetning, er avhengig av hvilken metode som brukes til utføring av kraftfôr (kraftfôrautomat eller manuelt) og arbeidskapasitet.

7.0 Kilder

- Abdela, N. (2016). Sub-acute Ruminant Acidosis (SARA) and its Consequence in Dairy Cattle: A Review of Past and Recent Research at Global Prospective. *Achievements in the Life Sciences*, 10(2), 187-196 <https://doi.org/10.1016/j.als.2016.11.006>
- Abijaoudé, J. A., Morand-Fehr, P., Tessier, J., Schmidely, P., & Sauvant, D. (2000). Diet effect on the daily feeding behaviour, frequency and characteristics of meals in dairy goats. *Livestock Production Science*, 64(1), 29-37 [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00173-1](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00173-1)
- Agle, M., Hristov, A. N., Zaman, S., Schneider, C., Ndegwa, P. M., & Vaddella, V. K. (2010). Effect of dietary concentrate on rumen fermentation, digestibility, and nitrogen losses in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(9), 4211-4222 <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2977>
- Asheim, L. J., Bøe, K., Clemetsen, M., Drabløs, D., Eik, L. O., Garmo, T. H., . . . Ådnøy, T. (2002). *Geiteboka* (3. utgave.). Oslo: Landbruksforlaget
- Bargo, F., Muller, L. D., Delahoy, J. E., & Cassidy, T. W. (2002). Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *Journal of Dairy Science*, 85(7), 1777-1792 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74252-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74252-5)
- Berg, M. B. (2011a) Metodespesifikasjon, Aske. BIOVIT-nr.: Msp 1038. N. Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap
- Berg, M. B. (2011b) Metodespesifikasjon, Tørrstoff. BIOVIT-nr.: Msp1044. I. f. h.-o. a. NMBU
- Berg, M. B. (2011) Metodespesifikasjon, Kjeldahl-N. BIOVIT-nr.: Msp1040. N. Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap
- Berg, M. B. (2013a) Metodespesifikasjon, Ammonium-N. BIOVIT-nr.: Msp1133. N. Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap
- Berg, M. B. (2013b) Metodespesifikasjon, aNDF (Neutral Detergent Fiber). BIOVIT-nr.: Msp1041. N. Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap
- Blichfeldt, T. (2011) God avlsframgang hos geit med nytt avlsopplegg Hentet 13.01 fra <http://www.umb.no/statisk/husdyrforsoksmoter/2011/102.pdf>
- Borodina, S. (2011). *Effekt av body mass index (BMI) ved kjeing på geitmelkkvalitet.* (Masteroppgave Norges miljø- og biovitenskapelige universitet)Hentet fra <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/186049>
- Calderon, I., De Peters, E. J., Smith, N. E., & Franke, A. A. (1984). Composition of Goat's Milk: Changes Within Milking and Effects of a High Concentrate Diet. *Journal of Dairy Science*, 67(9), 1905-1911 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81523-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81523-4)
- Calsamiglia, S., Blanch, M., Ferret, A., & Moya, D. (2012). Is subacute ruminal acidosis a pH related problem? Causes and tools for its control. *Animal Feed Science and Technology*, 172(1), 42-50 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.007>
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R. M., & Doreau, M. (2000). Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.*, 49(3), 181-205. Hentet fra <https://doi.org/10.1051/animres:2000117>
- Darwin & Blignaut, D. (2019). Alkaline treatment for preventing acidosis in the rumen culture fermenting carbohydrates: An experimental study in vitro *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*(Vol 6, No 1 (2019)). Hentet fra <https://www.banglajol.info/index.php/JAVAR/article/view/40842>
- Desnoyers, M., Duvaux-Ponter, C., Rigalma, K., Roussel, S., Martin, O., & Giger-Reverdin, S. (2008). Effect of concentrate percentage on ruminal pH and time-budget in dairy goats. *animal*, 2(12), 1802-1808 <https://doi.org/10.1017/S1751731108003157>
- Eknæs, M., Chilliard, Y., Hove, K., Inglingstad, R. A., Bernard, L. & Volden, H. (2017). Feeding of palm oil fatty acids or rapeseed oil throughout lactation: Effects on energy status, body composition, and milk production in Norwegian dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 100(9), 7588-7601. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12768>
- Eknæs, M., & Dønnem, I. (2013). Faktorer som påvirker NDF-opptaket hos mjølkegeit *Sau og Geit*, 2013(1), 32-36. Hentet fra

- https://www.fag.nsg.no/default.cfm?sok_dyreslag_id=&sok_fagomrade_id=2&sok_tekst=&sok_artikkel_id=169
- 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), 1-11
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.11.016>
- Emery, R. S., Brown, L. D., & Thomas, J. W. (1964). Effect of Sodium and Calcium Carbonates on Milk Production and Composition of Milk, Blood, and Rumen Contents of Cows Fed Grain Ad Libitum with Restricted Roughage. *Journal of Dairy Science*, 47(12), 1325-1329
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(64\)88913-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(64)88913-X)
- Engeset, B. (1996). *Geita* (1. utgave.). Oslo: Samlaget.
- Forbes, J. M. (2007). *Voluntary food intake and diet selection in farm animals* (2. utgave.). Leeds: Cabi.
- Giger-Reverdin, S. (2018). Recent advances in the understanding of subacute ruminal acidosis (SARA) in goats, with focus on the link to feeding behaviour. *Small Ruminant Research*, 163, 24-28
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.08.008>
- Giger-Reverdin, S., Lebarbier, E., Duvaux-Ponter, C., & Desnoyers, M. (2012). A new segmentation–clustering method to analyse feeding behaviour of ruminants from within-day cumulative intake patterns. *Computers and Electronics in Agriculture*, 83, 109-116
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.02.007>
- Giger-Reverdin, S., Rigalma, K., Desnoyers, M., Sauvant, D., & Duvaux-Ponter, C. (2014). Effect of concentrate level on feeding behavior and rumen and blood parameters in dairy goats: relationships between behavioral and physiological parameters and effect of between-animal variability. *J Dairy Sci*, 97(7), 4367-4378 <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7383>
- Gjefsen, T. (2013). *Fôringslære* (2. opplag, 3. utgave.). Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS
- Gonsholt, H. (2016). Norsk fôr til geit: Kraftfôrbruk i geiteholdet *Sau og Geit*, 2016(2), 22-23. Hentet fra
https://www.fag.nsg.no/default.cfm?sok_dyreslag_id=2&sok_fagomrade_id=2&sok_tekst=&sok_artikkel_id=281
- Gozho, G. N., Krause, D. O., & Plaizier, J. C. (2007). Ruminal Lipopolysaccharide Concentration and Inflammatory Response During Grain-Induced Subacute Ruminal Acidosis in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 90(2), 856-866 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)71569-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71569-2)
- Haddad, S., Grant, R. J., & Kachman, S. (1998). Effect of Wheat Straw Treated with Alkali on Ruminal Function and Lactational Performance of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 81(7), 1956-1965 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75769-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75769-8)
- Harbro Quality Livestock Nutrition, UK (2020). Maxammon Success in Norway. Hentet fra
<https://www.harbro.co.uk/nutrition/nutritional-articles/dairy/dairy-maxammon-success-in-norway/>
- Hermansen, J. E., Nielsen, J. H., Larsen, L. B., & Sejrsen, K. (2003). Mælkens sammensætning og kvalitet I F. Strudsholm & K. Sejrsen (Red.), *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 2 - Fodring og produktion* (s. 341-370). Danmark: Danmarks JordbrugsForskning. DJF rapport Husdyrbrug 54. .
- Hernández, J., Benedito, J. L., Abuelo, A., & Castillo, C. (2014). Ruminal Acidosis in Feedlot: From Aetiology to Prevention. *The Scientific World Journal*, 2014 <https://doi.org/10.1155/2014/702572>
- Hillestad, M. E., Bungler, A., & Smedshaug, C. A. (2018). *Småfenæringen - største sektoren i norsk jordbruk* (AgriAnalyse Rapport 5-2018) AgriAnalyse
- Hofmann, R. R. (1989). Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78(4), 443-457
<https://doi.org/10.1007/BF00378733>
- Huhtanen, P., & Sveinbjornsson, J. (2006). Evaluation of methods for estimating starch digestibility and digestion kinetics in ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 130(1-2), 95-113
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.01.021>

- Huntington, G. (1997). Starch Utilization by Ruminants: From Basics to the Bunk. *Journal of animal science*, 75(3), 852-867 <https://doi.org/10.2527/1997.753852x>
- Ingvartsen, K. L., & Boisclair, Y. R. (2001). Leptin and the regulation of food intake, energy homeostasis and immunity with special focus on periparturient ruminants. *Domestic Animal Endocrinology*, 21(4), 215-250 [https://doi.org/10.1016/S0739-7240\(02\)00119-4](https://doi.org/10.1016/S0739-7240(02)00119-4)
- Ingvartsen, K. L., & Kristensen, V. F. (2003). Regulering av foderoptagelsen I T. N. Hvelplund, P. (Red.), *Kvægets ernæring og fysiologi - Bind 1. Næringsstofomsætning og fodervurdering* (s. 147-191). Danmark: Danmarks Jordbruksforskning. DJF rapport Husdyrbrug 53.
- Kawas, J., Lopes, J., Danelon, D. L., & Lu, C. (1991). Influence of forage-to-concentrate ratios on intake, digestibility, chewing and milk production of dairy goats. *Small Ruminant Research*, 4(1), 11-18 [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(91\)90048-U](https://doi.org/10.1016/0921-4488(91)90048-U)
- Kellaway, R., & Porta, S. (1993). *Feeding Concentrates: Supplements for Dairy Cows*. Australia: Agmedia.
- Khorasani, G. R., & Kennelly, J. J. (2001). Influence of Carbohydrate Source and Buffer on Rumen Fermentation Characteristics, Milk Yield, and Milk Composition in Late-Lactation Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 84(7), 1707-1716 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74606-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74606-1)
- Krause, K. M., & Oetzel, G. R. (2005). Inducing Subacute Ruminal Acidosis in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 88(10), 3633-3639 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73048-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73048-4)
- Kristensen, N. B., Hvelplund, T., Weisbjerg, M. R., & Nørgaard, P. (2003). Mikrobiel omsætning i formaverne I T. N. Hvelplund, P. (Red.), *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*. . Danmark: Danmarks Jordbruksforskning. DJF rapport - Husdyrbrug 53
- Kristensen, Å., & Fjeldberg, O. A. (2018). *Bruk av alkalisk korn i kraftfôr til drøvtyggere : effekt på vommiljø og fordøyelighet*. (Masteroppgave Norges miljø- og biovitenskapelige universitet)Hentet fra <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2567660>
- Kristoffersen, S. (2012). *Effekt av malingsgrad av havreskall og bygg i kraftfôr på tyggetid, vommiljø og fordøyelighet av fôrrasjoner hos melkekyr* (Masteroppgave, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet)Hentet fra <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/186053>
- Kvamsås, H. (2013). *Korleis tar vi omsyn til geitas fettomsetning og mobilisering i praktisk fôrplanlegging og fôring?* . (Lysarkpresentasjon) Hentet fra https://www.nsg.no/getfile.php/1353949-1378463503/_NSG-PDF-filer/Geit/Annet%20om%20geit/Omsyn%20til%20fettmobilisering%20og%20holdoppbygging%20i%20praktisk%20f%C3%B4rplanlegging_Helga%20Kvams%C3%A5s_Geitedagene%202013.pdf
- Kvamsås, H., Eknæs, M., Garmo, T., & Gonsholt, H. (2016a). Anbefaler moderat opptrapping av kraftfôr etter kjeing *Sau og Geit*, 2016(6), 32-34. Hentet fra https://www.fag.nsg.no/default.cfm?sok_dyreslag_id=&sok_fagomrade_id=2&sok_tekst=&sok_artikkel_id=299
- Kvamsås, H., Eknæs, M., Garmo, T., Hove, K., Volden, H., & Asheim, K. G. (2016b). Opptrapping av kraftfôr etter kjeing *Sau og Geit*, 2016(2), 24-26. Hentet fra https://www.fag.nsg.no/default.cfm?sok_dyreslag_id=&sok_fagomrade_id=2&sok_tekst=opptrapping%20av%20kraftf%C3%B4r%20etter%20kjeing&sok_artikkel_id=282
- Kvamsås, H., & Gonsholt, H. (2012). Vomacidose - et problem i geitefôringa? . *Sau og Geit*, 2012(6), 36-38. Hentet fra https://www.fag.nsg.no/default.cfm?sok_dyreslag_id=2&sok_fagomrade_id=&sok_tekst=&sok_artikkel_id=164
- Kvamsås, H., & Gonsholt, H. (2013). Overgangsfôring omkring kjeing *Sau og Geit*, 2013(6), 30-32. Hentet fra

- https://www.fag.nsg.no/default.cfm?sok_dyreslag_id=2&sok_fagomrade_id=2&sok_tekst=&sok_artikkel_id=202
- Kvamsås, H., Gonsholt, H., & Eknæs, M. (2012). Korleis står det til i vomma? . *Sau og Geit*, 2012(1), 28-29 Hentet fra https://www.fag.nsg.no/default.cfm?sok_dyreslag_id=2&sok_fagomrade_id=2&sok_tekst=&sok_artikkel_id=128
- Landbruks-og-matdepartementet. (2016). *Endring og utvikling - En fremtidsrettet jordbruksproduksjon* (Meld.St.11 (2016-2017)) Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-11-20162017/id2523121/?ch=3#kap8>
- Lefrileux, Y., Morand-Fehr, P., & Pommaret, A. (2008). Capacity of high milk yielding goats for utilizing cultivated pasture. *Small Ruminant Research*, 77(2), 113-126 <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.03.011>
- Linstad, P. (2016) Metodespesifikasjon, Flyktige fettsyrer (VFA). BIOVIT-nr.: Msp 1132. N. Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap
- 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.
- Lu, C. D. (1988). Grazing behavior and diet selection of goats. *Small Ruminant Research*, 1(3), 205-216 [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(88\)90049-1](https://doi.org/10.1016/0921-4488(88)90049-1)
- Lu, C. D., Kawas, J. R., & Mahgoub, O. G. (2005). Fibre digestion and utilization in goats. *Small Ruminant Research*, 60(1), 45-52 <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.06.035>
- Macleod, G. K., Grieve, D. G., & McMillan, I. (1983). Performance of First Lactation Dairy Cows Fed Complete Rations of Several Ratios of Forage to Concentrate. *Journal of Dairy Science*, 66(8), 1668-1674 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(83\)81990-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(83)81990-0)
- Maekawa, M., Beauchemin, K. A., & Christensen, D. A. (2002). Effect of Concentrate Level and Feeding Management on Chewing Activities, Saliva Production, and Ruminal pH of Lactating Dairy Cows1. *Journal of Dairy Science*, 85(5), 1165-1175 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74179-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74179-9)
- Mayne, C. S., & Doherty, J. G. (1996). The effect of fine grinding or sodium hydroxide treatment of wheat, offered as part of a concentrate supplement, on the performance of lactating dairy cows. *Animal Science*, 63(1), 11-19 <https://doi.org/10.1017/S135772980002823X>
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., A., S. L., & G., W. R. (2011). *Animal Nutrition* (7. utgave.). England: Pearson Education Limited
- McGregor, G., Oba, M., Dehghan, M., & Corbett, R. (2007). Extent of processing of barley grain did not affect productivity of lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 138(3-4), 272-284 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.11.023>
- Millen, D. D., Pacheco, R. D. L., Cabral, L. D. S., Cursino, L. L., Watanabe, D. H. M., & Rigueiro, A. L. N. (2016). Ruminal Acidosis I D. D. Millen, M. D. B. Arrigoni, & R. D. L. Pacheco (Red.), *Rumenology* (s. 127-156). Switzerland: Springer.
- Min, B. R., Hart, S. P., Sahl, T., & Satter, L. D. (2005). The Effect of Diets on Milk Production and Composition, and on Lactation Curves in Pastured Dairy Goats. *Journal of Dairy Science*, 88(7), 2604-2615 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72937-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72937-4)
- Moe, P. W., & Tyrrell, H. F. (1975). Efficiency of conversion of digested energy to milk. *Journal of Dairy Science*, 58(4), 602-610 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(75\)84616-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(75)84616-9)
- Morand-Fehr, P. (2005). Recent developments in goat nutrition and application: A review. *Small Ruminant Research*, 60(1), 25-43 <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.06.004>
- 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), 20-34 <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.019>
- Muri, K., Leine, N., & Valle, P. S. (2016). Welfare effects of a disease eradication programme for dairy goats. *animal*, 10(2), 333-341 <https://doi.org/10.1017/S1751731115000762>

- Nagel-Alne, G. E., Valle, P. S., Sølverød, L., & Krontveit, R. I. (2018). *Healthier Goats disease eradication programme : a healthy initiative*. (Doktoravhandling Norges miljø- og biovitenskapelige universitet)Hentet fra <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2496982?locale-attribute=no>
- Nikkhah, A. (2012). Barley grain for ruminants: A global treasure or tragedy. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 3(1)<https://doi.org/10.1186/2049-1891-3-22>
- Nocek, J. E. (1997). Bovine Acidosis: Implications on Laminitis. *Journal of Dairy Science*, 80(5), 1005-1028 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76026-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76026-0)
- Nørgaard, P. (2003a). Optagelse af foder og drøvtygning. I T. N. Hvelplund, P. (Red.), *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering* (s. 119-142). Danmark: Danmarks JordbrugsForskning. DJF rapport, Husdyrbrug 53.
- Nørgaard, P. (2003b). Tyggetid som mål for foderets fysiske struktur I T. N. Hvelplund, P. (Red.), *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering* (s. 489-505). Danmark: Danmarks JordbrugsForskning. DJF rapport Husdyrbrug 53.
- Nørgaard, P., & Hvelplund, T. (2003). Drøvtyggenes karakteristika I T. N. Hvelplund, P. (Red.), *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering* (s. 11-34). Danmark: Danmarks JordbrugsForskning. DJF rapport Husdyrbrug 53.
- Oba, M., & Allen, M. S. (2003). Effects of Diet Fermentability on Efficiency of Microbial Nitrogen Production in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 86(1), 195-207 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73600-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73600-5)
- Oetzel, G. (2007). Subacute Ruminant Acidosis in Dairy Herds: Physiology, Pathophysiology, Milk Fat Responses, and Nutritional Management. *40th Annual Conference, American Association of Bovine Practitioners*, 89-119. Hentet fra https://www.researchgate.net/publication/268254391_Subacute_Ruminal_Acidosis_in_Dairy_Herds_Physiology_Pathophysiology_Milk_Fat_Responses_and_Nutritional_Management
- Palmquist, D. (2007). Milk Fat: Origin of Fatty Acids and Influence of Nutritional Factors Thereon. I P. F. Fox & P. L. H. McSweeney (Red.), *Advanced Dairy Chemistry Volume 2: Lipids* (s. 43-92). USA: Springer US.
- Prestløkken, E. (2016a). Maxammonbehandlet korn til melkekyr *Buskap*, 2016(3). Hentet fra https://www.buskap.no/journal/2016/3/m-2479/Maxammonbehandlet_korn_til_melkekyr
- Prestløkken, E. (2016b). Små forskjeller, men litt bedre fôrutnytting *Buskap*, 2016(8). Hentet fra https://www.buskap.no/journal/2016/8/m-2208/Sm%C3%A5_forskjeller,_men_litt_bedre_f%C3%B4rutnytting
- Sadri, H., Ghorbani, G. R., Alikhani, M., Babaei, M., & Nikkhah, A. (2007). Ground, dry-rolled and steam-processed barley grain for midlactation Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology*, 138(2), 195-204 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.025>
- Santini, F. J., Hardie, A. R., Jorgensen, N. A., & Finner, M. F. (1983). Proposed Use of Adjusted Intake Based on Forage Particle Length for Calculation of Roughage Indexes. *Journal of Dairy Science*, 66(4), 811-820 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(83\)81861-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(83)81861-X)
- SAS, (2016). *SAS/CONNECT® 9.4 User's Guide, Fourth Edition*. Cary, NC: SAS Institute Inc. Tilgjengelig fra: <http://documentation.sas.com/?docsetId=connref&docsetTarget=connref.pdf&docsetVersion=9.4&locale=no>
- Serment, A., Schmidely, P., Giger-Reverdin, S., Chapoutot, P., & Sauvant, D. (2011). Effects of the percentage of concentrate on rumen fermentation, nutrient digestibility, plasma metabolites, and milk composition in mid-lactation goats. *Journal of Dairy Science*, 94(8), 3960-3972 <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4041>
- Silanikove, N. (2000). The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Ruminant Research*, 35(3), 181-193 [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(99\)00096-6](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(99)00096-6)
- Sjaastad, Ø. V., Hove, K., & Sand, O. (2003). *Physiology of Domestic Animals* 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), 10-17 <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.07.012>
- Soltani, A., Ghorbani, G. R., Alikhani, M., Samie, A., & Nikkhah, A. (2009). Ground versus steam-rolled barley grain for lactating cows: A clarification into conventional beliefs. *Journal of Dairy Science*, 92(7), 3299-3305 <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1821>
- Statistisk-sentralbyrå (2020) Talet på ymse husdyr per 1. mars 2019, etter fylke Hentet 09.01.2020 fra <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/jordhus>
- Sutton, J. D. (1989). Altering Milk Composition by Feeding. *Journal of Dairy Science*, 72(10), 2801-2814 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79426-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79426-1)
- Svihus, B. (2010) Metodespesifikasjon, Stivelse. BIOVIT-nr.: Msp1159. N. Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap
- Søegaard, K., Hansen, H., & Weisbjerg, M. R. (2003). Fodermidlernes karakteristika I T. Hvelplund & P. Nørgaard (Red.), *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering* (s. 39-68). Danmark: Danmarks JordbrugsForskning, DJF rapport Husdyrbrug 53.
- Thuen, A. E., Narvestad, M., & Skulberg, O. N. (2015). *Hva koster graset? Regionsvise forskjeller i grovfôrkostnader og sammenlikning med kraftfôrpris* Oslo:Norske Fellekjøp SA
- TINE-Rådgivning (2018) Statistiksamling fra Ku- og Geitekontrollen 2018 Hentet 09.01.2020 fra <https://medlem.tine.no/aktuelt/nyheter/hk-statistikker/attachment/476965?ts=169bdf74e93>
- TINE (2020) TINE Råvare Produsentavregning - Melkepris og satser fra januar 2020. Hentet 20.05.2020 fra <https://medlem.tine.no/praktisk-informasjon/melkepris/tine-r%C3%A5vare-produsentavregning-melkepris-og-satser-fra-januar-2020>
- Tingstad, H. (2010) Metodespesifikasjon, Råfett (Acclerated Solvent Extraction, ASE). BIOVIT-nr.: Msp1045. N. Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap
- Trintrud, E. (2015). *Kraftfôrnivå på utmarksbeite - verknad på beiteaktivitet og mjølkeavdrått hjå geit* (Masteroppgave, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet)Hentet fra <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/293275>
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant* (2. utgave.). London: Cornell University Press, Comstock Publishing Associates
- Volden, H. (2006). NorFor Plan - Nytt fôrvurderingssystem for storfe *Buskap*(Nr. 2/2005, nr. 3/2005, nr. 4/2005, nr. 6/2005, nr. 7/2005, nr. 8/2005, nr. 5/2006).
- Volden, H. (2009). Fôring - mjølkeytelse og mjølke kvalitet *Sau og Geit*, 2009(2), 42-43. Hentet fra https://www.fag.nsg.no/default.cfm?sok_dyreslag_id=&sok_fagomrade_id=2&sok_tekst=&sok_artikkel_id=86
- Wang, S. P., Wang, W. J., & Tan, Z. L. (2016). Effects of dietary starch types on rumen fermentation and blood profile in goats. *Czech Journal of Animal Science*, 61(1), 32-41 <https://doi.org/10.17221/8666-CJAS>
- Weisbjerg, M. R., Lund, P., & Hvelplund, T. (2003). Kulhydratomsætningen i mave-tarmkanalen. I T. Hvelplund & P. Nørgaard (Red.), *Kvægets ernæring og fysiologi. Bind 1 - Næringsstofomsætning og fodervurdering*. (s. 239-280). Danmark: Danmarks JordbrugsForskning, DJF rapport Husdyrbrug 53
- Wolfinger, R. D. (1996). Heterogeneous variance: covariance structures for repeated measures. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*: 205-230.
- Yang, W., Beauchemin, K., & Rode, L. (2001). Effects of Grain Processing, Forage to Concentrate Ratio, and Forage Particle Size on Rumen pH and Digestion by Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 84(10), 2203-2216 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74667-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74667-X)
- Yang, W. Z., Beauchemin, K. A., & Rode, L. M. (2000). Effects of Barley Grain Processing on Extent of Digestion and Milk Production of Lactating Cows. *Journal of Dairy Science*, 83(3), 554-568 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74915-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74915-0)



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway