

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



Forord

Fem års studie avsluttes med denne masteroppgaven. Det har vært fem år med jobb, moro, personlig og faglig utvikling, og mange nye og spennende bekjenskaper.

Med studieretningen ernæring, og hovedvekt på drøvtyggere, var denne oppgaven et spennende valg som ga meg mulighet til å utføre et forsøk i praksis. Mange personer skal takkes for at det ble en realitet. Takk til ansatte ved Storfefjøset for hjelp med registreringer av alle kvigene. Til veilederen min, Erling Thuen, for tålmodighet, faglig innspill og oppmuntring. Til biveileder Egil for tips, rettleiding og faglig bidrag. En spesiell takk til doktorgradstipendiatene Hilde Lyby og Kristin Storli. Dere har virkelig hjulpet meg i denne prosessen, med alt fra målinger, utforming av oppgaven, svare på spørsmål i helger og sene kvelder, samt oppmuntring når ting gikk litt i mot.

Til sist vil jeg takke de personene i livet mitt som har gjort disse fem årene så fantastiske. Kristine og Ingvild for et herlig samboerskap, mamma og pappa for all støtte på alle mulig måter, og til Marius, for at du er den du er.

Nå skal jeg og n'Thorvald og Johannes vandre videre, over prærien, mot et nytt kapittel.

Institutt for Husdyr- og akvakulturvitenskap, UMB

Ås, 15.05.2012

.....
Siri Martine Sørensen Brandstorp

Sammendrag

Hvordan rekrutteringskviger vokser, i hastighet og sammensetning, har påvirkning på lengden av oppdrettsperioden og senere melkeytelse. Det er først og fremst levendevekten som avgjør når kviga blir kjønnsmoden og kommer i brunst. Derfor kan en høyere tilvekst per dag føre til at kviga blir kjønnsmoden ved en tidligere alder og kalver tidligere. Tilveksthastigheten må imidlertid ikke være for høy, da dette kan føre til økt fettavleiring og dårlig utvikling av jurvev. Mange studier har tatt for seg hva som er den beste tilveksthastigheten for rekrutteringskviger, men flere har motstridende resultater. Det er viktig at det utarbeides anbefalinger for tilvekst tilpasset kviger av rasen Norsk rødt fe (NRF), da dette er en middels stor melkerase i motsetning til Holstein, som mye av litteraturen viser til. Man antar også at NRF har et større vekstpotensial enn det som syntes i dag.

For å kunne gi råd om hva som er den mest effektive tilveksten i forhold til helse og økonomi ble det startet et prosjekt; ”Effekter av kalv og ungdyrs tilvekst og utvikling på seinere ytelse, helse og lønnsomhet i melkeproduksjonen ”, utført av Institutt for Husdyr- og akvakulturvitenskap ved Universitetet for Miljø- og biovitenskap. 48 NRF-kviger ble fordelt på seks ulike energi- og proteinnivåer for å se hvilke effekt energi- og proteintildeling har på vekst, utvikling, helse og senere ytelse.

Denne masteroppgaven var en del av dette prosjektet, og tok for seg ulike metoder som kunne brukes for å estimere vekt på NRF-kviger slik at det i praktisk drift er mulig å følge med på tilveksten i hele kvigeperioden. I tillegg ble det forsøkt å finne praktiske metoder som kan gi informasjon om fett- og proteinavleiring i vekstperioden. Det ble tatt mål av brystomkrets, mankehøyde og kroppslengde som ble sammenlignet med tilveksten registrert ved veiing av dyret for å vurdere om en eller flere kroppsmål kan estimere levendevekt. For å undersøke avleiring av fett og protein ble det i en periode på 7 måneder tatt ultralydmålinger av fett og muskel på kvigene. Disse målingene ble sammenlignet med holdvurdering og body mass index (BMI) for å undersøke om dette var metoder som kunne si noe om kroppssammensetningen. I denne oppgaven er det kun tatt utgangspunkt i energitildelingen, der proteintildelingen ikke er tatt hensyn til. Dermed er kvigene delt inn i to grupper, høyenergi og lavenergi.

Alle kroppsmålene viste seg å ha sterk sammenheng med vekt, og kan med stor sikkerhet brukes for å estimere vekt. Brystmål var det kroppsmålet som hadde størst sammenheng med

vekt, og kan anbefales som et redskap for å føre oversikt over vektutviklingen. Holdvurdering og BMI viste middels til dårlig sammenheng med ultralydmålene, og på bakgrunn av dette kan ikke disse metodene sies å være pålitelige metoder for å vurdere kroppssammensetning. Nivå av energitildeling viste ikke å ha betydelig påvirkning på hvor godt målemetodene egnet seg til estimering av vekt og kroppssammensetning. Ultralydmålingene var imidlertid lettere å utføre på kviger med høy energi tildeling på grunn av mer fettavleiring.

Abstract

The growth rate and composition of growth in heifers affect the length of the rearing period and milk yield in future lactation. It is first and foremost live weight that determines when heifers become sexually mature and come into heat. A high growth rate can therefore cause the heifer reach puberty in an earlier age. The growth rate, however, must not be too extensive, as it may have a negative effect on the development of the udder and increase excessive fat deposition. Earlier studies have generated recommendations for growth rates that shorten the rearing period and promote a healthy udder development, but with varying results. Most of these studies are based on data from Holstein dairy cows, and it is therefore important to find recommendations for growth fitted for the Norwegian Red breed (NRF). It is also believed that the NRF has a greater growth potential than that which appeared today.

To advice on what is the most efficient growth in relation to health and economy, 48 NRF heifers were used in a study. The project was called “Effects on growth and development on later performance, health and profitability of milk production on calves and heifers” and was carried out at the Animal Production Experimental Centre, Norwegian University of Life science. The heifers were assigned to one of six dietary energy- and protein treatments that were designed to achieve average daily gains of 600-750 g/day (LE) and 850-950 g/day (HE). This master thesis is part of the project, and should address the various methods that can be used to estimate the weight of NRF heifers. The aim is to investigate the practical operation that makes it possible to monitor the growth of the heifers in the rearing period. Additionally, possible methods used to give information about the composition of growth will be examined.

Different body measurements (heart girth, wither height and body length) were examined to determine to which extent it could be used to estimate the actual body weight. The composition of the growth of tissues was examined with ultrasound, and compared with body condition score (BCS) to see if BCS could be used as a method to predict fat- and muscle development. Furthermore, ultrasound was also compared to the body mass index (BMI) for the same reason. In this thesis, only the energy level of the diet was taken into account, not the level of protein. Hence the heifers were divided into two groups; high energy and low energy.

All the body measurements showed a strong correlation to the body weight, and can be recommended as a method for estimating the weight of heifers. Heart girth had the strongest correlation to weight. BCS and BMI showed moderate to poor correlation to the ultrasound measurements, and thus cannot be recommended as a reliable method for assessing body

composition. Level of energy given in the different diets did not have a significant impact on how well the measurement methods suited to the estimation of weight and body composition. Ultrasound measurements, however, were easier to perform on heifers on a higher energy level due to greater fat deposition.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	IV
Innholdsfortegnelse	VI
1.0 Innledning.....	1
2.0 Vekst og kroppssammensetning i kvigeperioden.....	3
2.1 Vekst og utvikling	3
2.2 Effekt av vekst i de ulike periodene	5
2.2.1 Effekt av fôring og vekst i kalveperiode, 0-100 dager, på senere utvikling	6
2.2.2 Effekt av vekst i prepubertal periode på senere utvikling og ytelse.....	6
2.2.3 Effekt av vekst i postpubertal periode på senere ytelse.....	7
2.3 Faktorer som påvirker kroppssammensetning og tilvekst.....	7
2.3.1 Kjønn.....	7
2.3.2 Alder.....	7
2.3.3 Rase	8
2.3.4 Ernæring	8
2.4 Metoder for måling av tilvekst og tilvekstens sammensetning	12
2.4.1 Målemetoder for tilvekst	12
2.4.2 Målemetoder for tilvekstens sammensetning.....	13
2.4.3 Anbefalt tilvekst	16
3.0 Egne undersøkelser	19
3.1 Material og metoder	19
3.1.1 Dyremateriale og forsøksdesign.....	19
3.1.2 Fôrmidler	20
3.1.3 Måling av tilvekst.....	20
3.1.4 Måling av tilvekstens sammensetning.....	22
3.1.5 Statistisk analyse	23
3.1.6 Formler	24
4.0 Resultater.....	26
4.1. Vektutvikling.....	26
4.2 Utvikling av brystmål.....	27
4.3 Sammenhenger mellom vekt og ulike kroppsmål	28

4.4 Tilvekstens sammensetning.....	29
4.4.1 Ultralydmåling og vekt.....	29
4.4.2 Utvikling av fett og muskel.....	30
4.4.3 Ultralydmålinger og holdvurdering.....	33
4.4.4 Body Mass Index (BMI)	34
5.0 Diskusjon.....	37
5.1. Vekt og vektutvikling.....	37
5.1.1 Sammenheng mellom brystmål og vekt	38
5.1.2 Sammenhengen mellom mankehøyde og vekt.....	38
5.1.3 Sammenheng mellom kroppslengde og vekt	39
5.2 Tilvekstens sammensetning.....	40
5.2.1 Utvikling av fett og muskel målt ved ultralyd.....	40
5.2.2 Sammenheng mellom ultralydmålinger og holdvurdering.....	42
5.2.3 Body Mass Index (BMI)	44
6.0 Konklusjon	46
7.0 Referanser/References.....	47

1.0 Innledning

I Norge er det fokus på å produsere nok melk av god kvalitet til forbrukerne til en rimelig fortjeneste for produsenten. Riktig fôring og håndtering av dyrene fra kalvestadiet og gjennom laktasjonene gir muligheter for å oppnå dette. Flere studier har vist at tilveksthastigheten i prepubertal periode, fra avvenning til kjønnsmodning, kan påvirke utviklingen av jurvevet (Capuco et al. 1995; Sejrsen et al. 1982) og dermed fremtidig melkeproduksjon (Sejrsen & Purup 1997; Swanson 1960). Dessverre får ofte oppdrettsperioden av rekrutteringskvigene lite oppmerksomhet.

Oppdrettsperioden krever areal og fôr uten inntektsbringende produksjon, og står for omtrent 25-30 % av de variable kostnadene i melkeproduksjonen (TINE Rådgivning 2012). Dette fører til ønsker og mål om en redusert oppdrettsperiode som oppnås ved tidligere kalvinger. Viktige momenter i denne sammenheng er tilvekst og vekt. Flere studier har vist at kjønnsmodning stimuleres av kroppsvekt fremfor alder (Gardner et al. 1977; Macdonald et al. 2005; Menge et al. 1960). Kjønnsmodning defineres som det tidspunkt første brunst oppstår, og hvor befruktning kan finne sted (Sjaastad et al. 2003). Økt tilveksthastighet vil derfor kunne gi tidligere kjønnsmodning, brunst og kalving. Men en tilvekst som er for høy kan også gi flere negative konsekvenser, som dårlig utviklet jurvev og som ofte fører til en lavere melkeytelse (Lawrence & Fowler 2002). Dette gjør at fokus på tilvekst og vekst er viktig, slik at tilveksten ikke blir for høy.

Å veie kviger regelmessig for å beregne tilveksten er arbeidskrevende og vanskelig. Det er derfor utviklet flere praktiske målemetoder for å estimere vekt. Brystmål er et mye brukt mål som gir et godt estimat på kroppsvekt (Heinrichs et al. 2007). Kroppslengde, mankehøyde, bredde av skulder, hofte og bakdel og omkrets rundt bein er andre kroppsmål som også er utviklet for estimering av vekt (Fisher 1975). De ulike målene har forskjellige svakheter ved vektestimering, men kun brystmål, mankehøyde og kroppslengde vil bli omtalt videre i oppgaven. I følge Johansson og Hildeman (1954) er feil forbundet med ved bruk av brystmål til estimering av kroppsvekt på voksne kyr 3-6 ganger større enn ved direkte veiing. Fisher (1975) viste at kroppsmål med målebånd gir store variasjoner, blant annet vil lengdemål gi et upresist mål fordi det måles over flere kroppsledd, og avstanden vil da variere med dyrets bevegelser. I tillegg gir ikke disse målene informasjon om tilvekstens sammensetning. De fleste studier som er gjort på sammenheng mellom kroppsmål og vekt er utført på voksne kyr av rasen Holstein eller kjøttferaser som Hereford, Aberdeen Angus og Limousin. Det er derfor

interessant å undersøke om det er sammenhenger mellom ulike målemetoder og vekt hos norske kviger.

Dette ble gjort i en feltstudie på kviger av rasen Norsk Rødt Fe (NRF), og er en del av et større prosjekt; ”Effekter av kalv og ungdyrs tilvekst og utvikling på seinere ytelse, helse og lønnsomhet i melkeproduksjonen”. Prosjektet er utført ved Senter for Husdyrforsk (SHF), Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB), med totalt 48 dyr fra 3 til 15-18 måneder. Kvigene ble fordelt i to forsøksledd med ulik energitildeling. Det ene leddet fikk en rasjon med høyt innhold av energi for høy tilvekst (850-950 g/dag). Det andre leddet fikk en rasjon med et lavere energi nivå for moderat tilvekst (600-750 g/dag). Forsøksleddet med høy tildeling av energi blir heretter benevnt som HE. Forsøksleddet med lav tildeling av energi blir heretter benevnt som LE. Innen forsøksleddene var kvigene delt inn i ytterligere tre grupper med ulik proteintildeling. Dette er imidlertid ikke tatt hensyn til i beregningene i denne oppgaven, og vil heller ikke bli videre diskutert.

Hvis man kan finne gode sammenhenger mellom praktiske målemetoder og vekt, vil det være mulig å estimere vekt og daglig tilvekst uten at det er nødvendig å veie dyret. Dette gir bonden større mulighet til å regulere tilveksten under oppdrettsperioden, styre kalvingstidspunkt og fokusere på en fornuftig tilveksthastighet. Gruppering og synkronisering av kalvinger blir også lettere. Målemetodene som ble brukt i undersøkelsen for å estimere vekt og tilvekst var mankehøyde, brystmål og kroppslengde. I tillegg ble det utført ultralydmålinger (UL) og holdvurdering for å vurdere kroppssammensetning.

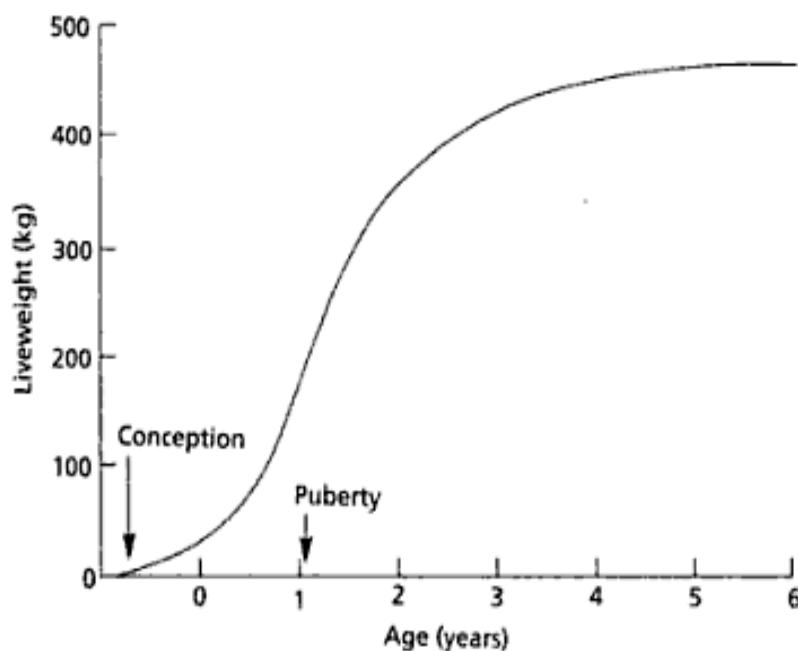
Tre problemstillinger ble utformet:

- 1) Hvor stor sammenheng er det mellom de ulike fysiske kroppsmålene og levendevekt hos NRF-kviger, og kan kroppsmålene brukes for å estimere levendevekten?
- 2) Er det sammenheng mellom holdvurderingene og ultralydmålene hos NRF-kviger, og kan holdvurdering brukes som en erstatning for ultralydmålinger for å vurdere kroppssammensetningen?
- 3) Vil fôrstyrke (energitildeling) i oppdrettsperioden påvirke sammenhengene i problemstilling 1 og 2?

2.0 Vekst og kroppssammensetning i kvigeperioden

2.1 Vekst og utvikling

Vekst defineres utvikling av kroppsvev og kroppsfunksjoner (Garnsworthy 2005). Vekst innebærer at celler øker i antall (hyperplasia) eller i størrelse (hypertrofi). Det er i perioden fra avvenning til kjønnsmodning dyret utnytter fôr best og vokser raskest (Lawrence & Fowler 2002). En typisk vekstkurve følger en sigmoid kurve (Figur 1). Kurven viser at dyret vokser i ulik hastighet fra unnfangelse til voksen alder. Veksthastigheten øker i fosterstadiet, og fra fødsel til kjønnsmodning, og avtar frem til dyret er utvokst (McDonald et al. 2011). En slik vekstkurve er typisk for en intensiv produksjon, mens vekst i en ekstensiv produksjon vil utarte seg mer variabel (McDonald et al. 2011).

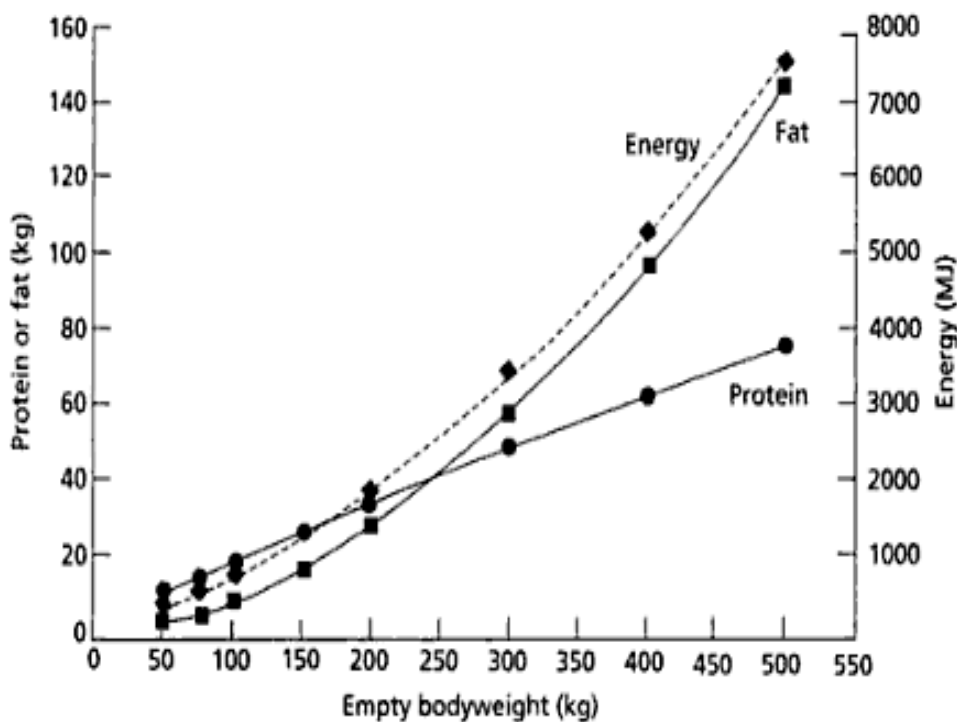


Figur 1 Generell sigmoid vekstkurve for melkeku (McDonald et al., 2011)

Det er typisk for pattedyr at ulike kroppsdeler vokser i ulikt tempo, og dette kalles allometrisk vekst (Lawrence & Fowler 2002). Ulikt kroppsvev utvikler seg i rekkefølgen nervevev, bein, muskler og fettvev. I tidlig livsfase vil kroppsdeler plassert langt fra kroppsstammen, som knokler i mellombein (metatarsaler, metacarpaler) og leggbein, vokser raskest. Dette betyr at det primært er mengde kroppsmasse og høyde på kroppen som vokser i dette stadiet. I senere livsfase vil det være bredde og tykkelse som utvikler seg, hvor ribbein, lårbein, bekken, lendevirvler, fettvev og muskler har raskest vekst (Fowler 2004).

Vekst innebærer ikke bare økning i kroppsmasse, men også endring i kroppssammensetning. Hovedsakelig kan kroppen deles inn i to hovedkategorier; fett- og fettfri kroppsmasse. Fettmassen består av alt substans som er løselig i en lipidløsning, men ikke fettvev som kan fjernes ved disseksjon (subkutant fett) (Blaxter 1989). Andelen fettmasse varierer med flere faktorer, som kjønn, vekstfase og alder (Blaxter 1989; McDonald et al. 2011). Den fettfrie massen består av protein og nitrogenholdige bestanddeler, vann, mineraler fra bein og mykt vev, karbohydrater og tarminnhold. Forholdene mellom komponentene i den fettfrie massen er relativt konstant innen og mellom arter (McDonald et al. 2011), men påvirkes av alder og drektighet (Blaxter 1989). I tidlig alder vil tilveksten i hovedsak bestå av protein, vann og mineraler som er komponenter i utvikling av det kroppsvevet som utviklet seg først. I denne fasen vil det totale fettvev ha en større andel av vann og bindevev enn lipider lagret i fettcellene. Etter kjønnsmodning endrer kroppssammensetningen seg (Hafez and Dyer, 1969). Andel protein, vann og mineral avtar som komponent i tilveksten, og størrelsen på fettceller øker ved at de fylles opp med lipider (Berg & Matre 2001). Når størrelse på fettceller og fettvev øker, reduseres væske og bindevev i de samme cellene (Lawrence & Fowler 2002). Fettvev kan deles inn i innvollsfett, inter- og intramuskulært fett og subkutant fett (underhudsfett). Innvollsfett er fett lokalisert rundt tarmer, kjønnsorgan og bukhulen, inter- og intramuskulært fett er fett avleiret henholdsvis mellom og inne i musklene. Subkutant fett er fett avleiret under huden på hele dyret. De ulike gruppene med fett utvikler seg ved ulik alder, der subkutant og intramuskulært fett utvikles sist (Berg & Matre 2001).

Andel proteinavleiring reduseres og andel fettavleiring øker når dyret passerer cirka 250 kilo i tom kroppsvekt (Figur 2) (McDonald et al. 2011). Tom kroppsvekt er definert som levendevekt minus tarm- og blæreinhold. Det varierende innholdet i fordøyelseskanalen vil derfor ikke påvirke beregningen av sammenhengen mellom bestanddel i kroppsvev og vekt.



Figur 2 Utvikling av fett- og proteinavleiring og total energi med økt, tom kroppsvekt. Høyre akse angir energiinnholdet i antall kilo protein eller fett (McDonald et al. 2011).

Veksthastigheten vil påvirke tidspunktet der fettavleiringen øker i forhold til proteinavleiring, da dyr som har en høy tilvekst passerer en spesifikk vekt tidligere enn dyr med lavere tilvekst. Fettavleiringen vil da starte ved en tidligere alder. Det antas også at dyr med høy tilvekst har en generell større fettavleiring enn dyr som har en lavere tilvekst (Agricultural Research council 1980).

2.2 Effekt av vekst i de ulike periodene

For at kviga skal insemineres tidligere, må den også bli kjønnsmoden ved en tidligere alder. Fôrnivå og tilveksthastighet i oppdrettsperioden påvirker dette. Oppdrettsperioden blir ofte delt inn i prepubertal og postpubertal periode, som defineres henholdsvis før og etter kjønnsmodning. Avvenning er ved det tidspunkt kalven vennes av melk og går over på fast føde som kraftfôr og grovfôr.

2.2.1 Effekt av fôring og vekst i kalveperiode, 0-100 dager, på senere utvikling

Det er gjort forsøk på hvilken effekt fôringsstyrke før avvenning kan ha på senere vekst og melkeytelse. Bar-Peled et al.(1997) sammenlignet 40 kalver, der halvparten fikk die fra ammeku og resten fikk melkeerstatning (kontrollgruppe). De kalvene som fikk die viste seg å ha en gjennomsnittlig høyere tilvekst fra fødsel til konstatert drektighet enn kontrollgruppen. De ble drektige i en tidligere alder med en tilhørende høyere kroppsvekt, og var følgelig yngre ved kalving. Vekt ved kalving og ytelsen i første laktasjon var høyere enn for kontrollgruppen.

Khan et al. (2007) fant forskjeller i vekst og utvikling mellom kalver som ble fôret i en todelt periode og kalver fôret konvensjonelt. Kalvene som ble fôret todelt fikk melkemengde tilsvarende 20 % av kroppsvekt i 23 dager etter råmelksperioden, for så å redusere mengden til 10 % av kroppsvekt i 16 dager. Kalvene med konvensjonell fôring fikk melkemengde tilsvarende 10 % av kroppsvekten i hele perioden frem til 50 dagers alder. Kalvene med todelt fôringsperiode hadde større fôropptak i siste del av perioden og etter avvenning, større tilvekst og bedre vomutvikling en kalver som ble fôret konvensjonelt.

Disse studiene tyder på at kalver som får økt melkemengde i kalveperioden utvikler bedre helse og immunsystem, blir tidligere kjønnsmodne og får økt melkeytelse i første laktasjon. Likevel er det behov for mer forskning på dette området (Khan et al. 2011).

2.2.2 Effekt av vekst i prepubertal periode på senere utvikling og ytelse

I et forsøk viste Gardner et al. (1977) at kviger med høyere tilvekst hadde større andel kroppsfett, lavere alder og vekt ved både første brunst, inseminasjon og kalving.

Melkeproduksjon i første laktasjon var lavere enn for kviger på normal fôrrasjon og lavere tilvekst. Carson et al. (2002) fant at Holstein-Frieser kviger med høyere vekt ved kalving (620kg vs. 540kg) ga høyere ytelse i første laktasjon, men et økt kalvingsintervall.

Konklusjonen ble at gevinsten av høyere ytelse ikke veide opp for færre kalvinger. McDonald et al. (2005) viste i sin studie på Holstein og Jersey at høy tilvekst i prepubertal periode ikke ga negativt utslag i de to første laktasjonene, men at høy kroppsvekt ved kalving kan ha veid opp for eventuelle negative effekter av høy tilvekst. I tillegg ga høy tilvekst i postpubertal periode en positiv korrelasjon med ytelse i først laktasjon.

Tilvekst sett i mengde og hastighet i oppdrettsperioden påvirker altså kalvingsalder og melkeytelse i første laktasjon, men det kan se ut til at levendevekt i perioden rett før kalving

har større påvirkning på første laktasjon enn tilveksten totalt i hele kvigeperioden (Van Amburgh et al. 1998).

2.2.3 Effekt av vekst i postpubertal periode på senere ytelse

Konklusjonen blant studier som undersøker effekten av høy eller lav tilvekst i postpubertal periode, varierer. Det er vist i flere forsøk at kviger med høy tilvekst i postpubertal periode kan produsere melk med høyere innhold av fett og protein enn kviger som har en lavere tilvekst. Dette skyldes antagelig økt kroppsstørrelse ved kalving og start av laktasjon (Macdonald et al. 2005). Det er også vist at høy tilvekst i postpubertal periode kan gi negativ effekt på fettprosenten i melk (Abeni et al. 2000; Hoffman et al. 1996). I et forsøk av Hoffman et al. (1996) ble to grupper med kviger føret for en høy og lav tilvekst i postpubertal periode. Begge gruppene hadde lik vekt ved kalving, men kvigene med høy tilvekst hadde en lavere ytelse i første laktasjon. Fettprosenten var høyere de to første månedene i laktasjonen for kvigene med høy tilvekst, men lavere i måned 3-7.

2.3 Faktorer som påvirker kroppssammensetning og tilvekst.

2.3.1 Kjønn

Hanndyr og hunndyr har ulik evne til å omdanne fôr til fett og muskler. Hanndyr har mindre andel fettvev enn hunndyr, og konverterer derfor mer av energien fra fôret til muskler. Hunndyr vil overføre mer av energien til fettvevet (Hafez & Dyer 1969), blant annet for energireserver til reproduksjon. Derfor er det forskjeller i kroppssammensetning mellom kastrater, kviger og okser ved samme vekt. Kviger har en høyere fettandel og mindre protein i forhold til kastrater og okser, og okser har mindre andel fett enn kastrater ved samme alder (Lawrence & Fowler 2002). Grunnen til at kviger skiller seg fra hanndyr, i tillegg til at de har større andel fettvev, er at kviger modnes ved mindre størrelse og vekt enn okser og kastrater. Dette bidrar til at fettavleiring starter ved en lavere vekt (McDonald et al. 2011). Kastratene har mindre muskelandel enn okser fordi muskelfibrene er tynnere (Berg & Matre 2001).

2.3.2 Alder

En sammenstilling av flere forsøk (Agricultural Research council 1980) viste at andelen protein, aske og mineraler i kroppen økte, mens fettandelen blir mindre, fra fosterstadiet til tredagers alder. Videre har kalver med høy vekt ved fødsel en større andel protein og aske i

forhold til vann enn kalver med lavere fødselsvekt. Generelt er det protein som avleires i prepubertal periode, for så å avta ved kjønnsmodning (kapittel 2.2.2). Etter kjønnsmodning begynner fettavleiringen å øke (McDonald et al. 2011) og kviga lagrer energi for fremtidig drektighet og laktasjon. Vekst og kroppssammensetning i ulike vekstperioder er beskrevet i kapittel 2.2.

2.3.3 Rase

Som nevnt kan økt fôringsstyrke og økt tilveksthastighet føre til tidligere kjønnsmodning med en lavere levendevekt (Gardner et al. 1977). Men for raser som modnes tidlig, kan utfallet bli en høyere levendevekt ved kjønnsmodning dersom tilveksthastigheten økes, fordi avleiring av fett starter tidligere (Lawrence & Fowler 2002). Holstein/Frieser, Hereford, Aberdeen Angus og NRF er raser som modnes tidlig, og starter avleiringen av fett tidligere enn større raser som Charolais, Limosin, Blonde d'aquitaine og Highland cattle (Berg & Matre 2001). Innen de mindre rasene kan det også være forskjell i avleiring. I en studie av Truscott et al. (1983) ble det vist at Hereford (kjøttfe) hadde en høyere andel fettvev enn Frieser både ved 6, 13 og 30 måneders alder. Shahin et al. (1993) fant at kjøttferasene Hereford, Beef Synthetic, Hereford krysning og Short horn krysning hadde ulik tilveksthastighet og modningstidspunkt. Hereford, som hadde lavest vekstkoefisient for muskelvekst i forhold beinveksten, avleiret mer fett enn muskel i forhold til de andre rasene, mens Beef Synthetics hadde mest muskel og minst fett.

2.3.4 Ernæring

Mengde og sammensetning av fôrasjoner er avgjørende for vekst og utvikling, og da spesielt energi- og proteintildelingen. Vekstkurven til et dyr bestemmer behovet for næringsstoffer, men tilgangen på næringsstoffer kan også påvirke vekstkurven (McDonald et al. 2011).

Fôrtildeling etter individuelle behov er viktig for å utnytte dyrets vekstpotensial og senere produksjon. For kviger er som nevnt jurutvikling viktig, og målet er å føre kviga slik at den vokser raskt uten at det går utover jurutvikling og helse.

Agricultural Research Council (ARC) i Europa og National Research Council (NRC) (1989) i USA anbefaler energi- og proteintildeling etter behov basert på egen og andres forskning og litteratur. Nordic Feed Evaluation System (NorFor 2011) er et fôrvurdering- og optimaliseringsverktøy som gir anbefalinger om fôrtildeling og fôrbehov med hensyn på nordiske forhold. NorFor sine anbefalinger om energi- og proteintildeling og fôringsstrategi egner seg derfor godt til norske forhold.

Energibehov til vekst

I tillegg til kjønn, alder og rase, vil økt tilvekst/dag, størrelse på dyret og sammensetningen av tilveksten påvirker behovet for energi (McDonald et al., 2011). Ved økt fettavleiring i forhold til proteinavleiring, øker energibehovet fordi fett har høyere energiverdi enn protein.

Energibehovet per kilo tilvekst avhenger derfor av fett- og proteininnholdet i tilveksten.

ARC (1980) har utviklet følgende ligning for beregning av netto energiinnholdet i tilveksten, det vil si energibehovet, ved ulik levendevekt;

$$EV_g = (4.1 + 0.0332W - 0.000009W^2)/(1-0.1475\Delta W), \text{ der}$$

EV_g = Netto energibehov til tilvekst, MJ/kg

W = levendevekt, kg

ΔW = tilvekst, kg/dag

Ligningen er utviklet for kastrater av middels stor rase. Dersom ligningen skal benyttes for kviger eller okser, må ligningen korrigeres for kjønn med henholdsvis 15 % økning for kviger eller reduksjon for okser. Det korrigeres også for rase som ikke defineres som middels størrelse. Mindre og større raser henholdsvis øker og reduserer behovet med 15 %.

Første del av ligningen angir energibehovet til tilveksten når dyr øker i levendevekt, den siste delen er en korreksjon for økningen i energibehovet ved høyere tilvekst. Eksempelvis vil en kvige av NRF (middels stor rase), med levendevekt på 100 kg og tilvekst på 0,5 kg/dag, avleire totalt 9,2 MJ/kg tilvekst. Daglig energibehov blir da 4,6 MJ/dag. En tilvekst på 1,0 kg/dag øker energiinnholdet i tilveksten til 9,8 MJ/kg. Daglig energibehov er da 9,8 MJ/dag.

NRC (1989) har utarbeidet følgende ligning for beregning av netto energibehov til vekst.

$$NEG = (0,035 W^{0,75}) * (LWG^{1,119}) + LWG, \text{ der}$$

NEG = netto energibehov til tilvekst, Mcal/dag

W = levendevekt, kg

LWG = tilvekst kg/dag.

Etter formelen vil kviga på 100 kg og en tilvekst på 0,5 kg ha behov for 1,060 Mcal/dag, som tilsvarer 8,87 MJ/kg tilvekst (1 Mcal = 4,184 MJ), altså 4 % lavere enn angitt av ARC (1980).

Det nordiske systemet NorFor har utformet et eget verktøy for fôrplanlegging til voksende storfe, «OptiFôr Ungdyr». Dyret må ha utviklet seg til drøvtygger og passert 100 kg for at programmet kan benyttes. NorFor bruker følgende ligning for energibehovet til kviger i vekst:

$$\text{NEG_gain} = ((5,48 * \text{gain_prot} + 9,39 * \text{gain_fat}) * \frac{4,184}{1000} * \frac{k_{mg}}{k_{g_corr}}) * 1,10, \text{ der}$$

NEG_gain = daglig netto energibehov for tilvekst, MJ/dag

gain_prot = proteinavleiring, g/dag

gain_fat = fettavleiring, g/dag

5,48 og 9,39 = energiinnhold, kcal/g, i protein og fett, henholdsvis

4,184/1000 = omgjøring av kcal til MJ

K_{mg} = kombinert koeffisient for utnyttelse av ME til NE for vedlikehold og vekst

K_{g_corr} = koeffisienten for utnyttelse av ME til NE for vekst

Ligningen bygger på en ligning etter French National Institute for Agricultural Research (INRA 1989).

For kviger i postpubertal periode nær kalving bruker NorFor formelen etter Berg og Matre (2001):

$$\text{NEL_gain} = 0,00145 * \text{BW} + 12,48 \frac{\text{ADG}}{1000} + 0,68, \text{ der}$$

NEL_gain = daglig netto energibehov for tilvekst, MJ/dag

BW = kroppsvekt, kg

ADG = tilvekst, g/dag

Faktorene i ligningen kan regnes ut ved bruk av supplerende formler, angitt i NorFor (2011).

Proteinbehovet til vekst

I de fleste produksjoner er det ønske om en høy tilvekst uten at dyret avleirer for mye fett. Vekstpotensialet til dyret setter grenser for mengde proteinavleiring per dag, men innen det gitte potensialet er det energitilførselen som påvirker hvor mye protein og fett som avleires (Berg & Matre 2001). For å unngå at dyret avleirer for mye fett, må mengde energi i rasjonen være innenfor dyrets vekstpotensial. I NorFor blir behovet for protein beregnet som behovet

for AAT (aminosyrer absorbert i tarm), og de har utviklet egne ligninger, betegnet som AAT_N (der N står for NorFor), med utgangspunkt i NRC (1985) sine ligninger. I ligningen for AAT-behovet til vekst tas det hensyn til endogent tap av protein. Ligningene er basert på nordisk forskning:

$$AAT_{N_gain} = \frac{gain_prot}{AAT_{N_Eff}/100}, \text{ der}$$

AAT_{N_gain} = behovet for AAT til tilvekst, g/dag

gain_prot = daglig proteinavleiring, kg/dag

AAT_{N_Eff} = Effektiviteten for utnyttelsen av AAT_N til vekst

Faktorene i ligningen kan regnes ut ved bruk av supplerende formler, angitt i NorFor (2011).

Proteinbehovet synker med alderen fordi vekst i muskelmasse og bindevev reduseres, og tilvekst av fettvev øker. Protein er som regel den fôrkomponenten som står for den største fôrutgiften. Det er derfor viktig og unngå en unødvendig tilførsel av protein, da det viser seg at et proteinnivå over 16 % i rasjon for kviger over 100 kg, ikke gir gevinst (National Research council 1989).

Anbefalt energitildeling til NRF-kviger

NorFor er som nevnt et system som er tilpasset nordiske forhold. Deres anbefalinger kan derfor sies å være godt tilpasset NRF. «Optifôr» er NorFor sitt optimeringsverktøy, hvor det er mulig å legge inn dyredata som alder, vekt og ønsket tilvekst, samt spesifisere kvantitativt og kvalitativt innhold i fôrkomponentene. Tabell 1 viser en anbefalt energitildeling i MJ/dag til kviger med levendevekt fra 100 til 500 kg, og med tilvekst på 600 eller 800 g/dag. Fôrmidlene er surfôr med 44 % tørrstoff (TS) og 5,93 MJ/kg TS, et kraftfôr med 89 % TS og 7,21 MJ/kg TS, og et kraftfôr med 88 % TS og 6,77 MJ/kg TS.

Tabell 1 Anbefalt energitildeling (MJ/dag) ved ulik vekt og tilvekst, beregnet i optimeringsverktøyet «OptiFôr» (NorFor 2011).

Levendevekt, kg	Tilvekst 600 g/dag	Tilvekst 800 g/dag
	MJ/dag	
100	18	20
200	27	30
300	35	38
400	42	47
500	49	54

2.4 Metoder for måling av tilvekst og tilvekstens sammensetning

2.4.1 Målemetoder for tilvekst

Tilvekst er økning i en enhet målt mellom to tidspunkter. Det finnes flere metoder for å måle tilvekst på et dyr. Den mest brukte metoden er å registrere levendevekt med veiing av dyret (Lawrence & Fowler 2002). Denne metoden gir imidlertid flere feilkilder. Feil ved utførelse, feil ved vekten (utstyret), og fôr i fordøyelseskanalen vil kunne påvirke levendevekt ved veiing. Spesielt bør den sistnevnte faktoren korrigeres for ved en standardisering. For korrigering bør veiing av dyr med *ad libitum* fôring (*ad lib*; fri tilgang på fôr) skje rett før fôring, tidlig morgen for beitende dyr (Lawrence & Fowler 2002), eller til samme tidspunkt i forhold til melking og fôring (Johansson & Hildeman 1954). Veiing er også en lite anvendelig metode for bonden ettersom det er tidkrevende og risikofylt dersom dette må utføres alene.

Det er en sterk sammenheng mellom omkretsen av brystet og vekten til dyret (Dingwell et al. 2006; Heinrichs et al. 1992; Heinrichs et al. 2007). Brystmål er en metode som bonden enkelt kan utføre selv, og den er derfor vanlig å bruke i praksis for å estimere vekt og tilvekst. Det er også gjort forsøk for å finne korrelasjon mellom andre kroppsmål og vekt. Fisher (1975) utførte i et forsøk flere kroppsmål på kjøttfe av rasen Hereford, blant annet

- Kroppslengde
- Kalvemål (eng: *caliper*)
- Mankehøyde

Kroppslengde ble målt langs toppen av ryggen med målebånd tett mot kroppen. Målet går over høyest antall ledd i forhold til andre målepunkter, noe som kan gi stor variasjon mellom to repeterende målinger.

Målinger gjort med klavemål hadde høyere F-verdi enn målinger gjort med målebånd. Klavemål brukes for å måle avstand mellom to punkter på en solid beinmasse. Dette er avstander som er relativt konstant i forhold til mål over bevegelige ledd og vil gi minst variasjon i målingene. Mankehøyde er et annet kroppsmål som også har vist en god sammenheng med vekt (Heinrichs et al. 1992).

Det poengteres tre mulige feilkilder av Fisher ved måling av kroppsmål:

- 1) Upresis identifisering/lokalisering av start/endepunkt ved omkretsmåling.
- 2) Dyret beveger på seg slik at utgangspositur forandres og avstander mellom målepunkter påvirkes. Sannsynligheten for feil øker med antall ledd langs målepunktet.
- 3) Feil i måling ved at målebånd ikke følger overflaten på dyret likt på alle individer.

Heinrichs et al. (1992) konkluderte med at tilføyelse av et kroppsmål som uavhengig variabel i en regresjonsligning av en allerede høy korrelert kroppsmål, ga liten effekt. I en praktisk situasjon er det derfor tilstrekkelig å bruke ett mål.

2.4.2 Målemetoder for tilvekstens sammensetning

Som nevnt kan en oversikt over hastighet av tilveksten være nyttig for å få kvigene kjønnsmodne ved et gitt tidspunkt, balansere energi- og proteintildeling, sørge for god jurutvikling og eventuelt synkronisering av grupper (kapittel 1.0). Men det er også interessant å kunne vurdere sammensetningen av tilveksten. I de fleste produksjoner er det ikke ønskelig med for mye fettavleiring på grunn av kjøttkvalitet og påvirkning av melkeytelse i fremtidig laktasjon. Det finnes flere metoder for å vurdere kroppssammensetning og energistatus (fettavleiring). Ultralyd, holdvurdering og body mass index er tre metoder som brukes i varierende grad.

Ultralyd

Ultralyd (UL) gir informasjon om blant annet tykkelse av fett- og muskelvev (kroppssammensetning). Et ultralydbilde fremkommer ved at en elektrisk strøm sender en lydbølge med høy frekvens fra en probe og gjennom kroppsvevet. Kroppsvev har ulik tetthet som gir ulik hastighet til forplantning av lydbølgene, og ekko fra lydbølgen danner et bilde på skjermen til UL-apparatet.

Dette er en målemetode som kan være vanskelig å bruke i praksis, men som gir et faktisk bilde av avleiret fett og muskel. Det er vanlig i denne sammenheng å måle tykkelse av rumpefett, dybde av longissimus dorsimus (lumbarmuskelen) og dybden av subkutant fett (underhudsfett) mellom 12. og 13. ribbein (ribbefett) (Gresham 2011). Denne informasjonen kan gi produsent av kjøtt eller melk muligheten til å sortere dyr inn i uniforme grupper basert på kroppssammensetning, slik at det er mulig å legge opp et fôringsregime tilpasset hold og størrelse for aktuell produksjon. Dette kan resultere i økonomisk effektivitet som produsenter alltid vil etterstrebe (Gresham 2011).

I et forsøk gjort av Lambe et al. (2010) ble det utført ultralyd av lumbarmuskel og ribbefett på rasen Aberdeen Angus og Limousin ved start og slutt av sluttperioden (ved henholdsvis 476 og 568 dager alder i gjennomsnitt). Levendevekt ble også registrert. Sluttperioden er definert som tiden der dyret begynner å avleire fett og frem til slaktning (Grass fed beef 2012). En side av slaktet ble dissekert for å analysere muskelvekt, fettvekt og forholdet fett: muskel. Resultatene viste at målinger med ultralyd og vektregistrering utført i starten av sluttperioden ga gode prediksjoner av fettproporsjon, men en lavere prediksjon av fett- og muskelvekt, fettklasse og muskelproporsjon. Målene tatt i slutten av sluttperioden (ved slaktetidspunkt) ga en økt prediksjon av fettvekt og fettklasse mens muskelvekt og fett- og muskelproporsjon var lik. En kombinasjon av registrering gjort ved start og slutt av sluttperioden ga de beste prediksjonene på alle punkter. Forsøket viste også at ultralyd og levendevekt hadde en bedre sammenheng med fettvekt- og proporsjon enn med muskelvekt- og proporsjon. I et forsøk med registrering av ultralyd, levendevekt, hoftehøyde og brystmål, ble det påvist sterkere sammenheng mellom slaktets sammensetning og kroppsmål registrert 60 dager før slakt i forhold til registreringer gjort 100 dager før slakt (Wall 2004). Ultralyd kan dermed brukes som et verktøy for å vurdere sammenheng mellom kroppsmål og slaktets sammensetning, og det vil det lønne seg og scanne dyret så nærme slaktetidspunkt som mulig.

Holdvurdering

I daglig produksjon er ultralyd en lite brukervennlig metode for å vurdere kroppssammensetning. Holdvurdering er en mer anvendelig metode for å vurdere dyrets fettavleiring fordi det ikke kreves utstyr eller andre midler. Ved en subjektiv bedømmelse av underhudsfett og muskelmasse på gitte punkter, visuelt og ved berøring, gis det poeng til gitte kroppspunkter etter en skala. Det er utarbeidet flere skalaer for holdvurdering (Roche et al. 2004), men i Norge brukes et 5-poengssystem utviklet av GENO (vedlegg 1). Metoden gir ikke informasjon om muskelandel, men om dyret avleirer betydelig mengde fett. Underhudsfett bistår dyret med energireserver, og er derfor interessant å kartlegge (Gillund et al. 2001a). Holdet på kua påvirker fôropptaket, særlig rundt kalving. Dersom kua har et hold $>3,5$, vil fôropptak kunne gå ned rundt og etter kalving, og kua ender i negativ energibalanse. Dette kan føre til ketose og redusert fruktbarhet (Gillund et al. 2001c). En oversikt over energireserver og hold gir større mulighet for å justere fôringen i ulike deler av laktasjon og tørrperiode, slik at kua er i riktig hold (cirka 3,5) ved kalving og fôropptak er akseptabelt.

Body mass index (BMI)

BMI er et mål for å vurdere forholdet mellom beinmasse og kroppsvev, uttrykt som forholdet mellom vekt og høyde. Det er mye brukt på mennesker for å beregne om en person er undervektig, normal eller overvektig, og regnes ut med formelen $\text{vekt kg} / \text{høyde}^2$ (WHO 2003). Formelen har også vært brukt i forsøk hvor det er funnet signifikant korrelasjon mellom BMI og forekomsten av hoftedysplasi (HD) hos 156 hunderaser (Roberts & McGreevy 2010). Johnson og Nugent (2003) brukte formelen $\text{vekt kg} / \text{lengde}^2$ for å vurdere relasjonen mellom tykkelse av ryggfett og lårmuskel til kroppslengde og vekt på svin. Det ble funnet lite sammenheng mellom ryggfett og kroppslengde ved en konstant vekt og alder, men en korrelasjon på 0,68 mellom ryggfett og BMI. Tanaka et al. (2002) modellerte formelen for BMI som brukt til menneske, for å tilpasses geit. Formelen for BMI ble uttrykt som $\text{BMI}^1 = (\text{vekt kg} / \text{høyde m} / \text{lengde m}) * 10$. Forholdet mellom størrelse og vekt blir på denne måten mer korrekt, da det tas hensyn til hele kroppsrammen til dyret. Svakheten ved BMI er at det ikke skilles mellom muskel og fett, og det sier derfor ingenting om hvor mye av disse komponentene kroppsmassen består av. For å kunne bruke BMI til faktisk og skille mellom fett og muskel, må en referansemåling som viser den faktiske kroppssammensetning, ligge til

¹ Det har i ettertid blitt påvist en trykkfeil i Tanaka et al. hvor formel for BMI skulle være $\text{BMI} = (\text{vekt kg} / \text{høyde m} / \text{lengde m}) / 10$ i motsetning til $\text{BMI} = (\text{vekt kg} / \text{høyde m} / \text{lengde m}) * 10$. Dette er likevel kun et forholdstall, og påvirker ikke selve resultatet.

grunn. Slike referanser kan være ultralyd eller datatomografi (kroppsscanning). Det syntes ikke å være utført noen forsøk som har undersøkt BMI og kroppssammensetning på storfe. Disseksjon er en annen metode som gir informasjon om vekst av ulike vev og organer, og mengde av de ulike kroppsvevene. Dette krever at dyr avlives, og er i så måte ikke egnet i praktisk drift.

2.4.3 Anbefalt tilvekst

I kvigeoppdrettet planlegges tidspunkt for inseminering med hensyn til besetningens ønsker om blant annet avdråttsnivå og kalvingstidspunkt. Det er først og fremst levendevækt som avgjør når kviga blir kjønnsmoden, slik at tilveksten vil være et avgjørende i planleggingen. I et forsøk av Sejrsen og Purup (1997) hvor de studerte Frieser og Rødt Dansk Melkefe ga en økt tilvekst fra 450 g/dag til 850 g/dag en reduksjon i alder ved første brunst fra 16.6 til 8.4 måneder. I følge TINE rådgivning (2012) er 24 måneder optimal alder ved første kalving i forhold til helse og økonomi. Drektighetsperioden for NRF er ca. 280 dager (GENO 2006). Kviger som blir drektige ved første inseminering ved 14-15 måneder får en kalvingsalder på 23-28 måneder. Selv om tilvekstgraden kan gi tidligere eller seinere kalvingstidspunkt, må hastigheten være slik at kviga ikke avleirer fett for tidlig samtidig som vekstpotensialet utnyttes.

Oppdrettsperioden for NRF deles ofte inn i tre vekstperioder med anbefalt tilvekst og vekt (Tabell 2).

Tabell 2 Anbefalt vekt (kg) og tilvekst (gram/dag) for de ulike vekstperiodene for NRF-kviger (TINE Rådgivning, 2012)

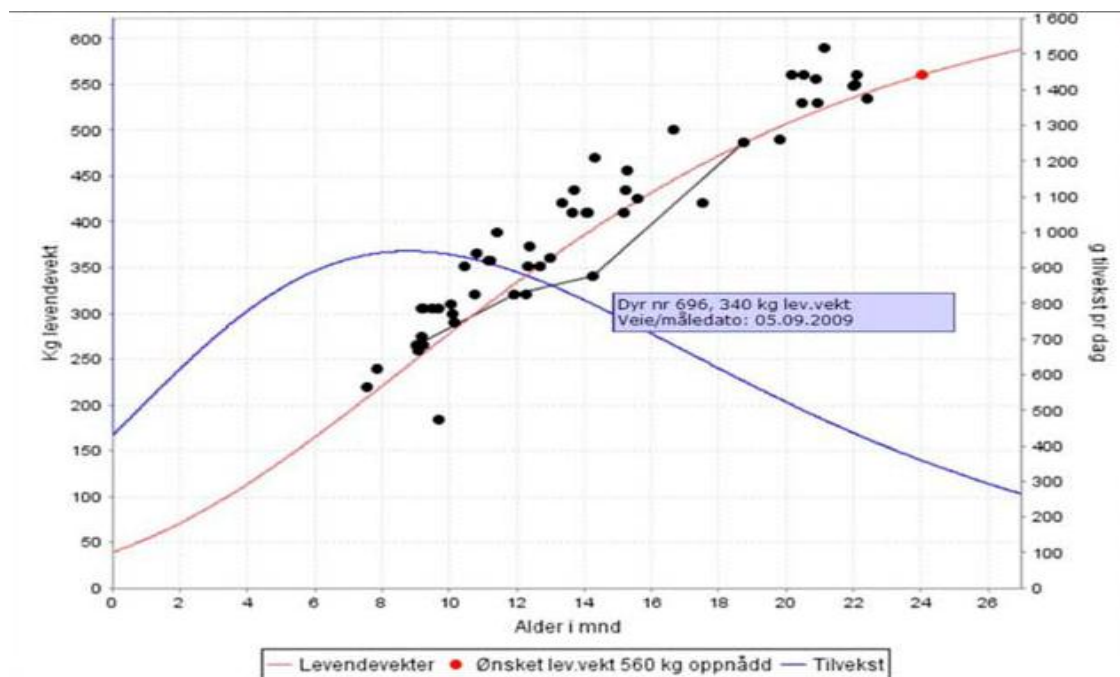
Oppdrettsperiode	Vekt ved endt periode (kg)	Daglig tilvekst (g/dag)
0-100 dager	105	700-750
100 dager-15 mnd	400	770-900
15 mnd til kalving	560	400-600

Tabell 3 viser en mer detaljert oversikt over TINEs anbefalinger for vekt og tilvekst, i tillegg til brystmål, i kvigeoppdrettsperioden. Dette er anbefalinger som er utarbeidet på bakgrunn av observasjoner i Kukontrollen (TINE 2012).

Tabell 3 Anbefalt brystmål (cm), vekt (kg) og tilvekst (gram/dag) for NRF-kviger ved gitt alder (mnd)(TINE Rådgivning 2012)

Alder, mnd	Brystmål, cm	Vekt, kg	Tilvekst, g/dag
3	105	106	784
5	120	155	816
7	133	205	831
9	144	256	829
11	154	306	808
13	162	354	776
15	169	400	726
17	174	441	666
19	179	480	608
21	184	515	540
23	188	546	472
24	193	560	443

Ved en planlagt innkalvingsalder 24 måneder og 560 kg for NRF, vil en tilvekstkurve og vekturve fremtøne seg som i Figur 3 Eksempel på anbefalt vekst og tilvekst for NRF-kviger ved forskjellig alderstrinn, med mål om kalving. Den blå kurven viser planlagt tilvekst. De observerte vektene er plottet inn, og fordeler seg jevnt over den røde linjen, vekt. Tilveksten i dette eksempelet er noe sterkere enn standard anbefalinger fra TINE, og viser at tilvekst tilpasses produksjon og produksjonens mål. Eksempelet tydeliggjør også hvordan tilveksten forandrer seg fra fødsel til kalving, hvor den øker frem til 8-10 måneder for så å avta frem mot kalving.



Figur 3 Eksempel på anbefalt vekst og tilvekst for NRF-kviger ved forskjellig alderstrinn, med mål om kalving ved 24 måneder og 560 kg (TINE Rådgivning 2012).

For tyngre melkeraser, som Holstein, er anbefalt tilvekst for kalving ved 550 kg ved 24 måneders alder noe lavere sammenlignet med NRF, frem til cirka 14 måneder. Etter 14 måneder har norske anbefalinger en betydelig lavere tilvekst, men en høyere levendevekt. Dawson og Carson (2005) har utarbeidet anbefalt tilvekst og vekt ved de ulike periodene for Holsteinkviger (Tabell 4).

Tabell 4 Ønsket levendevekt og tilvekst for Holsteinkviger i oppdrettsperioden, Dawson and Carson, 2005.

Alder	Ønsket levendevekt, kg	Ønsket tilvekst, g/dag
Fødsel	41	-
6 uker	65	600
12 uker	95	700
6 mnd	160	700
10 mnd	230	600
14 mnd	330	800
23 mnd	530	750
24 mnd	550	660

Dette er standardiserte anbefalinger, og det er mange faktorer som vil påvirke dette til andre, mer hensiktsmessige verdier for gitte produksjonssystemer (se kapittel 2.2).

3.0 Egne undersøkelser

3.1 Material og metoder

3.1.1 Dyremateriale og forsøksdesign

Forsøket som dannet grunnlaget for egne undersøkelser ble utført ved Senter for husdyrforsk ved Universitetet for Miljø- og Biovitenskap. Dyrematerialet omfattet 48 kviger av rasen NRF, født mellom 28. august og 28. desember 2010. Fra fødsel til 3 måneders alder ble samtlige kalver oppstallet og føret likt etter fjøsets vanlige rutiner for kalv (Tabell 5).

Tabell 5 Oversikt over oppstalling og fôring i de ulike periodene frem til avvenning

Alder	Oppstalling	Fôring
0-10 dager	Enkeltbinge	Råmelk 5 dager, 4x1,5 liter/dag Helmelk 5 dager, 2 x (1,5 + 2 liter)/dag Høy, vann og <i>Müsli kalv ad lib.</i>
10 dager-7 uker	Fellesbinge	Økende mengder <i>Formel kalv</i> til nådd 1,3 kg Fri tilgang på grovfôr, saltstein og vann Melk fra automat 7 l/dag, gradvis avvenning uke 6 og 7
7 uker-3 mnd	Fellesbinge	1,3 kg <i>Formel kalv</i> Høy, surfôr, saltstein og vann <i>ad lib.</i>

Fra 3 måneders alder ble dyrene flyttet til individuelle båser i likt miljø. De 48 kvigene ble tilfeldig fordelt på seks forsøksledd á 8 kviger, som skulle gi ulik energi- og proteintildeling (Tabell 6).

Tabell 6 Rasjonssammensetning tildelt de ulike forsøksleddene

Forsøksledd	Grovfôr	Kraftfôr
1	Surfôr 100 %	Blanding 1
2	Surfôr 100 %	Blanding 2
3	Surfôr 100 %	Blanding 3
4	Surfôr + halm	Blanding 1
5	Surfôr + halm	Blanding 2
6	Surfôr + halm	Blanding 3

For å øke antall observasjoner, og dermed sikkerheten på statistiske beregninger, er det i etterfølgende valgt å slå sammen forsøksledd 1-3 som fikk 100 % surfôr og høyest energitildeling (HE), og forsøksledd 4-6 som fikk halmblanding og lavest energitildeling (LE). Proteintildeling vurderes altså ikke i dette forsøket.

Kviger i HE-leddet hadde en forventet høyere tilvekst per dag og en tidligere innkalvingsalder enn kviger i LE-leddet (Tabell 7). Alle kvigene fikk grovfôr etter appetitt (*ad lib.*) frem til 28.01.2011. Etter dette tidspunktet fikk LE-kvigene restriktiv grovfôrtildeling ved morgenfôring, og 0,5 kg halm ved kveldsfôring dersom det ikke var fôrrester fra forrige fôring. HE-kvigene fikk *ad lib.* fôring i hele forsøksperioden.

Tabell 7 Forventet tilvekst (g/dag) i aldersperioden 3-15/18 mnd, og alder (mnd) og vekt (kg) ved inseminering (ins.) og 1. kalving

Forsøksledd	Tilvekst	Ins.alder	Ins.vekt	Kalvingsalder	Kalvingsvekt
1-3	850-950	15	370	24	560
4-5	600-750	18	380	27	560

3.1.2 Fôrmidler

Graset til surfôr var fra 1. og 2. slått, fortørket, og dyrket og høstet av SHF på egne arealer. Tørrstoffinnholdet varierte mellom 24 og 42 %. Halmen var delvis dyrket og høstet av SHF og delvis innkjøpt. Tørrstoffinnholdet i halmen var mellom 82 og 85 %. Halmblandingen hadde et tørrstoffinnhold mellom 34 og 46 %. Kraftfôr var produsert ved FôrTek ved Institutt for Husdyrvitenskap (IHA).

3.1.3 Måling av tilvekst

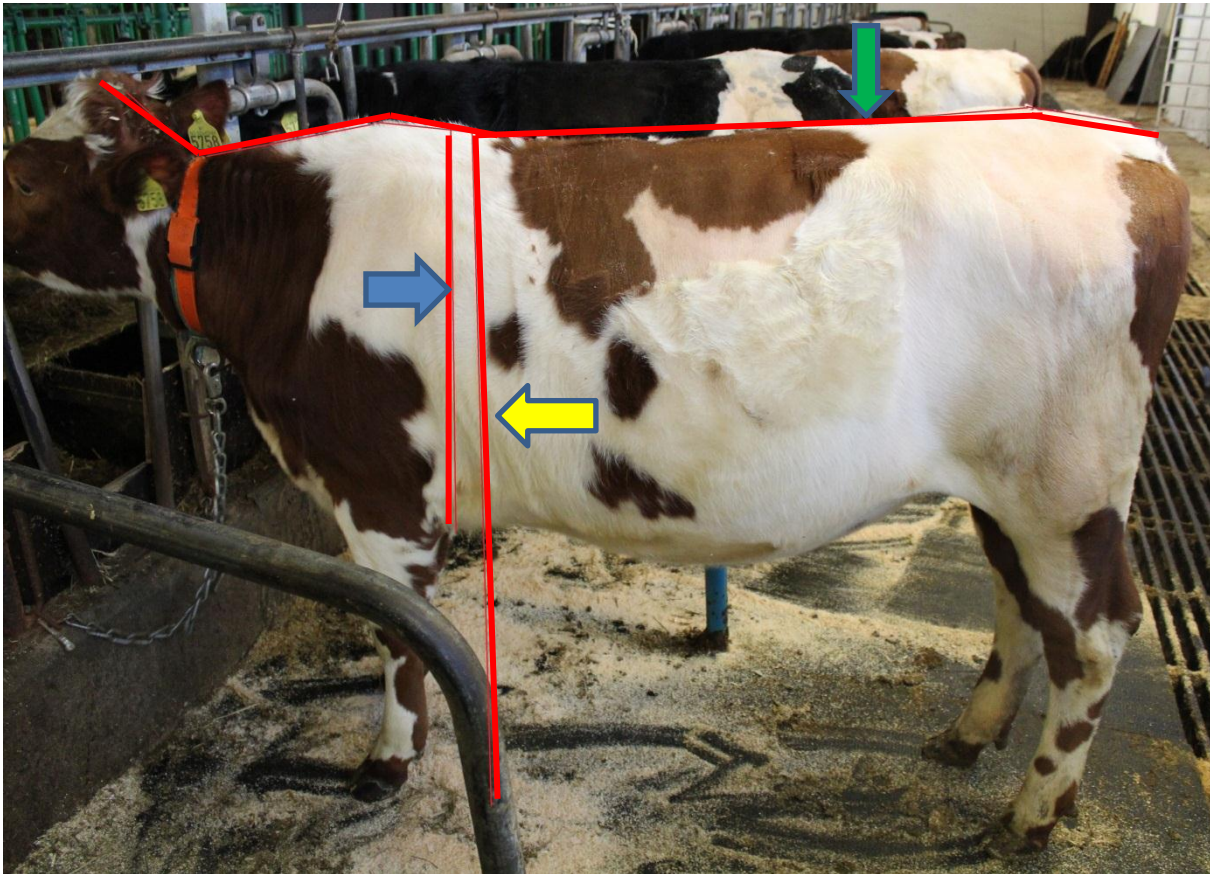
I forsøket ble det gjort registreringer hver 14. dag av vekt og brystmål fra 3 måneders alder. Mankehøyde ble registrert fra mars 2011 og kroppslengde ble registrert fra juni 2011 (Tabell 8). Begge registreringene ble tatt én gang per måned. Det ble gjort noen registreringer av vekt og brystmål fra 0-3 måneders alder, men på grunn av mangelfull data er denne perioden ekskludert fra beregningene. Veiing av kvigene ble gjort i en manuell brismevekt, utført av ansatte ved SHF. Kroppsmål ble også utført av ansatte ved SHF. Alle målene ble tatt frem til konstatert drekthet eller frem til forsøksslutt.

Tabell 8 Antall registreringer per måned og periode de ble utført.

Målemetode	Antall/mnd	Tidsrom
Vekt	2	Fra 3 mnd alder-konstatert drektighet
Brystmål	2	Fra 3 mnd alder-konstatert drektighet
Lengde	1	juni 2011- konstatert drektighet
Mankehøyde	1	Mars 2011- konstatert drektighet
Ultralyd	1	august 2011- konstatert drektighet
Holdvurdering	1	august 2011- konstatert drektighet

Brystmål, mankehøyde og lengde ble i hovedsak målt i vekten samtidig med veiing, der dyrene hadde tilnærmet nøytral kroppsholdning. Av praktiske grunner ble målene i noen tilfeller målt på bås.

Figur 4 viser illustrasjon av hvor kroppsmålene ble tatt på dyret. Brystmålet (blå pil) ble tatt rundt bryst med målebånd designet for brystmål, plassert rett bak buken og strammet med ca 1 kg (etter prosedyre fra Tine rådgivning). Lengde (grønn pil) ble målt fra bakside av kraniet, langs kroppen og til halegrop. Mankehøyde (gul pil) ble målt med mankehøydestav plassert på høyeste punkt over skulder (scapula). I løpet av forsøket ble det brukt to måleverktøy til mankemålet. Frem til november 2011 ble det brukt en målestav bestående av en vertikal målepinne og en horisontal pinne som ble plassert på manken. Den horisontale pinnen var utstyrt med vater slik at vinkelen over bakken skulle bli 90 grader. De tre siste mankemålingene i forsøket ble gjort med et annet måleverktøy. Det var et vatermål utstyrt med et lasermål. Lasermåleren ga nøyaktig avstand fra manke til bakken. Det ble tatt to mankemål hver gang for å beregne et gjennomsnitt og representativt mål for høyde.



Figur 4 Illustrasjon av hvor på dyret brystmål, mankehøyde og lengde ble målt

3.1.4 Måling av tilvekstens sammensetning

For å vurdere utviklingen av fett og muskel under tilveksten ble det foretatt ultralydmåling (UL) og holdvurdering én gang per måned fra juni 2011. Målene ble tatt uken etter veiing, og av samme person. Apparatet som ble brukt var av merke *Pie 200 SLC Skanner*. Alle målene ble gjort etter retningslinjer fra *International study guide, Pie Medical (Gresham 2011)* for bruk av ultralyd-apparatet *Pie 200 SLC Scanner* med *ASP-18 probe*. Vegetabilsk olje ble brukt som kontaktmiddel mellom probe og dyr.

Punktene undersøkt ved ultralyd var rumpefett, ribbefett og lumbarmuskel. Ribbefett og lumbarmuskelen ble målt på samme bilde, og tatt ved området mellom ryggrad og sidetakke, mellom 12. og 13. ribbein. Plassering av proben var parallelt med ryggraden og 90 grader vinkel til hudoverflaten. Rumpenfett ble målt mellom hofteknoken (*tuber coxae*) og setebeinet (*tuber ischii*), parallelt med ryggsøylen og 90 grader til hudoverflaten. Målingene ble gjort mens kvigene sto på bås. I resultatene i dette forsøket er avvik ekskludert fra beregningene. Avvik defineres i dette forsøket som:

Rumpefett: verdier > 1 cm

Ribbefett: verdier > 1 cm

Lumbarmuskel: verdier < 1 cm

Begrunnelsen for dette er at slike verdier helt tydelig skyldes måle- og tastefeil.

Holdvurdering ble gjort samme dag som ultralydmåling, etter GENOs veiledning for holdvurdering (Vedlegg 1). Frem til september 2011 ble det gitt generell holdvurdering basert på holdpunktene ryggtakke, området mellom rygg- og sidetakk, hofteknokke/sidebeinknokke og halegrop. Fra september 2011 ble det gitt individuelle holdpoeng på hvert av punktene. Av disse poengene ble det beregnet et gjennomsnitt for hele dyret. Ønsket var at en slik poenggivning ville gi en mer presis holdvurdering ettersom holdvurderingssystem i utgangspunktet er utviklet for melkekyr, ikke kviger.

3.1.5 Statistisk analyse

Hele datamaterialet ble registrert og bearbeidet i Excel 2010. Statistiske beregninger ble gjort i statistikkprogrammet SAS (SAS , 2008, vers. 9.2).

Lineær regresjonsanalyse av variablene i forsøket ble gjort med regresjonsprosedyre (*Proc Reg*) i SAS etter følgende modell:

$$Y = a_i + bx_i + e_i, \text{ der}$$

Y = avhengig variabel

a_i = konstantleddet

b = regresjonskoeffisienten

x_i = uavhengig variabel

e_i = feilledd

Av regresjonsberegningene blir også modellens tilpasning til datamaterialet beregnet og angitt som R^2 og adjusted R^2 . R^2 er et mål på hvor mye den avhengige variabelen y som forklares av den uavhengige variabelen x. Dersom $R^2 = 1$ går regresjonslinjen, basert på regresjonsberegningen, rett gjennom alle datapunktene. Adjusted R^2 er tilnærmet lik R^2 , men tar hensyn til både antall observasjoner og antall uavhengige parametere. Adjusted R^2 er alltid litt lavere enn R^2 . I denne oppgaven er kun verdien til adjusted R^2 vist i tabeller og tekst, men for enkelhetens skyld er den betegnet som R^2 .

Korrelasjoner og tilhørende p-verdi mellom avhengig variable og uavhengig variable ble beregnet med korrosedyren (*Proc corr*) i SAS (2008) og gitt som *Pearson Correlation Coefficient*. Signifikansnivå ble satt til 0,05 for alle beregninger.

Proseduren *GLM (Proc GLM)* ble benyttet for beregning av LSmeans og tilhørende p-verdi mellom klassevariablene Høyenergi og Lavenergi for sammenligning av vekt mot alder, vekt mot kroppsmål, og ultralyd mot vekt eller alder. Følgende modell ble brukt:

$$Y = \mu + a_i + e_i, \text{ der}$$

Y = avhengig variabel

μ = middelerdi

a_i = effekt av energinivå

e_i = feilledd

3.1.6 Formler

Vekt var angitt som kilo levendevekt. Alle kroppsmål og ultralyd var målt i centimeter.

Det ble utarbeidet en formel for å vurdere om bruk av flere kroppsmål i tillegg til brystmål ville gi et bedre estimat av vekt enn brystmål alene. Formelen er:

$$\text{Vekt} = \text{brystmål} + \text{mankehøyde} + \text{lengde}, \text{ der} \quad [\text{Formel 1}]$$

Formelen benevnes videre som *totalmål*.

BMI

Det er ikke funnet noen formel i litteraturen for beregning av BMI på storfe. Formelen til Tanaka et al. (2002) for beregning av BMI hos geit ble brukt som utgangspunkt:

$$\text{BMI} = (\text{Vekt}/(\text{mankehøyde} * \text{lengde})) * 10 \quad [\text{Formel 2}]$$

Formelen ble modifisert ved at vekt ble erstattet med brystmål i tillegg til mankehøyde og lengde. Forholdstallet 10 ble erstattet med 100 i både Formel 2 og 3 slik at tallnivået på storfe ble det samme som Tanaka et al. (2002) oppgir på geit. Den modifiserte formelen for BMI er:

$$\text{BMI} = (\text{Brystmål}/(\text{mankehøyde} * \text{lengde})) * 100 \quad [\text{Formel 3}]$$

Alder

Alle kvigene ble registrert med fødselsdato i datamaterialet. Alder ved hver registreringsdato ble utregnet i uker ved å subtrahere fødselsuke fra registrerings/kalenderuke. For å øke antall observasjoner av målingene ved en gitt alder, ble alder i uker omregnet til alder i måneder. Omregning ble gjort ved å dividere alder i uker på fire (antall uker i én måned). Oppgitt alder i måneder er derfor en avrunding av den faktiske alderen.

Beregningen av utvikling av et kroppsmål eller UL-mål ble gjort ved regresjonsanalyse i SAS (SAS 2008). Regresjonskoeffisienten b er stigningstallet til en utvikling mellom to målepunkter, gitt i alder eller vekt. For å beregne den *daglige* utviklingen av et kroppsmål eller UL-mål, når avhengig variabel var alder i måneder, ble regresjonskoeffisienten b dividert på 30,5. 30.5 ble definert som gjennomsnittlig antall dager i en måned.

Figurer

Figurene som viser utviklingen av lumbarmuskel, ribbefett og rumpefett i forhold til alder er utarbeidet i Excel og angir gjennomsnittet innen hvert målepunkt i hvert forsøksledd for alle dyr med gitt alder. Figurene gir dermed den reelle utviklingen over tid.

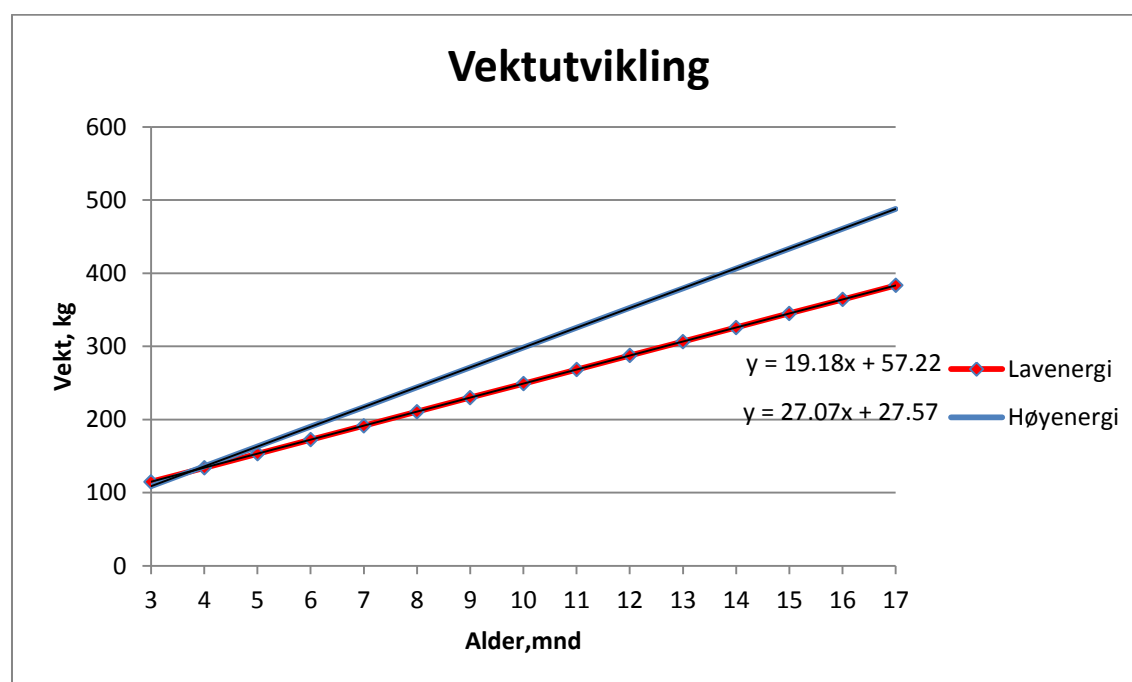
Figurene over sammenhengene mellom vekt, ulike kroppsmål og ultralyd er gjort i Excel, er framstilt som rettlinjete regresjonsligninger og er beregnet i SAS (2008).

4.0 Resultater

4.1. Vektutvikling

Vekt ved 12 ukers alder varierte mellom 81,5 og 141 kg, med et gjennomsnitt på 108,2 kg og standardavvik på 11,5 kg for alle kvigene.

Frem til 4 måneders alder hadde begge forsøksledd tilnærmet lik tilvekst der LE-kvigene hadde daglig tilvekst på 784 g og HE-kvigene hadde tilvekst på 807 g/dag. I perioden 5-17 måneder utviklet tilveksten seg forskjellig mellom de to forsøksleddene, i det HE la på seg 882 g/dag og LE 620 g/dag (Figur 5). Dette ga signifikant høyere daglig tilvekst ($P < 0,0001$) for HE-kvigene sammenlignet med LE-kvigene i hele perioden. Kvigene i HE-leddet var tyngrer enn LE-kvigene ved samme alder.



Figur 5 Gjennomsnittlig vektutvikling for forsøksledd HE og LE fra 3-17 måneder

Det var sammenheng mellom vekt og alder for både HE- og LE kvigene for hele perioden (Tabell 9). Likevel viste LE-kvigene noe større sammenheng da de ble føret for å gi en lineær vekst, og viste dermed mindre variasjon i vekt forhold til alder.

Tabell 9 Sammenheng mellom vekt (kg) og alder (mnd) innen forsøksledd og totalt datamateriale

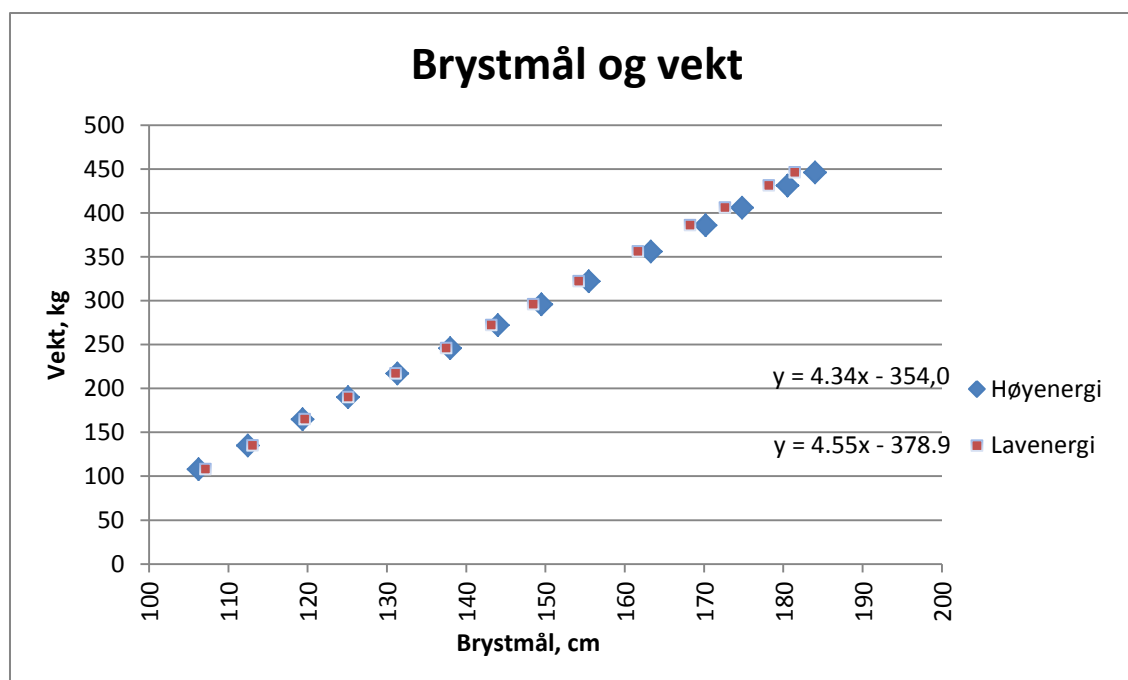
Vekt mot alder:	Regresjonsberegninger				Korrelasjonsberegninger	
	N	A	B	R ²	Korrelasjonskoeffisient	P-verdi
LE	757	57,22	19,18	0,97	0,98	<0,0001
HE	708	27,57	27,07	0,96	0,97	<0,0001
Totalt	1464	48,11	22,29	0,91	0,95	<0,0001

Det ble registrert eventuelle brunsttegn daglig på alle kvigene. Ved brunst ble kviga inseminert så raskt som mulig. Ved forsøkets slutt hadde alle kvigene i HE blitt inseminert, og 1.inseminasjon skjedde mellom 12-15 måneders alder med en gjennomsnittsvekt på 381,7 kg. Litt under halvparten av kvigene i LE var inseminert ved forsøksslutt, og alderen ved 1.inseminasjon var mellom 16 og 18 måneder med en gjennomsnittsvekt på 380,6 kg. Etersom ikke alle kvigene i dette leddet var inseminert ved forsøksslutt, vil ikke tallene bli tatt med i diskusjon.

4.2 Utvikling av brystmål

Da målingene startet ved 3 måneders alder var gjennomsnittlig brystmål 103,2 cm, med en variasjon fra 93,5 til 114 cm og et standardavvik på 4,2 cm. Totalt for hele perioden fra 3-17 måneder økte brystmålet med 0,20 cm/dag for HE-kvigene og 0,15 cm/dag for LE-kvigene. Det er signifikant forskjell mellom forsøksleddene ved utviklingen av brystmål (P=0,0018) ved økt alder.

Utviklingen av vekt ved økning av brystmål er tilnærmet lik for begge forsøksleddene (Figur 6). Vekten øker med cirka 10 kilo når brystmål øker med 2,5 cm med i begge forsøksleddene. For LE-kvigene tilsvarer brystmålet på 105 cm cirka 100 kg, ved 400 kg er brystmålet økt til cirka 171 cm. For HE-kvigene er brystmål ved 105 cm tilnærmet 100 kg, ved 400 kg er gjennomsnittlig brystmål 173 cm.



Figur 6 Utvikling av vekt (kg) med økning i brystmål (cm) for begge forsøksledd

4.3 Sammenhenger mellom vekt og ulike kroppsmål

Det var gjennomgående gode sammenhenger mellom vekt og ulike kroppsmål både innen forsøksledd og samlet for alle kvigene (Tabell 10). HE-kvigene hadde større sammenheng mellom vekt: brystmål og vekt: mankehøyde enn LE-kvigene. LE hadde større sammenheng mellom vekt: lengde enn HE. For hele datasettet viste vekt: brystmål en svært god korrelasjon på 0,95. Det var signifikant forskjell i utvikling av brystmål og lengde mellom forsøksleddene for hele perioden ($P < 0,05$) der HE-kvigene økt raskere i forhold til alder enn LE-kvigene. Det var ikke signifikant forskjell i utviklingen av mankehøyde mellom forsøksleddene ($P = 0,15$). Det ble også undersøkt om en kombinasjon av flere kroppsmål ville gi et bedre estimat av vekt, enn ved bruk av et kroppsmål. En regresjon og korrelasjon mellom vekt og *totalmål* (Formel 1) ble gjort i SAS (2008) (Tabell 10). R^2 og korrelasjonskoeffisienten ble redusert ved tilførsel av flere variabler for estimering av vekt i forhold til bruk av kun brystmål for begge forsøksledd og totalt datamateriale.

Tabell 10 11 Sammenhenger mellom vekt (kg) og ulike kroppsmål (cm), samt totalmål, i hele forsøksperioden for begge forsøksledd og totalt datamateriale

Vekt mot:	N	Regresjonsberegning			Korrelasjonsberegning	
		a	B	R ²	Korrelasjonskoeffisient	P-verdi
LE						
Brystmål	759	-378,9	4,55	0,94	0,97	<0,0001
Mankehøyde	285	-503,2	7,90	0,84	0,92	<0,0001
Lengde	217	-366,6	4,06	0,64	0,80	<0,0001
Totalmål	217	-485,9	1,83	0,86	0,92	<0,0001
HE						
Brystmål	697	-354,0	4,34	0,97	0,98	<0,0001
Mankehøyde	253	-763,1	9,60	0,85	0,92	<0,0001
Lengde	183	-473,6	4,90	0,63	0,79	<0,0001
Totalmål	182	-626,2	2,20	0,89	0,94	<0,0001
Totalt datamateriale						
Brystmål	1451	-334,6	4,21	0,95	0,97	<0,0001
Mankehøyde	538	-624,3	8,21	0,81	0,90	<0,0001
Lengde	401	-445,1	4,63	0,63	0,80	<0,0001
Totalmål	399	-577,2	2,07	0,87	0,94	<0,0001

Det ble også beregnet sammenhenger mellom vekt og ulike kroppsmål for forsøksleddene inndelt i aldersgruppene 3-10 måneder og 10-15 måneder. HE-kvignene viste størst sammenheng mellom vekt: mankehøyde i aldersgruppen 3-10 måneder, mens LE-kvignene viste størst sammenheng i alderen 10-15 måneder. Sammenheng mellom vekt: lengde/brystmål/totalmål i de to forsøksleddene var ellers som vist i Tabell 10.

4.4 Tilvekstens sammensetning

4.4.1 Ultralydmåling og vekt

Det var generelt middels til dårlig sammenheng mellom vektutvikling og de ulike ultralydmålene i begge forsøksleddene (Tabell 11). Alle sammenligninger hadde $R^2 < 0,5$ og viser at lite av variasjonen i fett- og muskeltykkelse kan forklares av vektforandring. I HE-

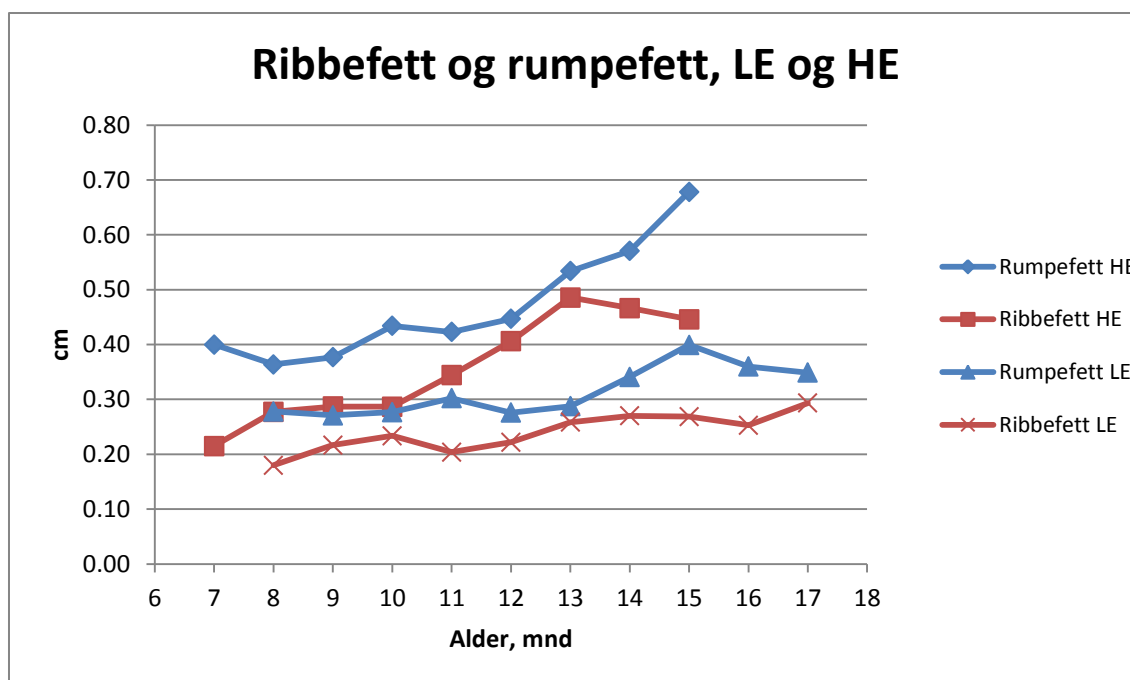
leddet og i det totale datamaterialet hadde rumpefett størst sammenheng med vekt. I LE-leddet hadde lumbarmuskelen størst sammenheng med vekt.

Tabell 12 Sammenheng mellom vekt (kg) og ulike ultralydmål (cm) for begge forsøksledd og totalt datamateriale

		Regresjonsberegning			Korrelasjonsberegning	
Vekt mot:	N	a	b	R ²	Korrelasjon	P-verdi
LE						
Rumpefett	45	0,16	0,000	0,11	0,36	0,015
Ribbefett	46	0,09	0,000	0,14	0,39	0,007
Lumbarmuskel	46	0,65	0,000	0,32	0,58	<0,0001
HE						
Rumpefett	36	0,15	0,001	0,22	0,49	0,002
Ribbefett	36	0,22	0,000	-0,03	0,05	0,762
Lumbarmuskel	37	1,8	0,003	0,10	0,49	0,002
Totalt						
Rumpefett	81	0,04	0,001	0,26	0,52	<0,0001
Ribbefett	82	0,16	0,000	0,03	0,21	0,056
Lumbarmuskel	83	1,31	0,005	0,21	0,47	<0,0001

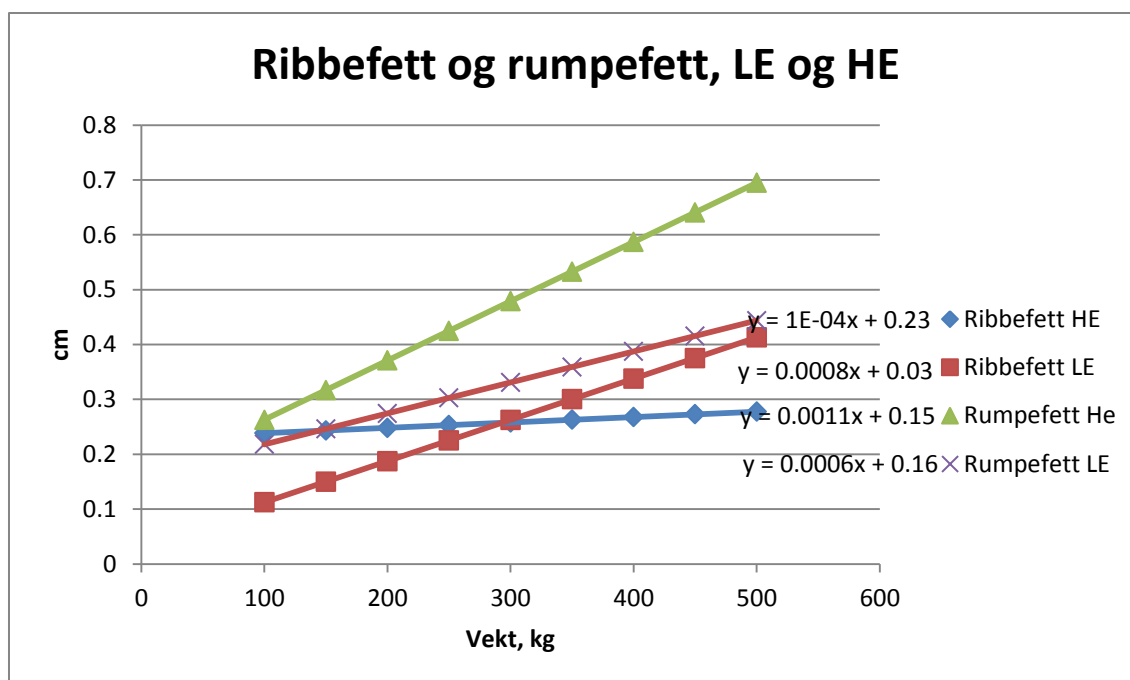
4.4.2 Utvikling av fett og muskel

Utvikling av rumpefett og ribbefett (målepunkt) ved økt alder vises i Figur 7. Grafene er konstruert på bakgrunn av gjennomsnittlig mål innen hver alder, målepunkt og forsøksledd. Både rumpefett og ribbefett var signifikant tykkere på HE-kvignene i hele perioden ($P < 0,0001$). Differansen mellom forsøksleddene ved 8 måneders alder var 0,08 cm for rumpefett og 0,04 cm for ribbefett. Ved 15 måneders alder var differansen 0,28 cm for rumpefett og 0,16 cm for ribbefett. Kvignene i HE hadde altså sterkere økning i fettavleiring i hele perioden enn LE-kvignene.



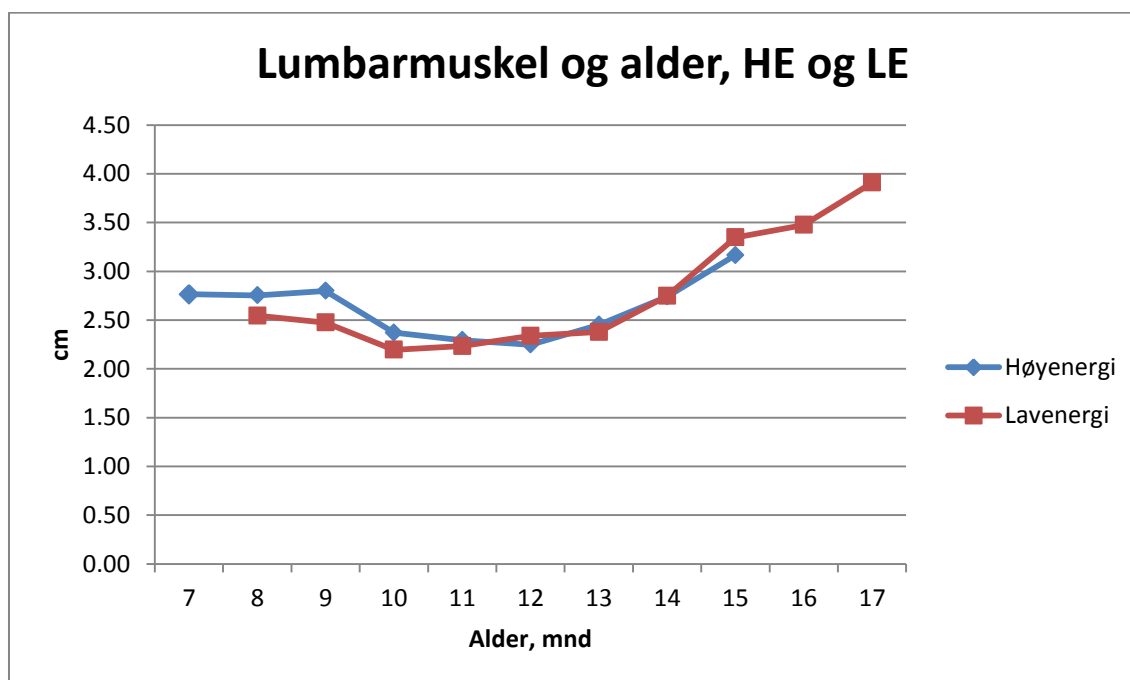
Figur 7 Gjennomsnittlig tykkelse av ribbefett og rumpefett (cm) for begge forsøksleddene i alderen 7-15 måneder

Utviklingen av ribbefett og rumpefett utvikler seg annerledes med vekten (Figur 8) enn med alderen. HE-kvignene avleirer rumpefett raskere med økt vekt enn LE-kvignene. HE-kvignene har tykkere rumpefett frem til 300 kg, men LE-kvignene har en større økning og har tykkere ribbefett etter 300 kg. Rumpefettet er tykkere enn ribbefettet i hele perioden og for begge forsøksleddene. Illustrasjonen er gjort med regresjonskoeffisienter fra SAS (2008).



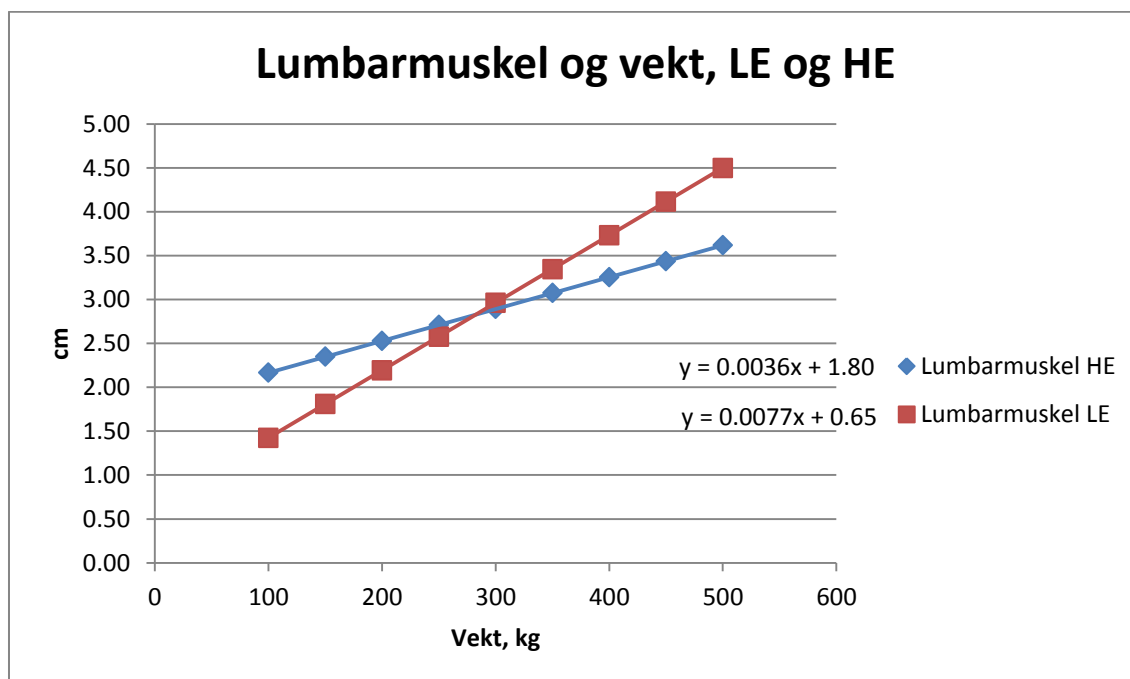
Figur 8 Utvikling av rumpefett og ribbefett (cm) med økning i vekt (kg) for begge forsøksledd

I perioden 8 til 11 måneder hadde HE-kvignene en tykkere lumbarmuskel enn LE-kvignene, men fra 11 til 15 måneder var utviklingen tilnærmet lik (Figur 9). Beregninger i SAS (2008) med prosedyren *GLM* viste signifikant forskjell i tykkelsen på lumbarmuskelen mellom forsøksleddene for hele perioden ($P=0,01$).



Figur 9 Utviklingen av lumbarmuskel (cm) for HE- og LE-kvignene i alderen 7-17 måneder

Ved å sammenligne utviklingen av lumbarmuskelen mot økning i vekt, var utviklingen noe annerledes enn ved sammenligning med økning i alder. HE-kvigene hadde tykkere lumbarmuskel frem til 300 kg, men LE-kvigene hadde en sterkere økning, og etter 300 kg var deres muskel tykkere (Figur 10). Illustrasjonen er gjort med regresjonskoeffisienter fra SAS (2008).



Figur 10 Utvikling av lumbarmuskel (cm) ved økt vekt (kg) for begge forsøksledd

4.4.3 Ultralydmålinger og holdvurdering

Det gjort regresjonsberegninger mellom de ulike ultralydpunktene og holdvurderingspunktene (Tabell 12) for å vurdere om holdvurdering kunne være en metode for å vurdere kroppssammensetning. Holdvurderingspunktene (avhengig variabel) og UL-punktene som ble sammenlignet var punkter som lå i samme område på kroppen, og dermed en naturlig sammenheng. Det var lite sammenheng mellom UL-punkter og holdvurderingspunkter som ble sammenlignet, i begge forsøksledd. Tre sammenligningspunkter i det totale datamaterialet hadde korrelasjon på $0,50 \pm 0,07$, men tilhørende R^2 -verdier var lave.

Tabell 13 Sammenheng mellom ultralydmål (cm) og holdpoeng ved gitte punkter, for begge forsøksledd og totalt datamateriale

	N	a	B	R²	Korrelasjon	P-verdi
LE						
Hale/rump	138	3,37	0,490	0,05	0,24	0,004
Sidetakke/rib	138	3,60	0,370	0,03	0,20	0,021
Sidetakke/lumb	128	3,61	0,030	0,03	0,19	0,028
Ryggtakke/rib	138	3,45	0,710	0,05	0,23	0,006
Ryggtakke/lumb	128	3,51	0,040	0,03	0,19	0,032
HE						
Hale/rump	103	4,03	0,120	0,00	0,08	0,399
Sidetakke/rib	102	3,90	0,300	0,00	0,12	0,232
Sidetakke/lumb	103	4,05	-0,010	0,00	-0,02	0,811
Ryggtakke/rib	102	3,82	0,180	0,03	0,19	0,050
Ryggtakke/lumb	103	3,83	0,030	0,03	0,20	0,040
Totalt						
Hale/rump	241	3,29	1,210	0,29	0,54	<0,0001
Sidetakke/rib	240	3,54	0,860	0,16	0,40	<0,0001
Sidetakke/lumb	231	3,91	-0,030	0,002	-0,08	0,229
Ryggtakke/rib	240	3,50	0,740	0,22	0,47	<0,0001
Ryggtakke/lumb	231	3,73	0,006	0,00	0,03	0,680

4.4.4 Body Mass Index (BMI)

Tanaka et al. (2002) tilpasset formelen til geit ved å bruke vekt/(høyde*lengde) (Formel 2) i sitt forsøk. I dette forsøket ble ulike kroppsmål vurdert om de kunne brukes for å estimere vekt, ettersom veiing av dyr er upraktisk for mange bønder. Formel 2 ble derfor videre modellert til Formel 3, der vekt ble erstattet med brystmål, brystmål/(høyde*lengde). For å vurdere om Formel 3 kunne erstatte Formel 2, ble det gjort en regresjonsanalyse for begge formlene med variablene BMI og vekt for å se om de ga tilnærmet like resultater. Formel 2 ga gode sammenhenger mellom variablene i begge forsøksleddene. Formel 3 ga svake sammenhenger og negativ korrelasjon i begge forsøksledd (Tabell 13).

Tabell 14 Sammenheng mellom BMI og vekt (kg) for begge forsøksledd og totalt datamateriale, og begge formlene

BMI Formel 2²	N	a	B	R²	Korrelasjon	P-verdi
mot vekt:						
LE	217	0,82	0,003	0,82	0,90	<0,0001
HE	182	0,75	0,003	0,85	0,92	<0,0001
Totalt	399	0,75	0,003	0,85	0,92	<0,0001
BMI Formel 3³						
mot vekt:						
LE	217	0,98	0,00	0,20	-0,46	<0,0001
HE	182	0,88	0,00	0,02	-0,16	<0,0001
Total	399	0,91	0,00	0,00	-0,26	<0,0001

Dersom det vises en sterk sammenheng mellom BMI og UL-målinger av fett- og/eller muskel, kan BMI brukes for å vurdere om økning av BMI skyldes fett- og/eller proteinavleiring. Det ble derfor sett på sammenhengen mellom BMI og de ulike ultralydmålene i begge forsøksleddene og BMI-Formel 2 og 3 (Tabell 14). Formel 2 viser en sterkere sammenheng mellom BMI og alle UL-punktene enn Formel 3. Formel 3 gir dessuten negativ korrelasjon på alle punktene bortsett fra ribbefett i HE-leddet og lumbarmuskelen i LE-leddet.

² Vekt/mankehøyde*lengde, Tanaka et al. 2002

³ Brystmål/mankehøyde*lengde, Modellert formel

Tabell 15 Sammenheng mellom BMI og ultralydmål for begge forsøksledd, og begge formlene

BMI Formel 2 mot:	N	a	B	R²	Korrelasjon	P-verdi
HE						
Lumbarmuskel	46	-0,72	2,28	0,35	0,60	<0,0001
Ribbefett	45	0,03	0,13	0,05	0,28	0,0670
Rumpefett	45	0,12	0,13	0,06	0,30	0,0477
HE						
Lumbarmuskel	37	0,95	1,19	0,12	0,39	0,0178
Ribbefett	36	0,14	0,06	-0,01	0,12	0,475
Rumpefett	36	0,00	0,29	0,18	0,45	0,0053
BMI Formel 3 mot:						
LE						
Lumbarmuskel	46	2,48	0,37	-0,02	0,02	0,908
Ribbefett	45	0,48	0,30	-0,01	-0,12	0,448
Rumpefett	45	0,67	0,43	0,01	-0,18	0,244
HE						
Lumbarmuskel	37	3,38	-0,51	-0,03	-0,03	0,853
Ribbefett	36	-0,07	0,39	-0,01	0,14	0,427
Rumpefett	36	0,76	-0,32	-0,02	-0,09	0,595

5.0 Diskusjon

5.1. Vekt og vektutvikling

Alle kvigene i forsøket hadde samme fôrnivå fra fødsel til 3 måneders alder, og ved avvenning var gjennomsnittsvekten av alle observasjonene 108 kg. TINE sine anbefalinger (2012) angir en vekt på 106 kg ved 3 måneder. Fôring og tilvekst i kalveperioden har da vært tilnærmet anbefalingene.

Tilveksten per dag innen begge forsøksleddene, fra 3 måneder til konstatert drektighet, var innenfor det intervallet som var planlagt ut i fra energi- og proteintildelingen (Figur 5). Frem til 4 måneder hadde begge leddene tilnærmet lik tilvekst, og stemte godt med TINE sine anbefalinger på 700-750 g/dag. Kvigene i LE-leddet hadde en sterkere tilvekst etter 3 måneders alder enn antatt ut i fra energitildelingen, og det ble foretatt en ekstra justering av rasjonene til disse kvigene. Etter justering av rasjonene til LE-kvigene ble tilveksthastigheten redusert fra gjennomsnittlig 862 g/dag til 620 g/dag. Den planlagte tilveksten for kvigene i LE-leddet ble derfor ikke synlig før etter 4 måneders alder, og forskjellen i tilvekst mellom forsøksleddene ble ikke som antatt før etter 4 måneder. LE-kvigene lå under TINE sine anbefalinger etter 4 måneders alder, men innenfor beregnet tilvekst. Etter 3 måneder økte tilveksten til HE-kvigene slik at den kom i øvre sjikt av TINE sine anbefalinger på 770-900 g/dag.

Med tilvekst som beskrevet ovenfor var planlagt første observerte brunst vært ved 15 måneder og vekt > 370 kg for HE-kvigene, og 18 måneders alder og vekt > 380 kg for LE-kvigene. For kvigene i HE-leddet ble det observert brunst ved en gjennomsnittlig vekt på 381 kg. Grunnene til at brunst ikke ble observert ved en gjennomsnittlig lavere vekt og nærmere 370 kg kan skyldes feilregistreringer ved veiing og upresise brunstobserveringer. Ulikt vomfyll kan også ha påvirket vekten ved veiing, da kvigene i HE-leddet hadde *ad lib.* fôring, og veiing ble gjort cirka to timer etter fôring. Kvigene kan ha inntatt ulike mengder grovfôr før veiing.

Dataregistreringene viser at noen kviger hadde unormale svingninger mellom veiinger, eksempelvis en nedgang i vekt på 11 kg på to uker uten at noe sykdom eller avvik var registrert. Om slik forandring i vekt er reelt, eller skyldes feil ved registrering, er ikke kjent, men det vil imidlertid ha en viss påvirkning av resultatene for vektutviklingen. De fleste kvigene i LE-leddet hadde enda ikke nådd målvekten på 380 kg eller vist brunst når forsøket ble avsluttet, og det ble derfor ikke beregnet gjennomsnittlig vekt og alder ved brunst for dette forsøksleddet. Ettersom alderen varierte like mye i begge ledd, betyr dette at HE-kvigene ble

kjønnsmodne ved tidligere alder og vekt, og dette er i samsvar med tidligere studier (Gardner et al. 1977; Macdonald et al. 2005; Menge et al. 1960; Sejrsen & Purup 1997).

Sammenhengen mellom vekt og alder i de to forsøksleddene antyder at LE har en mer lineær vekst med mindre variasjon enn HE. Dette kan forklares med at fôrrasjonene til LE-kvignene var sammensatt for å gi en lineær vekst, mens HE-kvignene har hatt fôring tilsvarende *ad lib.* for å utnytte vekstpotensialet. En lineær tilvekstkurve vil i liten grad gjelde for produksjon i praksis, der faktorer som produksjonssystem og tilgang på fôr og ressurser vil påvirke vekstkurven.

5.1.1 Sammenheng mellom brystmål og vekt

Det er bevist i flere studier at brystmål har en sterk sammenheng til levendevekt (Dingwell et al. 2006; Heinrichs et al. 1992; Heinrichs et al. 2007). Dette ble også bekreftet i dette forsøket. Begge forsøksleddene hadde tilnærmet lik utvikling av brystmål med økt vekt i hele forsøksperioden (Figur 6). Dette styrker teorien om at brystmål er et sterkt korrelert mål til vekt. Dingwell et al. (2006) fant i sitt forsøk at brystmål hadde en lavere sammenheng med vekt for kviger >15 måneder enn for yngre kviger. HE-kvignene nådde kjønnsmodning og inseminering ved en tidligere alder enn LE, og det er derfor færre observasjoner av HE-kvignene enn av LE-kvignene etter 15 måneder. En større andel av observasjonene av LE-kvignene er tatt etter 15 måneder, kan dette være grunnen til at LE-kvignene viser mindre sammenheng mellom vekt og brystmål enn HE-kvignene.

5.1.2 Sammenhengen mellom mankehøyde og vekt

Sammenhengen mellom mankehøyde og vekt var høy for begge forsøksleddene, men noe lavere enn forventet. I en større studie av Heinrichs et al. (1992) med 1600 observasjoner på Holstein kviger, var sammenhengen mellom vekt og mankehøyde $R^2 > 0,9$ mot $R^2 \leq 0,85$ i dette forsøket (Tabell 10). Målingene i dette forsøket ble til tider unøyaktige, da målestaven var lite håndterbar. Noen dyr senket manke og rygg ved kontakt med staven, noe som påvirket observasjonene og dermed resultatene. Målingene som ble tatt av mankehøyde de tre siste månedene ble gjort med en kombinasjon av vatermål og laser. Dette var enklere å utføre og ga mer nøyaktige mål enn ved bruk av målestang. Brystmål med målebånd kan være vanskelig å utføre med tanke på sikkerhet og utføringen. For eksempel kan det stilles spørsmål om hvor hardt målebåndet skal strammes og hvordan det skal ligge på dyret. Med vatermål og laser er det mindre direkte kontakt med dyret og mulig raskere å utføre. Effekt av person som tar målene vil trolig ikke være like stor med laser som ved målebånd. Sammenhengen mellom

vekt og mankehøyde på 81 % i det totale datamaterialet ville antagelig vært høyere dersom lasermåler hadde vært brukt i hele perioden. Mankemål kan derfor sies å være en alternativ måte til brystmål for å estimere vekt.

5.1.3 Sammenheng mellom kroppslengde og vekt

Målinger av kroppslengde viste mindre sammenheng med vekt enn de øvrige kroppsmålne, innen begge forsøksledd og det totale datamaterialet. Sannsynligvis skyldes dette unøyaktige mål, og at målinger tatt inntil kroppen påvirkes av muskler og knokler (kapittel 1.0, Fisher 1975). Målingene, som ble tatt fra bak kraniet, langs kroppen og til starten av halegrop, varierte mye. Ved flere tilfeller var det nødvendig med repeterende målinger for å vurdere første registrering. Så mye som 15 cm i variasjon på samme dyr var observert flere ganger. Da målene varierte i slik grad, ble det tatt flere gjentatte målinger til man antok at man hadde et representativt mål. Den store variasjonen kan forklares med følgende: 1) fastsettelse av begynnelse av halegrop, og 2) dyrets posisjon av kroppen.

Ved berøring av hodet for å legge målebånd ved startpunkt, kastet kviga hodet bakover i nesten alle tilfeller. Følgelig krommet dyret ryggen, og målet ble betydelig kortere enn den virkelige lengden på dyret. Av praktiske grunner ble målingene noen ganger tatt når kvigene sto på bås, og andre ganger når de sto i vekta for veiing. Det var klart mer nøyaktige mål som ble tatt i vekta, ettersom dyret var mer fiksert og dermed lettere å håndtere. Dersom vektbasen hadde vært utstyrt med fanghekk som «låser» hodet, ville målene blitt mer nøyaktige.

Utgangspunktet for lengdemålet, det vil si bak kraniet, syntes ikke å ha vært brukt ved lengdemål i tidligere forsøk. Yan et al. (2009) målte lengdemål fra skulder til hofteknokke (*Lat. ischium*) som ga en korrelasjon på 0,51-0,83. Målene ble gjort på utvokste Holstein og Frieser melkekyr. Wilson et al. (1997) målte lengde mellom de samme punktene som Yan et al. og fikk R^2 på 0,93. Dette forsøket ble imidlertid utført på kjøttfe og i en aldersperiode på 2-16 uker, og er i så måte lite sammenlignbart med gjeldende forsøk. Selv om utgangspunktet for lengdemålet var annerledes i dette forsøket i forhold til Wilson et al. og Yan et al., var sammenhengene mellom lengde og vekt ($R^2=0,63$ og $0,64$) innen samme område av sammenhenger som ble funnet av Wilson et al. (1997) og Yan et al. (2009)

Sikkerheten på estimering av vekt økt ikke med en kombinasjon av flere kroppsmål (brystmål, mankehøyde og kroppslengde) enn ved bruk av kun brystmål. Lavere sammenheng og mer arbeidskrevende metode gjør at metoden ikke kan forsvares. Resultatene samsvarer med tidligere forsøk av Heinrichs et al. (1992) og Johansson og Hildeman (1954) som fant at tilleggs mål til et allerede høyt korrelert kroppsmål ikke gir økt effekt.

5.2 Tilvekstens sammensetning

5.2.1 Utvikling av fett og muskel målt ved ultralyd

Ultralyd ble utført 8 ganger i løpet av forsøket. Målingene ble gjort av usertifiserte personer med lite kunnskap om ultralyd, og det var mye usikkerhet i forhold til tolkning av ultralydbilder og selve utføringen. Dette kan være en grunn til at utviklingen ikke er mer lineær, særlig når det gjelder lumbarmuskelen. Den største utfordringen lå likevel i at dyrene var unge og små av vekst, og det var derfor vanskelig å skille mellom kroppsvev i ultralydbildet. Ultralydapparatet viste unøyaktighet ved fastsettelse av tykkelse på fett og muskel i bildet, og viste mål i intervaller på 0,04 cm. Kviger har ingen betydelig fettavleiring tidlig i vekstperioden (Berg & Matre 2001; McDonald et al. 2011), og med utgangspunkt i svært lite underhudsfett, påvirket et slikt intervall målingene i betydelig grad.

I dette forsøket har utviklingen av muskel og fett blitt sett opp i mot økning i alder og vekt. I figurene der alder var verdier på x-aksen (Figur 7 og 9), var bakgrunnstallene gjennomsnittsverdier fra målingene innen forsøksledd og målepunkt tatt ved gitte alderstrinn. I figuren hvor vekt var verdier på x-aksen (Figur 8 og 10) var det regresjonsligninger fra SAS som var bakgrunnstallene. Denne forskjellen i bruk av tallmateriale gjør det noe vanskelig å diskutere, men ved å bruke gjennomsnittstall ved alder ser man mer av variasjonen i utviklingen.

Muskel

Sammenhengen mellom lumbarmuskelen og alder (Figur 9) viser at HE- og LE-kvигene utviklet muskelen parallelt, men at HE-kvигene hadde tykkere muskel frem til cirka 11 måneder. Biologisk skal ikke lumbarmuskel bli mindre ved økt alder, og nedgangen ved 9-10 måneder skyldes antageligvis at i denne perioden ble proben til ultralydapparatet plassert i feil vinkel på dyret. Bildet på ultralydapparatet viste da en mindre muskelmasse enn hva det var i realiteten. Dette ga upresise målinger som ble uttrykt med nedgang i tykkelse. Ved 13 måneders alder økte tykkelsen igjen, og økningen var tilnærmet lik for begge forsøksledd. Kurven for LE-kvигene fortsatte økning etter 15 måneder selv om kurven for HE-kvигene sluttet. Det er som tidligere nevnt fordi det var svært få kviger igjen i HE – leddet etter fylte 15 måneder, og på grunn av få observasjoner ble det kun tatt med observasjoner frem til 15 måneder for disse kvигene. LE-kvигene viste en økning i lumbarmuskel frem til forsøkets slutt.

Regresjonsligninger ble brukt for å undersøke sammenhengen mellom lumbarmuskel og økning i vekt (Figur 10). HE-kvigene hadde en tykkere lumbarmuskel enn LE-kvigene frem til 300 kg. Etter 300 kg hadde LE-kvigene oppnådd en tykkere muskel.

Ved cirka 250 kg forandres forholdet mellom protein- og fettavleiring (McDonald et al. 2011), hvor proteinavleiring avtar og fettavleiring øker. Det er også vanlig at kjønnsmodning inntreffer rundt en levendevekt på 300 kg, som er 30-60 % voksenvekt (Berg & Matre 2001). HE-kvigene ble kjønnsmodne ved cirka 380 kg og en tidligere alder og vekt enn LE-kvigene. Selv om det ikke forelå fullstendig data for alder og vekt ved kjønnsmodning av LE-kvigene, ser det ut til at de ikke ble kjønnsmodne før de hadde nådd en høyere vekt og alder. Etersom potensialet for proteinavleiring er størst i prepubertal periode har kvigene i HE-leddet, med høyest energitildeling, avleiret mer protein enn LE-kvigene frem til de ble kjønnsmodne. Dermed var lumbarmuskelen større for HE-leddet frem til 300 kg. LE-kvigene, med en moderat tilvekst, ble ikke kjønnsmodne før en høyere vekt, og har derfor en proteinavleiring og økning i tykkelsen på lumbarmuskelen utover 300 kg levendevekt. Første brunst ved lavere vekt og tidligere alder for kviger med høy tilvekst, enn kviger med moderat tilvekst, er også beskrevet av Gardner et al. (1977).

Fett

Fett, spesielt underhudsfett, er det siste vevet som utvikles (Warriss 2010). I en studie av Hopper et al. (1993) ble utvikling av rumpefett og ribbefett målt med ultralyd 3 måneder før pubertet. Totalt 25 kviger fordelt på to ulike rasjoner for en tilvekst på 560 og 880 g/dag, hadde tilnærmet lik tykkelse på både rumpefett og ribbefett ved første måling. Utover i perioden utviklet gruppene seg i ulike retninger, der gruppen med tilvekst på 880 g/dag økte fettavleiringen mest. Til tross for upresise målinger i gjeldene forsøk, kunne samme tendens observeres (Figur 7). Det var signifikant større utvikling i fettavleiring i HE-leddet enn i LE-leddet i hele perioden fra 7-15 måneder. Ved 15 måneder var forskjellen mellom forsøksleddene 0,3 cm for rumpefett og 0,2 cm for ribbefett.

Ved sammenligning av fettavleiring og vekt (Figur 8) hadde HE-kvigene tykkere rumpefett i forhold til LE-kvigene. Med økt vekt økte også avleiringen av rumpefett raskere hos HE-leddet, og dermed differansen mellom forsøksleddene. Dette henger sammen med beskrivelsen av lumbarmuskelen ovenfor, ved at fettavleiringen øker etter kjønnsmodning (McDonald et al. 2011). HE-kvigene ble kjønnsmodne ved en lavere vekt, og hadde derfor

avleiret mer fett enn LE-kvigene med samme vekt. Avleiring av fett ved ribbein utvikler seg imidlertid mer likt som lumbarmuskelen mellom forsøksleddene. Grunnen til dette er vanskelig å forklare. Dersom regresjonslinjenes retning ikke skyldtes feil ved utførselen av målingene, kan grunnen ha vært at LE- kvigene rett og slett hadde større potensiale til avleire fett ved ribbeina enn HE-kvigene. LE-kvigene hadde også en mer jevn fettavleiring på kroppen, mens HE-kvigene i hovedsak avleiret fett på rumpa. Totalt var det likevel større avleiring av fett på rumpa enn på ribbeina for begge forsøksledd. Regresjonsberegningene ser imidlertid ikke ut til å gi et korrekt bilde av utviklingen, da $R^2 = 0,26$ for fettavleiringen ved ribbein og $R^2 = 0,03$ avleiring av rumpefett i det totale datamaterialet, og enda lavere innen forsøksledd (Tabell 11). Dette tyder på at regresjonsmodellen ikke var godt tilpasset gjeldende data.

En svak/moderat fôrstyrke vil i forhold til en sterk fôrstyrke føre til at fettavleiringen starter ved en senere alder (Berg & Matre 2001). Kvigene i HE-leddet hadde en raskere vekst i kilo enn kvigene i LE-leddet, og en høyere vekt ved samme alder. Dette førte til en tidligere modning og raskere utvikling, og en tidligere og mer fettavleiring enn LE-kvigene. Tykkelsen på underhudsfettet på rumpe og ribbein i Hoppers forsøk var større enn i dette forsøket, men dette skyldes raseforskjeller ettersom det var brukt kjøttferasene Aberdeen Angus og Santa Gertrudis, og melkekyr er generelt magrere enn kjøttfe (Warriss 2010).

5.2.2 Sammenheng mellom ultralydmålinger og holdvurdering

Holdvurderingen av kvigene i forsøket ble utført med utgangspunkt i et 5-poengs holdvurderingsskjema fra Geno, tilpasset NRF-kyr (Vedledd 1). Det er tidligere vist en god sammenheng mellom ultralyd og holdvurdering på NRF (Gillund et al. 2001b), og i et forsøk på Holstein ble det funnet korrelasjoner mellom 0,36-0,86 mellom ultralydmål av lumbarmuskel, rumpefett og hale, og holdpoeng (Domecq et al. 1995). På kjøttfe har det blitt funnet korrelasjoner mellom ultralydmål og observasjoner på slakt, der lumbarmuskelen hadde korrelasjon på 0,20-0,94 og subkutant fett på 0,45-0,96 (Houghton & Turlington 1992). Ingen av holdvurderingspunktene i dette forsøket hadde god sammenheng med sammenlignbart ultralydpoeng. Det ble bestemt ved holdvurdering nummer to, at hvert punkt på skjemaet skulle vurderes separat og gis poeng ut i fra kriteriene. Halegroppen var det punktet som generelt hadde mest fett, men også vanskeligst å bedømme i forhold til kriteriene. Dette punktet på dyret var ofte det som trakk opp snittet av de fem poengene. Som

det ble diskutert i kapittel 5.2.1, *Fett*, var det rumpefettet som var det tykkeste fettlaget av de to UL-målte områdene, spesielt for HE-kvigene. For hele datasettet samlet, var det holdpoeng av halegrop og ultralydmål av rumpefett som hadde størst sammenheng med $R^2 = 0,29$. Ettersom HE-kvigene hadde størst fettavleiring på rumpa og høyest score på halegropen, var det forventet at denne gruppen hadde høyere sammenheng mellom punktene *halegrop* og *rumpefett*. Det var imidlertid større sammenheng i LE-leddet ($R^2=0,05$), men dette kan heller ikke sies å være en sterk sammenheng. Grunnen til de svake sammenhengene er vanskelig å fastslå, men en mulig grunn kan være at holdvurderingsskjemaet som ble benyttet er utviklet på melkekyr, og ikke kviger. Kvigene var fysiologisk annerledes utviklet på punktene som ble vurdert, enn utvokste kyr. Det kan ha ført til at de ble gitt middels holdpoeng selv om det var avleiret lite underhudsfett på dette tidspunktet. Holdpoeng og UL-mål har derfor ikke så god sammenheng på NRF-kviger i forhold til voksne kyr. En annen mulighet er som nevnt upresise målinger med ultralydapparatet. I forsøkene av Domecq et al. (1995) og Houghton and Turling (1992) var ultralyd og holdvurdering gjort på voksne kyr. I dette forsøket var dyrene unge, og det var lite fettavleiring så tidlig i vekstfasen. Ultralydmålingene viser at HE-kvigene hadde en tydelig økning i ribbefett og rumpefett først etter cirka 11 måneders alder. Underhudsfettet før denne alderen kan ha vært så lite at det ble unøyaktig målt på ultralydbildet på grunn av intervallet som måleren i bilder fulgte (se kapittel 5.2.1), og at tykkelsen i realiteten har vært større eller mindre enn det som ble registrert. En kvige kan ha blitt vurdert til å være i middels hold før 11 måneder, men på grunn av vanskeligheter med ultralydmålingen viser ikke UL-bildet den faktiske tykkelsen. De svake sammenhengene mellom UL-mål og holdvurdering tyder på at det ikke var noe effekt av energitildeling. Men ultralydmålingene av underhudsfettet ved ribbein og rumpe var tydeligere og enklere å måle på HE-kvigene fordi de avleiret fett ved et tidligere tidspunkt. Derfor hadde det vært naturlig om det var større sammenheng mellom mål og poeng i denne gruppen. Igjen kan det skyldes problemer med tolkning av målepunkt i UL-bildet, og at det derfor i dette forsøket ikke ga gode sammenhenger.

Nedgangen i tykkelsen på lumbarmuskelen ved 10 måneder er også antagelig på grunn av målefeil. Målene vil da ikke stemme overens med en holdvurdering av området mellom ryggtakke og sidetakke, hvor dyret kunne bli vurdert til middels hold.

5.2.3 Body Mass Index (BMI)

Det ser ikke ut til i tilgjengelig litteratur å være utviklet en standardformel for å beregne BMI hos storfe, og heller ikke en BMI-index knyttet opp mot helsestatus. Bruk av BMI-formler i studier som omhandler dyr varierer, og er tilpasset de enkelte studiene. Flere studier har beregnet BMI etter formelen som er utviklet for menneske, vekt $\text{kg}/\text{høyde}^2$ (Johnson & Nugent 2003; Stock et al. 2012). Problemet med denne formelen er at det ikke tas hensyn til alle dimensjonene av dyret. Lengde bør også inkluderes i beregningen, slik at indexen blir et forhold mellom vekten og størrelsen av dyrets kroppsramme. Som nevnt har Tanakal et al. (2002) videreutviklet BMI-formelen brukt på menneske til å kunne brukes på geit. Formelen reflekterer forhold mellom størrelse og vekt. Etter å ha vurdert andre type formler funnet i litteraturen, ble det tatt en beslutning om at formelen etter Tanaka et al. (2002) (Formel 2) var best egnet for dette studiet.

I dette forsøket var det interessant å vurdere sammenhengen mellom målene BMI og UL for å se om BMI kunne være et verktøy til å si noe om kroppssammensetningen til dyret, det vil si fett- og proteinavleiringen. Økt vekt, men ingen økning i beinmassen, gir økt BMI. Teoretisk vil det bety at økt BMI tilsier mer fett/muskel i forhold til størrelse. En sammenheng med ultralyd kan si noe om det fett eller muskel som øker mest. I forhold til praktisk bruk av formelen, er det interessant om det kan brukes kun kroppsmål til BMI-utregning, og da slippe å veie dyr. Det ble derfor undersøkt om *vekt* kunne erstattes med *brystmål*. Den sterke sammenhengen mellom vekt og brystmål tilsa at en slik utskiftning var rimelig. Resultatene viste likevel at dette ikke var tilfellet (Tabell 13). Formel 2 ga bedre modelltilpasning og korrelasjon på samtlige beregninger (Tabell 14), bortsett fra BMI og ribbefett for HE, der Formel 3 ga sterkere korrelasjon, men uten signifikans. Formel 3 viste at BMI-formel med *brystmål* som teller, ga negative korrelasjoner og lite sammenheng til vekt. Dette avgjør at Formel 3 ikke kan brukes som erstatning til Formel 2, fordi når vekt øker vil BMI per definisjon også øke. Det er dermed ikke mulig med en negativ korrelasjon.

Sammenhengen mellom BMI og de tre ultralydpunktene som ble målt (Tabell 14) var altså sterkest ved bruk av Formel 2. Men ettersom UL-målene og vekt viste liten sammenheng (Tabell 11) og BMI er avhengig av vekt, viste heller ikke UL-målene og BMI særs gode sammenhenger. Av alle sammenhengene i begge forsøksledd, viste BMI og lumbarmuskel i LE-leddet størst sammenheng (Tabell 14). LE-kvigene hadde en lavere tilvekst enn HE-kvigene og avleiret derfor mindre fett. I stede hadde de en sterkere utvikling av lumbarmuskelen. Dette førte til en bedre sammenheng mellom utviklingen av

lumbarmuskelen og BMI i forhold til HE-leddet. Kvigene i HE-leddet hadde raskets og mer fettavleiring, spesielt av rumpefett, slik at deres økning i BMI gjenspeiler økning i fett fremfor muskel.

6.0 Konklusjon

Brystmål, mankehøyde og kroppslengde er kroppsmål som har god sammenheng med levendevekt. Brystmål har størst sammenheng med vekt ($R^2 > 0,94$), og kroppslengde har minst sammenheng ($R^2 > 0,63$). Mankehøyde har sterk sammenheng med levendevekt, og en mer nøyaktig måling av mankehøyde med lasermål vil mulig øke denne sammenhengen. I så fall kan mankehøyde være et alternativ til brystmål ved estimering av vekt. En kombinasjon av disse tre målene estimerer ikke levendevekt mer nøyaktig enn hva brystmål gjør alene. Det ser ut til at sammenhengen mellom brystmål og vekt er større for kviger med en høy tilvekst per dag fremfor kviger med en moderat tilvekst per dag.

I følge dette forsøket er sammenhengen mellom holdvurdering og ultralydmålinger for små til å kunne anbefale bruk av holdvurdering som en erstatning til ultralyd. En mer nøyaktig ultralydmåling, og holdvurdering beregnet for kviger, kan øke sammenhengen. Kvigene i LE-leddet hadde likevel bedre korrelasjon mellom ultralyd og holdvurdering.

Brystmål kan ikke erstatte variabelen vekt i formelen for BMI. BMI viste ingen sterk sammenheng med ultralydmålene, men det ser ut til at BMI egner seg til vurdering av ulike vev for ulike tilveksthastighet. BMI ga mest informasjon om proteinavleiring for kvigene med moderat tilvekst, og mest informasjon om fettavleiring for kviger med høy tilvekst.

7.0 Referanser/References

- Abeni, F., Calamari, L., Stefanini, L. & Pirlo, G. (2000). Effects of Daily Gain in Pre- and Postpubertal Replacement Dairy Heifers on Body Condition Score, Body Size, Metabolic Profile, and Future Milk Production1. *Journal of Dairy Science*, 83 (7): 1468-1478.
- Agricultural Research council, A. (1980). *The nutrient requirements of ruminant livestock*: Unwin Brothers, The Gresham Press. 348 s.
- Bar-Peled, U., Robinzon, B., Maltz, E., Tagari, H., Folman, Y., Bruckental, I., Voet, H., Gacitua, H. & Lehrer, A. R. (1997). Increased Weight Gain and Effects on Production Parameters of Holstein Heifer Calves That Were Allowed to Suckle from Birth to Six Weeks of Age. *Journal of Dairy Science*, 80 (10): 2523-2528.
- Berg, J. & Matre, T. (2001). *Produksjon av storfekjøtt*: Landbruksforlaget. 197 s.
- Blaxter, K. (1989). *Energy metabolism in animals and man*. 1 utg.: Cambridge University Press. 336 s.
- Capuco, A. V., Smith, J. J., Waldo, D. R. & Rexroad, C. E. (1995). Influence of Prepubertal Dietary Regimen on Mammary Growth of Holstein Heifers. *Journal of Dairy Science*, 78 (12): 2709-2725.
- Carson. (2002). Effects of rearing regime on body size, reproductive performance and milk production during the first lactation in high genetic merit dairy herd replacements <volume_74_part_3_p553-565.pdf>.
- Dawson, L. E. R. & Carson, A. F. (2005). Grazing systems for dairy herd replacements. I: Gransworthy, P. (red.) *Calf and heifer rearing*. Nottingham: Nottingham University Press.
- Dingwell, R. T., Wallace, M. M., McLaren, C. J., Leslie, C. F. & Leslie, K. E. (2006). An Evaluation of Two Indirect Methods of Estimating Body Weight in Holstein Calves and Heifers. *Journal of Dairy Science*, 89 (10): 3992-3998.
- Domecq, J. J., Skidmore, A. L., Lloyd, J. W. & Kaneene, J. B. (1995). Validation of Body Condition Scores with Ultrasound Measurements of Subcutaneous Fat of Dairy Cows1. *Journal of Dairy Science*, 78 (10): 2308-2313.
- Fisher, A. V. (1975). 1The accuracy of some body measurements on live beef steers. *livestock production science*, 2: 357-366.
- Fowler, V. (2004). *The Encyclopedia of Farm Animal Nutrition*: CABI Publisher. 606 s.
- Gardner, R. W., Schuh, J. D. & Vargus, L. G. (1977). Accelerated Growth and Early Breeding of Holstein Heifers1. *Journal of Dairy Science*, 60 (12): 1941-1948.
- Garnsworthy, P. C. (2005). *Calf an Heifer Rearing*: Nottingham University Press.
- GENO. (2006). *Karakteristikk hos NRF*. Tilgjengelig fra: <http://www.geno.no/no/Forsiden/NRF/Om-NRF-kua/Karakteristikk/> (lest 01.04.2012).
- Gillund, P., Karlsberg, K., Reksen, O. & Lutnæs, B. (2001a). En forenklet metode for holdvurdering av mjølkekyr:
- Gillund, P., Karlsberg, K., Reksen, O. & Lutnæs, B. (2001b). *Forenklet målemetode for holdvurdering av melkekyr*. Husdyrforsøksmøte: GENO - avl og semin
 Institutt for reproduksjon og rettsmedisin
 Norges veterinærhøgskole
 TINE Østlandsmeieriet.

- Gillund, P., Reksen, O., Gröhn, Y. T. & Karlberg, K. (2001c). Body Condition Related to Ketosis and Reproductive Performance in Norwegian Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 84 (6): 1390-1396.
- Grass fed beef. (2012). *grass fed beef 101*. Tilgjengelig fra: http://www.grass-fed-beef-101.com/definition_of_grass_fed_beef.html (lest 24.04.2012).
- Gresham, J. D. (2011). *Internation study guide - Real time Ultrasound Beef Cattle Applications*. Pie Medical.
- Hafez, E. S. E. & Dyer, I. A. (1969). *Animal growth and nutrition*: Lea & Febiger. 402 s.
- Heinrichs, A. J., Rogers, G. W. & Cooper, J. B. (1992). Predicting Body Weight and Wither Height in Holstein Heifers Using Body Measurements. *Journal of Dairy Science*, 75 (12): 3576-3581.
- Heinrichs, A. J., Erb, H. N., Rogers, G. W., Cooper, J. B. & Jones, C. M. (2007). Variability in Holstein heifer heart-girth measurements and comparison of prediction equations for live weight. *Preventive Veterinary Medicine*, 78 (3-4): 333-338.
- Hoffman, P. C., Brehm, N. M., Price, S. G. & Prill-Adams, A. (1996). Effect of Accelerated Postpubertal Growth and Early Calving on Lactation Performance of Primiparous Holstein Heifers. *Journal of Dairy Science*, 79 (11): 2024-2031.
- Hopper, H. W., Williams, S. E., Byerley, D. J., Rollososon, M. M., Ahmed, P. O. & Kiser, T. E. (1993). Effect of prepubertal body weight gain and breed on carcass composition at puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*, 71 (5): 1104-1111.
- Houghton, P. L. & Turlington, L. M. (1992). Application of ultrasound for feeding and finishing animals: a review. *Journal of Animal Science* (70): 930-941.
- INRA. (1989). *Ruminant Nutrition - Recommended allowances and feed tables*. Paris: John Libbey Eurotext. 389 s.
- Johansson, I. & Hildeman, S. E. (1954). The relationship between certain body measurements and live and slaughter weight in cattle. *Animal Breeding Abstract* 22: 1-17.
- Johnson, Z. B. & Nugent, R. A. (2003). Heritability of body length and measures of body density and their relationship to backfat thickness and loin muscle area in swine. *Journal of Animal Science*, 81 (8): 1943-1949.
- Khan, M. A., Lee, H. J., Lee, W. S., Kim, H. S., Ki, K. S., Hur, T. Y., Suh, G. H., Kang, S. J. & Choi, Y. J. (2007). Structural Growth, Rumen Development, and Metabolic and Immune Responses of Holstein Male Calves Fed Milk Through Step-Down and Conventional Methods. *Journal of Dairy Science*, 90 (7): 3376-3387.
- Khan, M. A., Weary, D. M. & von Keyserlingk, M. A. G. (2011). Invited review: Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 94 (3): 1071-1081.
- Lambe, N. R., Ross, D. W., Navajas, E. A., Hyslop, J. J., Prieto, N., Craigie, C., Bünger, L., Simm, G. & Roehe, R. (2010). The prediction of carcass composition and tissue distribution in beef cattle using ultrasound scanning at the start and/or end of the finishing period. *Livestock Science*, 131 (2-3): 193-202.
- Lawrence, T. L. J. & Fowler, V. R. (2002). *Growth of farm animals*. second utg. Trowbridge: CABI Publishing. 347 s.
- Macdonald, K. A., Penno, J. W., Bryant, A. M. & Roche, J. R. (2005). Effect of Feeding Level Pre- and Post-Puberty and Body Weight at First Calving on Growth, Milk Production, and Fertility in Grazing Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 88 (9): 3363-3375.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. (2011). *animal nutrition*. 7 utg.: pearson education limited 692 s.

- Menge, A. C., Mares, S. E., Tyler, W. J. & Casida, L. E. (1960). Some Factors Affecting Age at Puberty and the First 90 Days of Lactation in Holstein Heifers¹. *Journal of Dairy Science*, 43 (8): 1099-1107.
- National Research council, U. S. (1989). *Nutrient Requirements of dairy cattle*. 6th utg.: National academy Press, Washington D.C. 157 s.
- NorFor. (2011). *TINE Rådgivning og Medlem*. Medlem, T. R. o. (red.).
- Roberts, T. & McGreevy, P. D. (2010). Selection for breed-specific long-bodied phenotypes is associated with increased expression of canine hip dysplasia. *The Veterinary Journal*, 183 (3): 266-272.
- Roche, J. R., Dillon, P. G., Stockdale, C. R., Baumgard, L. H. & VanBaale, M. J. (2004). Relationships Among International Body Condition Scoring Systems. *Journal of Dairy Science*, 87 (9): 3076-3079.
- SAS. (2008). 9.2 utg. SAS Institute Inc., C., NC, USA. (red.): SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Sejrsen, K., Huber, J. T., Tucker, H. A. & Akers, R. M. (1982). Influence of Nutrition on Mammary Development in Pre- and Postpubertal Heifers. *Journal of Dairy Science*, 65 (5): 793-800.
- Sejrsen, K. & Purup, S. (1997). Influence of prepubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers: a review. . *Journal of Dairy Science*, 75: 828-35.
- Shahin, K. A., Berg, R. T. & Price, M. A. (1993). The effect of breed-type and castration on tissue growth patterns and carcass composition in cattle. *livestock production science*, 35 (3-4): 251-264.
- Sjaastad, Ø., Hove, K. & Sand, O. (2003). *Physiology of Domestic Animals*. 1 utg.: Svandinavian Veterinary Press. 735 s.
- Stock, K. F., Dammann, M. & Distl, O. (2012). Selection for conformation and conformational homogeneity of litters in the German shepherd dog. *Journal of Animal Science*, 90 (4): 1088-1096.
- Swanson, E. W. (1960). Effect of Rapid Growth with Fattening of Dairy Heifers on Their Lactational Ability. *Journal of Dairy Science*, 43 (3): 377-387.
- Tanaka, T., Akaboshi, N., Inoue, Y., Kamomae, H. & Kaneda, Y. (2002). Fasting-induced suppression of pulsatile luteinizing hormone secretion is related to body energy status in ovariectomized goats. *Animal Reproduction Science*, 72 (3-4): 185-196.
- TINE, R. (2012). *Kukontrollen*. Tilgjengelig fra: <http://kukontrollen.wordpress.com/om/> (lest 01.05.2012).
- TINE Rådgivning. (2012). Godt Kvigeoppdrett.
- Truscott, T. G., Wood, J. D. & Denny, H. R. (1983). Fat deposition in Hereford and Friesian steers: 2. Cellular development of the major fat depots. *The Journal of Agricultural Science*, 100 (02): 271-276.
- Van Amburgh, M. E., Galton, D. M., Bauman, D. E., Everett, R. W., Fox, D. G., Chase, L. E. & Erb, H. N. (1998). Effects of Three Prepubertal Body Growth Rates on Performance of Holstein Heifers During First Lactation. *Journal of Dairy Science*, 81 (2): 527-538.
- Volden, H. & Nielsen, N. I. (2011). NorFor- The Nordic feed evaluation system. I: Volden, H. (red.): Wagenin Academic Publishers, The Netherlands.
- Wall, P. B., Rouse, G. H., Wilson, D. E., Trait Jr., R. G., Busby, W. D. (2004). Use of ultrasound to predict body composition changes in steers at 100 and 65 days before slaughter. *Journal of Animal Science*, 82 (6): 1621-1629.
- Warriss, P. (2010). *Meat science - an introductory text*. second utg.: Cabi.
- WHO. (2003). *OBESITY AND OVERWEIGHT*. 2 s.
- Wilson, L. L., Egan, C. L. & Terosky, T. L. (1997). Body Measurements and Body Weights of Special-Fed Holstein Veal Calves¹. *Journal of Dairy Science*, 80 (11): 3077-3082.

Yan, T., Mayne, C. S., Patterson, D. C. & Agnew, R. E. (2009). Prediction of body weight and empty body composition using body size measurements in lactating dairy cows. *Livestock Science*, 124 (1–3): 233-241.

Holdvurderingsskjema for NRF-kyr






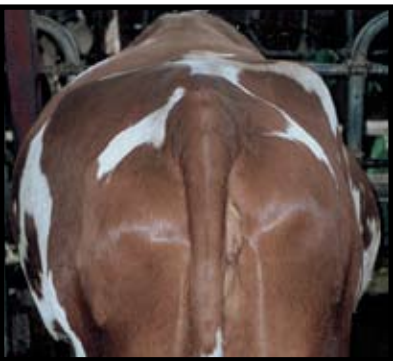








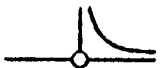






	Holdpoeng 2,0	Holdpoeng 2,5	Holdpoeng 3,0
			
Rygg/ryggtakker	Hver enkelt ryggtakk tydelig	Skarp, utstående rygglinje	Noe avrundet rygglinje
Området mellom ryggtakker og sidetakker	Tydelig innsunket	Tydelig konkav bue	Lett konkav bue
Hofteknoker og setebeinskoker	Utstående og tydelig kantete	Noe utstående og litt kantete	Jevne, ikke kantete
Halegropa	Framstående knokler, U-formet rom under halerota	Uthulet, men tendens til fettavleiring	Avrundede knokler, grunn halegrop med noe fettavleiring
	Holdpoeng 3,5	Holdpoeng 4,0	Holdpoeng 4,5
			
Rygg/ryggtakker	Avrundet rygglinje, ryggtakkene er ikke tydelige	Flat, ingen ryggtakk tydelig	Flat, tydelig fettlag
Området mellom ryggtakker og sidetakker	Svak konkav bue, nesten jevn helling	Nesten flat	Svak konveks bue
Hofteknoker og setebeinskoker	Tildekket med noe fett	Avrundet med fett	Betydelig fettfylde
Halegropa	Avrundede knokler, grunn halegrop med tydelige fettavleiring	Avrundet, utfylt med fett. Antydning til vevsfold ved halefeste	Knokler tildekket, gjemt i fett, tydelige vevsfolder

Diagram for holdvurdering

geno	Poeng	Ryggtakker	Området mellom rygg- og sidetakk	Hofteknoke Sittebeinsknoke	Halegrop	
Meget dårlig hold, avmagret	1.00	Hver enkelt ryggtakk tydelig. Sagtakkepreg	Dypt innsunken	Ekstremt skarpe, bare dekket av hud	Svært utstående knokler med dypt V-formet rom under halerota	1.00
	1.25					1.25
	1.50					1.50
	1.75				Framstående knokler U-formet rom under halerota	1.75
	2.00	Hver enkelt ryggtakk tydelig	Tydelig innsunken	Utstående, tydelig kantete		2.00
Dårlig hold, knokler vises tydelig	2.25					2.25
	2.50	Skarp, utstående rygglinje		Litt kantete	Tendens til fett avleiring	2.50
	2.75					2.75
	3.00		Lett konkav bue	Jevn	Avrundede knokler, grunn halegrop med tynt fettlag	3.00
	3.25					3.25
Middels hold	3.50	Avrundet rygglinje, ryggtakke er ikke tydelig		Tildekket		3.50
	3.75		Jevn helling	Avrundet med fett	Avrundet med fett, fettfylning i halegropa	3.75
	4.00	Flat, ingen ryggtakk tydelig	Nesten flat			4.00
	4.25					4.25
	4.50				Knokler tildekket, gjemt i fett	4.50
Feit, knokler tildekket av fett	4.75			Tildekket av fett betydelig fettfylde	Halegropa fylt med fett slik at det dannes vevsfolder	4.75
	5.00	Tildekket av fett	Avrundet (konveks)			5.00