





*«I kalve- og kvigetiden lægges grundvolden for det voksne dyr. Hvad der forsømmes i denne tid, vinder man vanskelig igjen; men steller man omhyggelig med ungdyret, er der vundet noget for hele kuens liv»*

*(Isaachsen, 1919).*

Landbruksboken Bind II, 1919.

Anden del – Husdyr og Melkebruk.

## I Forord

Dette er en masteroppgaven under Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, 2016. Datagrunnlaget er henta fra «kvigeprojektet» ved Senter for Husdyrforsk, 2009-2015.

Masteroppgaven markerer slutten på en femårig sivilagronomutdanning i husdyrernæring ved Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, NMBU, og Institutt for Klinisk Veterinær- og Husdyrvidenskab, København Universitet.

Det er mange personer og instanser som har vært til stor hjelp i arbeidet med oppgaven, og jeg vil benytte muligheten til å takke disse her.

Takk til hovedveileder førsteamanuensis Egil Prestløy for rådgiving og tålmodig oppfølging i masterarbeidet, og biveileder Professor Ragnar Salte for veiledning og tilbakemeldinger i skriveprosessen.

Takk til Senter for Husdyrforsk ved Birgitte Mosveen for tilgang til data i kukontrollen og svar på spørsmål angående «kvigeforsøket».

Takk til Kristin Sivertsen Storli for stor hjelp med programmering og tilrettelegging av data fra «kvigeprojektet» i SAS.

Takk til Yara Norge AS for tildeling av Yara-stipendet 2015, og takk til Tine SA for tildeling forskningsmidler knyttet til masterarbeidet.

Til slutt vil jeg takke alle studenter og ansatte ved NMBU og København Universitet som jeg har fått blitt kjent med. Dere har bidratt til at jeg har hatt en lærerik og uforglemmelig studietid både sosialt og faglig.

*Institutt for Husdyr- og akvakulturvitenskap, NMBU*

*Ås, 15.03.2016*

---

Øystein Haga Kaldahl

## II Sammendrag

Denne masteroppgaven består av en teoridel og en egen undersøkelse. Teoridelen tar for seg relevant litteratur omkring utvikling av jurvev og framføring av kviger til ei god mjølkeku. Den egne undersøkelsen ser på effekten av fôring fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet på melkeytelse og holdbarhet i første og andre laktasjon for kviger av rasen norsk rødt fe (NRF). Tidligere forsøk har vist at høy fôringsintensitet i perioden fra tre til ti måneders alder kan være negativt for framtidig melkeytelse (Sejrsen, 1983, Sejrsen, 2003, Purup, 1999, Fisker, 2003), mens nyere forsøk ikke har funnet denne negative effekten på framtidig melkeytelse (Meyer, 2006b, Meyer, 2006a). For å undersøke dette nærmere ble fire forsøksgrupper med 20 NRF-kviger i hver gruppe gitt ulike mengder energi og protein i fôrrasjonen i perioden fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet. Hypotesen for forsøket var at fôring for høy tilvekst med en rasjon supplert med tilstrekkelige mengder protein i perioden fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet vil ikke ville ha noen negativ effekt på utvikling av melkekjertler og melkeytelse i første og andre laktasjon. Basert på norske behovsnormer for energi og protein til kviger var de fire forsøksgruppene 1) høyenergi og lavprotein (HELP), 2) høyenergi og høyprotein (HEHP), 3) lavenergi og lavprotein (LELP), og 4) lavenergi og høyprotein (LEHP). Planlagt vekt ved inseminering og ved første kalving for samtlige dyr var henholdsvis 400 og 560 kg. Planlagt daglig tilvekst i perioden fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet var 600-750 og 800-950 g/dag for henholdsvis LE- og He-gruppene. For å oppnå dette ble energikonsentrasjonen i rasjonene tilpasset ved å justere grovfôrkvaliteten. I HE-gruppene ble grassurfôr gitt etter appetitt. I LE-gruppene ble energiinnholdet i grovfôret redusert ved å blande hvetealm inn i grassurfôret, og LE-rasjonene ble gitt i restriktive mengder. Proteininnholdet i rasjonene ble balansert ved å gi HP- og LP-gruppene 1 kg/dag av to kraftfôrtyper med henholdsvis 229,0 g og 150,6 g protein/kg TS. Datagrunnlaget for beregning av ytelse kg melk, kg EKM, kg fett og kg protein i første og andre laktasjon ble hentet fra de månedlige veiingene og prøvetakingene av melk rapportert inn til kukontrollen. Basert på disse observasjonene ble 305-dagers ytelse samt dagsytelse ved 50, 150 og 250 dager i melk i første og andre laktasjon beregnet ved hjelp av Legendre-polynom i SAS. Forsøket viste at tildeling av protein over norm fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet uavhengig av energitildeling i samme periode hadde negativ effekt på ytelse i kg melk, kg EKM, kg fett og kg protein i første laktasjon ( $p < 0,05$ ) og i samla ytelse i kg melk og kg EKM for første og andre laktasjon ( $p < 0,05$ ). Med utgangspunkt i dette var det derfor ikke mulig å bekrefte hypotesen om at høy proteintildeling sammen med høy energitildeling i perioden fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet ikke har negativ effekt på kvigenes framtidige ytelsespotensiale. Forsøket indikerer snarere at en lav proteintildeling er bedre enn en høy proteintildeling fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet.

### III Abstract

This master thesis consists of a theoretical part and research results. The theoretical part investigates relevant literature concerning the development of secretory tissue in the udder and feeding of heifers in order to create a good dairy cow. The separate study examines the effect of feeding from three months of age and until proven pregnancy on milk yield and durability in first and second lactation for Norwegian Red heifers. Previous trials have shown that high feeding intensity in the period from three to ten months of age can be negative for future milk yields (Sejrsen, 1983, Sejrsen, 2003, Purup, 1999, Fisker, 2003), while more recent trials have not found this negative effect on future milk yield (Meyer, 2006b, Meyer, 2006a). To investigate this further, four experimental groups with 20 NRF heifers in each group were given different amounts of energy and protein in the feed ration from three months of age until proven pregnancy. The hypothesis of this study was that feeding for rapid growth with a ration supplemented with adequate amounts of protein in the period from three to ten months of age and until proven pregnancy would not have any negative effect on the development of mammary glands and milk yield in first and second lactation. Based on Norwegian energy and protein requirements for heifers, four trial groups was established: 1) high energy and low protein (HELP), 2) high energy and high protein (HEHP), 3) low energy and low protein (LELP), and 4) low energy and high protein (LEHP). The scheduled live weight at insemination and at first calving was for all of the heifers 400 and 560 kg, respectively. The scheduled daily gain from three months of age and until proven gestation were 600-750 and 800-950 g/day for the LE-groups and the HE-groups, respectively. To achieve this, the energy concentration in the feed rations were adapted by adjusting the forage quality. In the HE-groups, grass silage was given *ad libitum*. In the LE-groups, the energy content of the roughage was reduced by mixing wheat straw into with the grass silage, and the LE-rations were given in restrictive quantities. The protein content of the feed rations was balanced by providing the HP- and the LP-groups 1 kg/day of two types of concentrates containing 229.0 g and 150.6 g protein/kg DM. The data used for calculating the yield of kg milk, kg energy corrected milk (ECM), kg milk fat, and kg milk protein in the first and second lactation were obtained from the monthly sampling of milk reported in the Norwegian dairy herd recording system. Based on these observations, a total lactation yield for 305-days in milk and the daily yield at 50, 150 and 250 days in milk in primary and second lactation were calculated using Legendre polynomial in SAS.

The experiment showed that elevated levels of protein in the feed ration from three months of age and until proven pregnancy regardless of the level of energy in the feed had a negative effect on the yield of kg milk, kg ECM, kg fat and kg protein in the first lactation ( $p < 0.05$ ) and in the total yield of kg milk and kg ECM in primary and secondary lactation ( $p < 0.05$ ). Based on these results, it was not possible to confirm the hypothesis that high protein feeding combined with high energy feeding from three months of age and until proven pregnancy has no negative effect on the future milk yield for heifers. The experiment rather indicates that low levels of protein is better than high levels of protein in the feed from three months of age and until proven pregnancy.





## IV Forkortelser

AAT<sub>n</sub> = Aminosyrer absorbert i tarm, NorFor

AAT<sub>n</sub>\_NEL = Ratioen mellom AAT<sub>n</sub> og NEL (g/MJ)

AVK = Alder ved kalving

DIM = Dager i melk

EKM = Energikorrigert melk

FP-tall = Fett:protein-forhold

GH = Veksthormon

HEHP = Høyenergi, høyprotein

HELP = Høyenergi, lavprotein

LEHP = Lavenergi, høyprotein

LELP = Lavenergi, lavprotein

Lsmeans = Least square means

LV = Levendevekt

NEB = Negativ energibalanse

NEG = Nettoenergi vekst

NEL = Nettoenergi laktasjon

NRF = Norsk Rødt Fe

OE = Omsettelig energi

OP = Omsettelig protein

PBV<sub>n</sub> = Proteinbalanse i vom, NorFor

SHF = Senter for Husdyrforsk

VVK = Vekt ved kalving

## V Innholdsfortegnelse

I Forord .....	4
II Sammendrag.....	5
III Abstract .....	6
IV Forkortelser .....	9
V Innholdsfortegnelse .....	10
1.0 Innledning.....	13
2.0 Teoridel.....	14
2.1 Juret og utviklingen av det .....	14
2.1.1 Juret.....	14
2.1.2 Mammogenesis - Utvikling av melkekjertler og jurvev før og etter fødsel.....	15
2.1.3 Effekt av eksterne faktorer.....	18
2.2 Ernæring .....	19
2.2.1 Generell energi- og proteinvurdering .....	19
2.2.2 Energi- og proteinbehov for kviger i vekst .....	20
2.2.4 Energibalanse og mobilisering/deponering .....	23
2.2.5 Konsekvens av overføring med protein.....	23
2.2.6 Praktiske normer for kvigefôring.....	25
2.2.7 «Lactocrine hypothesis» og epigenetikk .....	29
2.3 Holdbarhet.....	30
2.3.1 Effekten av kvigeoppfôring på melkeproduksjon og holdbarhet.....	31
3.0 Material og metode.....	35
3.1 Forsøksdyr og gruppeinndeling .....	35
3.2 Fôring og stell .....	35
3.2.1 Fôring og stell fra fødsel og fram til kalving .....	35
3.2.2 Fôring og stell i laktasjonsperioden.....	36
3.3 Innhenting av data fra kukontrollen.....	37
3.4 Beregninger og statistikk.....	38

4.0 Resultat.....	40
4.1 Melkeytelse .....	40
4.1.1 Kg energikorrigeret melk.....	40
4.1.2 Kg melk .....	42
4.1.3 Kg fett .....	44
4.1.4 Kg protein .....	46
4.1.5 Fett:protein-forholdet .....	48
4.2 Holdbarhet.....	51
5.0 Diskusjon .....	53
6.0 Konklusjon .....	59
7.0 Referanseliste .....	60



## 1.0 Innledning

Det har blitt vist at økt fôrstyrke og daglig tilvekst vil resulterer i tidligere kjønnsmodning av kviger da pubertet blir indusert av vekt og kroppssammensetning framfor alder (Meyer, 2006a). Basert på danske studier som viste at økt fôrstyrke fra tre til ti måneders alder ga lavere ytelse hos førstegangskalvere har det lenge vært anerkjent at fôrstyrken i denne perioden bør ligge innenfor gitte grenser for å gi ei høytstående og holdbar melkeku. Begrunnelsen for dette har vært at intensiv fôring i denne «kritiske perioden» gir utvikling av fettvev på bekostning av kjertelvev i juret (Sejrsen, 1983, 2000a). Ufullstendig utvikling av melkekjertelvev har vist seg å ikke være reversibelt senere i oppdrettet (Sejrsen and Purup, 1997). Nyere studier har derimot vist at økt fôrstyrke under «den kritiske perioden» ikke har negativ innvirkning på melkeytelse i framtidige laktasjoner (Meyer, 2006a, Meyer, 2006b). Med bakgrunn i disse studiene ble «kvigeprojektet» startet av Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap (IHA) ved NMBU med gjennomføring av omfattende fôringsforsøk ved Senter for husdyrforsøk (SHF) samme sted.

Denne masteroppgaven består av en teoridel og en egen undersøkelse. Teoridelen tar for seg relevant litteratur omkring utvikling av jurvev og framfôring av kviger til ei god mjølkeku. Den egne undersøkelsen tar for seg effekten av fôring fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet på melkeytelse og holdbarhet i første og andre laktasjon hos kviger av rasen norsk rødt fe (NRF). Undersøkelsen bygger på «kvigeprojektet» og tar utgangspunkt i resultater fra doktoravhandlingen til Kristin Sivertsen Storli (Storli, 2015). Storli (2015) undersøkte effekten av økt fôrstyrke fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet på 175-dagers melkeytelse i første laktasjon. Denne masteroppgaven viderefører dette arbeidet og presenterer en 305-dagers laktasjonsavdrått i kg melk, kg energikorrigert melk (EKM), kg fett og kg protein i første og andre laktasjon. I tillegg er også holdbarhet og levetid for rekrutteringskvigene undersøkt. Hypotesen som ble testet var hentet fra «kvigeprojektet» og er som følger:

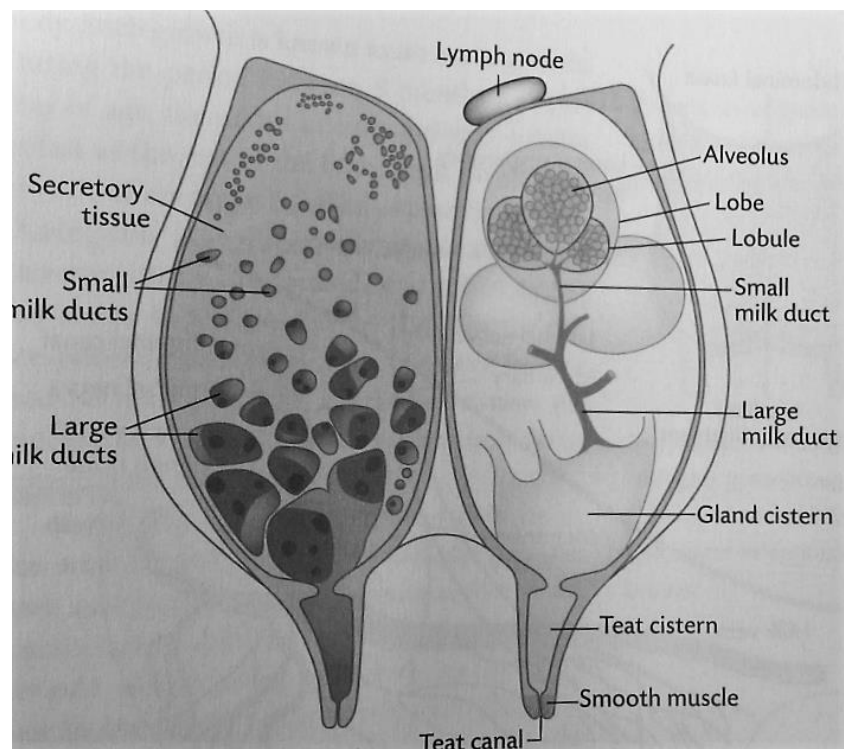
- i.* Fôring for høy tilvekst med en rasjon supplert med tilstrekkelige mengder protein i perioden fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet vil ikke ha noen negativ effekt på utvikling av melkekjertler og melkeytelse i første og andre laktasjon.

## 2.0 Teoridel

### 2.1 Juret og utviklingen av det

#### 2.1.1 Juret

Juret hos storfe består av fire melkekjertler med hver sin spene. Melkekjertlene er adskilt av bindevev, og juret blir holdt på plass av støttende ligamenter (Sjaastad, 2010). I jurkjertlene produseres melk i *alveoler*. 150-200 alveoler er bundet sammen i klaser og hver klase kalles en *lobulus*. Flere lobuluserer er igjen bundet sammen til større *lobuser* (Figur 1). Alveolene er bygget opp av sekretorisk epitel, de er formet som kuler med hulrom hvor melka blir skilt ut, og de er alle forbundet med et system av melkeganger gjennom en enkelt utførselsgang. Alveolene er omgitt av en basalmembran. Utenpå denne er det et nettverk av glatte muskelceller, myoepitelceller, samt et nettverk av kapillærer som forsyner alveolepitelet med næringsstoffer og oksygen til bruk i syntesen av melk. Muskelcellene presser melka ut av alveolene ved å trekke seg sammen når de påvirkes av hormonet *oxytocin* (Sjaastad, 2010). Oxytocinet stimulerer også den glatt muskulaturen rundt melkegangene til å trekke seg sammen. Melka ledes dermed fra små melkeganger og ut i stadig større melkeganger som så ender i en kjertelcisterne og spenescisternen (Figur 1). Melka går ut gjennom spenecisternen og spenespissen når kua dies/melkes (Sjaastad, 2010).



Figur 1: Skjematisk tegning av jurets oppbygging med alveoler, lobulus, lobuser, melkekanaler, jurcisterner, spenecisternen og spenekanal (Sjaastad, 2010).

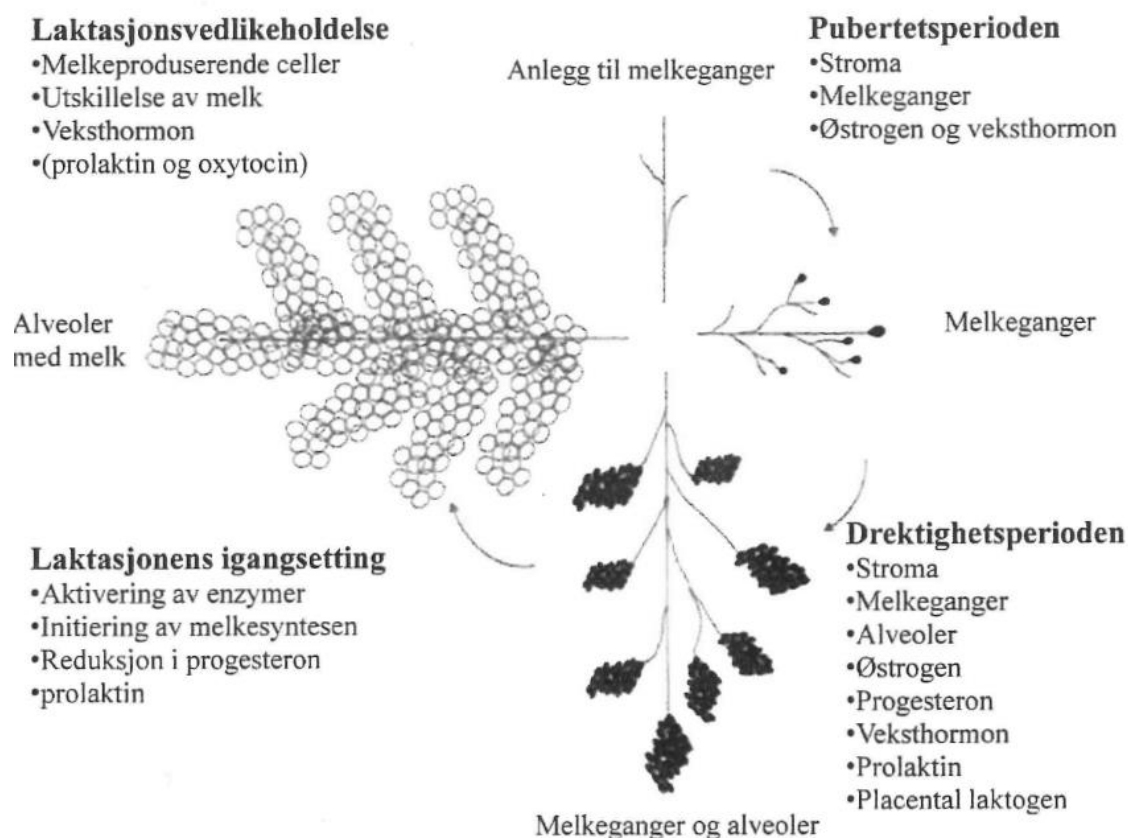
## 2.1.2 Mammogenesis - Utvikling av melkekjertler og jurvev før og etter fødsel

### Utvikling i fosterlivet

Utviklingen av melkekjertlene er synlig allerede fem til seks uker etter befruktning som en stripeformet utbuktning av ektoderm på begge sider av magen. Disse deles etter hvert opp i det riktige antallet jurknopper og juranleggene gror sammen med underliggende vev og former den funksjonelle delen av jurkjertlene (Sjaastad, 2010). Spener utvikles etterhvert på overflaten, og spenekanalene er ferdig utviklet når fosteret er ca. tre måneder gammelt. I bindevevet formes en pute av fettceller, fettplaten, hvor utførselsganger, og senere alveoler, utvikles. De store utførselsgangene er ferdig utviklet ved fødsel (Sjaastad, 2010).

### Utvikling fra fødsel til pubertet

Veksten i melkekjertlene etter fødsel preges i de to til tre første månedene av isometrisk vekst, som vil si at melkekjertlene utvikles i samme hastighet som resten av kroppen (Sinha, 1969). Fra omtrent tre måneders alder preges melkekjertelvevet av allometrisk vekst. Allometrisk vekst betyr at det er relativt større vekst i en del av kroppen enn i resten av kroppen. I denne perioden er veksten tre til fem ganger større i jurvevet enn i resten av kroppen (Lawrance, 2012). Fettvev og melkekanaler formes og sekretorisk vev vil vokse seg inn i fettvevet (Figur 2). Melkekanalene har nå samme form som de vil ha i det ferdigutviklede juret. Den allometriske veksten vil fortsette upåvirket av de første østrussyklusene fram til omtrent ni måneders alder, da jurutviklingen vil gå tilbake til isometrisk vekst. Hva som styrer denne overgangen er ikke sikkert. En mulighet er at balansen mellom østrogen og progesteron endres i favør av sistnevnte, noe som avslutter den dominerende effekten av østrogen (Lawrance, 2012). En redusert allometrisk periode kan redusere utviklingen av parenkymvev i juret. Dette vil kunne gi en permanent hemming av framtidig melkeproduksjon (Lohakare, 2012).



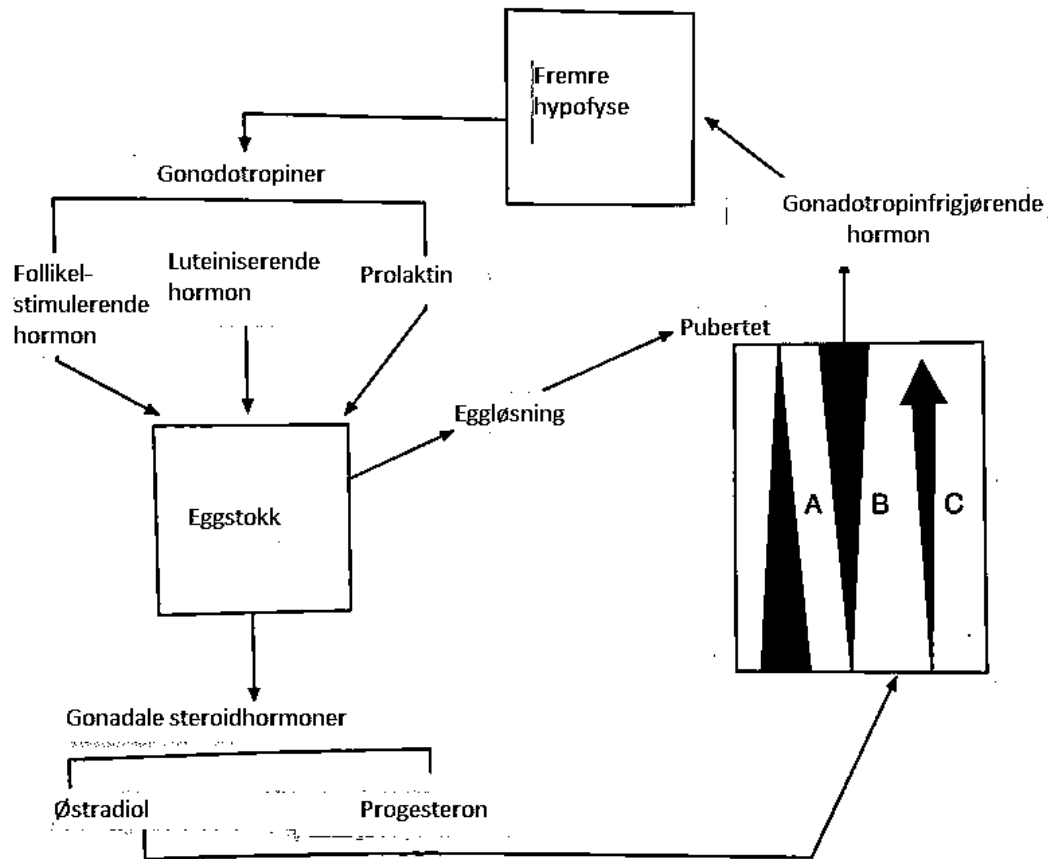
Figur 2: Faser av mammogenesen fra fødsel med beskrivelse av den fysiologiske utviklingen og hvilke hormoner som påvirker jurutviklingen fra Bekkevold og Heiberg (2009) etter Sejrseth *et al.* (2003).

### Utvikling fra pubertet til kalving

Puberteten inntreffer vanligvis når kvigene når 200-300 kg levendevekt (LV). Puberteten markerer slutten på den hemmende effekten til østradiol på hypothalamus-hypofyseaksen (Figur 3) (Lawrance, 2012). Som et resultat av vil den første bølgen av gonadotropiner frigjøres og dette vil være en konstant stimulus for eggøsning. De hemmende effektene er ofte referert til som negativ feedback og indikerer at responsen til hypothalamus på østradiol er umoden. En reduksjon i negativ feedback til fordel av positiv feedback vil øke utskillingen av gonadotropinfrigjørende hormon fra hypothalamus og vil stimulere til økt frigjøring av gonadotropin fra den fremre hypofyselappen. Gonadotropinene består av follikkelstimulerende hormon, luteniserende hormon og prolaktin. Samla bidrar disse tre hormonene til å stimulere eggstokkene til å skille ut gonadale steroidhormoner. Disse vil øke frigjøring av østrogen og progesteron (Lawrance, 2012). Østrogen stimulerer til vekst av melkegangene og utgreining av alveolegrenene sammen med veksthormon og glukokortikoider (Figur 2). Veksthormon, glukokortikoider, progesteron og prolaktin må være tilstede for at alveolene skal utvikles, og siden progesteronproduksjon er begrenset til den luteale fasen av brunstsyklusen, vil det ikke skje en videre utvikling av alveolene før en eventuell graviditet (Sjaastad, 2010). Utvikling og vekst av melkekanaler og sekreterende vev er assosiert med tilstedeværelsen av fettvev i juret.



Melkekjertlene vil ikke utvikle seg normalt om fettvevet skulle mangle eller bli fjernet. I fettvevet dannes lokale vekstfaktorer som er viktige for utvikling og vekst av kjertelvev. Insulinlignende vekstfaktor 1 (IGF-1) stimulerer til mitotisk aktivitet i jurvevet (Sjaastad, 2010).



Figur 3: Skematisk framstilling av hovedaktørene i hypotalamus-hypofyseaksen. Minkende negativ feedback (A) og økende positiv feedback (B) mellom fødsel og pubertet gir modning (C) av *hypothalamus*. Resultatet er sekresjon av gonadotropinfrigjørende hormon som stimulerer den fremre hypofyselappen til å frigjøre gonadotropinhormoner som vil stimulere eggstokkene og føre til eggløsning (Lawrance, 2012).

### Utvikling i drektighetsperioden

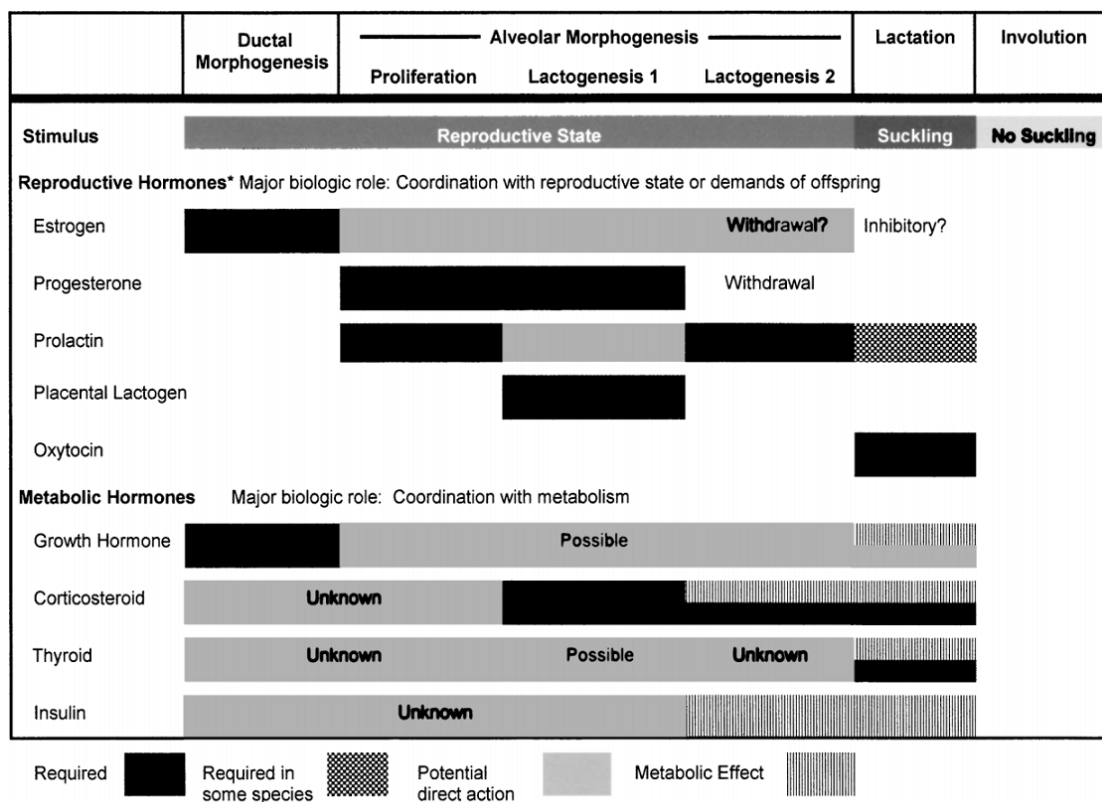
I drektighetsperioden vokser melkekjertlene allometrisk grunnet en økning i og en synkronisering av østrogen og progesteron produksjon i sammenheng med økt sekresjon av veksthormon og prolaktin (Figur 3). Dette vil stimulere til økt vekst av melkekanaler og alveoler vil utvikles til de karakteristiske lobulo-alveolare strukturene som vil erstatte lipidene i jurfettvevet (Lawrance, 2012). Utviklingen av kjertelcisternen vil først starte ved fem til seks måneders drektighet. Ettersom drektigheten utvikler seg vil alveolene øke i antall og størrelse og fett og kasein vil sekreses inn i lumina av alveolene. Omtrent halvparten eller mer av jurutviklingen vil foregå under drektighet (Lawrance, 2012).

## Utvikling i laktasjon

Det vil fortsatt være en utvikling av sekreterende vev tidlig i laktasjonsperioden, og produksjonen av melk er korrelert med antallet sekretoriske epitelceller. Hos storfe er økningen av sekretorisk vev i laktasjon på ca. 10 % (Sjaastad, 2010). Gjennom laktasjonen skjer det en fortløpende utskiftning av epitelceller, og mot slutten av laktasjonsperioden vil det foregå en styrt celledød i alveolene som vil redusere melkemengden. Ny graviditet og økte konsentrasjoner av progesteron reduserer melkeytelsen. Tørrperioden som kommer mellom to laktasjoner er nødvendig for at juret skal få hvilt seg og produsert nye epitelceller (Sjaastad, 2010).

### 2.1.3 Effekt av eksterne faktorer

Utviklingen av juret blir styrt av hormoner. Hormonene deles inn i to hovedgrupper bestående av reproduksjonshormoner og metabolske hormoner. En oversikt over de ulike hormonene og når de er aktive i jurutviklingen er vist i figur 4. Endringer i hormonaktivitet vil ha en indirekte negativ effekt på utvikling av jurkjertellev og melkesyntese ved å forstyrre næringstilgang og opptak av næring i vev. Hormonell ubalanse vil kunne påvirke kjertelvevet i juret til å bli mindre mottakelig (Neville, 2002).



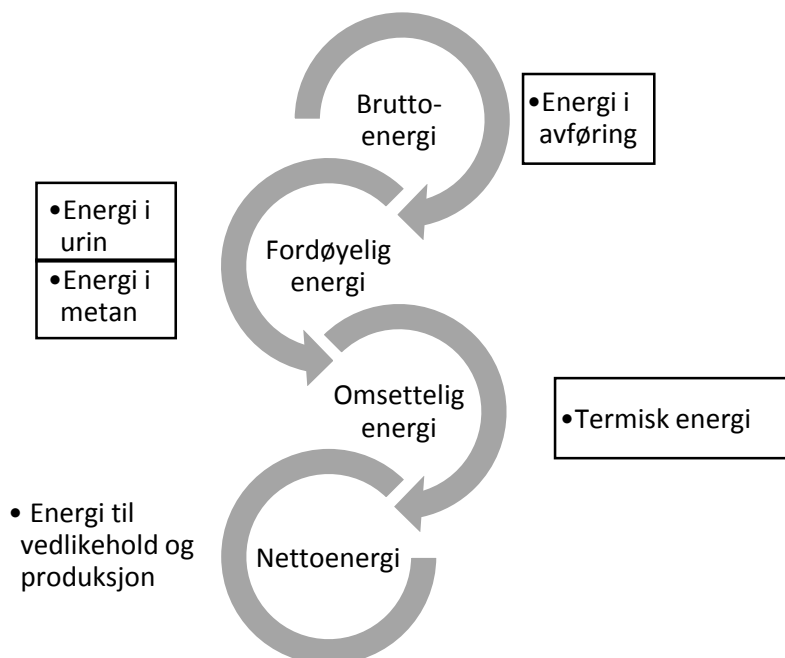
\*The reproductive hormones, LH and FSH, are not included on this table because they have no direct mammary actions.

Figur 4: Oversikt over hvilke hormoner som er viktige for jurutvikling og når i utviklingen de er mest aktive (Neville, 2002).

## 2.2 Ernæring

### 2.2.1 Generell energi- og proteinvurdering

Tilgjengelig energien i fôret til vekst og vedlikehold blir betegnet som nettoenergi, og blir beregnet ut fra bruttoenergi som vist i Figur 5. Bruttoenergien blir funnet ved hjelp av kalorimeter og blir betegnet som brennverdien til fôret. Fordøyelig energi i fôret er brennverdien av fôret minus energiinnholdet tapt i avføringen. Omsettelig energi i fôret er fordøyelig energi i fôret minus energi tapt gjennom urin og metan ved fordøyelse av fôret. Nettoenergien i fôret er bestemt ut fra energiinnholdet i omsettelig energi minus energi avgitt som termisk energi under nedbrytningen av fôret (McDonald, 2002).



Figur 5: Energi tilgjengelig for vedlikehold og produksjon vist som nettoenergi tilgjengelig fra bruttoenergi. Energitalp i prosessen er markert med svarte bokser (McDonald, 2002).

Proteininnholdet i fôret skal sikre at protein ikke er en begrensende faktor for tilvekst ved et gitt energinivå. Verdien av proteinet i fôret til drøvtyggere blir kalkulert ut fra proteinets fordøyeligheten i vom, passasjehastighet gjennom vom, hvor effektivt vomnedbrutt protein blir utnyttet av vommikrobene, hvor mye mikrobeprotein som blir produsert på det, sann fordøyelighet av andel protein tatt opp i tynntarm og hvor effektivt nitrogen absorbert fra tynntarm utnyttes (McDonald, 2002).

## 2.2.2 Energi- og proteinbehov for kviger i vekst

Mens behovet til vedlikehold i hovedsak er knyttet til størrelsen på dyret, er behovet til vekst i tillegg knyttet til veksthastighet. Energibehovet til kviger i vekst beskrives i NorFor gjennom nettoenergi vekst (NEG). Denne enheten har grunnlag i europeiske energivurderingssystem og er justert i forhold til resultater fra nordiske forsøk (Volden, 2009a). Nettoenergi behovet til vekst i voksende storfe blir kalkulert ut fra følgende ligning (INRA, 1989, Volden, 2011):

$$NEG_{gain} = \left[ (5,48 * gain_{prot} + 9,39 * gain_{fat}) * \frac{4,184}{1000} * \frac{k_{mg}}{k_{g\_corr}} \right] * 1,10$$

hvor NEG\_gain er daglig NE-behov for voksende storfe, MJ NEG/dag; 5,48 og 9,39 er energiinnholdet i henholdsvis fett og protein, kcal/g; gain\_prot er daglig proteinavleiring; gain\_fat er daglig fettavleiring, faktoren 4,184/1000 konverterer kcal to MJ; k<sub>mg</sub> er den kombinerte utnyttingskoeffisienten av omsettelig energi (OE) til NE for vedlikehold og vekst og k<sub>g\_corr</sub> er utnyttingskoeffisienten av OE til NE for vekst korrigert for andel av energi som kommer fra proteinavleiring i den totale daglige energiavleiringen (Volden, 2011). Ligningen er modifisert med et siste ledd for å tilpasse seg norske forhold ved å øke energibehovet med 10 %.

Tabell 1 angir behovet for NE og protein til kviger med økende levendevekt og daglig tilvekst på 400, 600, 800 og 1000 gram (INRA, 1989). Det er tydelig at behovet for både protein og energi øker med økt levendevekt og med økt tilvekst ved lik levendevekt.

Tabell 1: Behovet for nettoenergi (MJ/dag) og protein (gram/dag) for kviger med ulik levendevekt (kg) og daglig tilvekst (gram/dag) (INRA, 1989).

Levendevekt, kg	400 g tilvekst/d		600 g tilvekst/d		800 g tilvekst/d		1000 g tilvekst/d	
	E <sup>1</sup> , MJ	P <sup>2</sup> , g	E, MJ	P, g	E, MJ	P, g	E, MJ	P, g
200	21,3	282	24,2	329	27,7	373	31,3	412
300	27,7	355	31,3	404	35,6	446	39,8	483
400	34,1	428	38,4	479	43,4	518	49,1	548
500	39,8	505	45,5	553	51,9	583	59,0	595

<sup>1</sup>E = Energibehov

<sup>2</sup>P = Proteinbehov

Økt fôringsintensitet gir økt tilvekst og økt andel fettavleiring per kg tilvekst. Tilsvarende gir økt vekt økt vedlikeholdsbehov og økt fettinnhold i tilveksten (Volden, 2009b). Denne sammenhengen mellom daglig tilvekst og vekt på sammensetningen av tilveksten i form av fett og protein er vist i Tabell 2. Økt fettavleiring ved økt tilvekst og økende vekt krever mer energi og fôr. Økt fôrmengde gir i tillegg økt passasjehastighet av fôr gjennom vom og dermed redusert fordøyelighet i vom. Begge disse forhold gjør at fôrforbruket per kg tilvekst vil øke med økende tilvekst og vekt.

Tabell 2: Estimert daglig fett- og proteinavleiring (gram) hos kviger ved ulike levendevekt (kg) og daglig tilvekst (gram) (Volden, 2011).

Levendevekt, kg	800 gram daglig tilvekst		600 gram daglig tilvekst	
	Fett, g/d	Protein, g/d	Fett, g/d	Protein, g/d
200	142	134	85	105
300	207	125	124	101
400	270	114	162	95
500	333	102	199	88

I NorFor beregnes proteintilførsel som aminosyrer absorbert i tarm ( $AAT_N$ ) og proteinbalanse i vom ( $PBV_N$ ). NorFor har utviklet egne  $AAT_N$  ligninger for tilvekst basert på nordiske forskningsdata (Volden, 2011).  $AAT_N$ -behovet for tilvekst i voksende kviger er et resultat av mengden protein deponert og hvor effektivt tilgjengelig  $AAT_N$  blir deponert.  $AAT_N$ -behovet for tilvekst blir kalkulert med bruk av følgende ligning

$$AAT_{N\_gain} = \frac{gain\_prot * 1000}{AAT_{N\_Eff}/100}$$

hvor  $AAT_{N\_gain}$  er daglig behov for  $AAT_N$  til voksende kviger, g/dag;  $gain\_prot$  er daglig proteinretensjon, kg/dag; og  $AAT_{N\_Eff}$  er hvor effektivt  $AAT_N$  blir utnyttet til vekst, % (Volden, 2011).

$AAT_N$  tilgjengelig for vekst blir i NorFor utnyttet med varierende effektivitet grunnet avtakende avkastning med økende inntak av omsettelig protein (OP). Variasjonen i  $AAT_N$ -effektiviteten kan forklares med stor nøyaktighet ut fra dyrets levendevekt, gjennomsnittlig daglig tilvekst og ratioen av  $AAT_N/NEG$  ved bruk av følgende ligning

$$AAT_{N\_Eff} = \left( 1,88 - 0,03821 * AAT_N/NEG - 0,00176 * BW - 0,2283 * \frac{ADG}{1000} + 0,0000019014 * BW^{1,83} + 0,000000016 * AAT_N\_NEG^5 \right) * 100$$

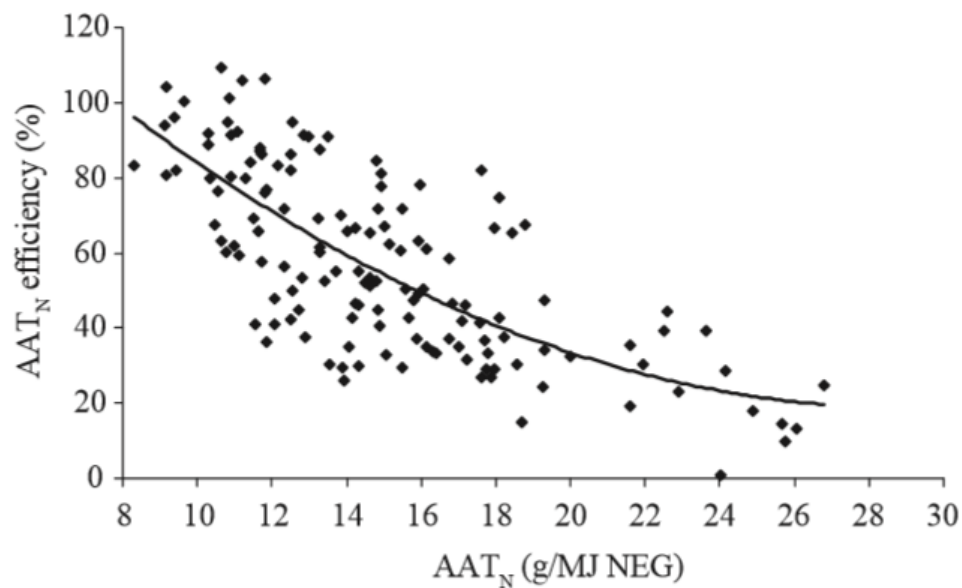
hvor  $AAT_{N\_Eff}$  er hvor effektivt  $AAT_N$  blir utnyttet til vekst, %;  $BW$  er levendevekt, kg;  $ADG$  er gjennomsnittlig daglig tilvekst, g/dag; og  $AAT_N\_NEG$  er ratioen mellom  $AAT_N$  og energi tilgjengelig for vekst (Volden, 2011).

Ratioen mellom OP og energi tilgjengelig for vekst blir kalkulert som

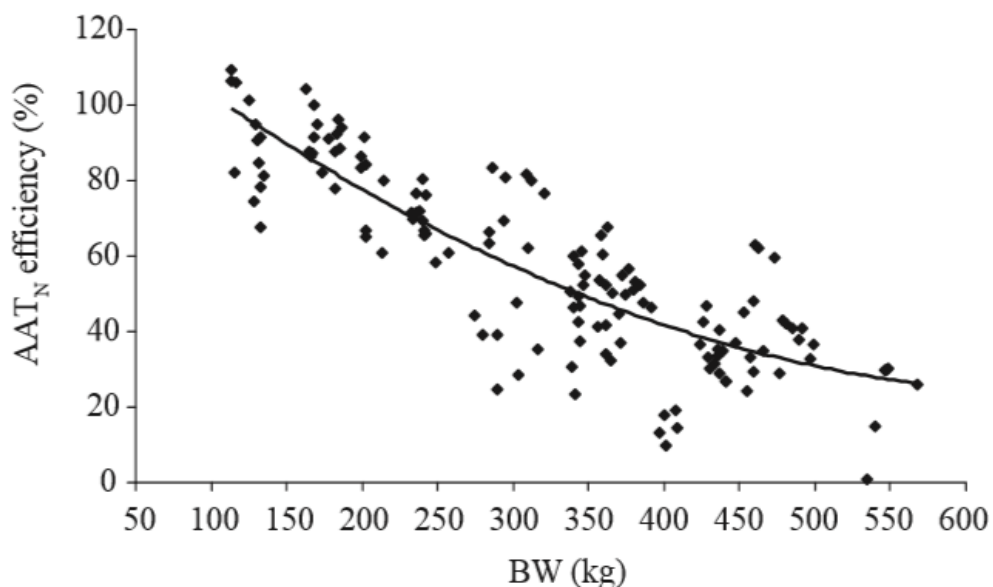
$$AAT_{N\_NEG} = \frac{AAT_N - AAT_{N\_maint} - AAT_{N\_gest}}{NEG\_gain}$$

hvor  $AAT_{N\_NEG}$  er ratioen mellom  $AAT_N$  og energi tilgjengelig for vekst, g/MJ;  $AAT_N$  er innholdet av  $AAT_N$  fra fôrrasjonen, g/dag;  $AAT_{N\_maint}$  er  $AAT_N$ -behovet til vedlikehold, g/dag;  $AAT_{N\_gest}$  er  $AAT_N$ -behovet knyttet til drektighet, g/dag; og  $NEG\_gain$  er mengden energi brukt til vekst, MJ NEG/d (Volden, 2011).

Effektiviteten av AAT<sub>N</sub>-utnyttelsen til vekst er kalkulert ved å dividere mengden protein avsatt på mengden av AAT<sub>N</sub> tilgjengelig for vekst. AAT<sub>N</sub> tilgjengelig for vekst er kalkulert som total mengde tilgjengelig AAT<sub>N</sub> minus AAT<sub>N</sub> nødvendig for vedlikehold og drectighet. Ratioen av AAT<sub>N</sub>/NEG for vekst er kalkulert fra mengden av AAT<sub>N</sub> tilgjengelig for tilvekst og behovet av NEG for tilvekst (Volden, 2011). Figur 6 viser at AAT<sub>N</sub>-utnyttelsen er størst når AAT<sub>N</sub>g/MJ NEG er lav, og Figur 7 viser at utnyttelsen av AAT<sub>N</sub> i forhold til levendevekt er høyere ved lav vekt enn ved høy vekt. I begge figurene er det tydelig at det er en del variasjon mellom forsøksledd.



Figur 6: AAT<sub>N</sub>-effektivitet (%) for voksende kviger relativt til AAT<sub>N</sub>-innhold i fôrrasjon (g/MJ NEG) (Volden, 2011).



Figur 7: AAT<sub>N</sub>-effektivitet (%) for voksende kviger relativt til levendevekt (kg) (Volden, 2011).

#### 2.2.4 Energibalanse og mobilisering/deponering

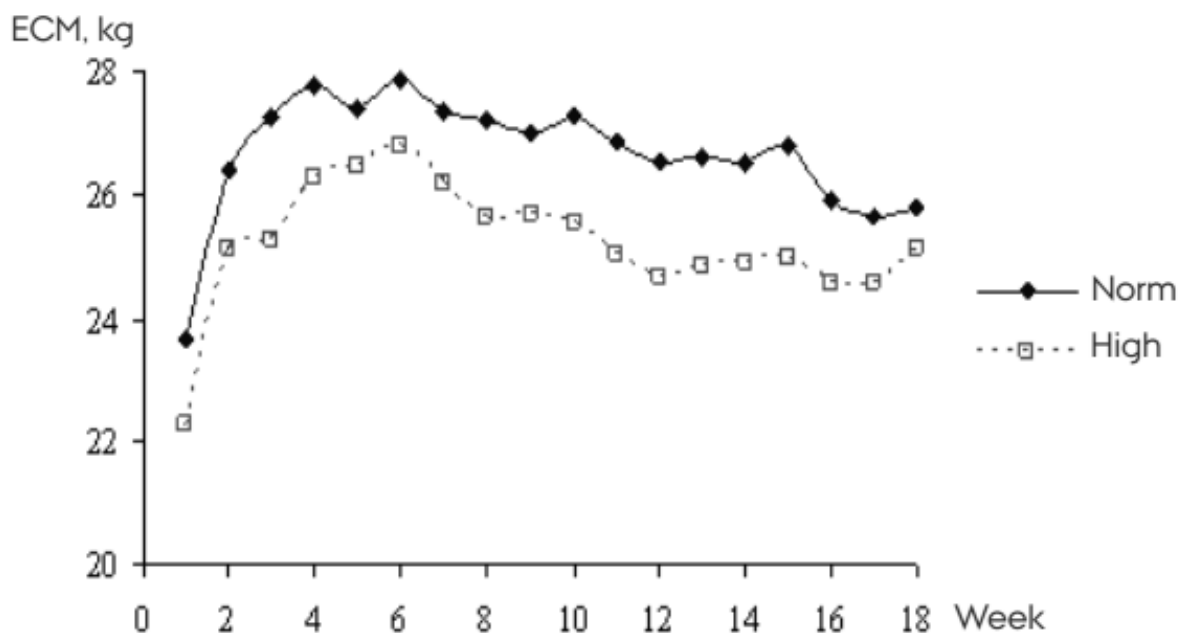
Avl for melkeytelse har ført til økt fôropptakskapasitet da melkeytelse er genetisk positivt korrelert med fôropptakskapasitet (Mäntysaari, 2010). Til tross for økt fôropptakskapasitet greier ikke dagens høytytende melkekyr å øke fôropptaket i takt med det økende energibehovet til melkeproduksjon i første del av laktasjon og kyrne må i større grad må mobiliserer energi fra egne kroppsreserver. Dagens høytytende melkekyr har evne til å takle en negativ energibalanse (NEB) i første del av laktasjonen. En forlenget periode med NEB er assosiert med helse- og reproduksjonsproblemer (de Vries, 1999), og kyr med redusert holdpoeng er mer utsatt for mastitt og fertilitetsproblemer (Loker, 2012). Melkas fett:protein-forhold (FP-tall) er negativt korrelert med kuas energistatus, og da særlig tidlig i laktasjon (Grieve, 1986, Mäntysaari, 2010). Følgelig er det også en negativ korrelasjon mellom energibalanse og levendevekt tidlig i laktasjonen, noe som er et resultat av at større førstegangskalvere har større evne og mulighet til å mobilisere kroppsreserver til melkeproduksjon enn mindre førstegangskalvere (Mäntysaari, 1999).

Yamazaki *et al.* (2011) undersøkte sammenhengen mellom laktasjonskurvens form og endring i holdpoeng hos 191 førstegangskalvere av rasen holstein. Det var ingen statistisk signifikant sammenheng mellom laktasjonskurvens form og holdpoeng i tidlig laktasjon. Toppytelse og laktasjonsytelse var imidlertid korrelert med endring i holdpoeng i senlaktasjon. Høy avdrått reduserte holdet fra midt-/senlaktasjon og forsinket gjenoppbyggingen av kroppsreserver (Yamazaki, 2011). Laktasjonsutholdenhet var positivt korrelert med økende holdpoeng i senlaktasjon, noe som indikerte at kyr med høy laktasjonsutholdenhet hadde en tendens til å være friske og gode til å gjenoppbygge kroppsreservene i senlaktasjon (Yamazaki, 2011).

#### 2.2.5 Konsekvens av overføring med protein

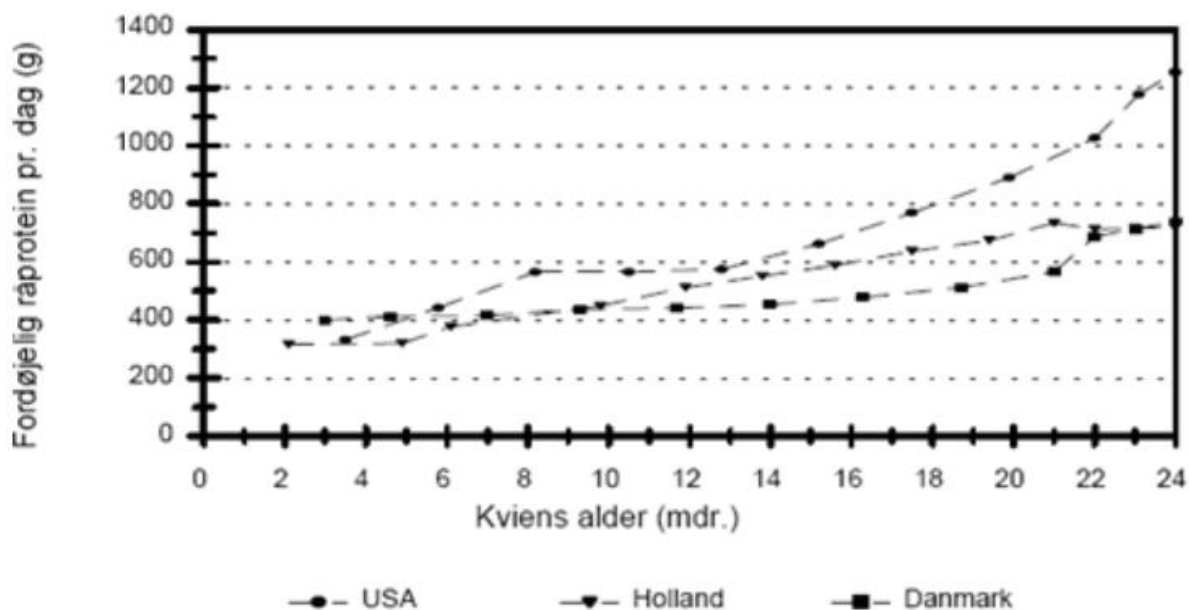
Overføring med protein vil redusere utnyttelse av protein og energi i fôr (McDonald, 2002). I vom vil deler av fôrproteinene bli nedbrutt til ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) av vommikrobene. Ammonium som ikke blir benyttet til å bygge mikrobeprotein vil diffundere ut fra vom og inn i blodbanene etter konsentrasjonsgradient. Ammonium er giftig for celler og transporteres med blodet til lever for å omdannes til urea. Danningen av urea er en energikrevende prosess og overføring av protein kan dermed redusere energi tilgjengelig for tilvekst og reproduksjon (McDonald, 2002).

Vestergaard *et al.* (2010) undersøkte betydningen av proteinnivå i fôret til kviger i alderen 10 til 22 måneder med hensyn på reproduksjon og melkeytelse. 145 kviger ble fordelt i to grupper hvor den ene gruppen ble gitt et fullfôr med et proteininnhold 15 % over dansk norm og en kontrollgruppe ble gitt et fullfôr med et proteininnhold tilsvarende dansk norm. Bakgrunnen for forsøket var forskjellen mellom proteinfôringsnormene i USA, Holland og Danmark (Figur 9), og undersøkelser som har funnet positiv effekt på daglig tilvekst og utvikling av kropp og jur ved økt proteintildeling til kviger (Shamay, 2005). Hypotesen til Vestergaard *et al.* (2010) var at proteintildeling over norm ikke skulle påvirke tilvekst, reproduksjon og melkeytelse. Fôrrasjonen ble sammensatt for en ønsket tilvekst på 750 g/dag fra 10-15 måneder, og 900 g/dag fra 15 til 22 måneders alder. Tildeling av råprotein for norm (N) og høy (H) gruppene var henholdsvis 102 og 118 g per kg/TS i perioden 10 - 15 måneder og 105 og 120 g per kg/TS i perioden fra 15 måneders alder til tre måneder før kalving. Forsøket viste ingen forskjell i daglig tilvekst fra 10 til 22 måneder, alder ved kalving eller kroppsvekt ved kalving. Det var derimot forskjell i melkeytelse fram til 120 dager i første laktasjon, da melkeytelsen var lavere for H-gruppen enn for N-gruppen (25,1 vs. 26,5 kg/d,  $P < 0,05$ ). Det ble konkludert med at nye studier må til for å kunne forklare årsaken til den negative effekten av fôring med protein over norm på melkeytelse (Vestergaard, 2010).



Figur 8: Melkeytelse (kg EKM) gjennom 18 uker av første laktasjon for kviger med proteinfôring etter dansk norm (Norm) og 15 % over dansk norm (High) (Vestergaard, 2010).





Figur 9: Anbefalt tildeling av råprotein til kviser i Danmark, Holland og USA ved en daglig tilvekst på 700 g (Fisker, 1999).

### 2.2.6 Praktiske normer for kvigefôring

Kvigefôring blir tradisjonelt delt inn i tre perioder. Disse er (1) kalveperioden, (2) fra kalv og fram til drektighet og (3) fra påvist drektighet fram til kalving. Anbefalt daglig tilvekst i de tre periodene variere mellom land. Tilvekstanbefalingene i Norge, Danmark og USA er vist i Tabell 3.

Tabell 3: Anbefalt tilvekst (g/d) i Norge (Tine-Rådgivning, 2014), Danmark (Sejrsen, 1999) og USA (NRC, 2001) i tre ulike perioder av kvigeoppdrettet.

Normer	Tilvekst, g/d			
	Kalveperiode	Før drektighet	Påvist drektighet	Gjennomsnitt
<b>Norge</b>	700-750	770-900	400-600	≈ 700
<b>Danmark</b>	>650	600-700	≈ 600	≈ 600
<b>USA</b>	650	870	590	≈ 850

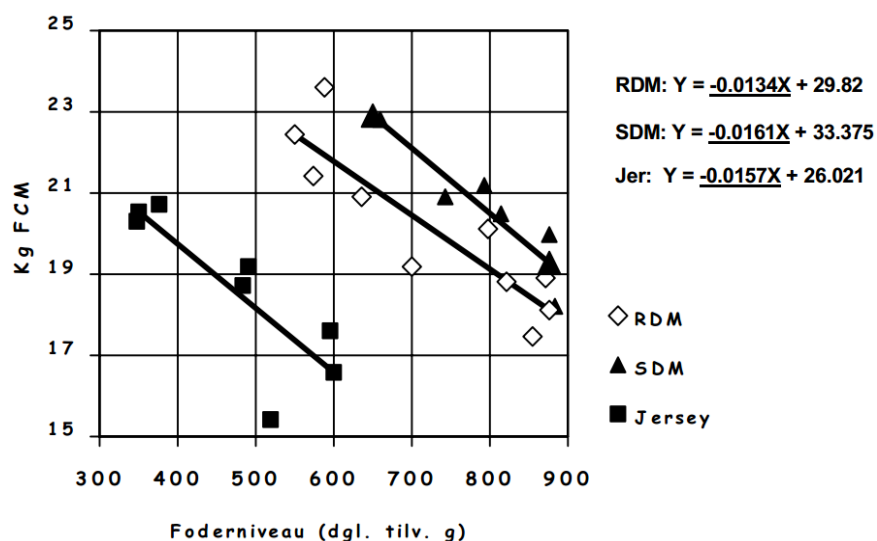
Anbefalingene til Tine Rådgivning (2014) og NRC (2001) er basert på at kvigene skal være 24 måneder og henholdsvis 560 kg og 680 kg ved kalving. De danske anbefalingene er basert på at kviga skal være utvokst og kalve ved 27-28 måneders alder (Sejrsen, 1999). De norske normene er basert på NRF, mens de to andre er basert på holstein. NRC sine normer er basert på amerikansk holstein som er større enn dansk holstein.

## Kalveperioden

Brown *et al.* (2005a) fant at kalver føret for en tilvekst på minst 650 g per dag i alderen fra to til åtte uker hadde omtrent tre ganger større mengde parenkymvev i juret i forhold til kalver føret restriktivt for å oppnå en tilvekst på 400 g/dag. Den økte tilveksten ga økt mengde parenkymvev i juret uten å øke mengden fettvev. Det har blitt vist at kalver med økt tilvekst i tidlig alder/melkefødingsperioden har bedre respons på økt føring i kvigeperioden (Lawrance, 2012). Økt tilvekst i denne perioden er også forbundet med økt daglig melkeytelse i første laktasjon, tidligere pubertet og økt kroppsvekt ved pubertet (Shamay, 2005).

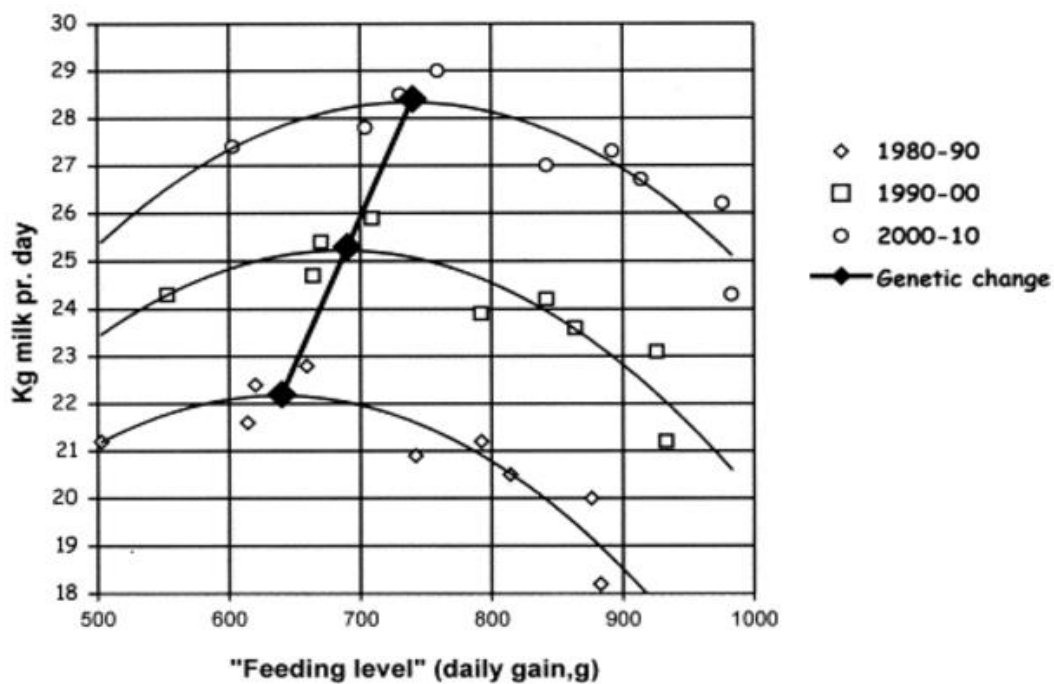
## Før drektighet

På grunn av stor utvikling av melkesekrerende vev i tiden fra tre til ti måneders alder blir denne perioden ofte referert til som «den kritiske perioden» (Sejrsen and Purup, 1997). En vanlig oppfatning er at høy daglig tilvekst i «den kritiske periode» er skadelig for utviklingen av jurvevet da høy tilvekst gir dannning av fettvev i stedet for melkesekrerende parenkymvev (Radcliff, 2000). Teorien om at begrenset føring i «den kritiske perioden» derfor vil være positivt for framtidig melkeproduksjon har vært testet i mange feltforsøk i Danmark og USA (Sejrsen and Purup, 1997, Radcliff, 1998), og har blitt beskrevet i Skovgård-forsøket av Sejrsen & Foldager (1999). Skovgård-forsøket (Figur 10) viser hvordan økt fødingsintensitet i «den kritiske periode» reduserer melkeytelsen i første laktasjon hos tre danske raser. Resultatet er forklart ved at melkeytelsen til svakt førede kviger blir redusert kun i starten av laktasjonen som følge av mindre føropptak, små kroppsreserver og stort vekstbehov, mens ytelsen til sterkt førede kviger blir redusert i hele laktasjonen på grunn av redusert jurutvikling (Sejrsen, 1999).



Figur 10: Nedgang i ytelse fettkorrigeret melk (FCM) med stigende tilvekst (g/d) i «den kritiske periode» for tre danske melkeraser basert på data fra Skovgård-forsøket (Sejrsen, 1999).

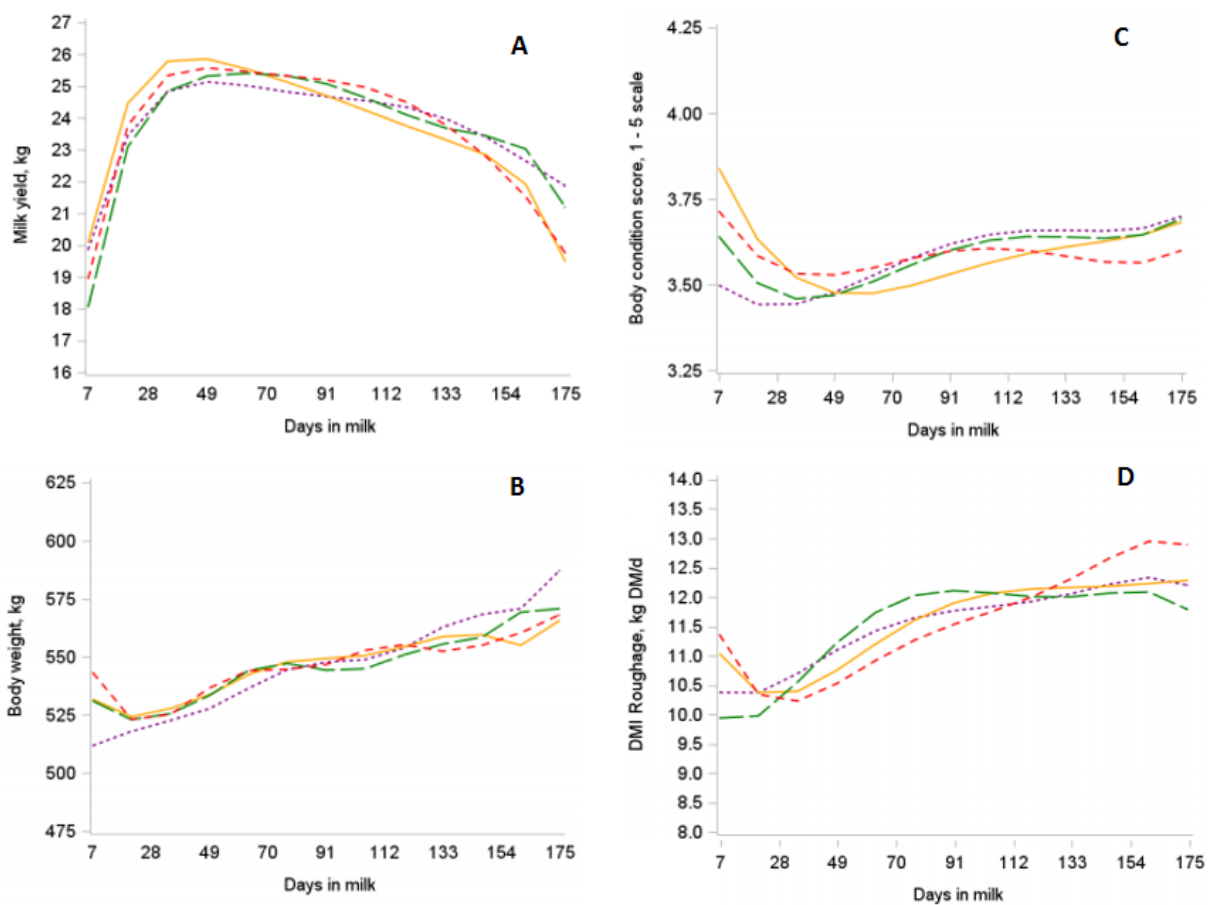
De danske anbefalingene om restriktiv tilvekst i den kritiske perioden er basert på melkeraser som i de siste 30 årene har blitt avlet for økt melkeytelse. Sejrsen *et al.* (2003) mener at optimal tilvekst øker gradvis i takt med genetisk framgang for melkeytelse, og at normene fra 90-tallet vist i Tabell 2 ikke lenger er gjeldende. I Figur 11 vises beregnet endring av fôrstyrke som et resultat av genetisk framgang for melkeytelse. Sejrsen *et al.* (2003) konkluderer med at økt tilvekst basert på genetisk framgang vil resultere i forventet høyere ytelsespotensiale, men at forholdet mellom tilvekst i de ulike periodene fortsatt er like relevant.



Figur 11: Nødvendig endring i fôrnivå (g) i «den kritiske periode» og dagsytelse (kg melk) som et resultat av avl for økt melkeproduksjon gjennom tre tiår (Sejrsen, 2000a).

Meyer *et al.* (2006a) fant blant en gruppe jevngamle holsteinkviger at kviger fôret for høy tilvekst (960 g/dag) oppnådde pubertet 108 dager tidligere enn kviger med moderat tilvekst (640 g/dag). Meyer *et al.* (2006b) fant ikke at jurvevutviklingen hos prepubertale kviger ble hemmet av en fôringsintensitet tilsvarende 950 g tilvekst/dag, men heller stimulerte til økt vekst. Meyer *et al.* (2006a) forklarte dette med at utvikling av parenkymvev i juret skjer upåvirket av næringstilgang, i motsetning til utviklingen av fettvev i juret som blir stimulert av økt næringstilgang. Meyer *et al.* (2006a) mente derfor at tidspunktet for pubertet var avhengig av vekt og kroppssammensetning framfor alder, og at utviklingen av parenkymvev først og fremst blir styrt av kvigenes fysiologiske alder.

I «kvigeforsøket» ved SHF fant Storli (2015) ingen negativ effekt av høy tilvekst (940 g/d) fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet på 175-dagers melkeytelse i førstelaktasjon (Figur 9a). Innkalvingsalderen for kvigene fôret over norm (høyenergi) var fire måneder lavere enn hos kvigene fôret etter norm (lavenergi), henholdsvis 22 måneder og 26 måneder. Høyenergigruppene hadde lavere levendevekt og holdpoeng ved kalving (Figur 12b og 12c) og flatere laktasjonskurve (Figur 12a). Lavenergigruppene mobiliserte mer kroppsfett (Figur 12c), hadde lavere grovfôropptak (Figur 12d) og høyere ytelse tidlig i laktasjonen, noe som samla førte til større endring av levendevekt i første del av laktasjon for lavenergigruppene (Figur 12b).



Figur 12: Estimert minste kvadrats gjennomsnitt for høyenergi lavprotein (langstiplet linje), høyenergi høyprotein (prikklinje), lavenergi lavprotein (kortstiplet linje) og lavenergi høyprotein (heltrukket linje) fra 7-175 DIM i første laktasjon for a) dagsytelse i kg melk, b) kroppsvekt(kg), c) holdutvikling og d) grovfôropptak (kg TS/d) (Storli, 2015).

### Etter påvist drektighet

Fra 15 måneders alder og fram til kalving er det viktig å unngå at kviga blir feit. Et strukturrikt grovfôr med lav energiverdi vil føre til en restriktiv energitildeling samtidig som kviga får stagget sultbehovet (Tine-Rådgivning, 2014). I motsetning til den kritiske perioden har ikke økt fôringsintensitet og tilvekst i drektighetsperioden noen effekt på vekst og utvikling av melkekjertler (Sejrsen, 2000b). Økt fôring før kalving kan derimot føre til økt melkeproduksjon, siden økt kroppsvekt ved første kalving er positivt korrelert med økt melkemengde (Grummer, 1995). Det er viktig å sørge for at økt vekt ved kalving (VVK) ikke skyldes økt hold da dette er negativt for videre helse og fruktbarhet i laktasjonen (Lohakare, 2012). Kviger som er feite har dessuten mere kalvingsvansker, lavere grovfôropptak og lavere melkeytelse enn kviger i riktig hold ved kalving. Feite kviger har økt potensiale til å melke av holdet, men er mer utsatt for sykdom og redusert fertilitet (Tine-Rådgivning, 2014). Det er derfor viktig å ha en bevisst holdning til vekt, alder og tilvekst for å ha kontroll over kvigenes hold i oppdrettsperioden og i første del av laktasjonen (Volden, 2010).

### 2.2.7 «Lactocrine hypothesis» og epigenetikk

Epigenetikk er forandringer av genmaterialet som reversibelt forandrer genets funksjon og som kan overføres fra en generasjon til neste. Soberon *et al.* (2012) fant at miljøpåvirkning i perioden etter fødsel og fram til avvenning gjennom økt melkefôring hadde en positiv epigenetisk effekt på melkeytelsespotensialet. Dette konseptet kalles for «lactocrine hypothesis» og blir betegnet som effekten av melkefôring inkludert råmelkfôring på den epigenetiske utviklingen av spesifikt vev eller fysiologiske funksjoner (Bartol, 2008). Moallem *et al.* (2010) fant i sine studier at effekten av melkefôring på ytelse i første laktasjon skyldes type og kvalitet av næringsstoffene som ble fôret. Det ble observert 10,3 % høyere melkeytelse i første laktasjon hos kviger som ble fôret *ad libitum* med helmelk sammenlignet med kviger fôret *ad libitum* med melkeerstatning i samme periode. Dette indikerer at melkeerstatning ikke inneholder de samme biologisk aktive faktorene som helmelk og dermed ikke har samme «lactocrine» effekt på kalvene (Moallem, 2010). Dette er motstridende med funnene til Soberon *et al.* (2012), der det kun ble brukt melkeerstatning og «lactocrin» effekt ble påvist med økt fôringsintensitet.

## 2.3 Holdbarhet

Holdbarhet blir i NRF-avlen ikke betegnet som en enkeltgenskap, men som et resultat av alle underliggende produksjonsegenskaper gjennom samla avlsverdi (Sehested, 2009). Geno har i sitt avlsarbeid med NRF følgende definisjon av holdbarhet: «Frihet til å velge hvilke kyr som skal fullføre minst seks laktasjoner». Dette betyr at det er de beste kyrne som får flest laktasjoner og døtre. I en besetning med holdbare kyr vil dårlig avdrått være den dominerende utrangeringsårsaken (Sehested, 2009). Om utrangering basert på ytelse hadde utgjort 100 % av utrangeringene ville dette gitt en årlig høyere gjennomsnittsyttelse i buskaper på ca. 6,5 % (ca. 400 kg melk i en gjennomsnittlig NRF-besetning). Videre ville selekteringen for de beste kyrne resultert i en økt avlsmessig framgang for melkeyttelse i NRF-populasjonen med ca. 5 %. Å øke holdbarheten indirekte gjennom avlsarbeid på alle underliggende effekter som påvirker holdbarheten vil som bieffekt gi høyere ytelse og større genetisk framgang for melkeyttelse (Sehested, 2009). Den årlige utskiftingsprosenten i norske melkebesetningene ligger mellom 35-40 % (Storli, 2015). Tabell 4 viser utrangeringsårsakene til melkekyr i norske besetninger etter at kravet om individrelatert utrangeringsårsak ble innført i 2006 (Sehested, 2009). Dårlig avdrått utgjør kun 14 % av utrangeringsårsakene i første laktasjon og enda mindre i senere laktasjoner. Helse (celletall, mastitt og andre sykdommer) og fruktbarhet er de dominerende utrangeringsårsakene og utgjør til sammen 60 % av alle utrangeringer. Utrangeringsårsak variere etter hvor mange kalver kua har fått; fruktbarhet er den dominerende årsaken i de to første laktasjonene, mens helse er den dominerende årsaken for kyr med flere enn to laktasjoner. Utrangeringsårsakene dårlig jur og beinproblemer har samme utrangeringstendens som helse.

Tabell 4: Utrangeringsårsaker i norske besetninger registrert i kukontrollen sortert etter frekvens for utrangeringsårsak i første laktasjon (Sehested, 2009).

Utrangeringsårsak	Utrangering etter kalv nr., %						Total, %
	1	2	3	4	5	>5	
Dårlig fruktbarhet	33,5	29,0	22,8	18,2	15,0	15,1	30,1
Dårlig avdrått	14,0	11,3	7,1	4,9	4,1	3,4	8,2
Dårlige bruksegenskaper	13,2	10,8	10,2	9,5	8,9	8,4	11,0
Høgt celletall	7,8	15,6	18,9	21,4	21,6	22,1	13,2
Andre sykdommer	6,6	6,0	8,4	11,4	14,4	15,2	10,9
Dårlig jur	6,4	8,4	10,6	11,2	12,0	10,7	7,7
Dårlig lynne	5,9	2,3	1,5	1,1	0,9	0,7	3,0
Mastitt	4,1	5,9	7,3	7,5	7,5	8,2	5,2
Beinproblemer	3,9	4,6	5,6	6,9	7,5	9,2	5,2
Låg utmelking	2,0	1,5	1,1	1,1	1,0	0,8	1,3
Spenetråkk	1,9	3,9	5,9	6,3	6,5	5,9	3,7
Lekkasje	0,7	0,8	0,5	0,3	0,4	0,3	0,5

I mange land har de valgt å uttrykke holdbarhet i alven som «longevity» (levetid). Levetid blir brukt som en samleegenskap for underliggende egenskaper. I følge Sehested *et al.* (2009) brukes levetid som avsegenskap først og fremst på grunn av manglende eller ikke gode nok data for helse og fruktbarhet i avlen. Levetid blir definert som tiden fra første kalving til siste testdag for melkeproduksjon (van Pelt, 2015). I følge van Pelt *et al.* (2015) vil økt levetid gi økt profitt ved å (1) redusere de årlige kostnadene av rekruteringskviger, (2) øke den gjennomsnittlige besetningsytelsen gjennom å øke andelen av kyr i høytproduserende alder, (3) bedre utnyttelsen av areal ved å redusere antallet rekruteringskviger, og dermed gi mulighet til økt antall melkekyr, og (4) øke andelen frivillig utrangering. Levetid er en egenskap som er enkel å registrere, men samtidig en egenskap som er lite ensartet mellom besetninger med tanke på utrangeringsårsak, da besetninger med ulik driftsform ofte har ulik utrangeringsstrategi (Heringstad, 2011). For eksempel vil en besetningen med konsentrert kalving oppleve mye sterkere selektering for fruktbarhet enn en besetning med spredt kalving, og en besetningen med automatisk melkesystem vil ha andre kriterier for utrangering enn en besetning med melkegrav. Personlige preferanser og prioriteringer bidrar også til senke ensartetheten til levetid som avsegenskap (Heringstad, 2011).

### 2.3.1 Effekten av kvigeoppfôring på melkeproduksjon og holdbarhet

At kalv- og kvigeoppdrettet produserer rekruteringskviger som har mulighet til å oppnå sitt fulle potensiale i forhold til ytelse og holdbarhet er viktig økonomisk faktor for melkeprodusenter. Det er derfor interessant å se på effekten av kvigeoppfôring på melkeproduksjon og holdbarhet i påfølgende laktasjoner.

Et studie av Soberon *et al.* (2012) undersøkte effekten av næringsinntak fra melk og tilvekst før og etter avvenning på framtidig melkeytelse. Melkeytelsen i første laktasjon viste seg å være positivt korrelert med daglig tilvekst før avvenning og vekt ved avvenning. Det ble funnet at daglig tilvekst før avvenning sto for 22 % av ytelsesvariasjonen i første laktasjon. Det ble også funnet positiv korrelasjon mellom daglig tilvekst fra fødsel til første inseminering og ytelse i første laktasjon, og positiv korrelasjon mellom daglig tilvekst før avvenning og melkeytelse i andre og tredje laktasjon. Soberon *et al.* (2012) mente at årsaken til at tidligere studier (Radcliff, 2000, Radcliff, 1998) ikke hadde funnet lignende resultater av økt fôring i perioden mellom avvenning og første inseminasjon var at kvigene først fikk endret fôrstyrke etter avvenning, og at ingenting ble gjort for å modifisere fôringsnivå og management før avvenning. Soberon *et al.* (2012) mente at den sterke melkefôringen fra fødsel av hadde endret den prepubertale vekstresponen hos kvigene i forsøket, og at dette gjorde kvigene i

stand til å tåle en høyere fôrintensitet etter avvenning. Studiet antyder at økt tilveksts- og melkeytelseskapasitet kan modifiseres hos kvigekalver gjennom fôring og management (Soberon, 2012).

Et studie av Dobos *et al.* (2004) så på effekten av alder og vekt ved første kalving på ytelsen i kommende laktasjoner. 134 holsteinkviger ble oppdelt i tre grupper med planlagt innkalvingsalder på 25,1, 29,9 og 33,9 måneder. Kvigene vekt ved kalving (VVK) sortert fra tidligst kalvende gruppe var henholdsvis 498 kg, 549 kg og 595 kg. Forsøket viste at den totale melkeproduksjonen for de tre første laktasjonene økte med økt alder ved kalving (AVK). Først ved slutten av tredje laktasjon produserte kvigene som kalvet ved 25,1 måneders alder det sammen som kvigene med høyere AVK. Den største fordel av økt VVK ble funnet ved en økning av VVK fra 498 til 549 kg. Videre økning i VVK fra 549 kg til 595 kg gav ikke signifikant økning i melkeytelse. For å kompensere for den negative effekten av redusert AVK på melkeytelse ble det funnet at en måtte øke VVK med 7,2 kg for hver måned redusert AVK (Dobos, 2004).

I et forsøk i Nord-Irland fant Carson *et al.* (2006) at kviger med lavere vekt og hold ved kalving hadde mindre vekttap og bedre fertilitet i tidlig laktasjon enn tyngrer kviger. Kviger som kalvet med lav vekt (527 kg) og holdpoeng (2,8) hadde mindre vekttap tidlig i første laktasjon sammenlignet med kviger med høy vekt (600 kg) og holdpoeng (3,5). Alle kvigene i forsøket hadde samme AVK (24-25 måneder). Kvigene med lavere VVK produserte mindre melk i første laktasjon, men hadde kortere intervall mellom første og andre laktasjon enn kvigene med høyere VVK. Bedre fertilitet førte til lavere fôrkostnader sett over to laktasjoner og resulterte i at kvigene med lavere VVK hadde den høyeste netto melk verdien over to laktasjoner (Carson, 2006).

Cooke *et al.* (2014) fant ingen negativ effekt av redusert AVK på ytelsen i første laktasjon og total melkeytelse over fem års levetid. Studiet fant at kviger som kalvet ved lavere alder hadde større sjanse til å overleve fram til tredje kalving. Dette samsvarer med studiene utført av Nilforooshan *et al.* (2004) som fant at både dagsytelse og livsyttelse økte med redusert alder ved første kalving så lenge den ikke var under 21 måneder. Cooke *et al.* (2014) studerte forholdet mellom AVK og melkeytelse i følgende laktasjoner for 17 holsteinbesetninger i Storbritannia. Totalt 445 kvigekalver ble registrert og fulgt fra én måneders alder og fram til enten fem års alder, tredje kalving eller til de ble utrangert fra besetningene. Kvigene ble gruppert etter alder ved første kalving: <23 måneder, 23-25 måneder, 26-30 måneder og >30 måneder. Gjennomsnittlig AVK for kvigene i forsøket var 26,2 måneder. Resultatet viste små forskjeller i melkeytelse over to laktasjoner mellom kvigegruppene. Kvigene som var >30 måneder ved kalving hadde dårligst fruktbarhet og 50 % av disse kvigene ble



utrangert før tredje laktasjon. Til sammenligning ble bare 30 % av kvigene som kalvet ved 23-25 måneder utrangert før tredje laktasjon. Kvigene som var 23-25 måneder ved første kalving hadde best fruktbarhet, oppnådde flest dager i melk (DIM) og hadde derfor også høyest totalavdrått over fem år. Årsaken til redusert fertilitet for kviger med høyere vekt og hold ved kalving ble funnet å være økt mobilisering av kroppsreserver og negativ energibalanse etter kalving. Cook *et al* (2014) fant at kvigene fortsatte å vokse fram til slutten av tredje laktasjon, men at tilveksten stagnerte ved 450 dagers alder. Kviger som trenger å vokse mye i første laktasjon vil få påvirket både ytelse og fertilitet negativt på grunn av redusert hold og energibalanse, og det er derfor viktig at kviga er stor nok ved kalving. Cook *et al.* (2014) konkluderte med at vekten ved første inseminering burde tilsvare 55-60 % av voksenvekt og at VVK burde tilsvare 85-90 % av voksenvekt. Om ei kvige skal kalve ved 24 måneders alder med en VVK på 550-625 kg bør kviga derfor være ca. 360 kg ved inseminering. Dette gir en gjennomsnittlig tilveksten i oppdrettet på minimum 750 g/dag (Cooke, 2014).



## 3.0 Material og metode

### 3.1 Forsøksdyr og gruppeinndeling

I alt 80 NRF-kviger født i 2010 og 2011 i besetningen til SHF ved NMBU ble brukt i «kvigeforsøket». Ved fødsel ble kvigene fordelt i en høyenergi- (HE) eller en lavenergi-gruppe (LE). Innen energigruppe ble kvigene videre fordelt mellom en høyprotein- (HP) og ei lavproteingruppe (LP) slik at det totalt ble 4 forsøksgrupper med 20 kviger i hver gruppe. De to årgangene med kviger kalvet i tidsrommet fra juni 2012 til mars 2014. Informasjon om produksjonen til dyrene i første og andre laktasjon er innhentet i perioden fra første kalving og fram til første september 2015.

### 3.2 Fôring og stell

#### 3.2.1 Fôring og stell fra fødsel og fram til kalving

Alle kvigene ble fôret likt fra fødsel og fram til tre måneders alder. Fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet ble kvigene satt på bås og fôret en av de fire forsøksdiettene. Fôrrasjoner og planlagt daglig tilvekst i perioden fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet er vist i tabell 5.

Tabell 5: Fôrrasjoner og planlagt daglig tilvekst for de fire forsøksgruppene i perioden fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet

<b>Forsøks-gruppe</b>	<b>Grovfôrtildeling</b>	<b>Kraftfôrtildeling, kg/dag</b>	<b>Protein i kraftfôr, g/kg TS</b>	<b>Planlagt tilvekst, g/dag</b>
<b>HELP<sup>1</sup></b>	Surfôr etter appetitt	1	150,6	800-950
<b>HEHP</b>	Surfôr etter appetitt	1	229,0	800-950
<b>LELP</b>	Surfôr med 30 % halm gitt restriktivt	1	150,6	600-750
<b>LEHP</b>	Surfôr med 30 % halm gitt restriktivt	1	229,0	600-750

<sup>1</sup>HELP = høyenergi, lavprotein; HEHP = høyenergi, høyprotein; LELP = lavenergi, lavprotein; LEHP = lavenergi, høyprotein.

Planlagt daglig tilvekst fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet var 800-950 og 600-750 g/dag for henholdsvis HE- og LE-gruppene. For å oppnå dette ble energikonsentrasjonen i fôrrasjonene tilpasset ved å justere grovfôr kvaliteten. I HE-gruppene ble grassurfôr gitt etter appetitt. I LE-gruppene ble energiinnholdet i grovfôret redusert ved å blande hvete halm inn i grassurfôret. LE-dietten ble gitt i restriktive mengder basert på beregninger i Tine Optifôr Ungdyr. For å unngå sultestress ble LE-kvigene tilbudt 0,5 kg hvete halm om den daglige rasjonen med halmblanding var oppspist før ettermiddagsstellet. Proteininnholdet i rasjonene ble balansert ved å gi HP- og LP-gruppene 1 kg/dag av to kraftfôrtyper med henholdsvis 229,0 g og 150,6 g protein/kg TS.

Individuelt fôropptak ble registrert 4 dager i uka. Gjennomsnittlig innhold av næringsstoffer i fôrrasjonen til de fire forsøksgruppene fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet er angitt i tabell 6.

Tabell 6: Gjennomsnittlig innhold av protein, nøytralløselige fiber (NDF) og netto energi vekst (NEG\_BW) med standardavvik (SD) i de fire fôrrasjonene fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet (Storli, 2015).

Variable	HELP <sup>1</sup>	HEHP	LELP	LEHP
Protein, g/kg TS (SD)	141 (12,7)	153 (15,2)	111 (8,6)	123 (10,8)
NDF, g/kg TS (SD)	490 (29,8)	489 (29,9)	565 (28,7)	566 (28,2)
NEG_BW, MJ/kg LV (SD)	0,15 (0,033)	0,14 (0,035)	0,12 (0,043)	0,12 (0,041)

<sup>1</sup>HELP = høyenergi, lavprotein; HEHP = høyenergi, høyprotein; LELP = lavenergi, lavprotein; LEHP = lavenergi, høyprotein.

Kvigene ble påvist drektige ved ca. 400 kg levendevekt og ble da behandlet likt fram til kalving. Alle kvigene ble i perioden fra påvist drektighet og fram til tre uker før kalving gitt en grovfôrbasert diett beregnet for en daglig tilvekst på 500-550 g (Storli, 2015).

### 3.2.2 Fôring og stell i laktasjonsperioden

Tre uker før forventet kalving ble kvigene flyttet sammen med melkekyrner i løsdriftsavdelinga ved SHF for tilvenning av fôr og miljø. Kvigene ble tildelt surfôr av god kvalitet etter appetitt. Tildelingen av kraftfôr før kalving var lik for alle dyr og besto av en halv kilo per dag fra to uker før kalving og en kilo per dag siste uke før kalving. Etter kalving ble mengden kraftfôr trappet opp med 0,3 kg/dag inntil maksimal mengde ble oppnådd ved 7 til 9 kg kraftfôr/dag avhengig av kvalitet på grovfôr og kraftfôr i rasjonen. Denne kraftfôrmengden ble hold uendret fram til 120 dager i melk (DIM). Deretter ble kraftfôrmengden redusert lineært med ca. 33 g/dag. Nærmere opplysninger om fôring og prøvetaking av fôr er gitt av Storli (2015).

### 3.3 Innhenting av data fra kukontrollen

Datagrunnlaget for beregning av melkeytelse samt produksjon av EKM, fett og protein i første og andre laktasjon er hentet fra de månedlige veiingene og prøvetakingene av melk rapportert inn til kukontrollen. Data ble innhentet ved å logge seg inn på klientsiden til SHF i kukontrollen og manuelt overføre opplysningene om melkeytelse samt innhold av fett og protein i melka til et Excel regneark. Videre beregninger og klargjøring til statistisk analyse ble gjort i dette regnearket. Av ulike årsaker hadde ikke alle av de opprinnelige 20 dyrene i hver gruppe fullført første laktasjon. I tillegg var det kun kviger født i 2010 som hadde opplysninger om produksjonen i andre laktasjon. En nærmere oversikt over antall kyr i de ulike forsøksgruppene med opplysninger om avdrått, AVK og VVK (kun første laktasjon) i første og andre laktasjon er vist i Tabell 7.

Tabell 7: Oversikt over antall kviger fra forsøksgruppene med opplysninger om avdrått og gjennomsnittlig alder ved kalving og vekt ved kalving (kun første laktasjon) for disse kvigene i første og andre laktasjon (Storli, 2015).

	HELP <sup>1</sup>	HEHP	LELP	LEHP
<b>Første laktasjon</b>				
Antall kyr med avdråttsmålinger	16	18	17	15
Gjennomsnittlig alder ved kalving, mnd.	22,5	21,9	26,1	25,8
Gjennomsnittlig vekt ved kalving, kg	532	555	568	579
<b>Andre laktasjon</b>				
Antall kyr med avdråttsmålinger	9	12	5	8
Gjennomsnittlig alder ved kalving, mnd.	34,3	33,7	37,9	37,1

<sup>1</sup>HELP = høyenergi, lavprotein; HEHP = høyenergi, høyprotein; LELP = lavenergi, lavprotein; LEHP = lavenergi, høyprotein.

### 3.4 Beregninger og statistikk

Produksjonen av energikorrigert melk (EKM) ble beregnet med formelen:

**Formel 1**  $EKM, kg/dag = melkeytelse, kg/dag * (0,25 + 0,122 * f + 0,077 * p)$

hvor  $f$  er fettprosent og  $p$  er proteinprosent i melka. Daglig produksjonen (kg/dag) av fett og protein ble beregnet med basis i melkeproduksjonen (kg) og innholdet av fett og protein i melka (g/kg).

Innen ku ble de månedlige opplysningene om melkeproduksjonen fra kukontrollen behandlet i SAS ved (1) en glattingsmodell for å predikere daglig ytelse som grunnlag for en 305-dagers laktasjonskurve og (2) en summering av daglig ytelse til en 305-dagers ytelse og daglige ytelser ved 50, 150 og 250 dager i melk (DIM). Dataene med 305-dagers ytelse og ytelsene ved 50, 150 og 250 DIM ble til slutt behandlet med en variansanalyse.

#### Glattingsmodell

Følgende glattingsmodell med Legendre Polynom (LEG) ble brukt til å predikere daglig produksjon av kg melk, kg EKM, kg fett og kg protein i første og andre laktasjon (305-dagers laktasjon):

#### **Model 1**

$$Y_{ikl} = \mu + T_i + \beta_1 * LEG_1 + \beta_2 * LEG_2 + \dots + \beta_x * LEG_x + \beta_{0k} * LEG_0 + \dots + \beta_{yk} * LEG_y + \varepsilon_{ikl}$$

hvor  $Y_{ikl}$  er daglig melkeavdrått;  $\mu$  er gjennomsnitt;  $T_i$  er fast effekt av gruppe ( $i = 1, 2, 3, 4$ ; HELP, HEHP, LELP, LEHP);  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_x$  er regresjonskoeffisienter av Legendre Polynom (LEG) orden 1, 2, ..., x for fiksert modell (gjennomsnittlig laktasjonskurve);  $\beta_{0k}, \dots, \beta_{xk}$  er random regresjonskoeffisienter for LEG orden 0, ..., x for melkeytelse hos individuelle kviger antatt at:

$$\sim N \left( \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \sigma_{\beta_0}^2 & \dots & \sigma_{\beta_0\beta_x} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{\beta_0\beta_x} & \dots & \sigma_{\beta_x}^2 \end{pmatrix} \right)$$

og at  $\varepsilon$  er tilfeldig utvalg for måling nummer  $i$  for kvige $_k$ , modellert som i Modell 1 i Storli (2015).

Riktig antall polynom til random LEG i modellen ble funnet ved bruk av *Bayesian information criterion* (BIC) for de fire produksjonsparameterne kg melk, kg EKM, kg fett og kg protein.

## Summering

Basert på dagsytelsene i glattingsmodellen (Modell 1) ble en 305-dagers avdrått (kg) for melk, EKM, fett og protein beregnet for første og andre laktasjon. Dette ble gjort på individbasis ved å summere de aktuelle dagsytelsen fra dag 1-305 i laktasjonen.

## Variansanalyse

Det ble laget en basis variasjonsmodell basert på Modell 2 i Storli (2015) for alle produksjonsparametere for å teste hvor gode prediksjonene til de ulike laktasjonsmånedene var:

$$\mathbf{Modell\ 2} \quad Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_1 \cdot M + S_j + e_{ijk}$$

hvor  $Y_{ijk}$  er kg ytelse;  $\mu$  er gjennomsnitt;  $T_i$  er fast effekt av gruppe ( $i = 1,2,3,4$ ; HELP, HEHP, LELP, LEHP);  $\beta_1$  er regresjonskoeffisienten for melkeindeks til ku ( $M$ ),  $S_j$  er fast effekt av kalvingssesong og  $e_{ijk}$  er tilfeldig feil. Melkeindeks er numerisk variabel, mens kalvingssesong er kategorisk variabel. Melkeindeks ble inkludert i modellen siden besetningen ved NMBU består av to avslinjer, en linje for høy ytelse og en linje for god helse (frisklinja). Melkeindeks ble beregnet som gjennomsnitt av indeks for mor og far for hvert dyr.

## Kontraster

Forskjellen i resultatene mellom HP- og LP-gruppene og HE- og LE-gruppene ble testet ved hjelp av kontraststatement i SAS og prosedyren Mixed (Proc Mixed) (SAS, versjon 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC). Gruppe og sesongvariabler er faste effekter beregnet ved pdiff-statement under Lsmeans. Kontraster mellom protein- og energigruppene i de ulike laktasjonene ble funnet ved bruk av *contrast* funksjonen i SAS. Forskjeller mellom gruppene ble vurdert som statistisk signifikante ved  $p < 0,05$ , mens en tendens til statistisk forskjell ble vurdert ved  $p < 0,10$ . Satterhwaite-tilnærming ble brukt for å finne frihetsgrader for nevner i F-testene.

Summert ytelse i første og andre laktasjon er oppgitt som *least square means* (LSmeans) og gjelder for kvigene som har fullført første og andre laktasjon.

## 4.0 Resultat

### 4.1 Melkeytelse

#### 4.1.1 Kg energikorrigert melk

Tabell 8 viser 305-dagers avdrått i kg energikorrigert melk (EKM) i første og andre laktasjon.

Tabell 8: Beregnet 305-dagers ytelse i kg EKM for forsøksgruppene sortert etter laktasjonsnummer og som samla ytelse i første og andre laktasjon. Tallene er beregnet som Least square means (LSmeans).

Laktasjon nr.	HELP <sup>1</sup>	HEHP	LELP	LEHP	SEM	p-verdi	Kontraster (p-verdi) *	
							LP vs. HP	HE vs. LE
Første (n=66)	7026a	6485b	7115a	6887ab	228	0,029	0,020	0,137
Andre (n=34)	7947	7656	8042	7715	451	0,794	0,349	0,812
Samla <sup>2</sup> (n=34)	15270a	13830b	14807ab	13890ab	806	0,197	0,050	0,725

<sup>1</sup>HELP = høyenergi, lavprotein; HEHP = høyenergi, høyprotein; LELP = lavenergi, lavprotein; LEHP = lavenergi, høyprotein.

<sup>2</sup> Least square means (LSmeans) for kyr som har fullført to laktasjoner.

a, b = Gruppegjennomsnitt fulgt av ulik bokstav angir statistisk signifikant forskjell ( $p < 0,05$ ).

\*statistisk signifikant når  $p < 0,05$ . SEM = Standard error av LSmeans.

Både i første og andre laktasjon var ytelsen i kg EKM høyest for LELP gruppa etterfulgt av HELP, LEHP og HEHP gruppene (Tabell 8). I første laktasjon var ytelsen signifikant høyere for HELP og LELP gruppene ( $p < 0,05$ ) enn for HEHP gruppa, mens den var numerisk høyere enn for LEHP gruppa. Med hensyn på proteinnivå så var ytelsen høyere for LP-gruppene enn for HP-gruppene ( $p = 0,02$ ). I andre laktasjon var det ingen signifikante forskjeller mellom gruppene, men rangeringen over behandlingsgruppene 305-dager laktasjonsavdrått i kg EKM var lik med første laktasjon. Samla over de to laktasjonene så var ytelsen i HELP gruppa signifikant høyere enn i HEHP gruppa ( $p < 0,05$ ). Med hensyn på proteinnivå så var ytelsen signifikant høyere for LP-gruppene enn for HP-gruppene ( $p = 0,05$ ). Det var ingen signifikant effekt av energinivå på ytelse i kg EKM mellom gruppene i første eller andre laktasjon, eller samla for to laktasjoner.



Tabell 9 viser dagsytelse i kg EKM ved 50, 150 og 250 DIM i første og andre laktasjon.

Tabell 9: Beregnet dagsytelse i kg EKM ved 50, 150 og 250 DIM i første og andre laktasjon. Tallene er beregnet som Least square means (LSmeans).

	HELP <sup>1</sup>	HEHP	LELP	LEHP	SEM	p-verdi	Kontraster (p-verdi) *	
<b>Første laktasjon</b>							<b>LP vs. HP</b>	<b>HE vs. LE</b>
DIM=50	26,2a	23,8b	27,6a	27,1a	0,94	0,001	0,033	0,001
DIM=150	25,4a	23,2b	24,5a	23,5b	0,83	0,047	0,008	0,675
DIM=250	19,6	18,8	19,2	18,1	0,94	0,456	0,157	0,420
<b>Andre laktasjon</b>								
DIM=50	30,0	29,1	31,8	31,2	2,06	0,531	0,602	0,194
DIM=150	27,9	27,0	26,9	25,8	1,50	0,641	0,372	0,333
DIM=250	21,6	20,5	21,4	19,8	1,77	0,732	0,279	0,742

<sup>1</sup>HELP = høyenergi, lavprotein; HEHP = høyenergi, høyprotein; LELP = lavenergi, lavprotein; LEHP = lavenergi, høyprotein.

a, b = Gruppegjennomsnitt fulgt av ulik bokstav angir statistisk signifikant forskjell ( $p < 0,05$ ).

\*statistisk signifikant når  $p < 0,05$ . SEM = Standard error av LSmeans.

I første laktasjon var dagsytelsen i kg EKM ved 50 DIM lavere for HEHP gruppa enn for de andre tre gruppene ( $p < 0,05$ ) (Tabell 9). Dagsytelse i kg EKM var signifikant høyere for LP-gruppene enn for HP-gruppene ( $p = 0,033$ ) og for LE-gruppene sammenlignet med HE-gruppene ( $p = 0,001$ ). Dagsytelse i kg EKM ved 150 DIM var lavere for HEHP og LEHP gruppene enn for HELP og LELP gruppene ( $p < 0,05$ ). Produksjonen var signifikant høyere for LP-gruppene enn for HP-gruppene ( $p = 0,008$ ), men det var ikke noen signifikant forskjell i dagsytelse mellom HE- og LE-gruppene. I andre laktasjon ble det observert samme mønster med hensyn på middeltall mellom gruppene som i første laktasjon, men på grunn av større variasjon var ikke forskjellen mellom LSmeans statistisk sikker.

#### 4.1.2 Kg melk

Tabell 10 viser 305-dagers avdrått i kg melk i første og andre laktasjon.

Tabell 10: Beregnet 305-dagers ytelse i kg melk for forsøksgruppene sortert etter laktasjonsnummer og som samla ytelse i første og andre laktasjon. Tallene er beregnet som Least square means (LSmeans).

Laktasjon nr.	HELP <sup>1</sup>	HEHP	LELP	LEHP	SEM	p-verdi	Kontraster (p-verdi) *	
							LP vs. HP	HE vs. LE
Første (n=66)	6659a	6034b	6756a	6473ab	252	0,021	0,130	0,142
Andre (n=34)	7443	6978	7720	7233	462	0,407	0,162	0,426
Samla <sup>2</sup> (n=34)	14543a	12648b	14221ab	12902b	789	0,043	0,008	0,952

<sup>1</sup>HELP = høyenergi, lavprotein; HEHP = høyenergi, høyprotein; LELP = lavenergi, lavprotein; LEHP = lavenergi, høyprotein.

<sup>2</sup>LSmeans for kyr som har fullført to laktasjoner.

a, b = Gruppegjennomsnitt fulgt av ulik bokstav angir statistisk signifikant forskjell ( $p < 0,05$ ).

\*statistisk signifikant når  $p < 0,05$ . SEM = Standard error av LSmeans.

Både i første og andre laktasjon var ytelsen i kg melk høyest for LELP gruppa etterfulgt av HELP, LEHP og HEHP gruppene. I første laktasjon var ytelsen signifikant høyere for HELP og LELP gruppene ( $p < 0,05$ ) enn for HEHP gruppa, mens den var numerisk høyere enn for LEHP gruppa. I andre laktasjon var det ingen signifikante forskjeller mellom gruppene, men rangeringen over behandlingsgruppene 305-dager laktasjonsavdrått i kg melk var lik som i første laktasjon. Samla over de to laktasjonene var ytelsen i HELP gruppa signifikant høyere enn ytelsen i HEHP og LEHP gruppene ( $p < 0,05$ ). Med hensyn på proteinnivå så var ytelsen signifikant høyere for LP-gruppene enn for HP-gruppene ( $p = 0,008$ ). Det var ingen signifikant effekt av energinivå mellom gruppene hverken i første eller andre laktasjon, eller samla over de to laktasjonene.

Tabell 11 viser dagsytelse kg melk ved 50, 150 og 250 DIM i første og andre laktasjon.

Tabell 11: Beregnet dagsytelse i kg melk ved 50, 150 og 250 DIM i første og andre laktasjon. Tallene er beregnet som Least square means (LSmeans).

	HELP <sup>1</sup>	HEHP	LELP	LEHP	SEM	p-verdi	Kontraster (p-verdi) *	
<b>Første laktasjon</b>							<b>LP vs. HP</b>	<b>HE vs. LE</b>
DIM=50	25,8a	22,7b	27,2a	26,2a	1,14	0,001	0,013	0,004
DIM=150	23,9a	21,5b	23,4a	22,5ab	0,86	0,031	0,008	0,658
DIM=250	16,9	16,0	17,3	16,2	0,95	0,506	0,157	0,664
<b>Andre laktasjon</b>								
DIM=50	29,8	29,1	32,6	30,7	2,02	0,362	0,378	0,136
DIM=150	26,1	24,1	26,0	25,3	1,58	0,526	0,163	0,995
DIM=250	19,1	17,3	19,7	17,9	1,68	0,466	0,147	0,638

<sup>1</sup>HELP = høyenergi, lavprotein; HEHP = høyenergi, høyprotein; LELP = lavenergi, lavprotein; LEHP = lavenergi, høyprotein.

a, b = Gruppegjennomsnitt fulgt av ulik bokstav angir statistisk signifikant forskjell (p<0,05).

\*statistisk signifikant når p<0,05. SEM = Standard error av LSmeans.

I første laktasjon var dagsytelsen i kg melk ved 50 DIM lavere for HEHP gruppa enn for de andre tre gruppene (p<0,05) (Tabell 11). I tillegg var produksjonen signifikant høyere for LP-gruppene enn for HP-gruppene (p=0,013) og for LE-gruppene sammenlignet med HE-gruppene (p=0,004). Dagsytelse kg melk ved 150 DIM var lavere for HEHP gruppa enn for HELP og LELP gruppene (p<0,05). Produksjonen var signifikant høyere for LP-gruppene enn for HP-gruppene (p=0,008), men det var ikke signifikant forskjell i dagsytelse mellom HE-gruppene og LE-gruppene. I andre laktasjon ble det observert samme mønster med hensyn på middeltall mellom gruppene som i første laktasjon, men på grunn av større variasjon var ikke forskjellen mellom LSmeans statistisk sikker.

### 4.1.3 Kg fett

Tabell 12 viser 305-dagers avdrått i kg fett i første og andre laktasjon.

Tabell 12: Beregnet 305-dagers ytelse i kg fett for forsøksgruppene sortert etter laktasjonsnummer og som samla ytelse i første og andre laktasjon. Tallene er beregnet som Least square means (LSmeans).

Laktasjon nr.	HELP <sup>1</sup>	HEHP	LELP	LEHP	SEM	p-verdi	Kontraster (p-verdi) *	
							LP vs. HP	HE vs. LE
Første (n=66)	301,1a	273,7b	299,2a	290,5ab	10,7	0,030	0,015	0,313
Andre (n=34)	339,2	330,8	338,8	328,8	19,3	0,928	0,511	0,929
Samla <sup>2</sup> (n=34)	647,3	596,7	622,3	588,1	34,7	0,306	0,099	0,497

<sup>1</sup>HELP = høyenergi, lavprotein; HEHP = høyenergi, høyprotein; LELP = lavenergi, lavprotein; LEHP = lavenergi, høyprotein.

<sup>2</sup>Samla beregnet som *Least square means* (LSmeans) for kviger som har fullført to laktasjoner.

a, b = Gruppegjennomsnitt fulgt av ulik bokstav angir statistisk signifikant forskjell ( $p < 0,05$ ).

\*statistisk signifikant når  $p < 0,05$ . SEM = Standard error av LSmeans.

Både i første og andre laktasjon var ytelsen i kg fett høyest for HELP gruppa etterfulgt av LELP, LEHP og HEHP gruppene. I første laktasjon var ytelsen signifikant høyere for HELP og LELP gruppene ( $p < 0,05$ ) enn for HEHP gruppa, mens den var numerisk høyere enn for LEHP gruppa. Med hensyn på proteinnivå så var ytelsen i kg fett høyere for LP-gruppene enn for HP-gruppene ( $p = 0,015$ ). For ytelse i kg fett i andre laktasjon ble det observert bortimot samme mønster med hensyn på middeltall mellom gruppene som i første laktasjon, men på grunn av større variasjon var ikke forskjellen mellom LSmeans statistisk sikker. Forskjellen fra første laktasjon var at HEHP gruppa hadde høyere ytelse i kg fett enn LEHP gruppa. Samla over to laktasjoner hadde HELP gruppa høyest ytelse i kg fett fulgt av LELP, HEHP og LEHP gruppene.

Tabell 13 viser dagsytelse kg fett ved 50, 150 og 250 DIM i første og andre laktasjon.

Tabell 13: Beregnet dagsytelse i kg fett ved 50, 150 og 250 DIM i første og andre laktasjon. Tallene er beregnet som Least square means (LSmeans).

	HELP <sup>1</sup>	HEHP	LELP	LEHP	SEM	p-verdi	Kontraster (p-verdi) *	
<b>Første laktasjon</b>							<b>LP vs. HP</b>	<b>HE vs. LE</b>
DIM=50	1,08a	0,98b	1,13a	1,11a	0,049	0,001	0,031	0,004
DIM=150	1,10a	1,01b	1,03ab	1,01b	0,038	0,072	0,034	0,249
DIM=250	0,84	0,78	0,83	0,80	0,044	0,391	0,093	0,950
<b>Andre laktasjon</b>								
DIM=50	1,26	1,21	1,34	1,30	0,091	0,481	0,539	0,190
DIM=150	1,18	1,18	1,12	1,09	0,068	0,453	0,759	0,122
DIM=250	0,93	0,89	0,90	0,85	0,074	0,772	0,390	0,522

<sup>1</sup>HELP = høyenergi, lavprotein; HEHP = høyenergi, høyprotein; LELP = lavenergi, lavprotein; LEHP = lavenergi, høyprotein.

a, b = Gruppegjennomsnitt fulgt av ulik bokstav angir statistisk signifikant forskjell (p<0,05).

\*statistisk signifikant når p<0,05. SEM = Standard error av LSmeans.

I første laktasjon var dagsytelsen i kg fett ved 50 DIM lavere for HEHP gruppa enn for de andre tre gruppene (p<0,05) (Tabell 13). Dagsytelsen i kg fett var signifikant høyere for LP-gruppene enn for HP-gruppene (p=0,031) og for LE-gruppene sammenlignet med HE-gruppene (p=0,004). Dagsytelse i kg fett ved 150 DIM var lavere for HEHP og LEHP gruppene enn for HELP gruppa (p<0,05). Dagsytelse i kg fett var signifikant høyere for LP-gruppene enn for HP-gruppene (p=0,034), men det var ikke noen signifikant forskjell i dagsytelse mellom HE-gruppene og LE-gruppene. I andre laktasjon var dagsytelse i kg fett ved 50 DIM høyest for LELP gruppa, mens ved 150 DIM var dagsytelse i kg fett høyest for HELP og HEHP gruppene. Ved 250 DIM var dagsytelse i kg fett høyest for HELP gruppa fulgt av LELP, HEHP og LEHP gruppene.

#### 4.1.4 Kg protein

Tabell 14 viser 305-dagers avdrått i kg protein i første og andre laktasjon.

Tabell 14: Beregnet 305-dagers ytelse i kg protein for forsøksgruppene sortert etter laktasjonsnummer og som samla ytelse i første og andre laktasjon. Tallene er beregnet som Least square means (LSmeans).

Laktasjon	HELP <sup>1</sup>	HEHP	LELP	LEHP	SEM	p-verdi	Kontraster (p-verdi) *	
							LP vs. HP	HE vs. LE
Første (n=66)	218,9ab	205,8a	226,5b	218,8ab	6,92	0,037	0,037	0,042
Andre (n=34)	257,6	250,0	265,6	255,1	15,88	0,788	0,428	0,565
Samla <sup>2</sup> (n=34)	488,9	448,4	483,3	453,5	26,14	0,289	0,071	0,990

<sup>1</sup>HELP = høyenergi, lavprotein; HEHP = høyenergi, høyprotein; LELP = lavenergi, lavprotein; LEHP = lavenergi, høyprotein.

<sup>2</sup>Samla beregnet som *Least square means* (LSmeans) for kviger som har fullført to laktasjoner.

a, b = Gruppegjennomsnitt fulgt av ulik bokstav angir statistisk signifikant forskjell ( $p < 0,05$ ).

\*statistisk signifikant når  $p < 0,05$ . SEM = Standard error av LSmeans.

Både i første og andre laktasjon var ytelsen i kg protein høyest for LELP gruppa etterfulgt av HELP, LEHP og HEHP gruppene (Tabell 14). I første laktasjon var ytelsen signifikant høyere for LELP gruppa ( $p < 0,05$ ) enn for HEHP gruppa. Med hensyn på proteinnivå så var ytelsen i kg protein høyere for LP-gruppene enn for HP-gruppene ( $p = 0,037$ ), og med hensyn på energinivå så var ytelsen i kg protein høyere for LE-gruppene enn for HE-gruppene ( $p = 0,042$ ). I andre laktasjon ble det observert samme mønster med hensyn på middeltall mellom gruppene som i første laktasjon, men på grunn av større variasjon var ikke forskjellen mellom LSmeans statistisk sikker. Samla over de to laktasjonene var ytelsen i kg protein numerisk høyest for HELP gruppa etterfulgt av LELP, LEHP og HEHP gruppene.

Tabell 15 viser dagsytelse i kg protein ved 50, 150 og 250 DIM i første og andre laktasjon.

Tabell 15: Beregnet dagsytelse i kg protein ved 50, 150 og 250 DIM i første og andre laktasjon. Tallene er beregnet som Least square means (LSmeans).

	HELP <sup>1</sup>	HEHP	LLEP	LEHP	SEM	p-verdi	Kontraster (p-verdi) *	
<b>Første laktasjon</b>							<b>LP vs. HP</b>	<b>HE vs. LE</b>
DIM=50	0,79a	0,73b	0,84a	0,83a	0,029	0,001	0,048	0,001
DIM=150	0,80	0,76	0,80	0,77	0,025	0,251	0,061	0,788
DIM=250	0,59	0,56	0,62	0,58	0,031	0,297	0,124	0,317
<b>Andre laktasjon</b>								
DIM=50	0,97	0,94	0,99	1,01	0,061	0,564	0,994	0,162
DIM=150	0,90	0,87	0,87	0,84	0,054	0,719	0,413	0,407
DIM=250	0,72	0,68	0,75	0,69	0,062	0,677	0,259	0,696

<sup>1</sup>HELP = høyenergi, lavprotein; HEHP = høyenergi, høyprotein; LLEP = lavenergi, lavprotein; LEHP = lavenergi, høyprotein.

a, b = Gruppegjennomsnitt fulgt av ulik bokstav angir statistisk signifikant forskjell (p<0,05).

\*statistisk signifikant når p<0,05. SEM = Standard error av LSmeans.

I første laktasjon var dagsytelsen i kg protein ved 50 DIM lavere for HEHP gruppa enn for de andre tre gruppene (p<0,05) (Tabell 15). Dagsytelsen i kg protein var signifikant høyere for LP-gruppene enn for HP-gruppene (p=0,048) og for LE-gruppene sammenlignet med HE-gruppene (p=0,001). I andre laktasjon var det ikke observert statistisk signifikante forskjeller i dagsytelse mellom behandlingsgruppene. Ytelsen i kg protein i andre laktasjon var ved 50 DIM høyest for LEHP gruppa fulgt av LLEP, HELP og HEHP gruppene. For ytelse i kg protein ved 150 og 250 DIM ble det observert samme mønster med hensyn på middeltall mellom gruppene som i første laktasjon, men på grunn av større variasjon var ikke forskjellen mellom LSmeans statistisk sikker.

#### 4.1.5 Fett:protein-forholdet

Tabell 16 viser forholdet mellom dagsytelsen kg fett og kg protein (fett:protein) ved 50, 150 og 250 DIM i første og andre laktasjon.

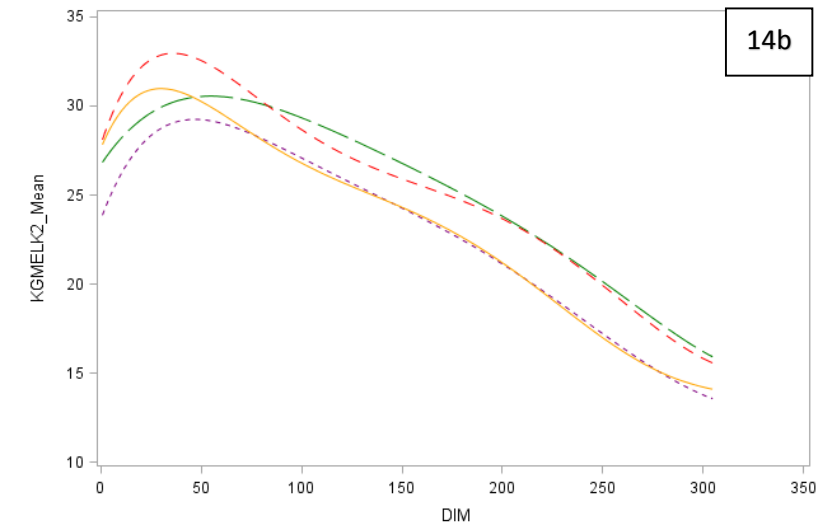
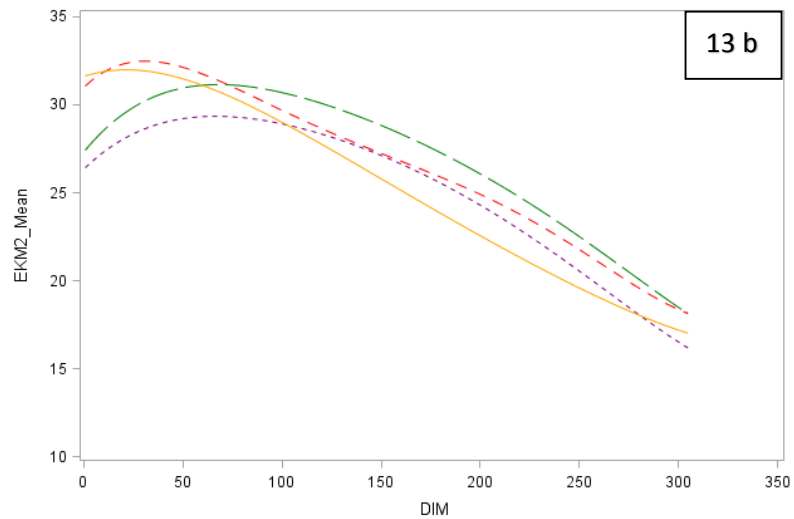
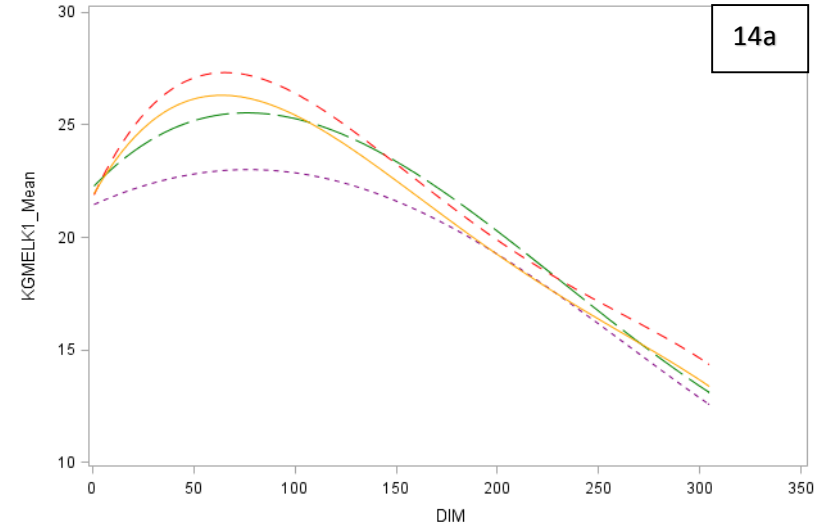
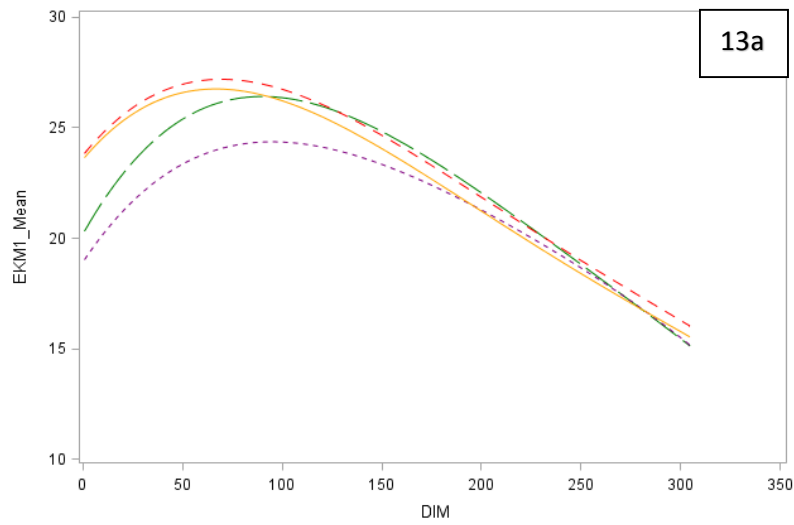
Tabell 16: Beregnet forhold mellom ytelse i kg fett og kg protein ved 50, 150 og 250 DIM i første og andre laktasjon.

	HELP <sup>1</sup>	HEHP	LELP	LEHP
<b>Første laktasjon</b>				
DIM=50	1,37	1,34	1,35	1,34
DIM=150	1,38	1,33	1,29	1,31
DIM=250	1,42	1,39	1,34	1,38
<b>Andre laktasjon</b>				
DIM=50	1,30	1,29	1,35	1,29
DIM=150	1,31	1,36	1,29	1,30
DIM=250	1,29	1,31	1,20	1,23

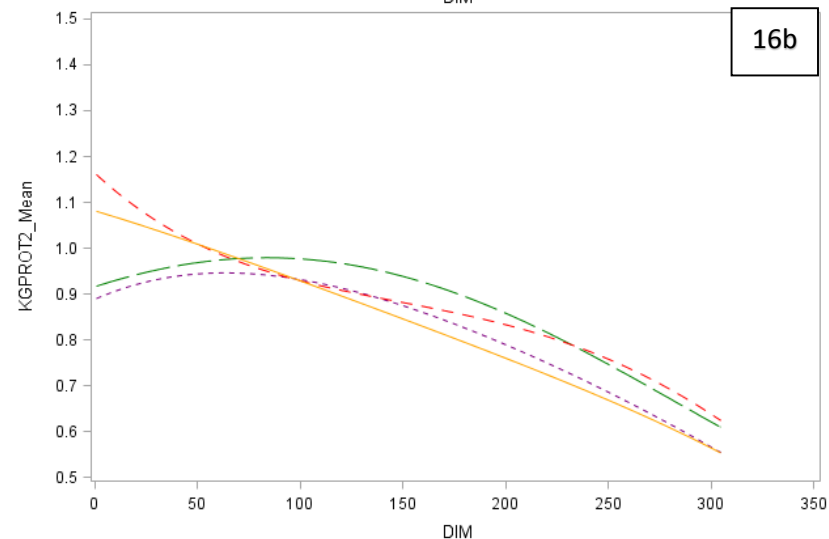
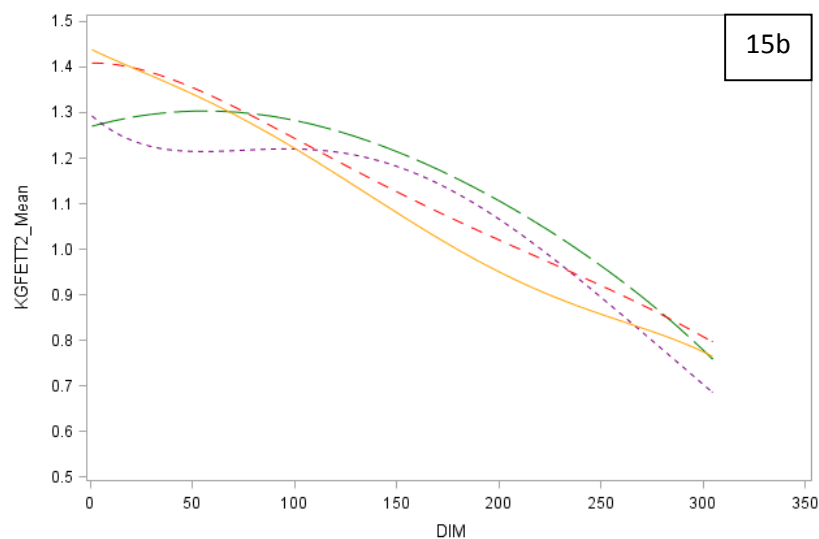
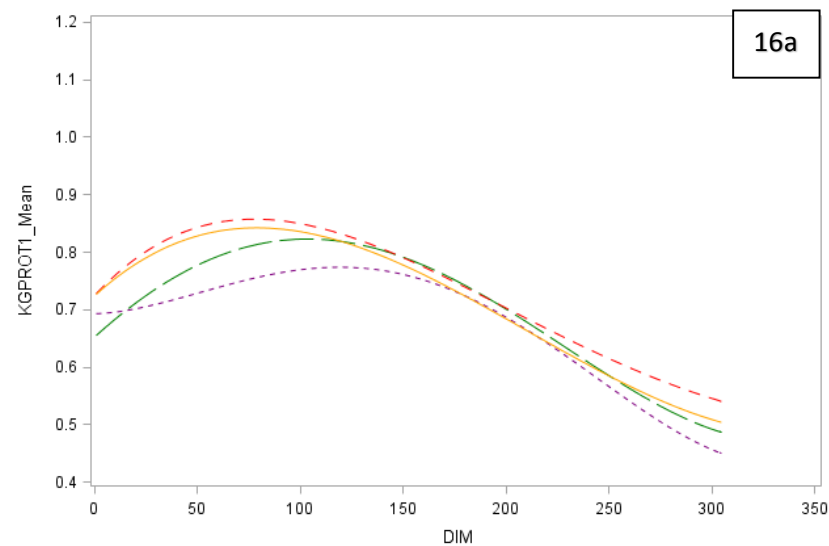
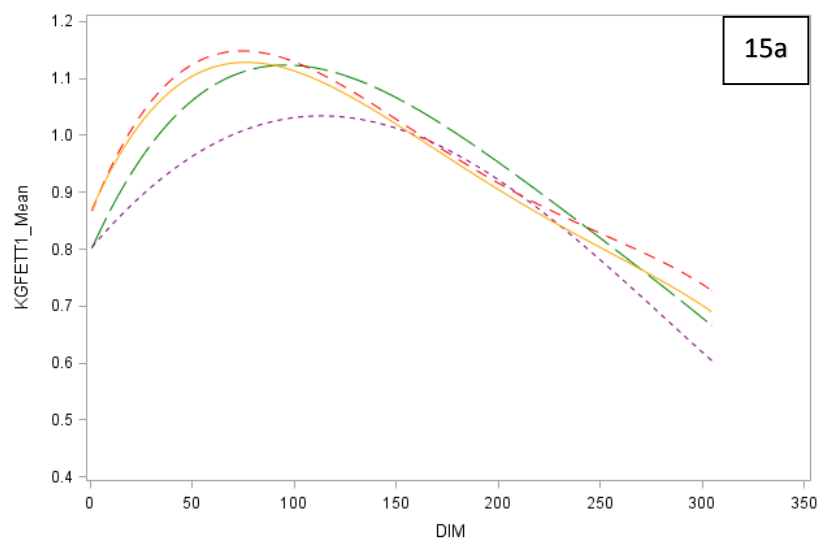
<sup>1</sup>HELP = høyenergi, lavprotein; HEHP = høyenergi, høyprotein; LELP = lavenergi, lavprotein; LEHP = lavenergi, høyprotein.

I første laktasjon var fett:protein-forholdet (FP-tallet) ved 50 DIM høyest for HELP gruppa fulgt av LELP, HEHP og LEHP gruppene (Tabell 16). Ved 150 og 250 DIM var FP-tallet numerisk høyere for HE-gruppene enn for LE-gruppene. I andre laktasjon var FP-tallet ved 50 DIM høyest for LELP gruppa fulgt av HELP, HEHP og LEHP gruppene. Ved 150 og 250 DIM var FP-tallet numerisk høyere for HE-gruppene enn for LE-gruppene.





Figur 13 (a, b) og 14 (a, b): Estimerte minste kvadrats gjennomsnitt for HELP (langstreklinje), HEHP (prikklinje), LELP (kortstreklinje) og LEHP (hellinje) fra 5-300 DIM for 13 melkeytelse i kg EKM for første laktasjon (13a) og andre laktasjon (13b), og 14 melkeytelse i kg melk for første laktasjon (14a) og andre laktasjon (14b).



Figur 15 (a, b) og 16 (a, b): Estimerte minste kvadrats gjennomsnitt for HELP (langstreklinje), HEHP (prikklinje), LELP (kortstreklinje) og LEHP (hellinje) fra 5-300 DIM for 15) melkeytelse i kg fett for første laktasjon (15a) og andre laktasjon (15b), og 16) melkeytelse i kg protein for første laktasjon (16a) og andre laktasjon (16b).

## 4.2 Holdbarhet

Tabell 17 viser antall kviger i forsøket, antall fullførte laktasjoner og andel tredjelaktasjonskyr fordelt etter behandlingsgruppe.

Tabell 17: Oversikt over antall kviger i forsøket, antall kyr i første og andre laktasjon og antall kyr til tredje laktasjon fordelt etter behandlingsgruppe.

	HELP <sup>1</sup>	HEHP	LELP	LEHP	Gjennomsnitt
Antall kviger	20	20	20	20	20,0
Antall kviger fullført første laktasjon	16	18	17	15	16,5
Antall kyr til andre laktasjon	10	12	5	8	8,8
Antall kyr fullført andre laktasjon	9	12	4	6	7,8
Antall kyr til tredje laktasjon	9	12	4	6	7,8

<sup>1</sup>HELP = høyenergi, lavprotein; HEHP = høyenergi, høyprotein; LELP = lavenergi, lavprotein; LEHP = lavenergi, høyprotein.

Tabell 18 viser antall utrangeringer i forsøket og årsak til utrangeringene sortert etter antall.

Tabell 18: Utrangeringsårsaker i «kvigeforsøket» sortert etter antall.

Utrangeringsårsak	Antall	Prosent
Dårlig fruktbarhet	13	27
Høyt celletall	6	13
Synlig mastitt	6	13
Dårlig beineksteriør	5	10
Vårkalving	5	10
Dårlig avdrått	4	8
Annen sykdom	4	8
Slaktet som kvige	2	4
Dårlig jur	1	2
Dårlig lynne	1	2
Individrelatert årsak	1	2
SUM	48	100

Av opprinnelig 80 utvalgte kvigekalver ble to kviger utrangert før kalving og 46 kviger ble utrangert i perioden fra kalving og fram til den 01.09.2015 (Tabell 18). De viktigste årsakene til utrangering var dårlig fruktbarhet (27 %), høyt celletall (13%) og synlig mastitt (13 %). De øvrige årsakene var i synkende rekkefølge dårlig beineksteriør (10 %), vårkalving (10 %), dårlig avdrått (8 %), annen sykdom (8 %), slaktet som kvige (4 %), dårlig jur (2 %), dårlig lynne (2 %) og individrelatert årsak (2 %). Utrangering på grunn av vårklaving var i hovedsak slaktning av kviger fordi de ikke passet inn i driftsopplegget ved SHF.

Tabell 19 viser årsakene for utrangering i Tabell 18 sortert etter behandlingsgruppe.

Tabell 19: Utrangeringsårsaker for kvigene i de ulike behandlingsgruppene rangert etter totalt antall utrangerte kviger.

Utrangeringsårsak	HELP <sup>1</sup>	HEHP	LERP	LEHP	Totalt
Dårlig fruktbarhet	1	1	5	6	13
Høyt celletall	3	1	1	1	6
Synlig mastitt	2	1	1	2	6
Dårlig beineksteriør		1	3	1	5
Vårkalving		1	3	1	5
Dårlig avdrått	1	2	1		4
Annen sykdom			2	2	4
Slaktet som kvige	2				2
Dårlig jur	1				1
Dårlig lynne		1			1
Individrelatert årsak				1	1
<b>Sum</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>48</b>

<sup>1</sup>HELP = høyenergi, lavprotein; HEHP = høyenergi, høyprotein; LERP = lavenergi, lavprotein; LEHP = lavenergi, høyprotein.

Som vist i Tabell 19 var det forskjeller i årsak til utrangering mellom forsøksgruppene. Den mest framtrædende forskjellen mellom gruppene var andelen utrangeringer på grunn av dårlig fruktbarhet.

Totalt antall DIM for forsøksgruppene er vist i Tabell 20.

Tabell 20: Gruppegjennomsnitt for dager i melk (DIM) sortert etter forsøksgrupper.

	HELP <sup>1</sup>	HEHP	LERP	LEHP
Antall kviger*	18	19	18	17
Antall DIM**	606	693	500	513
Gjennomsnitt for energigrupper, HE og LE	650		507	
Gjennomsnitt for proteingrupper, HP og LP	603		553	

<sup>1</sup>HELP = høyenergi, lavprotein; HEHP = høyenergi, høyprotein; LERP = lavenergi, lavprotein; LEHP = lavenergi, høyprotein.

\*Fjernet kviger hvor DIM = 0.

\*\*01.09.2015 var brukt som siste dato for DIM.

HE-gruppene hadde flere DIM enn LE-gruppene, henholdsvis 650 DIM vs. 507 DIM, og HP-gruppene hadde flere DIM enn LP-gruppene, henholdsvis 603 DIM vs. 553 DIM (Tabell 20). Det er beregnet gruppegjennomsnitt for kvigene som fikk en eller flere kalver og DIM er i dette tilfellet basert på antall dager fra første kalving til utmeldingsdato eller første september 2015.

## 5.0 Diskusjon

Basert på det samme forsøket som er for brukt i denne oppgaven fant Storli (2015) en mindre variasjonen i dagsytelse av kg melk mellom forsøksgruppene i første del av førstelaktasjon sammenlignet med resultatene vist i Figur 13a. Årsaken til dette er antagelig at denne oppgaven er basert på månedlige veiinger registrert i kukontrollen, mens Storli (2015) baserte sine resultater på daglige registreringer fra SHF. Grunnen til at det i dette studiet ble benyttet månedlige registreringer i kukontrollen i stedet for daglige registreringer fra SHF var at forsøksdyrene i siste del av første laktasjon og i andre laktasjon hadde skiftende oppstalling og registreringshyppighet, og at mengden datamateriale varierte mellom forsøksdyrene. Det ble derfor bestemt å benytte opplysninger fra kukontrollen for inkludere så mange av forsøkskvigene som mulig i studiet. Konsekvensen av færre målinger av ytelse i laktasjonen ser ut til å være større variasjon mellom gruppene i ytelse kg melk i første laktasjon fram til 175 DIM. Det er interessant å se at forskjellene i melkeytelse mellom gruppene i resultatene til Storli (2015) er størst etter 150 DIM (Figur 12a), mens det i dette studiet er størst forskjell i ytelse mellom gruppene før 150 DIM i første laktasjon (Figur 14a og Tabell 11). Årsaken til dette er antagelig økt variasjon gå grunn av færre målinger av melkeytelse. Det generelle bildet er likevel at samsvaret mellom beregninger basert på månedlige observasjoner fra kukontrollen og daglige målinger i forsøket stort sett er god og at resultatene er godt egnet til å si noe om ytelsen i første- og andrelaktasjon for de fire forsøksgruppene.

Tildeling av protein over norm til rekruteringskviger fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet hadde en hemmende effekt på melkeytelsen i første og andre laktasjon (Tabell 8, 10, 12 og 14). Vestergaard *et al.* (2010) fant at en proteintildeling 15 % over dansk norm fra 10 måneders alder og fram til tre måneder før kalving hadde hemmende effekt på melkeytelse i førstelaktasjon sammenlignet med tildeling av protein etter dansk norm. Forsøkene er gjort ved ulike perioder av oppdrettet, men resultatene er sammenfallende og indikerer at for mye protein i føret til rekruteringskviger både før og etter påvist drektighet kan være uheldig for framtidig melkeytelse. Overføring med protein vil føre til at dyret må bruke energi til danning av urea i levra slik at kroppen kan kvitte seg med overskuddet av protein via urea i urin. Den negative effekten av overføring med protein i «kvigeforsøket» var imidlertid uavhengig av energitilførsel da den ble observert både i HE- og LE-gruppene. Dette gjør det mindre sannsynlig at energimangel er årsaken til den reduserte ytelsen, og indikerer at det er en spesifikk effekt av overføring med protein i denne fasen av livet.

Planlagt alder ved kalving var fire måneder lavere for HE-kvigene enn for LE-kvigene, henholdsvis 22 og 26 måneder, mens planlagt vekt ved påvist drektighet og kalving var lik for alle kvigene, henholdsvis 400 kg og 560 kg. Dette ble oppnådd gjennom sterkere fôring og økt tilvekst for HE-kvigene fra tre måneders alder og frem til påvist drektighet (Storli, 2015). Kvigene som ble fôret mest intensivt (HEHP) hadde laveste 305-dagers ytelse i kg melk, kg EKM, kg fett og kg protein (Tabell 8, 10, 12 og 14). Disse kvigene hadde også lavest vekt, hold og alder ved kalving (AVK) (Storli, 2015). Det er tidligere blitt vist en negativ sammenheng mellom høy tilvekst og mangelfull jurutvikling i perioden fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet på framtidig melkeytelse (Sejrsen, 1983, Purup, 1999, Fisker, 1999, Lohakare, 2012). I følge Lohakare *et al.* (2012) synes redusert jurutviklingen i oppdrettet ikke å være reversibel. Om dette er riktig vil en negativ effekt av fôringen på melkeytelsen til kvigene med størst tilvekst være over både første og andre laktasjon. Dette samsvarer med forsøket da forskjellene i ytelse i første laktasjon også synes å være tilstede i andre laktasjon (Tabell 8). I følge Dobos *et al.* (2004) vil imidlertid forskjeller i melkeytelse påvirket av levendevekt og alder ved første kalving utjevnes i løpet av tredje laktasjon. Det vil derfor være interessant å studere om effekten av fôring fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet er tilstede i tredje laktasjon og i senere laktasjoner. Om forskjellene i ytelse viser seg å være varig vil det øke sannsynligheten for at redusert jurutvikling i oppdrettsfasen er årsaken til lavere ytelse i HP-gruppene.

HE-kvigene har høyere ytelse kg fett i andre laktasjon enn LE-kvigene (Tabell 19). Dette indikerer et høyere fettinnhold i melk fra HE-kvigene enn fra LE-kvigene da ytelse i kg melk er høyere for LE-kvigene enn for HE-kvigene i andre laktasjon (Tabell 10). HE-kvigene har derimot lavere proteininnhold i første og andre laktasjon enn LE-kvigene (Tabell 14), men dette ser ut til å være et resultat av at LE-kvigene produserer flere kg melk enn HE-kvigene (Tabell 10), og ikke et resultat av økt proteininnhold i melka. Forholdet mellom fett og protein i melk (FP-tall) blir i tidlig laktasjon påvirket av kuas energibalanse (Grieve, 1986). Tidlig i første laktasjonen hadde LE-gruppene størst reduksjon av holdpoeng etter kalving (Figur 12c), men det ser ikke ut til at det har noe stort utslag på FP-tallet ved 50 DIM (Tabell 16). Ved 150 DIM derimot er det økte forskjeller mellom HE- og LE-kvigene i FP-tall. For HE-kvigene var forholdet mellom fett og protein tilnærmet likt ved 50 og 150 DIM, mens det for LE-kvigene var et lavere FP-tall ved 150 DIM i forhold til 50 DIM (Tabell 16). Dette kan tyde på at HE-kvigene har bedre evne til å møte energibehovet for ytelsen sin, noe som vises i Figur 12b ved at HE-gruppene har høyere kroppsvekt enn LE-kvigene ved 150 DIM i første laktasjon. Dette gjelder særlig for HELP gruppen som har en høyere ytelse enn HEHP gruppen ( $p < 0,05$ ), men som likevel greier å opprettholde tilveksten. Den samme tendensen for utvikling av FP-tallet gjennom laktasjon er gyldig også i andre laktasjon, men den er mindre framtredd enn i første laktasjon.

Kvignene i forsøket ble fôret med en grovfôrbasert fôrrasjon supplert med én kg kraftfôr daglig. Resultatene viser at LP-kvignene hadde høyest ytelse i kg melk og kg EKM i førstelaktasjon ( $p < 0,05$ ) og høyest samla ytelse i første og andre laktasjon ( $p < 0,05$ ). Dette indikerer at NRF-kvignene kan få tilstrekkelig med protein til vekst fra en grovfôrbasert diett uten bruk av proteinrikt kraftfôr i perioden fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet. For å sikre at fôrrasjonen inneholder tilstrekkelige mengder protein og energi er det nødvendig å ta grovfôranalyser for å kunne lykkes med fôrplanlegginga. Tabell 6 viser at det er grovfôret som er hovedkilden til protein og energi både i HP- og LP-gruppene og at forskjellene i proteintildeling mellom gruppene ble mindre enn planlagt. Faktisk hadde HELP-kvignene høyere andel protein i fôret enn LEHP-kvignene (141 g/kg TS vs. 123 g/kg TS). Dette gjør det vanskelig å skille effektene av energi- og proteintildeling mellom gruppene. Det gjør det også vanskeligere å konkludere med at HELP-kvignene kalver tidligere og har lik melkeytelse som LELP-kvignene på grunn av økt energitildeling i oppdrettet, siden de også har hatt en mye høyere andel protein i fôret (141 g/kg TS vs. 111 g/kg TS).

Tabell 10 viser at HE-gruppene hadde lavere vekt ved kalving (VVK) enn LE-gruppene. HELP-kvignene hadde 36 kg lavere VVK enn LELP-kvignene, og HEHP-kvignene hadde 24 kg lavere VVK enn LEHP-kvignene. Siden kvignene var inseminert ved lik levendevekt betyr dette at det var ulik tilvekst mellom gruppene i drektighetsperioden. Planlagt tilvekst i drektighetsperioden var 500-550 g/dag og alle kvignene ble tildelt samme fôrrasjon. Ut i fra vekt ved påvist drektighet (400 kg) og VVK (Tabell 10) var daglig tilvekst i drektighetsperioden 133 g høyere for LELP-kvignene enn for HELP-kvignene og 89 g høyere for LEHP-kvignene enn for HEHP-kvignene. Dette kan skyldes at LE-kvignene i drektighetsperioden har et større opptak av grovfôr enn HE-kvignene. Økt tilvekst for LE-gruppene i drektighetsperioden kan også skyldes kompensasjonsvekst. Kompensasjonsvekt er en reaksjon på overgangen fra en periode med begrenset fôring til en periode med sterkere fôring (Berg, 2001). Kompensasjonsvekst kan være et resultat av økt mengde opptatt fôr eller/og et resultat av bedre utnyttelse av opptatt fôr. Økt fôrutnyttelse er et resultat av at dyr som tidligere har hatt svak fôring har et lavere vedlikeholdsbehov enn dyr som har hatt sterkere fôring, og at det ved en overgang til sterkere fôring vil ta tid før vedlikeholdsbehovet er tilpasset den sterkere fôringen (Berg, 2001). Overgang fra restriktiv fôring med halmblanding før påvist drektighet til appetittfôring av tilsvarende halmblanding etter påvist drektighet kan ha vært stor nok til å utløse kompensasjonsvekst for LE-kvignene etter påvist drektighet.

Registrert grovfôropptak fra og med første kalving og fram til 175 DIM var grunnlaget for at Storli (2015) konkluderte med at en fôrrasjon med høyt energiinnhold fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet ga økt opptakskapasitet av grovfôr i første laktasjon, og at dette gjorde HE-gruppene bedre rustet til å opprettholde melkeytelsen ved synkende kraftfôrtildeling etter 120 DIM (Figur 12). Det kan stilles spørsmål til om den registrerte forskjellen i opptak av grovfôr mellom HE- og LE-gruppene var et resultat av økt fysisk opptakskapasitet for HE-gruppene. Fysisk opptakskapasitet av grovfôr etter kalving kan bli redusert av høyere hold ved kalving og større fettmobilisering etter kalving (Tine-Rådgivning, 2014). Dyrets fysiske opptakskapasitet kan påvirkes av metabolsk regulering og er den samme reguleringen som oppleves når fôropptak kg TS går ned med økende energikonsentrasjon i fôrrasjonen (Volden, 2011). Det kan derfor tenkes at den fysiske opptakskapasiteten til LE-gruppene ikke var mindre enn for HE-gruppene, men heller var begrenset av metabolsk regulering som følge av økt fettmobilisering etter kalving (Figur 12). I tillegg kan det hende at LE-kvignene har en bedre fôrutnyttelse grunnet restriktiv fôring i perioden før påvist drektighet og kompensasjonsvekst etter påvist drektighet. Kompensasjonsvekt tenderer også til å styre tilveksten mot proteinavleiring vs. fettavleiring (Berg, 2001). En økt andel energi tilgjengelig for melkeproduksjon kan være med å forklare den økte melkeytelsen og senere gjenoppsettelsen av hold etter kalving for LE-kvignene (Figur 12). Økt utnyttelse av opptatt fôr kan tenkes å være årsaken til at LE-gruppene har høyere 305-dagers melkeytelse enn HE-gruppene selv med lavere grovfôropptaket enn HE-gruppene de første 175-dagene i første laktasjon (Figur 12d).

Den mest frekvente utraneringsårsaken i forsøket var dårlig fruktbarhet (27 %) (Tabell 18). Dette samsvarer med kukontrollen hvor dårlig fruktbarhet står for 30 % av utraneringene (Tabell 4). Andel utraneringer på grunn av høgt celletall er lik i forsøket og kukontrollen med 13 %, mens det er flere utraneringer på grunn av mastitt i forsøket enn i kukontrollen, henholdsvis 13 % vs. 5 %. Det er interessant å se at kun 5 % av HE-kvignene ble utrangert på grunn av dårlig fruktbarhet, mens andelen LE-kvignene utrangert på grunn av dårlig fruktbarhet var hele 28 %. Det er store individuelle forskjeller i daglig tilvekst mellom NRF-kvignene (Storli, 2015). Dette gjør at inseminering ved ønsket vekt vil gi store utslag på AVK om de med lav tilvekst skal fôres opp til lik vekt ved inseminering som de med høy tilvekst. Tidligere studier har vist at kvignene med lavere AVK ofte har bedre helse og fruktbarhet i første laktasjon enn kvignene med høyere AVK (Nilforooshan, 2004, Carson, 2006, Cooke, 2014). Dette har sammenheng med at en økt del av tilveksten vil skje som fettavleiring ved økt numerisk og fysiologisk alder (Volden, 2009b). Kvignene som er feite ved kalving vil i tillegg til å ha mere kalvingsvansker, mobilisere mere kroppsfett til melkeproduksjon og melke mer av holdet (Mäntysaari, 1999). Figur 12b og 12c fra Storli (2015) viser at LE-gruppene hadde høyest holdpoeng ved kalving og at de mobiliserte mye av holdet de første 50 DIM. Negativ energibalanse i tiden etter



kalving kan derfor være årsaken til den observerte dårligere fruktbarheten for LE-kvigene. Antall dyr og utrangeringer i forsøket er derimot for få til at vi kan konkludere sikkert på effekten av fôring fra tre måneders alder og frem til påvist drektighet på holdbarhet i første og andre laktasjon.



## 6.0 Konklusjon

Forsøket viste at tildeling av protein over norm fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet uavhengig av energitildeling i samme periode hadde negativ effekt på ytelse i kg melk, kg EKM, kg fett og kg protein i første laktasjon ( $p < 0,05$ ) og i samla ytelse i kg melk og kg EKM for første og andre laktasjon ( $p < 0,05$ ). Med utgangspunkt i dette var det derfor ikke mulig å bekrefte hypotesen om at høy proteintildeling sammen med høy energitildeling i perioden fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet ikke har negativ effekt på kvigenes framtidige ytelsespotensiale. Forsøket indikerer snarere at en lav proteintildeling er bedre enn en høy proteintildeling fra tre måneders alder og fram til påvist drektighet.

## 7.0 Referanseliste

- BARTOL, F. F., WILEY, A. A., BAGNELL, C. A. 2008. Epigenetic programming of porcine endometrial function and the lactocrine hypothesis. *Reprod. Domest. Anim.*, 43, 273-279.
- BEKKEVOLL, M., HELBERG, A. 2009. *Heifers growth characteristics in dairy herds with high milk yield*. Master, Norwegian University of Life Sciences.
- BERG, J., MATRE, T. 2001. *Produksjon av storfekjøtt*, Oslo, Landbruksforlaget.
- BROWN, E. G., VANDEHAAR, M.J., DANIELS, K.M., LIESMAN, J.S., CHAPIN, L.T., FORREST, J.W., AKERS, R.M., PEARSON, R.E., WEBER NIELSEN, M.S. 2005a. Effect of increasing energy and protein intake on mammary development in heifer calves. *Journal of Dairy Science*, 88, 595-603.
- CARSON, A. F., HICKEY, J., BROTHERSTONE, S. 2006. Genetic aspects of growth of Holstein-Friesian dairy cows from birth to maturity. *Journal of Dairy Science*, 89, 322-329.
- COOKE, J. S., WATHES, D.C. 2014. Rearing heifer calves for optimum lifelong production. *Cattle Practice*, 22, 66-71.
- DE VRIES, M. J., VEERKAMP, R. F. 1999. Modeling of energy balance in early lactation and the effect of energy deficits in early lactation on first detected estrus postpartum in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82, 1927-1934.
- DOBOS, R. C., NANDRA, K.S., RILEY, K., FULKERSON, W.J., ALFORD, A., LEAN, I.J. 2004. Effects of age and liveweight of dairy heifers at first calving on multiple lactation production. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44, 969-974.
- FISKER, I., ANCKER, M.L. 1999. Energi og protein til kvier på dansk, hollandsk og amerikansk. *LK-meddelelse*, 338.
- FISKER, I., SEJRSEN, K., STRUDSHOLM, F. 2003. *Fodring af kvier. Kvægets ernæring og fysiologi*. Foulum: Danmarks Jordbruks Forskning.
- GRIEVE, D. G., KORVER, S., RIJPKEMA, Y. S., HOF, G. 1986. Relationship between milk composition and some nutritional parameters in early lactation. *Livestock Production Science*, 14, 239-254.
- GRUMMER, R. R., HOFFMAN, P.C., LUCK, M.L., BERTICS, S.J. 1995. Effect of prepartum and postpartum dietary energy on growth and lactation of primiparous cows. *Journal of Dairy Science*, 78.
- HERINGSTAD, B. 2011. Holdbarhet i NRF-avlen. *Husdyrforsøksmøtet 2011*.
- INRA 1989. *Ruminant nutrition: Recommended allowances and feed tables*, Paris, INRA.
- ISAACHSEN, H. 1919. Anden del - Husdyrbruk og Melkebruk. In: ØDEGAARD, N. (ed.) *Landbruksboken Bind II*. Norges Landbrukshøgskole, Ås.

- LAWRANCE, T., FOWLER, V., NOVAKOFSKI, J. 2012. *Growth of farm animals*, London.
- LOHAKARE, J. D., SÜDEKUM, K.-H., PATTANAIK, A.K. 2012. Nutrition-induced Changes of Growth from Birth to First Calving and Its Impact on Mammary Development and First-lactation Milk Yield in Dairy Heifers: A Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 25, 1338-1350.
- LOKER, S., MIGLIOR, F., KOECK, A., NEUENSCHWANDER, F., BASTIN, C., JAMROZIK, J., SCHAEFFER, L. R. 2012. Relationship between body condition score and health traits in first-lactation Canadian Holsteins. *American Dairy Science Association*, 95, 6770-6780.
- MCDONALD, P., EDWARDS, R.A., GREENHALGH, J.F.D., MORGAN, C.A. 2002. *Animal Nutrition*, Pearson Education.
- MEYER, M. J., CAPUCO, A.V., ROSS, D.A., LINTAULT, L.M., VAN AMBURGH, M.E. 2006a. Developmental and Nutritional Regulation of the Prepubertal Heifer Mammary Gland: I. Parenchyma and Fat Pad Mass and Composition. *Journal of Dairy Science*, 89, 4289-4297.
- MEYER, M. J., CAPUCO, A.V., ROSS, D.A., LINTAULT, L.M., VAN AMBURGH, M.E. 2006b. Developmental and nutritional regulation of the prepubertal bovine mammary gland: II. Epithelial cell proliferation, parenchymal accretion rate, and allometric growth. *Journal of Dairy Science*, 89, 4298-4304.
- MOALLEM, U., WERNER, D., LEHRER, H., ZACHUT, M., LIVSHITZ, L., YAKOBY, S., SHAMAY, A. 2010. Long-term effects of ad libitum whole milk prior to weaning and prepubertal protein supplementation on skeletal growth rate and first-lactation milk production. *Journal of Dairy Science*, 93, 2639-2650.
- MÄNTYSAARI, P., INGVARSEN, K. L., TOIVONEN, V. 1999. Feeding intensity of pregnant heifers. Effect of feeding intensity during gestation on performance and plasma parameters of primiparous Ayrshire cows. *Livestock Production Science*, 62, 29-41.
- MÄNTYSAARI, P., MÄNTYSAARI, E., A. 2010. Predicting early lactation energy balance in primiparous Red Dairy Cattle using milk and body traits. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A - Animal Science*, 60, 79-87.
- NEVILLE, M. C., MCFADDEN, T. B., FORSYTH, I. 2002. Hormonal Regulation of Mammary Differentiation and Milk Secretion. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 7, 17.
- NILFOROOSHAN, M. A., EDRISS, M.A. 2004. Effect of age at first calving on some productivity and longevity traits in Iranian Holsteins of the Isfahan province. *Journal of Dairy Science*, 87, 2130-2135.
- NRC 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition*, USA, National Academic Press.
- PURUP, S., MANTYSAARI, P., SEJRSEN, K. 1999. Effect of feeding level and nitrogen source of the diet on GH, IGF-I, and prolactin receptors in mammary and liver tissue from pre-pubertal

- heifers. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A - Animal Science*, 49, 96-102.
- RADCLIFF, R. P., VANDEHAAR, M., CHAPIN, L.T., PILBEAM, T.E., ASHLEY, R.W., POFFENBARGER, S.M., STANISIEWSKI, E.P. 1998. Effects of diet and exogenous bST on growth and lactation of dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 81, 227.
- RADCLIFF, R. P., VANDEHAAR, M., CHAPIN, L.T., PILBEAM, T.E., BEEDE, E.P., STANISIEWSKI, E.P., TUCKER, H.A. 2000. Effects of diet and injection of bovine somatotropin on prepubertal growth and first-lactation milk yields of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 83, 23-29.
- SEHESTED, E., HERINGSTAD, B., HOLTSMARK, M., BJØRNERÅS, T. 2009. Avlsarbeid for holdbarhet i NRF. *Husdyrforsøksmøtet 2009*, 4.
- SEJRSEN, K., FOLDAGER, J. 1999. Kviers ydelseskapaet i relation til variation i tilvæksten i opdrætningsperioden. *Dansk Jordbruks Forskning*, 118, 92-97.
- SEJRSEN, K., FOLDAGER, J. 2003. Betydning af foderniveau og kælvningsalder for kviers ydelseskapaet. *Kvæggets ernæring og fysiologi*. Foulum: Danmarks JOrdbuugsForskning.
- SEJRSEN, K., HUBER, J. T., TUCKER, H. A. 1983. Influence of amount fed on hormone concentrations and their relationship to mammary growth in heifers. *Journal of Dairy Science*, 66, 845-855.
- SEJRSEN, K. & PURUP, S. 1997. Influence of prepubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers: A review. *Journal of Animal Science*, 75, 828-835.
- SEJRSEN, K., PURUP, S., VESTERGAARD, M., FOLDAGER, J. 2000a. High body weight gain and reduced bovine mammary growth: physiological basis and implications for milk yield potential. *Domestic Animal Endocrinology*, 19, 93-104.
- SEJRSEN, K., PURUP, S., VESTERGAARD, M., FOLDAGER, J. 2000b. High body weight gain and reduced bovine mammary growth: physiological basis and implications for milk yield potential. *Domestic Animal Endocrinology*, 19, 93-104.
- SHAMAY, A. W., D, MOALLEM, U, BARASH, H, BRUCKENTAL, I 2005. Effect of nursing management and skeletal size at weaning on puberty, skeletal growth rate, and milk production during first lactation of dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 88, 1460-1469.
- SINHA, Y. N., TUCKER, H.A. 1969. Mammary development and pituitary prolactin level of heifer from birth through puberty and during the estrous cycle. *Journal of Dairy Science*, 52, 507-512.
- SJAASTAD, Ø. V., SAND, O., HOVE, K. 2010. *Physiology of Domestic Animals. 2nd edition.*, Scandinavian veterinary press.
- SOBERON, F., RAFFRENATO, E, EVERETT, RW, VAN AMBURGH, ME 2012. Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 95, 793-793.
- STORLI, K. S. 2015. *Rearing Norwegian Red Heifers; growth and effects on subsequent milk production of primiparous cows*. PhD Thesis 2015:48, Norwegian University of Life Sciences.

- TINE-RÅDGIVNING 2014. Godt kvigeoppdrett. *In: TINE (ed.). Tine.*
- VAN PELT, M. L., MEUWISSEN, T H E, DE JONG, G, VEERKAMP, R F 2015. Genetic analysis of longevity in Dutch dairy cattle using random regression. *American Dairy Science Association*, 98, 4117-4130.
- VESTERGAARD, M., PETERSEN, MB, SEJRSEN, K 2010. High protein level in the diet to dairy heifers from 10 to 22 months of age reduced milk yield in first lactation. *Journal of Animal Science*, 87.
- VOLDEN, H. 2009a. Unngå sur vom! *Topp Team Fôring* [Online]. [Accessed 16,12,2009].
- VOLDEN, H. 2010. Godt utvikla kviger er viktig for avdrått, men de må ikke bli for feite. *Topp Team Fôring* [Online]. [Accessed 17.09.15 2015].
- VOLDEN, H. 2011. *NorFor - The Nordic feed evaluation system*, The Netherlands, Wageningen Academic Publishers.
- VOLDEN, H., HAVREVOLL, Ø, RYGH, AJ 2009b. NorFor Plan Ungdyr. *Husdyrsforsøksmøtet 2009*. Oslo.
- YAMAZAKI, T., TAKEDA, H, NISHIURA, A, SASAI, Y, SUGOWARA, N, TOGASHI, K. 2011. Phenotypic Relationship between Lactation Persistency and Change in Body Condition Score in First-lactation Holstein Cows *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 24, 610-615.



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
67 23 00 00  
[www.nmbu.no](http://www.nmbu.no)